

SIEMENS



SENTRON

Sicherungssysteme

Technik-Fibel

Answers for infrastructure and cities.

Vorwort

Ob Schützen, Schalten, Messen oder Überwachen – die Komponenten für die Niederspannungs-Energieverteilung von Siemens bieten Ihnen für alle Anwendungen der elektrischen Installationstechnik das passende Gerät. Ob für industrielle Anwendungen, Infrastruktur oder Gebäude, sie garantieren ein Höchstmaß an Flexibilität, Komfort und Sicherheit. So haben Sie den gesamten Stromkreis sicher im Griff.

Das ist besonders wichtig, wenn es um die Auswahl und den Einbau der entsprechenden Sicherungen geht.

Mit dieser Fibel stellen wir Ihnen ein Instrument zur Verfügung, das es Ihnen leicht macht, den jeweiligen Sicherungseinsatz, den Sicherungshalter oder das passende Schaltgerät optimal an die Erfordernisse der elektrischen Anlage anzupassen.

Neben allgemeinen Informationen über die Sicherungssysteme finden Sie wichtige Installations- und Anwendungshinweise. So können Sie sicher sein, immer das passende Gerät für Ihren Einsatz ausgewählt zu haben.

Inhalt

Einleitung	6
1 Totally Integrated Power	7
2 Historische Entwicklung der Siemens Sicherungssysteme – vom Sicherheitspfropfen zur Hochleistungssicherung	8
3 Siemens Sicherungssysteme	12
3.1 NEOZED- und DIAZED-Schraubsicherungssysteme	13
3.2 NH-Sicherungssystem	18
3.3 Sammelschienensysteme	24
3.4 Zylindersicherungssystem und Class CC Sicherungssystem	28
3.5 SITOR-Halbleiterschutzsicherungen	31
3.6 MINIZED- und SENTRON-Lastschalter-Sicherungseinheiten	33
3.7 Kommunikationsfähige Sicherungen	43
3.8 Qualität und Umweltschutz	46
4 Funktion, Technische Daten und Kennlinien	49
4.1 Stromunterbrechung und Strombegrenzung	49
4.2 Kennzeichnung von Sicherungen	52
4.3 Kennlinien	54
4.4 Selektivität	57
4.5 Leistungsabgabe (Verlustleistung)	60
5 Sicherungsanwendungen	64
5.1 Allgemeine Auswahlkriterien	64
5.2 Kabel- und Leitungsschutz	66
5.3 Transformatorschutz mit NH-Sicherungen	66
5.4 Schutz von Motorstromkreisen	67
5.5 Halbleiterschutz	68
5.6 Schutz von Gleichstromkreisen	70
5.7 Batterieschutz in USV-Anlagen	72
5.8 Kondensatorschutz in Kompensationsanlagen	73
5.9 Besondere Anwendungen und Umgebungsbedingungen	76
5.10 Schutz von Photovoltaikanlagen	80
6 SIMARIS design	81
7 Nationale und internationale Sicherungsnormen	82
8 Anhang	84
Abbildungs- und Tabellen-Verzeichnis	86

Einleitung

Jede elektrische Anlage ist nur so gut wie ihre Schutzeinrichtungen!

Überströme in elektrischen Anlagen entstehen durch zu hohe Belastung oder durch Kurzschlussfehler. Sie führen in der Regel zu thermischen Schäden an Betriebsmitteln und können schwerwiegende Folgeerscheinungen wie Feuer und Lichtbogenstörungen auslösen. Neben damit verbundener Personengefährdung können Überströme erhebliche wirtschaftliche Schäden durch Betriebsunterbrechungen und Kosten für Wiederherstellung von Betriebseinrichtungen verursachen.

Wirksame Überstromschutzeinrichtungen sind deshalb seit Beginn der energietechnischen Nutzung von Elektrizität vorgeschrieben. Diese können Störungen zwar nicht völlig ausschließen, die Störungsauswirkungen jedoch auf ein vertretbares Maß begrenzen. Hochwertige Siemens Sicherungssysteme bieten seit über 100 Jahren einen zuverlässigen Schutz für wertvolle elektrische Anlagen und eine zuverlässige, preiswerte Risikominimierung. Minderwertige Schutzeinrichtungen können teuer zu stehen kommen!

Elektrische Sicherungen bieten größtmöglichen Schutz gegen die Auswirkungen von Überströmen in Anlagen und Netzen. Sie zeichnen sich aus durch

- strombegrenzende Kurzschlussunterbrechung,
- großes Schaltvermögen bei kleinen Abmessungen,
- hohe Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit,
- einfache Zuordnung zu Betriebsmitteln und selektive Staffelung,
- gute Kombinierbarkeit mit anderen Schutzeinrichtungen.

Sicherungen können ihre sprichwörtliche Zuverlässigkeit allerdings nur dann beweisen, wenn sie sorgfältig entwickelt, gefertigt und entsprechend ihrer Schutzaufgabe richtig zu-geordnet werden.

Auf die fachliche Kompetenz der Entwicklung und bedingungslose Qualitätsorientierung der Fertigung können sich Anwender von Siemens-Sicherungen seit mehr als einem Jahrhundert verlassen. Diese Erfahrung ist unentbehrlich, da sich die physikalischen Vorgänge beim Schalten von Schmelzsicherungen bisher nur unzureichend mathematisch modellieren lassen und nur Laborversuche und Felderfahrung Gewissheit über das tatsächliche Schaltverhalten bringen. Erfahrung und Verantwortung aller Beteiligten des Hauses Siemens schaffen schließlich das notwendige Vertrauen unserer Kunden in Produkte, deren bestimmungsgemäße Funktion die Produktlebensdauer beschließt und deshalb nicht vor der Auslieferung geprüft werden kann.

Die richtige Sicherungszuordnung entsprechend der Schutzaufgabe erfordert vom Anwender ein grundsätzliches Verständnis der technischen Funktion und ein Minimum an Basiswissen über die Aussagekraft der Sicherungsbedruckung und der vom Hersteller gelieferten technischen Daten. Zu diesem Verständnis soll diese Siemens-Sicherungsfibel beitragen¹⁾. Die Siemens-Sicherungsfibel kann nicht auf alle Sicherheitsfragen umfassende Antworten geben. Sie soll vielmehr dem Anwender ermöglichen, problematische Anwendungen rechtzeitig zu erkennen, um sich gezielt Informationen beim Siemens Customer Service Center einzuholen.

¹⁾ *Sicherheitshinweis: Soweit technische Daten und Kennlinien dargestellt sind, dienen diese nur der Veranschaulichung und sind nicht verbindlich. Als Projektierungsunterlagen müssen die aktuellen Siemens-Produktdatenblätter herangezogen werden.*

1 Totally Integrated Power

Siemens Totally Integrated Power™² steht für ein durchgängiges System technisch aufeinander abgestimmter Produkte für alle Phasen der elektrischen Energieverteilung von der Mittelspannung bis zur Steckdose (Bild 1.1).

Totally Integrated Power begleitet alle Phasen der elektrischen Energieverteilung von der Investitionsentscheidung über die Planung bis zur Installation und Nutzung. Dieses Konzept bringt in allen Phasen von Energieverteilungsprojekten entscheidende Vorteile für alle Prozessbeteiligten: Für

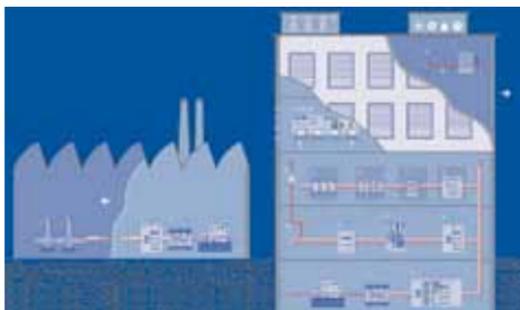


Bild 1.1 – Elektrische Energieverteilung im Gebäude

- den Gebäudeinvestor,
- den Elektroplaner,
- den Installateur und
- den Nutzer oder Betreiber.



Bild 1.2 – Kundennutzen durch Totally Integrated Power



Totally Integrated Power bietet durchgängige Lösungen für die elektrische Energieverteilung in Zweck- und Industriebauten. Totally Integrated Power verknüpft den Projektzyklus (Bild 1.2) und verwirklicht Einsparpotenziale.

Ob Hotels, Verwaltungs- und Bürogebäude, Einkaufszentren, Flughäfen, Krankenhäuser, Produktionsgebäude: Für alle Zweck- und Industriebauten steht Siemens mit einem Konzept zur Seite, das von der Planung über die Errichtung bis zur Nutzung eine Menge Vorteile bringt.

Schalten und Schützen sind hierbei wesentliche Funktionen für einen rationellen und sicheren Betrieb der elektrischen Anlagen. Zum Schutz vor den Auswirkungen von Überströmern steht ein umfangreiches Produktspektrum an sicherungslosen und sicherungsbehafteten Komponenten wie

- Leistungsschalter,
- Leitungsschutzschalter,
- NH-Sicherungslasttrennschalter,
- NH-Lasttrennschalter mit Sicherungen

² Totally Integrated Power™ ist eingetragenes Warenzeichen der Siemens AG

sowie das breite Spektrum an Sicherungsmaterial zur Verfügung (Bild 1.3 Niederspannungs-Energieverteilung).

Das durchgängige Siemens Schutzkonzept erleichtert die Planung, erhöht die Betriebssicherheit durch aufeinander abgestimmte Produkte und Systeme, optimiert die Installation und Inbetriebnahme und minimiert die Ausfallzeiten durch zuverlässige selektive Fehlerabschaltung.

Siemens Niederspannungs-Sicherungssysteme sind hierbei feste und wichtige Bestandteile dieses durchgängigen Systems technisch aufeinander abgestimmter Produkte.

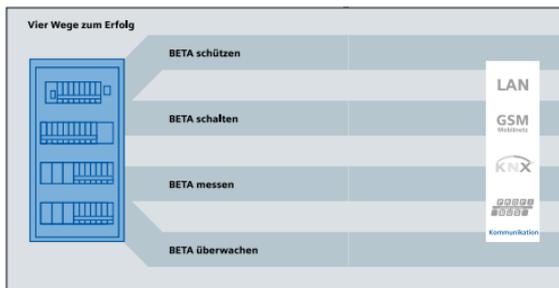


Bild 1.3 – Sicherungen sind wichtige Komponenten der Niederspannungs-Energieverteilung

2 Historische Entwicklung der Siemens Sicherungssysteme

– vom Sicherheitspfropfen zur Hochleistungssicherung

Die Anwendung elektrischer Energie als Licht- und Kraftstrom begann mit der Entwicklung der selbstregerten Dynamomaschine durch Werner Siemens im Jahre 1866. Damit war die Leistung von Generatoren und Motoren nicht mehr durch die magnetische Feldstärke von Permanentmagneten eingeschränkt. Sie wurde praktisch unbegrenzt ausbaufähig. Das am schnellsten wachsende Anwendungsgebiet war die elektrische Beleuchtung mit Glühlampen, die ab etwa 1880 eine stürmische Entwicklung nahm. Ohne den Schutz durch Sicherungen wäre die rasche Verbreitung des elektrischen Lichts in öffentlichen und privaten Gebäuden undenkbar, da zu gefährlich, gewesen. Zwar waren bereits vorher zur Absicherung von Telegrafenkabeln dünne Platindrähte verwendet worden, die Entwicklung von Starkstromsicherungen begann jedoch erst mit der Einführung leistungsstarker elektrischer Beleuchtungsanlagen. Das Haus Siemens spielte von Anfang an in der Entwicklung von Schmelzsicherungssystemen eine führende Rolle.

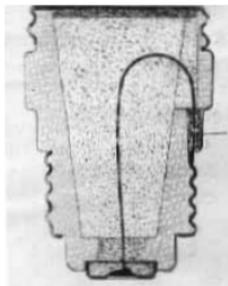


Bild 2.1 – Schmelzstößel mit Edisongewinde (um 1900)

Quelle: Elektrotechnische Nachrichten Mai 1909

Die ersten energietechnischen Anlagen waren buchstäblich „brandgefährlich“. So berichtet die Elektrotechnische Zeitschrift vom September 1882 in einer Mitteilung über die von Siemens Brothers & Co., London, errichtete Altstadt- und Rathausbeleuchtung im englischen Hull:

„Im Stadthause sind zur Erhöhung der Sicherheit und um jede Feuergefährlichkeit auszuschließen, sämtliche Drähte mit Gummi und Leinwand bedeckt, während jede einzelne Lampe mit einem Sicherheitspfropfen versehen wird, der, sobald in der Leitung eine ungehörige Temperaturerhöhung eintritt, zum Schmelzen gebracht wird und so den Strom unterbricht.“³⁾

Diese „Sicherheitspfropfen“ können als Vorläufer der „Sicherungsstöpsel mit Edisongewinde“ (Bild 2.1) gelten, die bis ins erste Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts als Schutzelemente in elektrischen Stromkreisen dominierten. Sie waren den sonst weit verbreiteten Bleistreifen-Sicherungen deutlich überlegen.

Entsprechend den Sicherheitsvorschriften des VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) von 1896 hatten die „Edison-Stöpsel“ für jeden Leitungsquerschnitt fein abgestimmte Silberschmelzleiter und waren über verschiedene Baulängen nach Stromstärken unverwechselbar.

Mit der Leistungssteigerung der elektrischen Anlagen wurden jedoch die Grenzen der „Edison-Stöpsel“ bald erreicht. Das Ausschaltvermögen entsprach bald nicht mehr den gestiegenen Anforderungen, wie eine groß angelegte Versuchsreihe deutscher Elektrizitätswerke im Jahre 1904 zeigte: „Viele Stöpsel versagten unter lautem Krachen und heftigster Feuererscheinung, die ohne vorgeschaltete Notsicherung zum Brand geführt hätte. Selbst die zur Zeit besten Stöpsel erschienen nicht einwandfrei.“⁴⁾

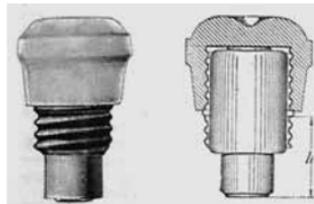


Bild 2.2 - Zweiteilige Schraub-sicherung der Siemens-Schuckertwerke (um 1904)

Quelle: Elektrotechnische Zeitschrift Februar 1909

Die Zeit war reif für DIAZED®⁵⁾, eine modernere, leistungsstärkere Sicherungsgeneration.

Im Anschluss an die oben erwähnte offizielle Versuchsreihe mit ihren unbefriedigenden Ergebnissen stellten die Siemens-Schuckertwerke eine Neukonstruktion (Bild 2.2) der Fachwelt vor, die „...durch ihre Kurzschluss-Sicherheit auch bei 550 V nicht unberechtigtes Aufsehen erregte“⁶⁾. Kein Wunder, denn „Die (Siemens-) Patronen gingen absolut lautlos durch, ohne auch nur einmal zu versagen. Der zweiteilige Stöpsel - die Porzellanzyylinderpatrone mit Schraubkopf - musste somit als die zweckmäßigste Form des Edison-Stöpsels anerkannt werden.“

Das überlegene Schaltverhalten erzielte die Siemens-Konstruktion durch einen dickwandigen Porzellankörper mit engem Schaltraum mit Talkumfüllung und durch größere Elektrodenabstände. Die Zweiteilung ermöglichte eine bessere Handhabung des Schraubkopfes und kostengünstige auswechselbare Patronen. Ermutigt durch die guten Versuchsergebnisse der Siemens-Konstruktion definierte ein Unterausschuss der Vereinigung der Elektrizitätswerke gewünschte „Einheits-sicherung“:

- Kurzschlussicherheit
- 500 V Nennspannung
- Unverwechselbarkeit
- Anzeigevorrichtung

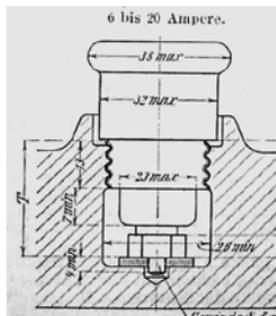


Bild 2.3 – DIAZED-Maßnorm

Quelle: Elektrotechnische Nachrichten Mai 1908

³⁾ Elektrotechnische Zeitschrift September 1882

⁴⁾ Elektrotechnische Zeitschrift 1909, Heft 5

⁵⁾ DIAZED ist eingetragenes Warenzeichen der Siemens AG

⁶⁾ Elektrotechnische Nachrichten Mai 1909

Das Ergebnis der Siemens-Entwicklungsarbeiten wurde unter der Marke DIAZED auf den Markt gebracht (Bild 2.3). Dieser Markenname ist aus den kennzeichnenden Merkmalen hergeleitet:

- Unverwechselbarkeit, erzielt über Durchmesserabstufungen (**diаметral**) und
- zweiteilige Ausführung des Edison-Stöpsels, bestehend aus Stöpselkopf und auswechselbarer Patrone.

Das DIAZED-Konzept war in mehrfacher Hinsicht wegweisend und zeigte sich in weiteren Laborversuchen und im Betrieb so deutlich überlegen, dass die Vereinigung der Elektrizitätswerke in ihrer Generalversammlung am 8.6.1909 in Nürnberg beschloss, „zweiteilige Patronen-Schraubstöpsel als beste Konstruktion anzuerkennen...“⁷⁾

Nicht zuletzt fand auch die sehr gefällige Formgebung der DIAZED-Sicherung und der damit erstellten Verteilungen großen Anklang (Bild 2.4)⁸⁾.

Ausschlaggebend für den überragenden Erfolg der Siemens-DIAZED-Sicherungen war eine von der „Vereinigung der Elektrizitätswerke“ durchgeführte vergleichende Untersuchung des Schaltverhaltens verschiedener Sicherungssysteme. Die Versuchsergebnisse und die seit Einführung vorliegenden guten Betriebserfahrungen führten im Jahre 1909 zu dem Beschluss, „zweiteilige Schraubstöpsel für 500 V mit Anzeigevorrichtung als bestes Sicherungssystem anzuerkennen“⁴⁾.

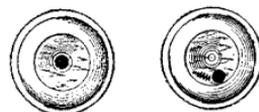
Damit übernahm Siemens eine führende Rolle für die weitere Entwicklung von Sicherungssystemen für den zuverlässigen Schutz von elektrischen Installationen.

Die überwältigende Anerkennung des DIAZED-Systems durch die Elektrizitätswerke ist in seinen technischen Merkmalen begründet, die zur weltweiten Verbreitung führten und bis heute auch in Nachfolgeprodukten enthalten sind:

- Druckfester Porzellankörper für hohes Schaltvermögen
- Unverwechselbarkeit durch Durchmesserabstufung
- gut sichtbarer und zuverlässiger Kennmelder
- Farbkennzeichnung
- Selektivität

Zur einfacheren Kontrolle der Installationen führte man eine Farbkennzeichnung der Pässeinsätze und Kennmelder ein. Den Farbcode wählte man in Anlehnung an die damals gängigen Briefmarken. Damit wurde eine leicht zu merkende, da allseits bekannte, Zuordnung von Farben zu Zahlenwerten eingeführt (Bild 2.5).

Um 1927 wurde das **N-DIAZED-System**, eine kompaktere DIAZED-Bauform für Stromstärken bis 25 A und 500 V Netzspannung, entwickelt. Es entsprach den zeitgemäßen Forderungen nach Materialeinsparung und geringerem Platzbedarf in Zählertafeln und kleinen Verteilungen. Eingeführt wurde dafür das kleinere Elektrogewinde E 16 und Keramik-Pass-



Sicherung
intakt – ausgelöst

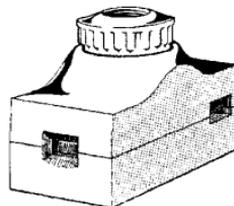


Bild 2.4 – Praktisch und form-schön: DIAZED 1907

Quelle: Wright, Newberry
„Electric Fuses“



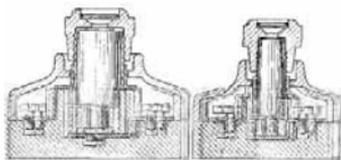
Bild 2.5 – Einprägsamer Farbcode

⁷⁾ Elektrotechnische Zeitschrift Dezember 1909

⁸⁾ A. Wright and P.G. Newberry: „Electric Fuses“

ringe mit Außengewinde E 16 anstatt der Passschrauben. Damit kontaktierte der Sicherungseinsatz den Fußkontakt des Sockels direkt und nicht mehr über die Passschraube (Bild 2.6).

1959 wurden für das DIAZED-System neue Anwendungen erschlossen. Zum Schutz von Halbleiterbauelementen wurden überflinke und für Bergbauanwendungen trag-flinke Charakteristiken entwickelt. Hinzu kamen 750 V-Sicherungen für elektrische Bahnen.



DIAZED mit Passschraube

N-DIAZED mit Passring

Bild 2.6 – Kompaktes N-DIAZED-System 1927

Quelle: Siemens-Zeitschrift Februar 1927



D 01 D II D 02 D III

Bild 2.7 – Vergleich NEOZED(D0)- und DIAZED(D)-Sicherungssystem

Quelle: Siemens-Zeitschrift 41 (1967) Heft 4

1967 entstand mit dem **NEOZED-Sicherungssystem**⁹⁾ ein neues, für den Leitungsschutz optimiertes Sicherungssystem. Triebfeder für diese Neuentwicklung war neben dem stets präsenten Wunsch nach kleineren Abmessungen die Anpassung der Abmessungen an die Teilungsmaße der bereits weit verbreiteten Reiheneinbaugeräte. Der grundsätzliche Aufbau des bewährten DIAZED-Systems wurde beibehalten (Bild 2.7):

- Schraubkappe
- Sicherungseinsatz
- Passeinsatz
- Sicherungssockel

Die Baugrößen des NEOZED-Systems erhielten zur Unterscheidung gegenüber dem DIAZED-System die Größenbezeichnung „D0“ (gesprochen „D-Null“).

Die Baugrößen des NEOZED-Systems erhielten zur Unterscheidung gegenüber dem DIAZED-System die Größenbezeichnung „D-System“ genannt. In der fachlichen Umgangssprache unterscheidet man sie weiterhin als D- und D0-Sicherungen oder nach den Herstellermarken DIAZED und NEOZED. Das NEOZED-System zeichnete sich nicht nur durch kompaktere Abmessungen, sondern auch durch eine deutlich geringere Leistungsabgabe (Verlustleistung) aus. Beides wurde möglich durch die Wahl einer Bemessungswchselspannung von 380 V, später erhöht auf 400 V entsprechend der inzwischen international genormten öffentlichen Versorgungsspannung. Außerdem wurde eine einheitliche Kennlinie (heute „gG“) gewählt, mit Selektivität von Nennstromstufe zu Nennstromstufe. Eine Abstufung, die bei Siemens-NEOZED-Sicherungen bis heute überwiegend gilt.

Das **NH-Sicherungssystem** hatte erste Vorläufer bereits Anfang des 20. Jahrhunderts¹⁰⁾. Für Nennströme von 100 A und mehr, die mit Schraubsicherungen nicht mehr beherrschbar waren, wurden „einsteckbare Porzellanpatronen“ (Sicherungseinsätze mit Messerkontakten) entwickelt, (Bild 2.8). Die heutige Bezeichnung „NH-Sicherung“ entstand erst in den 1920er Jahren.



Bild 2.8 – Einsteckbare Porzellanpatronen (1910)¹⁰⁾

⁹⁾ NEOZED® ist eine eingetragene Marke der Siemens AG

¹⁰⁾ Elektrotechnische Zeitschrift September 1910

Siemens engagierte sich verstärkt ab Mitte des 20. Jahrhunderts in der Weiterentwicklung des NH-Systems zu

- größeren Schaltleistungen bei kleineren Abmessungen (Baugröße 00),
- Reiterelementen für den modernen Anlagenbau und
- erhöhter Bediensicherheit durch genormte Aufsteckgriffe und Sicherungshalter mit Lastschaltfunktion (Sicherungslasttrennschalter).

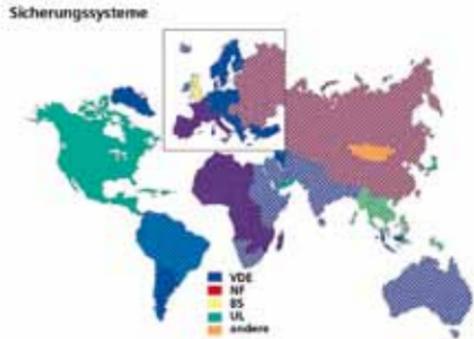


Bild 2.9 – Weltkarte der Sicherungsnormen

Durch diese wegweisenden Entwicklungsschritte haben Siemens-Schmelzsicherungssysteme für den Schutz von Energieverteilungsnetzen über die Deutsche Norm DIN VDE und die Internationale Norm IEC inzwischen weltweite Verbreitung gefunden (Bild 2.9).

3 Siemens Sicherungssysteme

Die heute international genormten und unter den geschützten Siemens-Marken DIAZED und NEOZED weltweit verbreiteten D- und D0-Schraubsicherungssysteme beruhen auf einer Entwicklung der Siemens-Schuckert-Werke in den Anfangsjahren des 20. Jahrhunderts. Die Marke „Diazed“ für elektrische Schmelzsicherungen wurde bereits 1908 für die Siemens-Schuckertwerke GmbH, Berlin in die Warenzeichenrolle des Reichspatentamtes eingetragen. Nur original DIAZED-Sicherungen entsprechen dem hohen Siemens-Qualitätsstandard.

Es folgten mit der NDz-Sicherung eine Ergänzung des DIAZED-Systems durch eine platzsparende Ausführung für den Einsatz in Zählerhauben und mit dem NEOZED-System ein komplett neues, mit Reiheneinbaugeräten kompatibles System.

Hinweis: Die Marken DIAZED und NEOZED werden umgangssprachlich oft an Stelle der Größenbezeichnungen „D“ und „D0“ verwendet. Nur Originalprodukte dürfen jedoch unter diesen Markennamen vertrieben werden.

Siemens Sicherungssysteme sind heute nach Bauformen wie folgt gegliedert:

- NEOZED-System (D0-Sicherungen D01 – D03)¹¹⁾
- DIAZED-System (D-Sicherungen DII – DIV, NDz)
- NH-System
- Zylindersicherungssystem
- Class CC Sicherungssystem

Für den Kabel- und Leitungsschutz gibt es Sicherungseinsätze in allen genannten Systemen und Baugrößen. Für die speziellen Anwendungsbereiche

- Halbleiterschutz (SITOR®- und SILIZED®-Sicherungseinsätze)¹²⁾ und
- Motorstromkreise

gibt es ebenfalls Sicherungseinsätze in verschiedenen Systemen und genormten Bauformen, für den Halbleiterschutz auch in Sonderbauformen.

¹¹⁾ In den Normen IEC 60269 und VDE 0636 sind die üblichen Bezeichnungen D- und D0-System als D-System zusammengefasst. Siemens hält die anwenderfreundliche Unterscheidung von NEOZED-System und DIAZED-System im Hinblick auf unterschiedliche Installationsbedingungen nach wie vor für sinnvoll.

¹²⁾ SITOR®, SILIZED®, MINIZED® und SENTRON® sind eingetragene Marken der Siemens AG.

Für das NEOZED-System und das NH-System gibt es die Schalter-Sicherungseinheiten

- MINIZED¹²⁾-Lasttrennschalter bzw. NEOZED-Sicherungslasttrennschalter
- SENTRON¹²⁾

mit Lastschalteigenschaften .

Auf die spezifischen Eigenschaften und die daraus folgenden Anwendungsbereiche der Systeme wird im Folgenden detailliert eingegangen.

3.1 NEOZED- und DIAZED-Schraubsicherungssysteme

Die Siemens Schraubsicherungssysteme NEOZED- und DIAZED-entsprechen der Internationalen Norm IEC 60269 und den Deutschen Normen VDE 0636 und VDE 0635. Der Begriff „Sicherung“, wird üblicherweise für den auswechselbaren Teil der Sicherung, den Sicherungseinsatz, verwendet. So wird der Begriff auch hier in der Regel verwendet. Nach Norm umfasst eine „Sicherung“ jedoch „alle Teile, die die vollständige Einrichtung bilden“, d. h. eine Schraubsicherung (Bild 3.1.1) setzt sich zusammen aus



Bild 3.1.1 – Komponenten einer NEOZED-Sicherung

- dem Sicherungssockel aus Formstoff oder Keramik mit Haltevorrichtung für den Passeinsatz und Anschlussklemmen,
- dem Sicherungseinsatz mit Keramikkörper, Kennmelder in Normfarbe und unverwechselbarem Stirnkontaktstück,
- der Schraubkappe (Sicherungseinsatzträger) aus Formstoff oder Keramik, mit Sichtfenster und optionalen Löchern für Spannungsprüfung und Plombierung,
- dem Passeinsatz (Bild 3.1.2) mit Farbkennzeichnung entsprechend dem Bemessungsstrom, zum Einsetzen und Entfernen mit Spezialwerkzeug,
- der Berührungsschutzabdeckung aus Formstoff.

Die Kontaktstücke der Sicherungseinsätze müssen aus mindestens 62 % Kupfer bestehen und durch einen galvanischen Überzug gegen Korrosion geschützt sein. Bei Bemessungsstromstärken unter 50 A sind die Kontakte vernickelt, ab 50 A und darüber ist eine Silberschicht von mindestens 3 µm vorgeschrieben.

Kennzeichnende Merkmale der Schraubsicherungssysteme sind

- Berührungsschutz und
- Unverwechselbarkeit in Bezug auf den Bemessungsstrom,

das heißt, in die Sicherungssockel kann nicht irrtümlich ein Sicherungseinsatz eingesetzt werden, dessen Bemessungsstrom den zulässigen Betriebsstrom der Anwendung überschreitet. Dadurch wird sichergestellt, dass die maximal zulässige Strombelastung einer Leitung nicht durch den Einsatz von Sicherungen mit zu hohem Bemessungsstrom überschritten wird. Gefährliche Überhitzungen, die möglicherweise Brände



Bild 3.1.2 – Pässeinsätze

auslösen, werden damit verhindert. Unverwechselbarkeit wird gefordert für Bemessungsströme ab 10 A und wird erfüllt durch Passeinsätze (Bild 3.1.2) im Sockel und abgestufte Durchmesser der Sicherungskontaktstücke. Sicherungseinsätze passen nur in Sockel mit Passeinsätzen des gleichen oder eines größeren Nennstromes und sind deshalb für die Bedienung durch Laien geeignet (Bild 3.1.3). Die Passeinsätze können nur mit den entsprechenden Passeinsatzschlüsseln eingebaut und entfernt werden, die an Laien nicht abgegeben werden.



Bild 3.1.3 – Unverwechselbarkeit



Sicherheitshinweis: Die Laienbedienbarkeit der Schraub Sicherungssysteme gilt für die Spannungs- und Strombereiche, die Laien üblicherweise zugänglich sind, das heißt für den Bereich der Hausinstallation. Sie hat ihre Grenzen bei industriellen Anwendungen mit Wechselspannungen über 400 V und Gleichspannungen über 25 V. Hier gelten auch für befugte Personen Einschränkungen für das Herausnehmen und Einsetzen von D-Sicherungen unter Spannung (Tabelle 3.1).

Das Deutsche Normungskomitee K 224 hat in seinen Erläuterungen zu VDE 0105 Teil 100 anhand von praktischen Versuchen die Grenzen gemäß Tabelle 3.1 definiert. (Bei den Stromwerten in Tabelle 3.1 handelt es sich um Bemessungsströme der Sicherungen, nicht um eventuelle Fehlerströme beim Einsetzen.) Demnach können im Niederspannungsverteilungsnetz D- und DO-Sicherungen bis 63 A Bemessungsstrom auch von Laien gefahrlos gewechselt werden. In Industrienetzen mit Spannungen über 400 V ist dies nur befugten Personen bei Bemessungsstromstärken bis höchstens 16 A erlaubt.

Typ	Nennspannung	Laien	Befugte Personen
D, DO	≤ 400 V a.c.	≤ 63 A	≤ 63 A
D	> 400 V a.c.	nein	≤ 16 A
D, DO	≤ 25 V a.c.	ja	ja
DO	25 V bis 60 V d.c.	nein	≤ 6 A
	> 60 V bis 120 V d.c.	nein	≤ 2 A
	> 120 V d.c.	nein	nein
D	> 25 V bis 60 V d.c.	nein	≤ 16 A
	> 60 V bis 120 V d.c.	nein	≤ 5 A
	> 120 V bis 750 V d.c.	nein	≤ 1 A
	> 750 V d.c.	nein	nein

Tabelle 3.1 – Zulässiger Sicherungswechsel unter Spannung ¹³⁾

Bei Gleichstrom ist der Sicherungswechsel nur bis 25 V gefahrlos möglich. Bei höheren Gleichspannungen ist Laien der Sicherungswechsel unter Last generell nicht erlaubt und selbst für befugte Personen gelten enge Bemessungsgrenzen, ab denen die Sicherungen nur noch nach dem Abschalten des Stromes gewechselt werden dürfen. Bei Betriebsgleichspannungen über 25 V ist die Sicherungsbetätigung unter Spannung bei Gleichströmen über 6 A bei NEOZED-Sicherungen (DO-Sicherungen) über 16 A bei DIAZED-Sicherungen (D-Sicherungen) auch für Fachleute absolut tabu!

Die ursprüngliche Erwartung, dass das NEOZED-System als neues Einheitssystem das DIAZED-System ablösen würde, hat sich bisher nicht erfüllt. Um so wichtiger ist für den Anwender ein kompletter Überblick über die Systeme, die er heute in elektrischen Installationen vorfindet.

Tabelle 3.2 gibt eine Übersicht über die vorhandenen Systeme und deren wichtigste Unterscheidungsmerkmale. Hierbei wird der Vollständigkeit halber auch das nach einer Werknorm gebaute und in Installationen der neuen Bundesländer noch weit verbreitete DL-System erwähnt. Dieses System verwendet wie die NDz-Sicherungen die Gewindegröße E 16, ist jedoch nicht mit diesem verwechselbar. Mit Hilfe einer Adapterfeder für DL-Schraubkappen können NEOZED-Sicherungseinsätze der Baugröße D01 in vorhandenen Installationen mit DL-Sicherungssockeln eingesetzt werden.

Siemens System	Baugröße	Gewinde	Bemessungsströme	Bemessungsspannungen	Schaltvermögen	Norm
NEOZED	D01	E 14	2 A bis 16 A	400 V a.c. 250 V d.c.	50 kA a.c. 8 kA d.c.	VDE 0636
	D02	E 18	20 A bis 63 A			
	D03	M 30x2	80 A und 100 A			
DIAZED	DII	E 27	2 A bis 25 A	500 V a.c. 500 V d.c.	50 kA a.c. 8 kA d.c.	VDE 0636
	DIII	E 33	35 A bis 63 A			
	DIV	G 1 ¼	80 A und 100 A			
	NDz	E 16	2 A bis 25 A	500 V a.c. 500 V d.c.	4 kA a.c. 1,6 kA d.c.	VDE 0635
Zubehör ¹⁴	DL	E 16	2 A bis 20 A	380 V a.c.	20 kA a.c.	WN

Tabelle 3.2 Siemens-Schraubsicherungssysteme

Das DIAZED-System war das erste Siemens-Sicherungssystem und es ist nach wie vor das weltweit am meisten verbreitete und somit ein wesentlicher Baustein der Siemens Sicherungssysteme. Es deckt Spannungsbereiche und Anwendungen ab, die von den wirtschaftlich optimierten Nachfolgeprodukten nicht mehr berücksichtigt wurden. Ebenso sind Sicherungstypen enthalten, die in die Internationale Norm IEC 60269 und die harmonisierte Deutsche Norm VDE 0636 keinen Eingang gefunden haben. So z. B. die NDz-Sicherungen, die wegen ihrer Eignung für hohe Gleichspannungen bis heute in Mess- und Steuerstromkreisen eingesetzt werden. Es gibt diese Sicherungen mit flinker und träger Charakteristik (TNDz). Genormt sind diese Sicherungen in der Deutschen Norm VDE 0635.

Das DIAZED-System umfasst Bemessungsspannungen bis 750 V a.c. und 750 V d.c. und Bemessungsströme von 2 A bis 100 A.

Mit den verfügbaren verschiedenen Charakteristiken von träg bis superflink (Bild 3.1.4) und seiner Eignung für hohe Gleichspannungen ist das DIAZED-System das am vielseitigsten einsetzbare Siemens-Sicherungssystem (Tabelle 3.3).

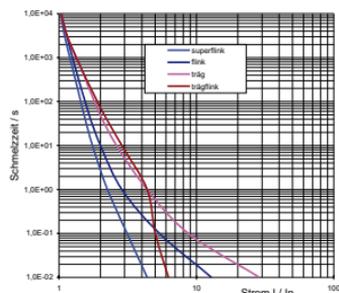


Bild 3.1.4 – DIAZED®-Charakteristiken

Baugröße	DII	DIII	DIV	DIII	NDz	DIII
Norm	IEC 60269, VDE 0636				VDE 0635	
Gewinde	E 27	E 33	E 33	G 1 ¼	E 16	E 33
Größter Bemessungsstrom	25 A	63 A	63 A	100 A	25 A	63 A
Bemessungsspannungen	500 V a.c. 500 V d.c.	500 V a.c. 500 V d.c.	690 V a.c. 600 V d.c.	500 V a.c. 400 V d.c.	500 V a.c. 500 V d.c.	700 V a.c. 750 V d.c.
Schaltvermögen	50 kA a.c. 8 kA d.c.	50 kA a.c. 8 kA d.c.	50 kA a.c. 8 kA d.c.	50 kA a.c. 8 kA d.c.	40 kA a.c. 1,6 kA d.c.	10 kA d.c.
Betriebsklassen, Charakteristiken	gG, gR flink (VDE 0635) superflink	gG, gR flink (VDE 0635) superflink	gG	gG, gR flink (VDE 0635) superflink	träg (TNDz), flink	flink (elektrische Bahnen)

Tabelle 3.3 – DIAZED®-Sicherungssystem

¹⁴⁾ Mit der DL-Haltesfeder können NEOZED®-Sicherungseinsätze D01 von 2 – 16 A in DL-Sicherungshalte eingesetzt werden.

Hinweis: Die aufnehmbare Leistung von DIAZED-Sicherungssockeln ist wie bei allen genormten Sicherungsunterteilen auf die Leistungsabgabe von Leitungsschutzsicherungen (gG-Sicherungen) abgestimmt. Superflinke DIAZED-Sicherungseinsätze SILIZED für den Halbleiterschutz (gR-Sicherungen) haben bei gleichem Bemessungsstrom eine deutlich höhere Leistungsabgabe als gG-Sicherungen. Sie sind durch einen gelben Ring gekennzeichnet, um Verwechslungen zu vermeiden (Bild 3.1.5). Bei ihrem Einsatz ist immer die maximal aufnehmbare Leistung des Sicherungssockels zu beachten!



Bild 3.1.5 – SILIZED®-Halbleiterschutzsicherung

Das DIAZED-System umfasst ein sorgfältig aufeinander abgestimmtes Bauteilsystem dessen Komponenten fast beliebig kombiniert werden können um allen Installationsanforderungen gerecht zu werden (Bild 3.1.6). Es eignet sich besonders für den robusten Betrieb.

Als Installationseinbaugeräte werden die DIAZED-Sockel in Verteilern nach DIN 43880 oder auf Hutschiene nach EN 50021 eingebaut. Das Sammelschienensystem mit Langloch (Bild 3.1.6) ist bis 80 A belastbar und besonders montagefreundlich. Das leistungsfähige Reitersystem EZR für Schraubbefestigung ist mit dem speziellen darauf abgestimmten Sammelschienensystem bei seitlicher Einspeisung sogar bis 150 A belastbar.



Bild 3.1.6 – DIAZED®-Systemkomponenten

Legende:

- 1 DIAZED-Sockel
- 2 DIAZED-Abdeckung
- 3 DIAZED-Abdeckung
- 4 DIAZED-Kappe
- 5 DIAZED-Sicherungseinsatz DII
- 6 DIAZED-Sicherungseinsatz NDz
- 7 DIAZED-Passschraube
- 8 DIAZED-Passhülse
- 9 DIAZED-Schraubkappe
- 10 Sammelschiene, Langloch, 1-phasig
- 11 Klemme, Gabelschuh, nicht isoliert

Das NEOZED-System ist ein für den Einbau in Installationsverteilern optimiertes System, das auf den guten Erfahrungen mit dem DIAZED-System aufbaut. Unverwechselbarkeit und Berührungsschutz sind durchgehende Merkmale. Die Unverwechselbarkeit wird durch metallische Passeinsätze in Kennmelderfarbe (Passhülsen, Bild 3.1.2) erzielt. Diese werden durch Federn im Sicherungssockel gehalten und sind nur mit einem speziellen Passeinsatzschlüssel (s. Bild 3.1.9) auszuwechseln. Die Passhülsen sind nicht stromtragend und bei herausgenommenem Sicherungseinsatz spannungsfrei. Die Kontaktgabe erfolgt somit ohne zusätzlichen Übergangswiderstand direkt vom Kontaktstück des Sicherungseinsatzes auf den Fußkontakt des Sockels.



Bild 3.1.7 – NEOZED®-Einbausystem

Die Anpassung der Abmessungen an die in DIN 43880 festgelegten Maße für Installationseinbaugeräte vereinfacht die Projektierung und Montage von Sicherungsverteilern ebenso wie die Kombination von Sicherungen mit anderen Einbaugeräten (Bild 3.1.7)

Die drei Baugrößen für den Bemessungsstrombereich von 2 A bis 100 A sind entsprechend den Absatzmengen in ihrer Abstufung optimiert. Da die größten Mengen im Bereich 2 A bis 16 A anfallen, ist die Baugröße D01 auf diesen Bemessungsstrombereich beschränkt. Hierdurch ergibt sich eine sehr kostengünstige Konstruktion mit kompakten Abmessungen auf der Basis des Elektrogewindes E 14.

Ebenso konsequent wie die Baugrößenabstufung sind auch die elektrischen Bemessungsgrößen auf den Hauptbedarf ausgerichtet. Dieser liegt bei einer Bemessungsspannung von 400 V a.c. (250 V d.c.) und einer einheitlichen an die Belastbarkeit von Kabeln und Leitungen angepassten Charakteristik (gG). Die gegenüber dem DIAZED-System reduzierte Bemessungsspannung ermöglicht kürzere Kriech- und Luftstrecken und niedrigere Leistungsabgaben. Beides wirkt sich vorteilhaft auf die Raumnutzung in Verteilungen aus (Tabelle 3.4).

Sicherungssystem	Baugröße / Gewinde	Bemessungsstrombereich	maximale Leistungsabgabe	Teilungsmaß
NEOZED®-System	D01 / E 14	2 A bis 16 A	2,5 W	27 mm (1,5 TE)*
	D02 / E 18	20 A bis 63 A	5,5 W	27 mm (1,5 TE)
	D03 / M 30x2	80 A bis 100 A	7,0 W	45 mm (2,5 TE)
DIAZED®-System	DII / E 27	2 A bis 25 A	4,5 W	39 mm
	DIII / E 33	32 A bis 63 A	7,0 W	46 mm
	DIV / G 1¼	80 A bis 100 A	9,0 W	48 mm

* Teilungsmaß 18 mm (1 TE) mit D01 Sicherungstrennschaltern in Einschubtechnik

Tabelle 3.4 – Abmessungen und Leistungsabgabe von NEOZED-System und DIAZED-System

Hinweis: Die aufnehmbare Leistung von NEOZED-Sicherungssockeln ist wie bei allen genormten Sicherungsunterteilen auf die Leistungsabgabe von Leitungsschutzsicherungen (gG-Sicherungen) abgestimmt. Superflinke NEOZED-Sicherungseinsätze SILIZED für den Halbleiterschutz (gR-Sicherungen) haben bei gleichem Bemessungsstrom eine deutlich höhere Leistungsabgabe als gG-Sicherungen. Sie sind wie auch bei der Bauform DIAZED durch einen gelben Ring gekennzeichnet, um Verwechslungen zu vermeiden (Bild 3.1.5). Bei ihrem Einsatz ist immer die maximal aufnehmbare Leistung des Sicherungssockels zu beachten!

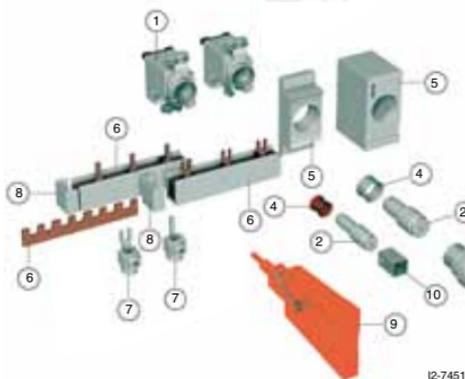
Das NEOZED-System wurde von Siemens durch zahlreiche Varianten der Systemkomponenten zu einem universell verwendbaren Sicherungssystem entwickelt (Bild 3.1.9). Der Anwender hat je nach Aufgabenstellung die Auswahl zwischen

- Sockeln aus Formstoff oder Keramik,
- einpoligen und dreipoligen Sockeln,
- Hutschienenmontage oder Schraubbefestigung,
- Klemmen in Zu- und Abgang für alle Leiterformen und Querschnitte,
- Formstoffabdeckungen aufsteckbar oder aufschraubbar,
- Schraubkappen aus Formstoff oder Keramik,
- Schraubkappen mit Prüfloch oder plombierbar (Bild 3.1.8).



Bild 3.1.8 – NEOZED®-Schraubkappen

Schienen zum parallelen Einspeisen der Sockel vereinfachen die Montage wesentlich, ohne die Leiteranschlussmöglichkeiten zu beeinträchtigen (s. Abschnitt 3.3 „Sammelschienensysteme“).



Legende:

- 1 Sicherungssockel
- 2 Sicherungseinsatz
- 3 Sicherungsschraubkappe
- 4 Passeinsatz
- 5 Abdeckung oder Abdeckkappe
- 6 Sammelschiene
- 7 Anschlussklemme
- 8 Endkappe
- 9 Passeinsatzschlüssel
- 10 Haltefeder für Sicherungseinsätze D01 in Sicherungssockeln D02

Bild 3.1.9 – NEOZED-Systemkomponenten

Zum NEOZED-System gehören nicht zuletzt die NEOZED-Sicherungslasttrennschalter (Bild 3.1.10) und die MINIZED-Sicherungslasttrennschalter mit Sicherungen. Hierbei handelt es sich um Schalter-Sicherungseinheiten, die aus den Sicherungskomponenten entwickelt wurden und in den Anwendungsbereich der Normen IEC 60947-3 und VDE 0660 Teil 107 fallen. Die Besonderheiten dieser Schaltgeräte werden in Abschnitt 3.6 ausführlicher behandelt.

Beiden Gerätefamilien ist gemeinsam, dass die Sicherungseinsätze nicht mit der Schraubkappe betätigt werden, sondern in Einschubtechnik in ihre Betriebsstellung gebracht werden. Diese Technik erhöht die Bediensicherheit durch spannungsfreies Wechseln der Sicherungen und ermöglicht bei der Baugröße D01 eine Verringerung der Baubreite auf 18 mm entsprechend einer Teilungseinheit (vgl. Tabelle 3.4).



Bild 3.1.10 – Nur 18 mm breit: MINIZED-Sicherungslasttrennschalter

3.2 NH-Sicherungssystem

Die NH-Sicherung (Bild 3.2.1) besteht nach Norm aus

- dem **Sicherungsunterteil** mit fremdgefederten Aufnahmekontakten für die Messerkontakte,
- dem **Sicherungseinsatz** als dem Kernstück der Schutzeinrichtung und
- dem Sicherungseinsatzträger, ausgeführt als **Sicherungsaufsteckgriff** oder
- **Einschwenkvorrichtung** für die Betätigung des Sicherungseinsatzes in einer geführten Bewegung.

Die Kombination aus Unterteil und Einschwenkvorrichtung bildet einen **Sicherungshalter** (s. auch Abschnitt 3.6 „MINIZED- und SENTRON-Lastschalter-Sicherungseinheiten“).

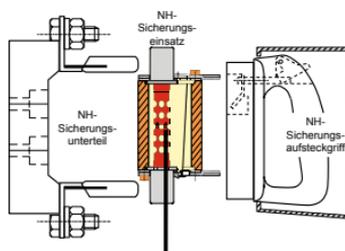


Bild 3.2.1 - NH-Sicherung

Diese Grundkomponenten hat Siemens zu einem universellen System für den Schutz von elektrischen Energieverteilungssystemen mit Zubehör für die verschiedensten Einbausituationen entwickelt (Bild 3.2.9).

Das NH-Sicherungssystem ist ein System zum Gebrauch durch **befugte Personen**. Diese müssen entweder Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesen sein. Es ist deshalb weder Berührungsschutz noch Unverwechselbarkeit gefordert. Das im engen Kundenkontakt entwickelte, praxisnahe Siemens-NH-System umfasst jedoch generell auch Zubehör für den Schutz gegen zufälliges Berühren. Der NH-Aufsteckgriff ist in seinen Abmessungen und in seinem Zusammenwirken mit den Sicherungseinsätzen nach VDE 0636 Teil 201 genormt. Aufsteckgriffe, welche für die Betätigung unter Spannung verwendet werden, sind mit einem Unterarmschutz versehen und fallen in den Geltungsbereich der VDE 0680 Teil 4.

NH-Sicherungseinsätze

Der grundsätzliche Aufbau mit den wichtigsten Funktionsteilen von Siemens NH-Sicherungseinsätzen ist in Bild 3.2.2 dargestellt:

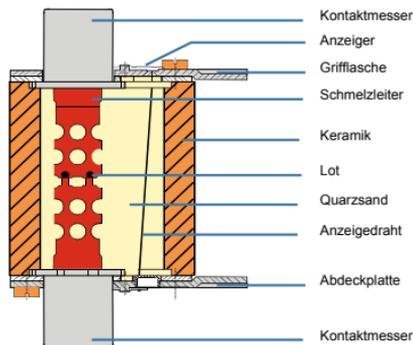


Bild 3.2.2 - NH-Sicherungseinsatz

- Die **Messerkontakte** sind aus massivem Kupfer mit versilberten Oberflächen ausgeführt. Das ergibt eine langlebige, korrosionsfreie Kontaktgabe mit niedrigem Übergangswiderstand und eine niedrige Leistungsabgabe (Verlustleistung) der Sicherung. Für den Einsatz in Industrielatmosphären, die Silber stark angreifen, können andere Oberflächenbeschichtungen erforderlich werden. Diese reduzieren in der Regel die Belastbarkeit der Sicherung und sollten nur in Abstimmung mit dem Siemens Customer Service Center ausgewählt werden.
- Der **Kennmelder** (Anzeiger) in roter Signalfarbe erleichtert das Auffinden und Ersetzen abgeschalteter Sicherungen und verkürzt die Ausfallzeit nach Anlagenstörungen. Der Kennmelder wird beim Durchschmelzen des Anzeigedrahtes ausgelöst. Standardmäßig sind Siemens NH-Sicherungen mit einem stirnseitigen Klappmelder ausgestattet. Die Konstruktion dieses Kennmelders hat sich als sehr zuverlässig und wenig anfällig gegen Montagefehler erwiesen und seine Sichtbarkeit ist bei offener Verteilerbauweise erwiesen. Der Siemens-Kombimelder mit stirn- und frontseitiger Anzeige (Bild 3.2.3) erhöht die Erkennbarkeit durch deutlichen Farbwechsel von rot nach weiß auf der Frontseite. Er ist auch beim Einsatz in Sicherungsschaltgeräten und Gehäusen mit eingeschränkter Sicht gut erkennbar.
- **Griffflaschen** sind in der Standardausführung integrierter Bestandteil der Abdeckplatten. In spannungsfreier Ausführung, erkennbar am aufgedruckten „Hammerkopfsymbol“ (Bild 3.2.3), bieten sie Schutz gegen zufälliges Berühren und Überbrückung spannungsführender Teile. Auch die spannungsfreien Griffflaschen sind aus Metall und damit mechanisch robust und auch bei tiefen Temperaturen bruchstabil.
- Der **Schmelzleiter** ist das Herzstück jeder Sicherung. Er bestimmt die Schalteigenschaften und ist für die Erwärmung verantwortlich. Er ist mit höchster Präzision aus reinem Kupferband gefertigt. Gleichmäßige Dicke des Bandes, gute Leitfähigkeit und enge Toleranzen des Stanzschnittes sorgen für



Bild 3.2.3 – NH-Sicherungseinsätze mit Kombimelder

Kennlinientreue und niedrige Leistungsabgabe (Verlustleistung). Größtwerte der Leistungsabgabe für genormte NH-Sicherungseinsätze sind in Tabelle A.4.5.2 im Anhang aufgelistet. Die Anzahl der Engstellen in Serie richtet sich nach der Höhe der wiederkehrenden Spannung (Netzspannung) bzw. nach der Bemessungsspannung der Sicherung.

- Der **Isolierkörper** verhindert beim Schalten den Austritt von heißen Gasen und flüssigem Metall in die Umgebung und muss beim Ausschaltvorgang sehr hohen Temperaturen, schnellen Temperaturwechseln und hohen Innendrücken standhalten. Er besteht bei Siemens-Standardsicherungen aus Steatit und bei thermisch hoch beanspruchten SITOR-Halbleiterschutzsicherungen aus Al_2O_3 -Keramik.
- Das **Lot** wird bei Ganzbereichsicherungen verwendet. Es ist auf das Schmelzleitermaterial abgestimmt und muss in der richtigen Menge an der richtigen Stelle sitzen. Wichtig für die Lotreaktion mit dem Schmelzleiter ist eine innige Verbindung. Blei- und Cadmiumhaltige Lote, die früher allgemein verwendet wurden, sind in Siemens-Sicherungen nicht mehr enthalten. (Wirkungsweise s. 4.1)
- Die **Abdeckplatten** bilden gemeinsam mit dem Keramikkörper eine druckfeste Kapselung für den Schaltlichtbogen.
- Die Füllung mit **Quarzsand** ist entscheidend für das strombegrenzende Abschalten. Siemens-Sicherungen sind mit Kristall-Quarzsand von hoher chemischer und mineralogischer Reinheit gefüllt. Durch Feuer Trocknung ist er von Kristallwasser befreit. Definierte Korngrößenverteilung und optimale Verdichtung sind für die zuverlässige Funktion der Sicherung unabdingbar und werden streng kontrolliert.

NH-Sicherungshandgriff (NH-Aufsteckgriff)

Mit der Einführung eines genormten Sicherungsaufsteckgriffs wurde die Bediensicherheit des NH-Systems so weit erhöht, dass elektrotechnisch unterwiesene Personen NH-Sicherungen auch unter Spannung betätigen können.

Die Betätigung von NH-Sicherungseinsätzen unter Last ist in der Sicherungsnorm nicht vorgesehen. Trotzdem ist das NH-System grundsätzlich für gelegentliche Lastschaltungen geeignet. Die Nutzung von NH-Sicherungseinsätzen als bewegliches Schaltstück bringt dem Netzbetreiber große Vorteile. Der Netzbetrieb, speziell das Freischalten oder das Umschalten von Kabeln in vermaschten Netzen, wird durch die Nutzung der NH-Sicherungen als Schutz- und Schaltelement erheblich vereinfacht.

Hinweis: NH-Unterteile mit und ohne Einschwenkvorrichtung erfüllen bei entferntem Sicherungseinsatz bzw. in offener Schaltstellung die Trennstellenbedingungen und eignen sich somit zum Freischalten des angeschlossenen Stromkreises.



Bild 3.2.4 – Betätigung von NH-Sicherungseinsätzen unter Last

Quelle: BGFE Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik

Normative Festlegungen zur Betätigung von NH-Sicherungen unter Spannung findet man

- in der deutschen Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ BGV A 3 (vorherige VBG 4)¹⁵⁾,
- in VDE 0105 Teil 100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“ und
- in VDE 0680 Teil 4 „NH-Aufsteckgriffe“.

Bei der Betätigung von Sicherungen unter Spannung oder Last wird streng unterschieden zwischen Laien und befugten Personen. Befugte Personen sind

- **Elektrofachkräfte:** Personen, die auf Grund ihrer fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrung sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihnen übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen können. In der Regel haben Elektrofachkräfte eine erfolgreiche elektrotechnische Ausbildung abgeschlossen.
- **Elektrotechnisch unterwiesene Personen:** Personen, die von Fachleuten für bestimmte Tätigkeiten unterwiesen und überwacht werden (Bedienungs- und Wartungspersonal), um die mit der Verwendung von elektrischem Strom verbundenen Gefahren erkennen und vermeiden können.



Bild 3.2.5 – NH-Aufsteckgriff mit Stulpe

Das Betätigen von NH-Sicherungen unter Spannung ist nur befugten Personen unter Verwendung des genormten NH-Aufsteckgriffs mit Stulpe (Bild 3.2.5) und der vorgeschriebenen Körperschutzmittel erlaubt (Bild 3.2.4). Vorschriftsmäßige Handgriffe mit Unterarmschutz tragen ein Isolatorsymbol (Bild 3.2.6).

Hinweis: NH-Aufsteckgriffe mit Unterarmschutz (Stulpe) müssen vor jeder Nutzung vom Benutzer auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel geprüft werden.



Bild 3.2.6 – Isolatorsymbole

Die deutsche Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 erachtet das Arbeiten unter Spannung als zulässig, wenn eine Gefährdung durch Körperdurchströmung oder Lichtbogenbildung ausgeschlossen ist. Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn NH-Aufsteckgriffe mit fest angebrachter Stulpe verwendet werden und ein Helm mit Gesichtsschutz getragen wird (Bild 3.2.4).

Geübte Fachleute oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen können unter den üblichen Verteilnetzbedingungen mit NH-Sicherungen Stromkreise bis zum Sicherungsbeurteilungstrom unterbrechen. Auch das versehentliche Einschalten auf einen Kurzschluss bleibt für geübtes Personal ohne gravierende Folgen, wenn Handgriff mit Stulpe und Gesichtsschutz vorschriftsmäßig verwendet werden.

Zum gelegentlichen Schalten von Überströmen und bei großen Kurzschlussleistungen können NH-Sicherungseinsätze in Sicherungslasttrennschaltern nach VDE 0660 Teil 107 „Schalter-Sicherungs-Einheiten“ zum Schalten verwendet werden (s. Abschnitt 3.6).

Sicherheitshinweis: NH-Sicherungseinsätze für Lastschaltungen mit dem NH-Aufsteckgriff oder als Schaltstück in NH-Sicherungslastschaltern müssen geeignete massive Kontakte aus Kupfer oder Kupferlegierung haben. Hohlkontakte und solche aus Aluminium haben sich als ungeeignet und potenziell gefährlich erwiesen, da sie unter Einfluss des Schaltlichtbogens zu schnell zerstört werden und Lichtbogenstörungen einleiten können.



NH-Sicherungsunterteile

NH-Sicherungsunterteile (kurz NH-Unterteile) sind das wichtige mechanische und elektrische Bindeglied der Sicherung zur Schaltanlage oder Verteilung. Sie bestimmen in erheblichem Umfang die Abmessungen und den Montageaufwand elektrischer Installationen. Nicht zuletzt haben die NH-Unterteilkontakte (Bild 3.2.7) einen entscheidenden Einfluss auf die Betriebssicherheit der Anlage. Siemens-NH-Unterteile mit fremdgefederten Lyrakontakten sorgen für dauerhaft sicheren und zuverlässigen Betrieb durch ihre bewährten Eigenschaften:

- Dauerhaft zuverlässige Stromübertragung bei niedriger Erwärmung durch versilberte Kontaktflächen und kräftigen Stahlfederring. Die Federringe sind mechanisch verzinkt. Dadurch werden die gefürchteten Federbrüche durch Wasserstoffversprödung vermieden.
- Leichtes Bedienen der NH-Sicherungseinsätze trotz hoher Kontaktkraft durch breite, parallele Kontaktflächen.

Hinweis: Die Kontaktflächen sollten zum Korrosionsschutz und für eine niedrige Betätigungskraft immer leicht mit Vaseline oder einem geeigneten Kontaktfett eingestrichen sein.

- Hohe dynamische Haltekraft bei Kurzschlussströmen durch den „Pincheffekt“ der Lyrakontakte. Die Stromaufteilung auf zwei parallele Kontaktschenkel erzeugt eine magnetische Anziehungskraft, welche die Kontaktflächen gegen das Sicherungsmesser presst und bei hohen Kurzschlussströmen ein Herausschleudern des Sicherungseinsatzes aus dem Unterteil verhindert (Bild 3.2.7).



Bild 3.2.7 – Lyrakontakt eines NH-Unterteils

- Guter Wärmeübergang vom Sicherungseinsatz zum Unterteil und den angeschlossenen Leitern durch große, parallele Kontaktflächen. Die Betriebswärme der NH-Sicherungseinsätze wird überwiegend über die Unterteilkontakte und die angeschlossenen Leiter an die Umgebung abgeführt. Eine gute Wärmeabfuhr sorgt für niedrige Betriebstemperaturen, längere Lebensdauer der Kontakte und schützt benachbarte Isolierstoffabdeckungen vor Wärmeschäden. (Größtwerte der aufnehmbaren Leistung von NH-Sicherungsunterteilen sind in Tabelle A.4.5.2 im Anhang aufgelistet.)
- Hohe mechanische und thermische Stabilität der Kontaktträger verhindert wirksam das Verdrehen oder Lösen der Kontakte während der Montage oder durch kurzzeitig erhöhte Temperaturen bei schweren Überstromabschaltungen.
- Ein durchdachtes System von Bauformen und Leiteranschlüssen ermöglicht den optimalen Anschluss für alle Leiterformen und die Anpassung an die verschiedenen Anforderungen der Anlagen.
- Isolierende Trennwände und Abdeckungen verhindern unbeabsichtigte Berührung und die Überbrückung benachbarter spannungsführender Teile.

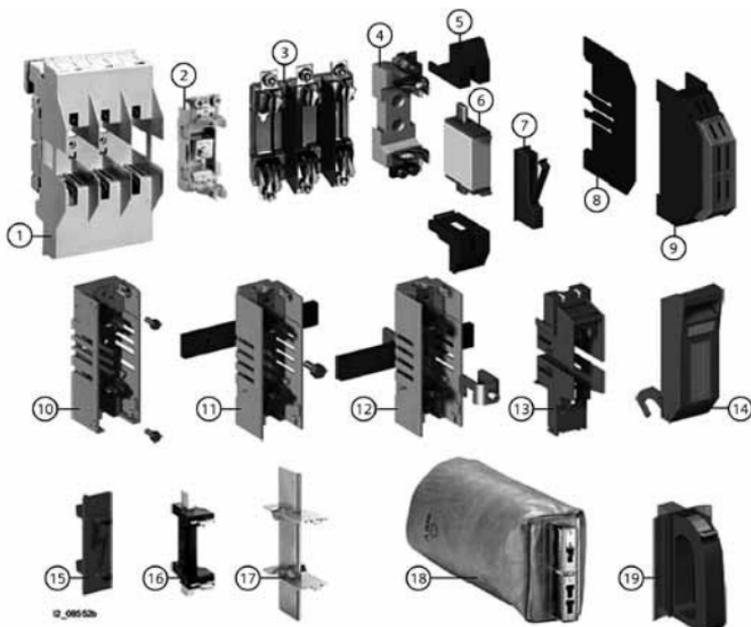
Das NH-System basiert auf Sicherungsunterteilen verschiedener Baugrößen und den dazu passenden Sicherungseinsätzen. Die Baugröße NH 4 ist im System eine Ausnahme, da sie verschraubte Kontakte hat. Sie wurde weitgehend durch die Baugröße NH 4a mit Messerkontakten abgelöst. Die Baugröße NH 0 darf nur noch als Ersatzbedarf verwendet werden. Ausnahme sind Sicherungen mit Schlagmeldern, die auch in Neuinstallationen noch zugelassen sind.

Wenn der Sicherungseinsatzträger am Unterteil mechanisch gelagert ist, spricht man von einer Einschwenkvorrichtung (Bild 3.2.8). Unterteil und Einschwenkvorrichtung bilden zusammen einen Sicherungshalter, der die Anforderungen an einen Sicherungstrennschalter nach VDE 0660 Teil 107 erfüllt und mit dem entsprechenden Symbol (Tabelle 3.10) gekennzeichnet ist. Bei NH-Sicherungen der Baugröße 4a ist eine Einschwenkvorrichtung mit Verriegelung zwingend vorgeschrieben.



Bild 3.2.8 – Sicherungshalter (Unterteil mit Einschwenkvorrichtung)

Für die Baugröße NH 000 (früher NH 00C) gibt es kein separat genormtes Unterteil. Die Sicherungseinsätze der Baugröße 000 passen in Unterteile der Größe 00. Damit kann der Vorteil kompakterer Abmessungen im Rahmen der Norm allerdings nicht genutzt werden. Außerhalb der Norm werden jedoch Unterteile und Sicherungs-Schaltgeräte (z. B. Siemens Lasttrennschalter SENTRON NH 000) angeboten, welche die Möglichkeiten der kompakteren Bauweise bei kleineren Bemessungsströmen voll ausschöpfen. Siemens bietet als einer der wenigen Hersteller die Baugröße 000 bis 160 A an.



NH-Sicherungen bestehen aus den Bauteilen:

- 1 NH-Unterteil aus dem Sammelschienen-system SR60
- 2 NH-Unterteil für Sammelschienen-befestigung
- 3 NH-Unterteil, 3-polig
- 4 NH-Unterteil, 1-polig
- 5 NH-Kontaktabdeckungen
- 6 NH-Sicherungseinsatz
- 7 NH-Signalmelder
- 8 NH-Trennwand
- 9 NH-Schutzabdeckung

- 10 – für Schraubbefestigung auf Montagplatte
- 11 – für Schraubbefestigung auf Sammel-schienen-system
- 12 – für Krallenbefestigung auf Sammelschiene
- 13 NH-Schutzabdeckung für NH-Unterteile mit Schwenkeinrichtung
- 14 NH-Schwenkeinrichtung
- 15 NH-Unterteilabdeckung
- 16 NH-Trennmesser mit spannungsfreien Griffflaschen
- 17 NH-Trennmesser mit spannungsführenden Griffflaschen
- 18 NH-Aufsteckgriff mit Stulpe
- 19 NH-Aufsteckgriff

Bild 3.2.9 – Umfangreiches NH-Zubehör

3.3 Sammelschienensysteme

NH-Unterteile wurden im Laufe der Zeit stetig entsprechend den Kundenanforderungen vom Einbauteil zum konstruktiven Element der Schaltanlagen und Verteilungen weiterentwickelt. Eine bedeutende Entwicklungslinie befasste sich mit der Adaptierung von Sicherungsunterteilen an Sammelschienensysteme. Sammelschienensysteme sind die ideale Lösung für eine übersichtliche und platzsparende Anordnung von Sicherungsunterteilen und anderen Installationsgeräten in Stromverteilungen.

Die sogenannten **Reiterunterteile** sitzen („reiten“) direkt auf der Sammelschiene, wobei der sammelschienseitige Stromanschluss gleichzeitig zur mechanischen Befestigung des Unterteils dient. Somit lassen sich die Vorteile der Sammelschienebauweise in Stromverteilern auch mit Sicherungen hervorragend nutzen. Sie bieten

- **optimale Raumausnutzung**, die für eine größere Anzahl von Geräten oder die Auswahl eines kleineren Gehäuses genutzt werden kann,
- **kostensparende Montage**, da mechanische Befestigung und elektrische Kontaktierung in einem Arbeitsgang erfolgen können,
- **weniger Kontaktstellen** und Übergangswiderstände und daraus folgende
- **hohe Betriebssicherheit**.

Zwei wichtige Bauformen der in Deutschland entwickelten NH-Unterteile für direkte Sammelschiene montage sind

- NH-Sicherungsleisten der Baugrößen 00 bis 3 für Sammelschienensysteme mit 100 mm und 185 mm Mittenabstand und
- Einfach- und Tandemunterteile der Baugröße 00 für Sammelschienensysteme mit 40 mm Mittenabstand, die in IEC 60269 inzwischen auch international genormt sind.

Tandemunterteile (Bild 3.3.1) haben von einer zentralen Einspeisung ausgehend je Phase einen NH-Sicherungsabgang nach unten und oben. Für die Abgänge ist ein größter Bemessungsstrom von 63 A festgelegt. Tandem- und Einfach-Reiterunterteile werden speziell in Zählerschränken eingesetzt (Bild 3.3.2.)

Neben den genormten Reiterunterteilen hat Siemens auch NH-Sicherungslasttrennschalter für die direkte Montage auf Sammelschienen mit 40 mm und 60 mm Mittenabstand adaptiert.

Eine Übersicht über gängige Sammelschienensysteme mit ihren Abmessungen und Anwendungsbereichen gibt Tabelle 3.5.

Sammelschienensysteme mit 100 mm und 185 mm Mittenabstand werden überwiegend in Transformatorstationen, Kabelverteilerschrank und Kleinverteilern der öffentlichen Energieverteilungsnetze eingesetzt. Die Sammelschieneabstände sind auf die Baulängen von NH-Sicherungsansätzen NH 00 (100 mm) bzw. NH 1 bis 3 (185 mm) angepasst und ermöglichen damit eine besonders kostengünstige Konstruktion der dreipoligen NH-Unterteile (NH-Sicherungsleisten). Die lineare Sicherungsanordnung in NH-Sicherungsleisten oder NH-Sicherungslastschaltleisten ermöglicht eine optimale Ausnutzung des Sammelschiene raums.



Bild 3.3.1 – Tandemunterteil



Bild 3.3.2 – Zählerschrank

Anwendung	Mittenabstand der Sammelschienen	Norm	Bemessungsstrombereich	Schienehöhe
Installations-einbaugeräte	–	Werknorm	bis 130 A	–
Zählerverteilungen	40 mm	DIN 43870	bis 400 A	12 mm
Gebäude- und Industrie-stromvertei-lungen	60 mm	Werknorm	bis 630 A	12 bis 30 mm
Öffentliche Energie-versorgungs-netze	185 mm 100 mm	IEC 60269	bis 2500 A	variabel (bis 100 mm)

Tabella 3.5 – Sammelschienensysteme

Baubreiten von 50 mm für die Sicherungsgröße NH 00 und 100 mm für NH 1 bis 3 haben sich als Standardabmessungen zur Vereinfachung von Projektierung und Fertigung der Anlagen etabliert. Sammelschienensysteme mit NH-Sicherungsleisten eignen sich besonders für Verteilungen mit mehreren etwa gleich großen Kabelabgängen (Bild 3.3.3). Die Schienenquerschnitte werden nach dem thermischen Bemessungsstrom ausgelegt. Kurzschlussbelastungen müssen bei Schutz durch Sicherungen in der Regel nicht berücksichtigt werden, da die Schienenabstände relativ groß sind und die angeschlossenen NH-Leisten zusätzlich mechanisch stabilisierend wirken. Die von den NH-Sicherungsleisten beanspruchte Bauhöhe lässt in der Regel nur eine Bedienebene je Verteilerschrank zu.

Das **Siemens-Sammelschienensystem SR60** mit 60 mm Schienenmittenabstand ist ein kompaktes, vielseitig verwendbares System für Installationsverteiler in Zweck- und Industriebauten (Bild 3.3.4). Durch die geringe Bauhöhe können mehrere Systeme übereinander in einem Verteilerschrank angeordnet werden.



Bild 3.3.3 – Verteilung mit NH-Sicherungsschaltleisten

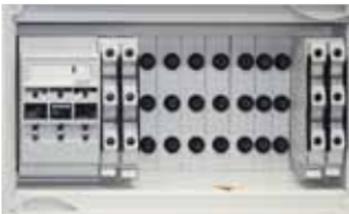


Bild 3.3.4 – Reiterelemente auf Sammelschienensystem SR60

In platzsparender Modulbauweise kann das Sammelschienensystem SR60 mit vielfältigen adaptierbaren Anschluss-, Schalt- und Installationsgeräten in Schnellmontagetechnik zeitsparend bestückt werden (Bilder 3.3.4 und 3.3.5). In der Regel wird ein Sammelschienensystem über einen NH-Sicherungslasttrennschalter (Bild 3.3.4 links) oder über Anschlussklemmen (Bild 3.3.5 Nr. 3) mit entsprechenden Vorsicherungen eingespeist. Das Siemens-Sammelschienensystem SR60 erfüllt sowohl die Internationalen IEC-Normanforderungen

als auch die Nordamerikanische UL-Norm* und kann somit praktisch weltweit eingesetzt werden.

Die technische Auslegung von Sammelschienensystemen berücksichtigt drei Strombelastungskriterien:

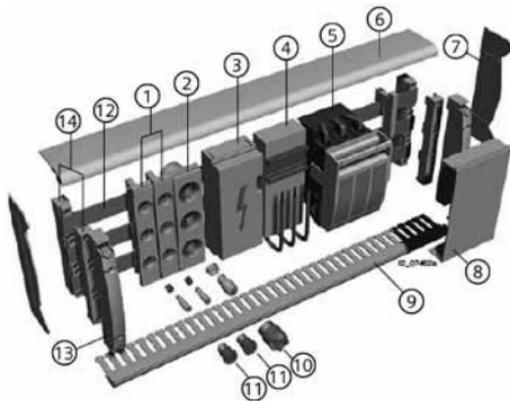
- Der **Bemessungsstrom** ist ein Maß für die Dauerstrombelastbarkeit des Sammelschienensystems. Bei diesem Betriebsstrom werden von der Norm vorgegebene Grenztemperaturen eingehalten. Je nach Einbaubedingungen (Umgebungstemperatur, Lüftungsbedingungen, Sammelschienenlage) kann sich die tatsächliche Belastbarkeit ändern. Die Werte in Tabelle 3.6 sind daher nur als Richtwerte zu betrachten. In Grenzbereichen der Belastbarkeit kann eine Mitteneinspeisen die Schienen thermisch entlasten. Bei gleichem Effekt etwas aufwendiger ist die beidseitige Einspeisung von den Schienenenden.
- Die **Bemessungskurzzeitstromfestigkeit** ist bei Überstromschutz durch strombegrenzende Sicherungen entsprechend Tabelle 3.6 ohne Bedeutung.
- Die **Bemessungsstoßstromfestigkeit** muss größer sein als der mögliche Scheitelwert eines Kurzschlussstroms bzw. als der Durchlassstrom der vorgeschalteten Sicherung (s. Abschnitte 4.1 und 4.3).

CU-Schienenabmessungen H/mm x T/mm	Dauerstrom bei 35 °C	Vorsicherung Betriebsklasse gG
12mm x 5mm	200 A	200 A
12mm x 10mm	360 A	315 A
15mm x 5mm	250 A	250 A
15mm x 10mm	447 A	400 A
20mm x 5mm	320 A	315 A
20mm x 10mm	520 A	500 A
25mm x 5mm	400 A	400 A
25mm x 10mm	580 A	500 A
30mm x 5mm	447 A	400 A
30mm x 10mm	630 A	630 A

Tabelle 3.6 – Dauerstrombelastbarkeit SR60

Die kompakte Bauweise des SR60, besonders die relativ kleinen Sammelschienenabstände, erfordern mechanisch und thermisch stabile Sammelschienenhalter mit guten elektrischen Isolationseigenschaften. SR60-Sammelschienenhalter sind deshalb dreipolig ausgeführt und aus glasfaserverstärktem thermoplastischem Polyester hergestellt. Durch die bohrungsfreie Befestigung der Schienen ist die Länge zwischen den Sammelschienenhaltern grundsätzlich frei wählbar. Die Grenzen der dynamischen Kurzschlussfestigkeit müssen jedoch beachtet werden. Diese hängt vom Abstand der Sammelschienenhalter und vom Schienenquerschnitt ab. Bei Montage der Sammelschienenhalter auf Längsholmen sind jedoch die Feldbreiten und damit die möglichen Abstände vorgegeben. Die SR60-Produktunterlagen enthalten hierzu detaillierte Projektierungsrichtlinien.

* UL-zugelassene Systemkomponenten finden Sie im Katalog LV 16.



- 1 dreipolige NEOZED-Reitersockel
- 2 dreipolige DIAZED-Reitersockel
- 3 Feldeinspeisung
- 4 Adapter für Installations-Einbaugeräte nach DIN 43880
- 5 NH-Sicherungs-Lasttrennschalter
- 6 Kantenprofil
- 7 Endabdeckung
- 8 Restfeldabdeckung
- 9 Abschottprofil
- 10 DIAZED-Sicherung und Schraubkappe
- 11 NEOZED-Sicherung und Schraubkappe
- 12 Cu-Sammelschienen
- 13 Restfeldträger
- 14 Sammelschienenhalter
- 15 Halter für Abschott- und Kantenprofil

Nicht dargestellt:
NH-Reitersicherungsunterteil

Bild 3.3.5 – Sammelschienensystem SR60

Sammelschienensysteme für Installationseinbaugeräte haben in der Regel nur die Funktion der Stromverteilung. Sie werden deshalb auch Kammschienen (entsprechend der Bauform) oder Verdrahtungsschienen (entsprechend ihrer Funktion) genannt. Die mechanische Befestigung der Sicherungssockel erfolgt auf Hutschiene nach EN 50021 oder als Schraubbefestigung auf Montageplatten. Wichtige Auswahlparameter sind

- Bemessungsstrom (Sammelschienenquerschnitt, Strombelastbarkeit),
- Abgangsart (Gabel- oder Stiftausführung),
- Polzahl der Geräte (1–4-polig, (1+N)-polig, (3+N)-polig),
- Zusatzeinrichtungen (Hilfsstrom- und Fehlersignalschalter).

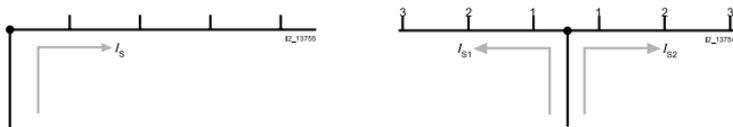


Bild 3.3.6 – Sammelschieneinspeisung

Die verfügbaren Schienen für Geräte mit Sicherungen haben in der Regel eine Standardlänge von einem Meter und werden vom Installateur auf die erforderliche Länge gekürzt. Kürzere Schienen mit einer Länge von 12 TE, wie bei LS-Schaltern üblich, können für die Geräte mit 18 mm Baubreite, NEOZED-Sicherungslasttrennschalter und Zylindersicherungshalter, verwendet werden.

Bei modernen Reiheneinbaugeräten werden die Sammelschienen im hinteren Bereich geklemmt und der Leiteranschluss ohne zusätzliche Einspeiseklammern vor dem Schienenanschluss positioniert (Bild 3.3.7). Das Einführen der Leiter ist dadurch erheblich einfacher und eine Sichtkontrolle möglich. Hierdurch wird der Montageaufwand reduziert und die Betriebssicherheit erhöht.



Bild 3.3.7 – Verschiebte NEOZED-Sicherungssockel

Die Summe der Abgangsströme bzw. der Einspeisestrom I_E eines Sammelschienensystems kann durch Anordnen der Einspeisung in der Schienenmitte statt am Schienenanfang um etwa 60 % erhöht werden (Bild 3.3.6 und Tabelle 3.7).

Schienenquerschnitt	Einspeisung seitlich	Einspeisung mittig
10 mm ²	63 A	100 A
16 mm ²	80 A	130 A

Tabelle 3.7 – Einspeisestrom I_E

3.4 Zylindersicherungssystem und Class CC Sicherungssystem



Sicherheitshinweis: Das Siemens-Zylindersicherungssystem ist ebenso wie das amerikanische Class CC Sicherungssystem in Deutschland nur für den Einsatz in Industrieanlagen und in Schaltschränken zugelassen, bei denen der Sicherungswechsel durch elektrotechnisch unterwiesene Personen erfolgt.

Zylindersicherungssysteme haben Sicherungseinsätze mit zylindrischen Kontaktkappen. Sie werden nach Baugrößen entsprechend den Abmessungen der Sicherungseinsätze (Durchmesser x Länge) unterschieden (Tabelle 3.8). Zylindersicherungen werden in Sicherungshalter eingesetzt, die in Form und Abmessungen der Reiheneinbaugerätenorm entsprechen (Bild 3.4.1). Die Geräte der Baugrößen 8 x 32 und 10 x 38 bis 20 A bzw. 32 A haben kompakte Abmessungen von einer Teilungseinheit (18 mm) je Pol. In der Ausführung 1 + N benötigen diese auch nur eine Teilungseinheit. Damit ist deren Teilungsmaß deutlich geringer als das der NEOZED- und DIAZED-Sicherungssockel und ermöglicht eine noch bessere räumliche Ausnutzung von Installationsverteilern. Zum schnellen Auffinden abgeschalteter Sicherungen können die Halter mit Signalmeldern ausgestattet werden, welche durch eine blinkende Leuchtdiode die Sicherungsauslösung anzeigen. Platz für eine Ersatzsicherung im Einschub (Bild 3.4.1) ermöglicht den schnellen Sicherungswechsel und kurze Wiedereinschaltzeit nach Störungen.

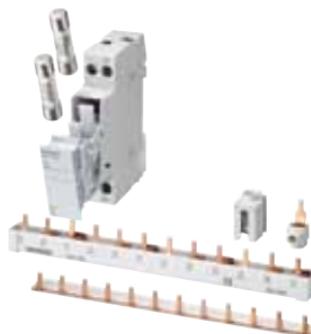


Bild 3.4.1 – Zylindersicherungssystem

Baugröße (mm x mm)	8 x 32	10 x 38	14 x 51	22 x 58
Bemessungsspannung	400 V a.c.	500 V a.c. (400 V a.c.)	500 V a.c. (400 V a.c.)	500 V a.c. (400 V a.c.)
Bemessungsstrom gG	bis 20 A	bis 25 A (32 A)	bis 40 A (50 A)	bis 80 A (100 A)
Bemessungsstrom aM		bis 20 A (25 A)	bis 40 A (50 A)	bis 80 A (100 A)
Bemessungsausschaltvermögen	20 kA	100 kA (20 kA)	100 kA (20 kA)	100 kA (20 kA)

Die Sicherungshalter des Zylindersicherungssystems erfüllen die Anforderungen an Sicherungstrennschalter entsprechend den Gebrauchskategorien AC 20 B und DC 20 B nach IEC 60947-3. Sie eignen sich nicht für Lastschaltungen. Die Sicherungseinsätze können bei herausgenommenem Einschub ohne Gefahr für den Bedienenden gewechselt werden. Trotzdem ist das System nicht für Laien geeignet, da Verwechslungen der verschiedenen international genormten Systeme möglich sind. Zylindersicherungen wurden deshalb in das VDE-Vorschriftenwerk nicht übernommen und tragen daher auch kein VDE-Zeichen.

Zylindersicherungen sind in der Internationalen Norm IEC 60269 genormt und außerhalb Deutschlands in Europa hauptsächlich in England, Frankreich und Südeuropa verbreitet. Dabei handelt es sich sowohl um Systeme für den Gebrauch durch Laien in Wohnungsinstallationen („Haushaltssicherungen“) mit relativ niedrigem Schaltvermögen (6 kA bis 20 kA) als auch um Systeme für elektrotechnisch unterwiesene Personen in industrielle Anwendungen mit einem Schaltvermögen von 50 kA und mehr.

Internationale Sicherungsnorm	System	Abmessungen [mm x mm]	Bemessungsspannung	Schaltvermögen	Bemessungsstrombereich
IEC 60269-2 *	F	10 x 38	690 V a.c.	50 kA	bis 25 A
IEC 60269-3 **	B	10 x 38	400 V a.c.	20 kA	bis 32 A
	C	9,5 x 35	240 V a.c.	20 kA	bis 45 A
	D	10,2/9,8 x 38	400 V a.c.	20 kA	bis 32 A
UL 248-4 *	Class CC	10 x 38	600 V a.c.	200 kA	bis 30 A
UL 248-14 *	Midget	10 x 38	125 V a.c. bis 600 V a.c.	10 kA	bis 30 A

* Sicherungen für elektrotechnisch unterwiesenen Personen (überwiegend für industrielle Anwendungen)
 ** Sicherungen zum Gebrauch durch Laien (überwiegend für Hausinstallationen)

Tabelle 3.9 – Verwechselbare Zylindersicherungen 10 x 38

Zylindersicherungseinsätze für den Gebrauch durch Laien (IEC 60269-3) sind innerhalb der jeweiligen Systeme nach Bemessungsstromstärken unverwechselbar. Über die Systemgrenzen hinweg können Sicherungseinsätze mit gleichen oder annähernd gleichen Abmessungen jedoch verwechselt werden. Das gilt auch für nordamerikanische zylindrische Sicherungssysteme, die nicht in IEC 60269 aufgenommen wurden.

Wegen dieser Verwechslungsgefahr und möglicher gefährlicher Konsequenzen musste auf eine einheitliche Europäische Norm (EN) dieser Sicherungssysteme verzichtet werden. Stattdessen wurden in einem Harmonisierungsdokument (HD) die verschiedenen Systeme beschrieben, aus denen jeweils einzelne Systeme für die Nationalen Normen ausgewählt werden.

Tabelle 3.9 zeigt eine (nicht umfassende!) Übersicht über international genormte zylindrische Sicherungssysteme mit den weit verbreiteten Abmessungen 10 x 38. Die Systeme unterscheiden sich in Bezug auf

- Zeit/Strom-Charakteristik,
- Bemessungsspannung,
- Bemessungsausschaltvermögen,
- Bemessungsleistungsabgabe der Sicherungseinsätze und
- Belastbarkeit der Sicherungshalter.

Diese Vielfalt ist für Fachkräfte nur schwer zu beherrschen und für Laien überhaupt nicht. Trotz einiger technischer Vorteile zylindrischer Sicherungssysteme wurde diese Bauform deshalb aus Sicherheitsgründen nicht in das VDE Vorschriftenwerk aufgenommen.



Sicherheitshinweis: Wegen der Verwechslungsgefahr sind Zylindersicherungen in Deutschland für den Gebrauch durch Laien nicht zugelassen.

Natürlich sind alle genormten Sicherungssysteme als zulässig und sicher zu betrachten, wenn sie entsprechend ihrer Bestimmung richtig ausgewählt und entsprechend den lokalen Vorschriften angewandt werden.

Class CC Sicherungen sind Sicherungen für „Branch Circuit Protection“ nach den nordamerikanischen Normen UL 248-4 bzw. CSA 22.2. Sie haben wie die IEC-Sicherungen (Tabelle 3.9) eine zylindrische Bauform in den Abmessungen 10 x 38 (13/32" x 1 1/2"). Mit ihrem sehr hohen Bemessungsausschaltvermögen von 200 kA bei 600 V a.c. und Bemessungsströmen bis 30 A eignen sie sich besonders zum Schutz relativ kleiner Abzweige an leistungsstarken Einspeisungen. Als äußeres Unterscheidungsmerkmal zu den Zylindersicherungen besitzen Class CC Sicherungseinsätze an einer Kontaktkappe einen zylindrischen Fortsatz mit kleinerem Durchmesser („rejection tip“, Bild 3.4.2). Dazu passende Class CC Sicherungshalter lassen Verwechslungen mit ähnlichen Sicherungseinsätzen geringerer Bemessungsdaten nicht zu. Andere Zylindersicherungen mit den Abmessungen 10 x 38, z. B. die nordamerikanischen Midget-Sicherungen mit kleineren Bemessungsspannungen und einem Ausschaltvermögen von nur 10 kA, können in Class CC Sicherungshaltern nicht verwendet werden. Class CC Sicherungseinsätze tragen zur Unterscheidung von nicht-strombegrenzenden Sicherungen die Aufschrift „Current-Limiting“ als Hinweis auf ihr strombegrenzendes Ausschaltverhalten.



Bild 3.4.2 – Class CC Sicherungssystem

Siemens Class CC Sicherungen gibt es mit drei verschiedene Charakteristiken entsprechend den Anwendungsgebieten:

- Träge Charakteristik (Time-Delay)
für den Schutz von Steuertransformatoren, Drosseln und Induktivitäten. Diese Sicherungen haben einen deutlich größeren Schaltverzug als die nach UL-Standard geforderte Mindestverzugszeit von 12 s bei $2 I_N$.
- Flinke Charakteristik (Fast-Acting)
für vielseitige Anwendungen zur Absicherung von Beleuchtungsanlagen, Heizungen und Steuerungen.
- Träge, strombegrenzende Charakteristik (Time-Delay, Current-Limiting)
zur Absicherung von Motorstromkreisen, mit besonders flinker, stark strombegrenzender Abschaltung im Kurzschlussbereich und tragem Verhalten bei Überlast.

Siemens Class CC Sicherungshalter (Bild 3.4.2) haben eine moderne, berührungsgeschützte Bauform für Hutschienenmontage bei einer Baubreite von 18 mm (1 TE).



Sicherheitshinweis: Class CC Sicherungshalter sind im Dauerbetrieb nur bis 80 % ihres Bemessungsstroms belastbar. Der volle Bemessungsstrom von 30 A ist nur kurzzeitig erlaubt.

3.5 SITOR-Halbleiterschutzsicherungen

SITOR-Halbleiterschutzsicherungen schützen seit Jahrzehnten Stromrichtergeräte (Umrichter, Gleichrichter, USV-Anlagen und vieles mehr) zuverlässig gegen Kurzschluss sowie deren Zuleitungen gegen Überlast. Die in diesen Geräten verwendeten Leistungshalbleiter (Dioden, Thyristoren, GTOs und andere) haben nur eine geringe Wärmekapazität und erfordern deshalb sehr schnell schaltende Schutzseinrichtungen. SITOR-Sicherungseinsätze haben speziell für den Halbleiterschutz entwickelte superflinke Charakteristiken.

Hierzu musste die Charakteristik des metallischen Schmelzleiters der thermischen Belastbarkeit der Halbleiter angepasst werden. Wegen der geringen Wärmekapazität und der strengen Obergrenze der Sperrschichttemperatur von ca. 125 °C haben Halbleiter kaum thermische Reserven zwischen Betriebstemperatur und Grenztemperatur. Ein wirksamer Schutz muss Überströme folglich sehr schnell abschalten. Dafür wurden superflinke SITOR-Sicherungen mit extrem kleinen Engstellenquerschnitten entwickelt (Bild 3.5.1).



Bild 3.5.1 – Schmelzleiter einer Halbleiterschutzsicherung

Diese Engstellen haben bereits bei Betriebsstrom sehr hohe Temperaturen, damit bei Überströmen die Schmelztemperatur möglichst schnell erreicht wird. Als Schmelzleitmaterial eignet sich für die hohen Betriebstemperaturen der Engstellen nur oxidationsbeständiges Feinsilber mit einer Schmelztemperatur von 960 °C. Entsprechend ist auch der Sicherungskörper überwiegend aus temperaturwechselbeständiger Aluminiumoxidkeramik hergestellt. Zum Ausgleich von Längenänderungen bei stark zyklischer Strombelastung (Wechselast) haben die Schmelzleiter Sicken zwischen den Engstellenreihen oder einen generell wellenförmigen Verlauf zwischen den Kontakten. SITOR-Sicherungen haben einen hohen Wechselastfaktor, d. h., dass auch bei ständig wechselnder Last die Betriebssicherheit und Anlagenverfügbarkeit nicht durch vorzeitige Ermüdung der Schmelzleiter unzulässig vermindert wird.

Bei der Entwicklung von SITOR-Sicherungen hatten die Siemens-Entwicklungsingenieure schwierige Optimierungsaufgaben zu lösen, um die Summe der Anforderungen zu erfüllen, die physikalisch teilweise gegenläufig sind:

- Superflinke Kennlinie bei niedriger Leistungsabgabe.
Die superflinke Kennlinie erfordert eine hohe Temperaturdifferenz zwischen den Engstellen und den äußeren Anschlüssen. Sie wird erzielt durch extreme lokale Querschnittseinengung der Schmelzleiter und extrem gute Wärmeabfuhr zu den Anschlüssen und zum Keramikkörper. Die axiale Wärmeabfuhr erfolgt durch Wärmeleitung über die angeschlossenen Leiter, die radiale Wärmeabfuhr über den Keramikkörper durch Konvektion an die umgebende Luft. Eine Optimierung der axialen Wärmeabfuhr wird erzielt durch Schraubkontakte. Hierzu gibt es spezielle Bauformen mit geschlitzten Messerkontakten, mit Innengewinden in den Abdeckplatten oder mit Anschraubwinkeln zur direkten Montage auf luft- oder wassergekühlte Stromschienen (Bild 3.5.3). Zur Optimierung der radialen Wärmeabfuhr werden viele dünne Schmelzleiter zu einem zylindrischen „Schmelzleiterkorb“ angeordnet. Damit wird eine möglichst große Schmelzleiteroberfläche erzielt (Bild 3.5.2). Durch Verfestigung der Sandfüllung mit anorganischen Bindemitteln kann der Wärmewiderstand reduziert und eine weitere Verbesserung der radialen Wärmeabfuhr erzielt werden.
- Kleines Ausschaltintegral bei niedriger Schaltspannung
Schnelles Unterbrechen von Fehlerströmen mit kleinem Durchlassintegral erfordert hohe Schaltspannungen. Halbleiter sind aber empfindlich gegen Überspannungen. Durch spezielle Auswahl des Löschmittels und optimale Gestaltung der Engstellen wurde bei SITOR-Sicherungen auch diese Aufgabe gelöst.

Die Kombination aller Anforderungen lässt sich besonders gut mit Teilbereichssicherungen der Betriebsklasse aR erfüllen. aR-Sicherungen schalten alle Ströme ab, die sie innerhalb von 30 s zum Schmelzen bringen, bis zu ihrem Bemessungsausschaltstrom. Mögliche Überströme bis zum 3,5-fachen Bemessungsstrom des aR-Sicherungseinsatzes müssen durch zusätzliche Schutzeinrichtungen unterbrochen oder begrenzt werden. SITOR Ganzbereichssicherungen der Betriebsklasse gR können auch für den Überlastschutz verwendet werden.

Hinweis: Im Vergleich zu anderen Sicherungssystemen haben Halbleiterschutzsicherungen eine wesentlich höhere Leistungsabgabe, die bei der Zuordnung zu genormten Sicherungsunterteilen und Sicherungshaltern berücksichtigt werden muss. Neben größeren Leiteranschlüssen müssen in der Regel auch Obergrenzen für den maximalen Betriebsstrom (Reduktionsfaktoren) beachtet werden.



Bild 3.5.2 –
SITOR Schmelzleiterkorb

SITOR-Sicherungen bilden kein Sicherungssystem im Sinne der Norm, d. h. sie haben hinsichtlich der Form der Sicherungseinsätze und der Kontakte keine einheitlichen Konstruktionsprinzipien. Ihr gemeinsames Merkmal ist das superflinke Abschaltverhalten für den Schutz von Leistungshalbleitern. SITOR-Sicherungseinsätze gibt es praktisch in allen Bauformen der oben beschriebenen Sicherungssysteme (Bild 3.5.3)¹⁶⁾. Zur Montage und Kontaktierung der nicht direkt auf Schienen montierten Halbleiterschutzsicherungen werden die Komponenten der o. g. Systeme (NH-Sicherungsunterteile und -Schaltgeräte, Sicherungssockel und Sicherungshalter) verwendet. Die Bemessungswerte dieser Geräte entsprechen jedoch den Maximalwerten von gG- und aM-Sicherungen und nicht denen von Halbleiterschutzsicherungen. Die richtige Auswahl der passenden Komponenten für einen sicheren Betrieb und zuverlässigen Schutz ist deshalb nicht einfach und erfordert besondere Sorgfalt.



Bild 3.5.3 – SITOR-Sicherungsbauformen

SITOR-Sicherungen entsprechen IEC 60269-4. Die passenden Unterteile und Lasttrennschalter entsprechen IEC 60269-2 und IEC 60947-3. Die Bemessungswerte von SITOR-Sicherungen überschreiten zum Teil deutlich die Maximalwerte für welche die Unterteile und Lasttrennschalter bemessen sind. Überschreitungen der Bemessungswerte gibt es bei

- Bemessungsstrom,
- Bemessungsspannung und
- Bemessungsleistungsabgabe.

Siemens stellt den Anwendern von SITOR-Halbleiterschutzsicherungen umfangreiche Information und detaillierte Listen passender Gerätezusammenstellungen zu Verfügung. Nur diese geprüften Kombinationen sollten bei der Projektierung von Stromrichteranlagen berücksichtigt werden, um Fehlanwendungen zu vermeiden.



Sicherheitshinweis: Bei der Zuordnung von SITOR-Sicherungseinsätzen zu Sicherungsunterteilen, Sicherungssockeln, Sicherungshaltern oder Lasttrennschaltern sind unbedingt die SITOR Projektierungsunterlagen zu beachten!

Auch bei sachgerechter Zuordnung von SITOR-Sicherungseinsätzen zu Sicherungsunterteilen oder Sicherungslasttrennschaltern kann es zu Anordnungen kommen, die „unlogisch“ und im Widerspruch zu gängigen Regeln der Technik erscheinen, denn die von gG-Sicherungen gewohnte Zuordnung nach Baugrößen und Bemessungswerten wird oft nicht eingehalten:

- SITOR-NH-Sicherungseinsätze der Baugröße 2 können Sicherungsunterteilen oder SENTRON-Sicherungslasttrennschaltern der Baugröße 3 zugeordnet sein.
- SITOR-NH-Sicherungseinsätze mit geschlitzten Messerkontakten, die nach Norm für Schraubanschluss vorgesehen sind, können auch in NH-Unterteilen und SENTRON-NH-Sicherungslasttrennschaltern eingesetzt werden.



Sicherheitshinweis: Bei Verwendung von SITOR-Sicherungseinsätzen mit geschlitzten Messerkontakten in SENTRON-Lasttrennschaltern darf das Bemessungsschaltvermögen dieser Geräte nicht ausgenutzt werden. Ein gelegentliches Schalten bis zum Bemessungsstrom der Sicherungseinsätze ist zulässig.

- Es gelten die Bemessungswerte der SITOR-Sicherungseinsätze, auch wenn die Strom- und/oder Spannungsbemessungswerte der Sicherungsunterteile niedriger sind.
- SITOR-Sicherungen erfordern zur besseren Wärmeabfuhr in der Regel größere Leiteranschlussquerschnitte als gG-Sicherungen. Zusätzlich können bei Dauerlast und Wechsellast noch Reduktionsfaktoren zu berücksichtigen sein.
- In Sicherungsschaltgeräten sind SITOR Ganzbereichssicherungen der Betriebsklasse gR bei Bemessungsströmen > 63 A generell nicht als Überlastschutz verwendbar. Ausgenommen sind „Doppelschutzsicherungen“ der Betriebsklasse gS.

SITOR-Zylindersicherungshalter sind auch als Sicherungslasttrennschalter oder Sicherungstrennschalter nach IEC 60947-3 einsetzbar (technische Daten beachten!). Die Baugrößen 14 x 51 und 22 x 58 können mit Schlagstift zur Betätigung eines Meldeschalters im Sicherungshalter ausgestattet sein (Bild 3.5.4).



Bild 3.5.4 – SITOR-Sicherung mit Schlagstift (Striker) und Meldeschalter

SITOR-Halbleiterschutzsicherungen und die dazu passenden Sicherungshalter und Lasttrennschalter entsprechen nicht nur den Internationalen IEC Normen sondern zum großen Teil auch den nordamerikanischen Normen UL und CSA. Damit können Maschinen und Anlagen mit SITOR-Sicherungen weltweit praktisch unbegrenzt eingesetzt werden.

3.6 MINIZED- und SENTRON-Lastschalter-Sicherungseinheiten

Abzweige im Stromkreis erfordern in der Regel Einrichtungen zum Schalten und Schützen. Aus Gründen der Platz- und Kostenminimierung wurden daher schon frühzeitig Kombinationsgeräte entwickelt, welche Schalt- und Schutzfunktion in einer Baueinheit zusammenfassen. Diese Baueinheiten sind technisch als handbetätigte Schaltgeräte definiert und werden in der Schaltgerätenorm IEC 60947-3 und VDE 0660 Teil 107 „Schalter-Sicherungs-Einheiten“ spezifiziert.

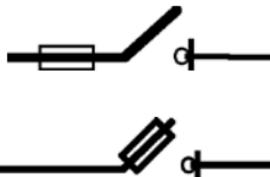
Bei gleicher elektrischer Funktion unterscheidet man Schalter-Sicherungseinheiten nach Art der Handbetätigung:

- **abhängige Handbetätigung**, wenn Schaltgeschwindigkeit und -kraft ausschließlich vom Bediener abhängen,

- **unabhängige Handbetätigung**, wenn der Bediener zwar die Energie für einen Kraftspeicher (Feder) aufbringt, der Schaltvorgang dann aber vom Bediener unbeeinflusst abläuft.

Außerdem unterscheidet man:

- Lasttrennschalter mit Sicherungen, wenn die Sicherung in Serie zum Schalter liegt, und
- Sicherungslasttrennschalter, wenn der Sicherungseinsatz als Schaltstück bewegt wird.



Lasttrennschalter mit Sicherungen werden eingesetzt, wenn das Sicherungssystem keine zum Schalten geeigneten Kontakte hat oder wenn die Betätigung auch durch Laien erfolgen soll. Bei diesen Geräten übernimmt ein Schalter mit unabhängiger Handbetätigung die Betriebsstromunterbrechung. Die Sicherungen liegen in Serie zum Schalter und werden nur im lastlosen oder gänzlich spannungsfreien Zustand zugänglich.

Typische Ausführungen dieser Geräteklasse sind in Bild 3.6.1 dargestellt.



In Deutschland weit verbreitet ist der Lasttrennschalter mit D0-Sicherungen (D0-Schalter), der vor ca. 30 Jahren für den Zählerbereich im Hausanschluss entwickelt und in VDE 0638 genormt wurde (s. MINIZED-Lasttrennschalter). Lasttrennschalter mit NH-Sicherungen werden als Hauptschalter in Zweckbauten und als Lastumschalter für Notstromversorgungen und Sekundäreinspeisungen verwendet (s. SENTRON-Lasttrennschalter).



Lastschaltleisten mit NH-Sicherungen werden in Stromverteilungen großer Zweckbauten eingesetzt. (s. SENTRON-Lastschaltleisten)

NH-Sicherungslasttrennschalter werden überwiegend in Ländern mit NH-Sicherungstechnik verwendet.

NH-Sicherungseinsätze mit ihren massiven Messerkontakten eignen sich gut als bewegliche Schaltkontakte für gelegentliches Schalten und ermöglichen die Konstruktion sehr preiswerter Geräte mit Schalt- und Schutzfunktion. Ursprünglich, d. h. vor der Normung der heutigen NH-Sicherungshandgriffe, waren die am Sicherungsunterteil anschnarierten Sicherungseinsatzträger nur als „dreipolige Sicherungshandgriffe“ gedacht, die immer verfügbar waren und den unfallträchtigen Einsatz ungeeigneter Betätigungshilfen (Kombizangen!) für den Sicherungswechsel vermeiden sollten. Diese Geräte eigneten sich besonders zum Freischalten von Stromkreisen, weshalb sich der Begriff „Trenner“ für die Bauform mit drei nebeneinander angeordneten Sicherungen einbürgerte. Durch Hinzufügen von Löschkammern zur Lichtbogenlöschung wurden in einem nächsten Entwicklungsschritt Lastschalteigenschaften erzielt und die Bediener-sicherheit weiter erhöht. Der Begriff „NH-Trenner“ blieb in der Umgangssprache jedoch auch für diese Geräte erhalten. In dreipoliger Ausführung gibt es die sogenannten „NH-Trenner“ mit nebeneinander angeordneten

Bild 3.6.1 – Lasttrennschalter mit Sicherungen (Darstellung nicht maßstäblich)



Bild 3.6.2 – SENTRON NH-Sicherungslasttrennschalter (Darstellung nicht maßstäblich)

Sicherungen und „NH-Schaltleisten“ mit übereinander angeordneten Sicherungen für die direkte Montage auf Sammelschienen (Bild 3.6.2). Zur Unterscheidung der beiden Bauformen werden im Folgenden die Begriffe

- „NH-Sicherungslasttrennschalter“ für Geräte mit horizontal (bzw. nebeneinander) angeordneten Sicherungseinsätzen und
- „NH-Sicherungslastschaltleiste“ für Geräte mit vertikal (bzw. in Längsrichtung) angeordneten Sicherungseinsätzen verwendet.

Im Sinne der Schaltgerätenorm handelt es sich in beiden Fällen um „NH-Sicherungslasttrennschalter“, da die Norm nicht nach den für den Anwender wichtigen Bauformen unterscheidet. Die folgende Übersicht soll zum besseren Verständnis der Zuordnung von Siemens-Schaltgeräten zu den Normkategorien dienen:

Normbezeichnung

Siemens-Gerätebezeichnungen

Sicherungslasttrennschalter

- Trennerbauform: • SENTRON NH-Sicherungslasttrennschalter
• MINIZED Sicherungslasttrennschalter D01

- Leistenbauform: • SENTRON NH-Sicherungslastschaltleiste

Lasttrennschalter mit Sicherungen

- Trennerbauform: • SENTRON Lasttrennschalter mit
NH-Sicherungen
• MINIZED Lasttrennschalter

- Leistenbauform: • SENTRON Lastschaltleisten mit
NH-Sicherungen
• NEOZED-Reiter-Lasttrennschalter D02

Die Schaltgerätenormen IEC 60947-3 und VDE 0660 Teil 107 definieren insgesamt drei verschiedene Gerätearten und drei verschiedene Schaltfunktionen. Zur einfachen Unterscheidung sind die Geräte mit Schaltsymbolen entsprechend Tabelle 3.10 gekennzeichnet.

Neben der Schaltfunktion wird auf den Geräten auch die **Gebrauchskategorie** angegeben, die den Anwendungsbereich bestimmt (Tabelle 3.11).

Hinweis: Die Gebrauchskategorie eines Schaltgerätes bezieht sich immer auf ein Wertepaar von Bemessungsbetriebsstrom I_n und Bemessungsbetriebsspannung U_n . Dasselbe Gerät kann demnach je nach Einsatzbedingungen mehrere verschiedene Gebrauchskategorien haben.

Gebrauchskategorien „B“ gelten für Sicherungs-Lasttrennschalter und für Geräte, die nur gelegentlich geschaltet werden, z. B. zum Trennen bei Wartungsarbeiten.

Geräte mit Gebrauchskategorien „A“ sind für betriebsmäßiges Schalten mit einer Schalthäufigkeit entsprechend Tabelle 3.12 geeignet.

Hinweis 1: Die Gebrauchskategorie AC-23 schließt gelegentliches Schalten einzelner Motoren ein, nicht jedoch das betriebsmäßige Ingangsetzen, Beschleunigen und/oder Ausschalten einzelner Motoren. Für solche Schaltgeräte gelten eigene Gebrauchskategorien.

Gerät (Beispiel)	Funktion		
	Ein- und Ausschalten	Trennen	Ein-/Ausschalten und Trennen
	Lastschalter 	Trennschalter 	Lasttrennschalter 
	Lastschalter mit Sicherungen 	Trennschalter mit Sicherungen 	Lasttrennschalter mit Sicherungen 
	Sicherungslastschalter 	Sicherungstrennschalter 	Sicherungslast- trennschalter 

Tabelle 3.10 – Kennzeichnung von Schalter-Sicherungseinheiten nach IEC 60947-3

Hinweis 2: Geräte ohne Lastschalteigenschaften (Gebrauchskategorien AC-20A, AC-20B, DC-20A und DC-20B) müssen die Aufschrift „Nicht unter Last betätigen“ tragen oder verschleißbar sein. Ihr Betriebsverhalten wird nur stromlos geprüft.

Kategorie A häufige Betätigung	Kategorie B gelegentliche Betätigung	Typische Anwendungen
AC-20A DC-20A	AC 20 B DC 20 B	Schließen und Öffnen ohne Last
AC-21A DC-21A	AC 21 B DC 21 B	Schalten ohmscher Last einschließlich geringer Überlast
AC-22A	AC 22 B	Schalten leicht induktiver Last ($\cos \varphi > 0,65$) einschließlich geringer Überlast
AC-23A	AC 23 B	Schalten von hochinduktiver Last z. B. Motoren ($\cos \varphi > 0,35$)
DC-22A	DC 22 B	Schalten leicht induktiver Last ($L/R < 2,5$ ms) einschließlich geringer Überlast
DC-23A	DC 23 B	Schalten von hochinduktiver Last z. B. Reihenschlussmotoren ($L/R < 15$ ms)

Tabelle 3.11 – Gebrauchskategorien von Schalter-Sicherungseinheiten nach IEC 60947-3

Bemessungsstrom I_g / A	Schaltspiele Kategorie A		Schaltspiele Kategorie B	
	insgesamt	davon Lastschaltspiele	insgesamt	davon Lastschaltspiele
bis 100	10.000	1.500	2.000	300
100 bis 315	8.000	1.000	1.600	200
316 bis 630	5.000	1.000	1.000	200
631 bis 2.500	3.000	500	600	100
über 2.500	2.000	500	400	100

Tabelle 3.12 – Schalthäufigkeiten nach Gebrauchskategorie

Das Schalten von Kondensatoren und Glühlampen ist in der Schaltgerätenorm VDE 0660 Teil 107 nicht geregelt und muss zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Hinweis: Alle Schalter-Sicherungseinheiten haben auch ein Kurzschlusseinschaltvermögen, welches in seinen Grenzen verhindert, dass versehentliches Einschalten auf einen Kurzschluss für den Bediener oder die Anlage gefährlich wird.

Das Kurzschlussein- und -ausschaltvermögen von Schalter-Sicherungseinheiten wird als „Bedingter Bemessungskurzschlussstrom“ angegeben. Dieser beinhaltet die Kurzschlussfestigkeit (im eingeschalteten Zustand) und das Kurzschlusseinschaltvermögen bei Schutz durch Sicherungen. Die Werte müssen deshalb immer im Zusammenhang mit der Durchlasscharakteristik der verwendeten Sicherungen gesehen werden. Der bedingte Bemessungskurzschlussstrom von MINIZED-Lasttrennschaltern beträgt z. B. bei Verwendung von Neozed-Sicherungseinsätzen 50 kA a.c. und der von SENTRON-Lasttrennschaltern mit NH-Sicherungseinsätzen bis zu 100 kA a.c., je nach den verwendeten Sicherungseinsätzen.

Hinweis: Der bedingte Bemessungskurzschlussstrom gibt bei Wechselstrom den unbeeinflussten Effektivwert an. Bei anderen Schaltgeräten wird das Bemessungskurzschlusseinschaltvermögen I_{cm} als größter Scheitelwert des unbeeinflussten Stromes angegeben. So entspricht zum Beispiel ein Bemessungswert von 50 kA einer Schalter-Sicherungseinheit mehr als dem doppelten Kurzschlusseinschaltvermögen eines Leistungsschalters mit gleichem Bemessungswert.

MINIZED-Lasttrennschalter mit Sicherungen (D0-Schalter) gehören zur Sicherungsfamilie des NEOZED-Systems. Sie haben die Bauform eines Reiheneinbaugerätes mit einer Baubreite von 1,5 TE je Pol und können mittels Adapter auch auf Sammelschienensysteme montiert werden (s. Abschnitt 3.3). Günstiger ist allerdings die direkte Montage des dreipoligen NEOZED-Reiter-Lasttrennschalters D02 in Leistenbauform. Dieses Gerät mit 27 mm Baubreite hat drei übereinander angeordnete Sicherungen und ist für Sammelschienensysteme mit 60 mm Mittenabstand z. B. Siemens SR60 geeignet (Bilder 3.3.4 und 3.6.4).



MINIZED-Lastschalter erfüllen die Anforderungen an Trennvorrichtungen für Kundenanlagen entsprechend den Technischen Anschlussbedingungen für das Niederspannungsnetz (TAB) der deutschen Netzbetreiber.

Bild 3.6.3 – MINIZED-Lasttrennschalter D02 mit Verschiebung

Darüber hinaus haben MINIZED-Lastschalter heute einen breiten Anwendungsbereich im Schaltanlagen- und Steuerungsbau.

Im Sinne der IEC 60947-3 sind MINIZED-Lasttrennschalter als Schalter-Sicherungseinheiten mit unabhängiger Handbetätigung oder „Lasttrennschalter mit Sicherungen“ klassifiziert¹⁷⁾. Ihre Gebrauchskategorie „B“ qualifiziert sie für gelegentliches Schalten (s. Tabelle 3.11). MINIZED-Lasttrennschalter entsprechen außerdem der Deutschen Norm VDE 0638 und tragen das VDE-Zeichen. Alle Bemessungswerte beziehen sich auf NEOZED-Sicherungseinsätze für den Kabel- und Leitungsschutz (Betriebsklasse gG).

Bei den MINIZED-Lasttrennschaltern sitzen die NEOZED-Sicherungseinsätze in unverlierbaren Einschüben, die mit dem Schaltwerk mechanisch verriegelt sind. Das Lastschaltwerk mit Federspeicher liegt mit den NEOZED-Sicherungen elektrisch in Serie und schaltet im ausgeschalteten Zustand alle berührbaren Teile spannungsfrei (Bild 3.6.3).

Der Sicherungswechsel kann nur im ausgeschalteten Zustand stromlos und spannungsfrei erfolgen und ist somit gefahrlos möglich. Das Einschalten ist erst dann möglich, wenn die NEOZED-Sicherungseinsätze richtig in den Schubladeneinschub eingesetzt sind und eine gute Kontaktgabe hergestellt ist.

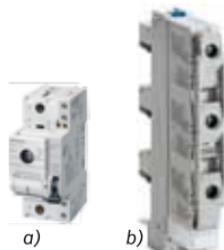
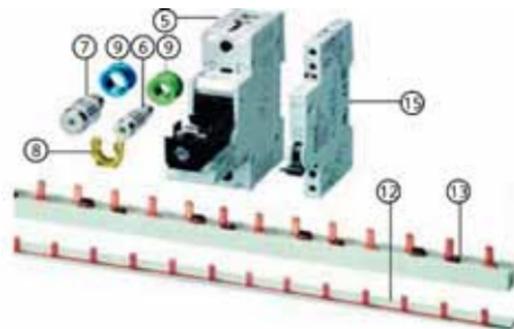


Bild 3.6.4 –
a) MINIZED-Lasttrennschalter D02 mit Hilfsschalter zur Fernüberwachung der Schalterstellung
b) NEOZED-Neiter-Lasttrennschalter D02



- 5 MINIZED-Lasttrennschalter D02, Einschubtechnik
- 6 NEOZED-Sicherungseinsatz, Baugröße D01
- 7 NEOZED-Sicherungseinsatz, Baugröße D02
- 8 Reduzierstück für Sicherungseinsätze, Baugröße D01
- 9 NEOZED-Passeinsätze, Baugrößen D01 und D02
- 12 Sammelschiene, 1-polig, 1,5 TE
- 13 Sammelschiene, 3-polig, 1,5 TE
- 15 Hilfsstromschalter

Bild 3.6.5 – MINIZED-Lasttrennschaltersystem D02

Mit diesen Schaltgeräten wird ein Größtmaß an Berührungsschutz und Bedienungssicherheit auch für Laien erzielt. Deshalb werden sie nicht nur im Schaltanlagen- und Steuerungsbau sondern auch in Wohngebäudeinstallationen, bevorzugt auch im Vorzählerbereich, eingesetzt.

Hinweis: Dreipolige MINIZED-D02-Lasttrennschalter entsprechen VDE 0638 und erfüllen die Anforderungen an Trennvorrichtungen und selektive Überstromschutzeinrichtungen im unteren Anschlussraum des Zählerfeldes für Kundenanlagen entsprechend den Technischen Anschlussbedingungen für das Niederspannungsnetz (TAB) der deutschen Netzbetreiber.

Zubehör wie Hilfsstromschalter zur Fernüberwachung und Reduzierstück für die Adaption von D01-Sicherungseinsätzen machen den MINIZED-Lasttrennschalter D02 universell verwendbar (Bild 3.6.5).

¹⁷⁾ Im Sinne der IEC 60947-3 gehören auch die in Abschnitt 3.1 erwähnten NEOZED-Sicherungstrennschalter mit der Gebrauchskategorie AC 20 B mit zur dieser Gerätefamilie. Sie haben jedoch kein Lastschaltvermögen und ihre Betätigung ist handabhängig.

SENTRON NH-Lastschalter-Sicherungseinheiten für die Energieverteilung

Die SENTRON-Gerätekategorie umfasst Schalt- und Schutzgeräte für die Niederspannungs-Energieverteilung vom bewährten einfachen Lasttrennschalter bis zu kommunikationsfähigen intelligenten Schaltgeräteeinheiten. Im Rahmen der durchgängigen Produktplattform Totally Integrated Power (TIP) steht die zuverlässige Koordination von Schaltgeräten mit und ohne Sicherungen im Vordergrund. Die SENTRON-Gerätekategorie ermöglicht immer die beste technische Lösung unter wirtschaftlichen Aspekten.

SENTRON NH-Lastschalter-Sicherungseinheiten in den verschiedensten Bauformen übernehmen hierbei in einem Bemessungsstrombereich bis 1250 A die wichtigen Funktionen

- Schutz gegen Überlast und bei Kurzschlüssen und
- Trennen und Schalten unter Last.

Das SENTRON NH-Gerätespektrum (Bild 3.6.6) umfasst zwei Grundbauformen entsprechend der Anordnung der drei Phasensicherungen und zwei Arten der Betätigung. Daraus ergeben sich vier Gerätetypen mit unterschiedlichen Merkmalen:

SENTRON-NH-Sicherungslasttrennschalter

Kennzeichnende Merkmale:

- Preisgünstige Schutz- und Trenneinrichtung
- abhängige Handbetätigung
- für gelegentliches Schalten durch autorisierte Personen
- für Sammelschieneneinspeisungen und Geräteabzweige bis 630 A und 690 V

Hinweis: SENTRON NH-Sicherungslasttrennschalter mit abhängiger Handbetätigung müssen zügig aus- und eingeschaltet werden, um ihre bestimmungsgemäße Funktion zu erfüllen. Sie sind berührungsgeschützt nach BGV A3 und können ohne Körperschutzausrüstung bedient werden. Entsprechend ihrer Gebrauchskategorie eignen sie sich nur für gelegentliches Schalten.

NH-Sicherungs-Lasttrennschalter sind Geräte zum gelegentlichen Schalten/Freischalten von Verbraucherabzweigen. Mit Überlast- und Kurzschlusschutz durch Sicherungen bieten sie gefahrloses Schalten auch unter Last.

SENTRON-NH-Sicherungslasttrennschalter bieten ein hohes Maß an Berührungsschutz und Schutz gegen Lichtbogeneinwirkungen. Sie sind außerdem die kostengünstigste Bauform von NH-Sicherungslasttrennschaltern. Die Trennerbauform eignet sich besonders für Einzelanwendungen in Installationsverteiltern (ALPHA, SIKUS), Zählerständen (ALPHA, ZS-400) und Isolierstoffverteiltern (8HP). Mit ihnen werden nachgeordnete elektrische Verbraucherkreise abgesichert und allpolig und unter Last gefahrlos vom Netz getrennt:

- Sammelschienensysteme (Bild 3.3.4),
- Kompensationsanlagen,
- Motorstromkreise (in Verbindung mit anderen Schutzgeräten),
- Frequenzrichter und Sanftstarter (in Verbindung mit SITOR-Sicherungseinheiten).



Bild 3.6.6 – SENTRON-NH-Schalter-Sicherungseinheiten

SENTRON-NH-Sicherungslasttrennschalter gibt es in einpoliger bis vierpoliger Ausführung als Aufbaugerät für die Montage auf ebenen Flächen und als dreipolige Reitertrennschalter für direkte Kontaktierung auf Sammelschienen mit 40 mm und 60 mm Mittenabstand. Geräte in den Baugrößen 000 und 00 können auch auf 35 mm-Hutschiene aufgeschnappt werden.

Die Standardbaureihe (Größe NH000 bis NH3) deckt einen Großteil aller Anwendungen ab – von der Energieverteilung im Wohn- und Zweckbau über flexible Verteilerstationen bis zur Energieverteilung in großen Industrieanlagen.

Für Industrieanlagen und Verteilungen mit erhöhten technischen Anforderungen an Schaltvermögen, Materialbeständigkeit, Komfort bei der Sicherungsüberwachung und Sicherheit für Betreiber und Anlage gibt es eine besonders robuste Baureihe mit seitlich am Unterteil angeordneten Rastfedern. Diese sorgen nach Überschreiten eines Druckpunktes für eine „Schnelleinschaltung“, deren Ablauf von der Betätigungsgeschwindigkeit des Bedienenden unabhängig ist (Bild 3.6.7). Die Einsatzgebiete sind häufig im Bergbau, in der Stahlindustrie oder auch in der chemischen Industrie zu finden. Für den Einsatz in aggressiver, z. B. schwefelhaltiger, Atmosphäre werden Ausführungen mit verzinnnten Kontaktteilen verwendet.

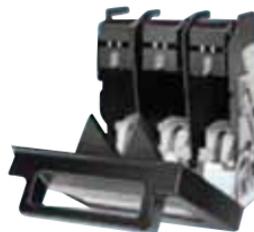


Bild 3.6.7 – SENTRON-NH-Sicherungslasttrennschalter mit „Schnelleinschaltung“

SENTRON-Lasttrennschalter mit NH-Sicherungen

Kennzeichnende Merkmale:

- Laienbedienbar
- unabhängige Handbetätigung
- für häufiges (betriebsmäßiges) Schalten geeignet
- Motorschaltvermögen

SENTRON-Lasttrennschalter mit NH-Sicherungen sind auch durch Laien sicher bedienbar und werden deshalb auch an leicht zugänglichen Stellen im Verteilerbau für Wohn- und Zweckbauten ebenso wie in Industriebauten eingesetzt. Meist werden sie in Gehäuse oder Schränke eingebaut, bei denen nur der Drehgriff außen zugänglich ist (Bild 3.6.8).



Bild 3.6.8 – SENTRON-Lasttrennschalter mit NH-Sicherungen

Damit eignen sie sich als Haupt- und NOT-AUS-Schalter für Schaltanlagen, Verteiler, Energieversorgungs- und Motorabgänge.

Mit SITOR-Halbleiterschuttsicherungen können sie auch in USV-Anlagen, Frequenzumrichtern und Kondensatorregelanlagen eingesetzt werden.

In Ländern mit wenig stabiler Stromversorgung werden diese Geräte häufig als Umschalter zwischen zwei Stromversorgungen (Netz und Notstromaggregat) verwendet. Zunehmende Bedeutung erhalten vierpolige Geräte beim Netzanschluss von dezentralen alternativen Energieerzeugungsanlagen (Sekundäreinspeisern).

Die Sprungschaltwerke der SENTRON-Lasttrennschalter mit NH-Sicherungen sind für häufiges Schalten entsprechend den Anforderungen der IEC 60947-3 ausgelegt. Damit erreichen diese Geräte die Gebrauchskategorie „A“ für häufiges (betriebsmäßiges) Schalten auch hochinduktiver Lasten und für gelegentliches Schalten einzelner Motoren (AC-23A). Für Gleichstromanwendungen werden zwei oder drei Strombahnen eines Gerätes in Reihe geschaltet, um höhere Bemessungsbetriebsspannungen zu erreichen (die Gebrauchsanleitung des jeweiligen Gerätes ist zu beachten!).

SENTRON-NH-Sicherungslastschaltleisten

Kennzeichnende Merkmale

- Festeinbau auf Sammelschienen,
- Preisgünstige, kompakte Verteilerbauweise
- abhängige Handbetätigung
- für gelegentliches Schalten durch befugte Personen
- für Kabelabgänge bis 630 A und 690 V

SENTRON-NH-Sicherungslastschaltleisten werden hauptsächlich eingesetzt

- in Kraftwerken und Industrie als Überlast- und Kurzschlusschutz für Schaltanlagen,
- in Netz- und Transformatorstationen sowie Kabelverteilerschränken,
- in Hauptverteilungen gewerblicher Gebäude,
- in Kabelabgängen und Verteilern,
- in Baustromverteilern und
- als Einspeisung für Sammelschienensysteme.

NH-Sicherungs-Lasttrennschalter vereinen die Funktionen „Lastschalten“ und „Trennen“ in einem Gerät sowie dank der integrierten NH-Sicherungen vollen Schutz vor Überlast und bei Kurzschluss.

Als Baubreiten haben sich die Maße 50 mm für NH 00 und 100 mm für NH 1 bis NH 3 durchgesetzt, womit ein modularer Aufbau möglich wird. Mit NH-Sicherungs-Lastschaltleisten lassen sich besonders kompakte, übersichtliche und preiswerte Niederspannungsverteilungen herstellen (Bild 3.6.11).

SENTRON-NH-Sicherungslastschaltleisten werden in der Regel in senkrechter Einbaulage auf waagrecht verlaufende Sammelschienen geschraubt. Die handabhängige Betätigung muss zügig ablaufen und darf deshalb nur durch unterwiesene Personen mit entsprechender Kenntnis erfolgen. Bei 3-polig schaltbaren Leisten ist die Betätigungskraft durch Hebelübersetzung herabgesetzt.

SENTRON-Steckbare Lastschaltleisten mit NH-Sicherungen

Kennzeichnende Merkmale:

- Unabhängige Handbetätigung
- laienbedienbar
- für gelegentliche Betätigung
- Steckkontaktierung auf Sammelschienen
- Modulare Schubeinsatztechnik
- Hohe Packungsdichte

SENTRON Steckbare Lasttrennleisten mit Sicherungen werden überall dort eingebaut, wo in Niederspannungsverteilern auf engstem Raum möglichst viele Kabelgänge zur Energieverteilung untergebracht werden müssen (Bild 3.6.10). Die Geräte unterscheiden sich von den Sicherungslastschaltleisten vor allem durch das integrierte Schaltwerk mit Federspeicherantrieb.



Bild 3.6.9 – SENTRON NH-Sicherungslastschaltleisten



Bild 3.6.10 – SENTRON-Steckbare Lasttrennleisten mit NH-Sicherungen

Hinweis: Im Gegensatz zu SENTRON-Lasttrennschaltern mit Sicherungen sind SENTRON-Lastschaltleisten mit Sicherungen nicht für betriebsmäßiges (häufiges) Schalten verwendbar.

Steckbare Lasttrennleisten mit Sicherungen sind besonders geeignet

- für Kabelverteilungen und Schaltschränke mit senkrecht verlaufendem, hochkant stehendem Sammelschienensystem
- zum Überlast- und Kurzschlusschutz für nachgeschaltete Anlagenteile und Verbraucher
- zum sicheren Freischalten nachgeordneter Anlagenteile und Verbraucher – der Schaltvorgang findet im Inneren des Leistenkörpers statt, unabhängig von der Betätigungsgeschwindigkeit

Die Geräte werden vorwiegend waagrecht in Schubeinsatztechnik auf senkrecht verlaufende Sammelschienen gesteckt und ermöglichen damit eine noch bessere Raumnutzung als senkrecht eingebaute NH-Sicherungslastschaltleisten. Sie können durch Laien geschaltet werden. Außerdem lassen sich Überwachungseinrichtungen integrieren.

Die modulare Bauweise und die Steckverbindungen zu den Sammelschienen ermöglichen den gefahrlosen Austausch einzelner Leisten, ohne dass die Sammelschienen freigeschaltet werden müssen. Die dichte Packung der Geräte und eingeschränkte senkrechte Luftströmung erfordert jedoch sorgfältige Beachtung der Erwärmung kritischer Bauteile (s. Abschnitt 5.9).

Bei der Bestückung von Schaltfeldern müssen insbesondere die folgenden Faktoren berücksichtigt werden:

- Bemessungsbelastungsfaktoren entsprechend IEC 60439-1 nach Anzahl der Stromkreise (Tabelle 5.4)
- Thermischer Bemessungsstrom der Geräte $I_{\text{th}} = 0,8 \times I_N$ der Sicherungseinsätze (Abweichungen sind bei anderen Betriebsklassen als gG und unter Beachtung der Projektierungsregeln möglich)
- Anordnung der Geräte im Feld nach Baugrößen (große Geräte unten, kleine oben)
- Erforderliche Belüftungsräume zwischen den Geräten

SENTRON-Lastschaltleisten in SIVACON-Schaltfeldern

NH-Sicherungsleisten wurden Mitte des 20. Jahrhunderts als dreipolige Einheit für die direkte Sammelschienenkontaktierung entwickelt. Seither haben sie den Verteilerbau entscheidend geprägt (Bild 3.6.11). Verteilerleisten der Baugrößen NH 00 bis NH 3 wurden für den Sammelschienenmittenabstand 185 mm genormt. Die Baugröße NH 00 gibt es auch für den Sammelschienenmittenabstand 100 mm. In den 1970er Jahren wurde auch die Leistenbauform zu NH-Sicherungslastschaltleisten weiterentwickelt. Im öffentlichen Energieverteilungsnetz werden aus Kostengründen und mit Hinweis auf die hohe Qualifikation der Betriebsfachkräfte auch heute noch überwiegend offene NH-Sicherungsleisten (Verteilerleisten) verwendet. Diese werden jedoch zunehmend durch einpolig schaltbare NH-Sicherungslastschaltleisten ersetzt. Im industriellen Schaltanlagen- und Verteilerbau dominieren dreipolig schaltbare Geräte als NH-Sicherungslastschaltleisten oder Lastschaltleisten mit NH-Sicherungen (Bild 3.6.12).



Bild 3.6.11 – NH-Verteilerschränke mit SENTRON-Lastschaltleisten links: NH-Sicherungslastschaltleisten rechts: Lastschaltleisten mit NH-Sicherungen

Lastschaltleisten nutzen den Sammelschienenraum sehr effizient und werden deshalb in großen Verteilungen mit vielen Verbraucherabgängen eingesetzt (Bild 3.6.11). Der Schaltanlagen- und Verteilerbau profitiert durch die modularen Leistungssysteme von der Flexibilität des NH-Sicherungssystems. Die weitgehende Austauschbarkeit von Sicherungseinsätzen verschiedener Bemessungsströme und Betriebsklassen ermöglicht eine große Bandbreite verschiedener Anwendungen bei rationellem Grundaufbau der Schaltanlage. Die Anpassung an unterschiedliche Verbraucher erfolgt auch bei bestehenden Anlagen einfach durch Einsatz der passenden Sicherung. In jeder Baugröße ist eine große Zahl verschiedener Sicherungseinsätze verfügbar (Tabelle A.3.13 im Anhang).



a
b
Bild 3.6.12 – SENTRON-NH-Schaltleisten
a) Lastschaltleiste mit Sicherungen
b) Sicherungslastschaltleiste 3-polig schaltbar

Hinweis 1: Zu beachten ist, dass die Bemessungsleistungsaufnahme der Geräte nicht überschritten wird, wenn andere als gG-Sicherungen eingesetzt werden.

Hinweis 2: Für die Anordnung der SENTRON-Lastschaltleisten in SIVACON-Schaltfeldern hat Siemens detaillierte Projektierungsregeln erarbeitet, die unbedingt beachtet werden sollten. Werden diese Hinweise nicht beachtet, kann es zu lokaler Überhitzung und vorzeitigen, unkontrollierten Sicherungsauslösungen kommen.

3.7 Kommunikationsfähige Sicherungen

Mit fortschreitender Automatisierung steigen die Anforderungen an die Kommunikationsfähigkeit von Schalt- und Schutzeinrichtungen in elektrischen Anlagen, d. h. an ihre Fähigkeit, Information über größere Entfernungen zu liefern oder auch zu empfangen und zu verarbeiten. Moderne SENTRON-Leistungsschalter sind von Hause aus als intelligente Geräte ausgelegt, die über digitale Schnittstellen Information in beiden Richtungen austauschen und verarbeiten können. Sicherungssysteme sind passive Systeme, die zwar Information liefern aber nicht selbst verarbeiten können.

Durch umfangreiches sinnvolles Zubehör können Siemens Sicherungssysteme in alle moderne Steuerungs- und Überwachungssysteme integriert werden und wertvolle Zusatzinformation zu Strombelastung und Lastverteilung liefern. Die Langlebigkeit von Sicherungssystemen erfordert hierzu auch Zubehör zum Nachrüsten vorhandener Sicherungen im Zuge von Modernisierungsmaßnahmen. Für Neuinstallationen sind Schaltgeräte mit integrierten Sensoren vorzuziehen, mit denen sich teure und fehlerträchtige Verdrahtungsarbeiten bei der Anlageninstallation vermeiden lassen.

Sicherungsüberwachung

Wie man aus Bild 2.4 erkennen kann, war das Signalisieren des Betriebszustandes bereits in der Frühzeit der Schmelzsicherungen ein wesentliches Produktmerkmal. Der Kennmelder wurde in Deutschland von Anfang an unverzichtbarer Bestandteil aller Starkstromsicherungssysteme, von Haushalts- bis zu Hochspannungssicherungen. Da die Sicherung nur zwei Schaltzustände annehmen kann, liefert der Kennmelder hierzu eine ausreichende Information. Nachteilig ist nur, dass man sich die Information vor Ort selbst holen muss, was den Ansprüchen moderner Überwachungs- und Regelungssysteme nicht mehr genügt.

So kann z. B. nach dem Abschalten einer Sicherung die allpolige Abschaltung des betroffenen Verbrauchers eingeleitet werden. Siemens entwickelte unterschiedliche Produkte (Bild 3.7.1) und Verfahren, um je nach Einsatzbedingungen den Schaltzustand von Sicherungen optimal zu erfassen und zu melden:

- Der **Signalmelder mit Signalmeldeeinsatz** eignet sich für NH-Sicherungseinsätze der Baugrößen 000 bis 4 mit spannungsführenden Griffflaschen unabhängig von der Art des Kennmelders. Der Signalmeldeeinsatz mit Schlagstift liegt parallel zum Sicherungseinsatz und wird durch die wiederkehrende Spannung ausgelöst. Der Schlagstift betätigt einen potenzialfreien Mikroschalter zur Fernmeldung.



Signalmeldeaufsatz
 Signalmelder mit Signalmeldeeinsatz
 Bild 3.7.1 – Signalmelder

Der Signalmelder ist bei Sicherungsbemessungsströmen ≤ 10 A nicht verwendbar, da der Parallelstrom über den Signalmeldeeinsatz in diesem Bereich nicht mehr vernachlässigbar ist. Für den Einsatz in Maschennetzen oder sonstigen Anwendungen mit niedriger Wiederkehrender Spannung werden Signalmeldeeinsätze mit einer Ansprechspannung von 2 V empfohlen.

- Der **Signalmeldeaufsatz** eignet sich für Sicherungseinsätze der Baugrößen 000, 00, 1, 2. Er wird bei NH-Sicherungseinsätzen auf die kennmelderseitige Griffflasche aufgesteckt. Der Stirnkennmelder oder Kombimelder (s. Bild 3.7.1) betätigt über eine Schaltwippe den eingebauten potenzialfreien Mikroschalter. Der Signalmeldeaufsatz benötigt zur Funktion zwar keine spannungsführenden Griffflaschen, wegen der größeren Materialstärke von Abdeckplatten aus Kunststoff und Kunststoffgriffflaschen ist beim Einbau der Passsitz jedoch auf seine Eignung zu prüfen.



Sicherheitshinweis: Diese Lösung soll für sicherheitsrelevante Anlagen nicht verwendet werden. Hierfür werden elektronische Sicherungswächter empfohlen.

Signalmelder bieten eine einfache und kostengünstige Lösung zum Einbinden vorhandener offener NH-Sicherungen in moderne Überwachungs- und Steuerungssysteme. Bei Neubauten sind Sicherungswächter oder integrierte Sicherungsüberwachungseinrichtungen zu bevorzugen.

- **Sicherungswächter** (Bild 3.7.2) funktionieren zuverlässig bei allen Niederspannungssicherungssystemen, unabhängig von der Art der Kennmelder oder Griffflaschen. Dieses universelle Gerät funktioniert auch bei asymmetrischen und mit Oberwellen behafteten Netzen sowie bei rückspeisenden Motoren. Die Montage des Sicherungswächters erfolgt außerhalb des Sicherungsunterteils, Sicherungshalters oder Schaltgerätes auf Hutschiene. Sicherungswächter sind deshalb universell einsetzbar und eignen sich auch für die Sicherungsüberwachung von NH-Sicherungslastschaltleisten.



Bild 3.7.2 – Sicherungswächter

Die Spannungseingänge des Geräts werden über kurzschlussfeste Leitungen mit den Potenzialabgriffen vor und hinter den Sicherungen verbunden. Damit überbrückt der Sicherungswächter auch bei entnommenen Sicherungseinsätzen oder geöffnetem Schaltgerät die Trennstrecke. Der Innenwiderstand der Messpfade ist so groß, dass die VDE-Bestimmungen hinsichtlich der Berührungsspannung erfüllt werden. Zum Freischalten ist jedoch der übergeordnete Hauptschalter auszuschalten.



Sicherheitshinweis: Die Zuleitungen zwischen Spannungsabgriffen und elektronischer Sicherungsüberwachung müssen kurzschlussfest ausgeführt sein!

- Die **Sicherungsüberwachung durch SIRIUS-Leistungsschalter** ist im Unterschied zu elektronischen Sicherungsüberwachungen eine bei Gleichspannung und Wechselspannung verwendbare Technik für NH-Sicherungslasttrennschalter. Der SIRIUS-Leistungsschalter ist werkseitig fest auf dem Trennerdeckel (Sicherungseinsatzträger) montiert und fertig verdrahtet (Bild 3.7.3). Bei geschlossenem Gerät sind die drei Strombahnen des SIRIUS Leistungsschalters parallel zu den zu überwachenden Sicherungseinsätzen geschaltet. Der Innenwiderstand des Leistungsschalters ist groß genug, um die Schutzwirkung der überwachten Sicherungseinsätze nicht zu beeinträchtigen. Durch die wiederkehrende Spannung über den Sicherungseinsätzen wird der Leistungsschalter unverzögert ausgelöst und signalisiert über seinen Hilfsschalter das Ereignis. Bei offenem Trennschalter sind auch alle Hauptstrombahnen des Leistungsschalters spannungslos und der Überwachungsstromkreis vom Hauptstromkreis galvanisch völlig getrennt. Die Montage der Geräte ist sehr einfach, da das Verlegen kurzschlussfester Zuleitungen entfällt.



Bild 3.7.3 – Sicherungsüberwachung mit SIRIUS-Leistungsschalter

Hinweise: Die Sicherungsüberwachung durch Leistungsschalter SIRIUS ist nicht zulässig in Abzweigen, bei denen im Fehlerfall eine Gleichstromrückspeisung mit einer Spannung > 220 V d.c. auftreten kann. Bei parallelen Kabeln und bei Maschennetzen ist zur Auslösung eine Spannungsdifferenz am Schalter > 24 V erforderlich.



Bild 3.7.4 – Elektronische Sicherungsüberwachung

- Die **elektronische Sicherungsüberwachung ESÜ** wird wie der Leistungsschalter werkseitig auf dem Trennerdeckel montiert und verdrahtet (Bild 3.7.4). In ihrer Funktion entspricht die ESÜ weitgehend dem Sicherungswächter. Wie dieser ist die ESÜ auch für den Einsatz in stark oberwellenbehafteten Industrienetzen geeignet (genaue technische Details sind den Datenblättern zu entnehmen). Neben einem Summensignal für die Fernanzeige zeigen rote LEDs vor Ort an, welche Sicherung geschaltet hat und beschleunigen so das Auffinden und Wechseln abgeschalteter Sicherungseinsätze.

Hinweis: Bei Sicherungsüberwachungen mit SIRIUS-Leistungsschalter und bei ESÜ werden die Spannungen über die Griffflaschen der Sicherungseinsätze abgegriffen. Eine einwandfreie Funktion ist deshalb nur bei spannungsführenden Griffflaschen mit direktem Kontakt zu den Aktivteilen gegeben. Gemäß der Sicherungsnorm IEC 60269 sind zwar „spannungsfreie“ aber keine „spannungsführenden“ Griffflaschen definiert. Unter Sicherheitsaspekten werden alle Griffflaschen mit nicht ausreichender Isolation als „spannungsführend“ bezeichnet. Für die zuverlässige Funktion der ESÜ ist diese Aussage nicht hinreichend. Um Fehlfunktionen zu vermeiden, ist der Sicherungshersteller über die Eignung der Griffflaschen als Spannungsabgriff zu befragen.

Schaltanlagen und Verteilungen mit NH-Sicherungslasttrennschaltern lassen sich durch Austauschen der Trennerdeckel leicht mit Sicherungsüberwachungseinrichtungen nachrüsten und in moderne Überwachungs- und Steuerungseinrichtungen einbinden.



Bild 3.7.5 – SENTRON-NH-Sicherungslastschaltleiste mit integrierten Stromwandlern

Schaltstellungsanzeige

SENTRON-NH-Lasttrennschalter und NH-Lastschaltleisten bieten auch die Möglichkeit über eingebaute Mikroschalter die Schaltstellung an eine Steuerzentrale zu melden. In Verbindung mit der Sicherungsüberwachung lässt sich damit der Schaltzustand des Gerätes umfassend beurteilen, um gezielt Maßnahmen einleiten zu können.

Hinweis: Mikroschalter für die Einbindung in elektronische Steuerungen oder Bussysteme benötigen für eine einwandfreie Funktion besondere (in der Regel vergoldete) Kontakte mit sehr niedrigem Kontaktwiderstand.

Stromwandler

Zur Messung und Überwachung von Stromkreisen können NH-Lastschaltleisten mit Stromwandlern an den Sammelschienen- oder Kabelanschlüssen bestückt werden. Besonders platzsparend sind in den Leistenkörper integrierte Stromwandler (Bild 3.7.5). Sie bieten eine elegante Lösung zur Überwachung und Registrierung der Lastströme in einzelnen Abgängen und können auch für die Netzanalyse verwendet werden.

3.8 Qualität und Umweltschutz

Qualität schafft Vertrauen! Schutzeinrichtungen müssen zuverlässig funktionieren, wenn sie ihre Aufgabe erfüllen und ihrem Namen gerecht werden sollen. Eine Funktionsprüfung wie bei anderen technischen Geräten ist bei Sicherungen naturgemäß ausgeschlossen, weshalb für den verantwortungsvollen Anwender die Information über die Qualitätssicherheit und Zuverlässigkeit des Sicherungsherstellers noch vor dem Lesen der Preisliste stehen sollte.

Wegen der scheinbar einfachen Konstruktion von Sicherungen fühlten sich schon immer Hersteller ohne ausreichenden technologischen

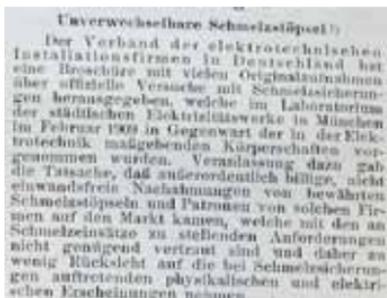


Bild 3.8.1 – Auszug aus der ETZ September 1909

Hintergrund berufen, „Sicherungen“, die diesen Namen nicht verdienten, zu Niedrigpreisen anzubieten (Bild 3.8.1). In Anbetracht der zu schützenden Sach- und Vermögenswerte und der Verantwortung für die Unversehrtheit von Personen sind Sicherungen äußerst kostengünstige Schutzelemente. Einsparungen zu Lasten der Sicherungsqualität sind daher ein fragwürdiges, in der Regel sogar gefährliches Unterfangen.

Der Erfolg des DIAZED-Systems beruhte von Anfang an auf seinen überlegenen technischen Eigenschaften und seiner Zuverlässigkeit (s. Abschnitt 2). In enger Zusammenarbeit mit den Kunden wurde das System optimiert und schließlich zu einem Weltstandard weiterentwickelt. Anspruchsvolle Technik für den zuverlässigen Schutz elektrischer Anlagen entsprechend den Vorstellungen unserer Kunden ist bis heute unser Qualitätsanspruch.

Die Qualität von Siemens Schmelzsicherungssystemen beruht auf

- über hundertjähriger Erfahrung in der Entwicklung und Anwendung von Sicherungssystemen,
- sorgfältiger Auswahl und Kontrolle der verwendeten Werkstoffe und Halbzeuge und
- präziser Fertigungstechnik mit überwachten, weitgehend automatisierten Montageverfahren (Bild 3.8.2).

Sicherungsanwender müssen sich bei ihrem Lieferanten auf die fachliche Kompetenz der Entwicklung und auf sichere Prozesse in der Fertigung verlassen können. Schließlich können Schmelzsicherungen naturgemäß nicht vor dem Gebrauch auf richtige Funktion geprüft werden. Die komplexen physikalischen Vorgänge in der Sicherung während der Lichtbogenphase des Ausschaltvorganges entziehen sich bis heute jeder brauchbaren rechnerischen Simulation. Die Erfahrung aus Tausenden von Laborversuchen und Millionen von Sicherungen im praktischen Einsatz ist bis heute die zuverlässigste Grundlage für die Entwicklung und Fertigung von Sicherungen. Wie kein anderer Sicherungshersteller verfügt Siemens seit Beginn der Erzeugung und Nutzung elektrischer Energie über eine langzeitige, durchgehende Erfahrung in der Sicherungstechnik. Die Produkte wurden seither ständig den Erfordernissen des Marktes angepasst bis hin zur Einbindung in zeitgemäße digitale Steuerungssysteme.



Bild 3.8.2 – Sandbefüllung der NH-Sicherungseinsätze

Die Qualität von Sicherungen liegt dem Anwender unzugänglich im Innern verborgen. Das Öffnen von Sicherungseinsätzen ist bei HH- und D-Sicherungen gar nicht und bei NH-Sicherungen nur scheinbar zerstörungsfrei möglich. Tatsächlich können dabei Sandverlust und verdeckte Schäden an Schmelzleitern und Kennmeldersystem auftreten mit gefährlichen Folgen für die Funktionssicherheit. Sollte ein Anwender daher aus Neugier oder zum Zweck der Qualitätsprüfung einen NH-Sicherungseinsatz aufschrauben, gehört dieser anschließend auf keinen Fall mehr ins Netz sondern in den Schrott - oder besser noch in den Recyclingbehälter!

Sicherungsanwender können aber auch ohne Röntgengerät und Demontage anhand kleiner äußerer Merkmale wichtige Hinweise auf die Qualität des Produktes und die Sorgfalt bei dessen Fertigung finden. Sie sollten deshalb vor dem Einsetzen eines Produktes den geringen Aufwand eines Sicherheitschecks nicht scheuen:

- **Die Schüttelprüfung:** Sicherungen sind keine Rassel! Sind bei leichtem Schütteln Sandbewegungen im Innern der Sicherung zu hören oder zu spüren, ist die Sicherung unbrauchbar. Sandanhäufung in der Verpackung deutet auf undichte Sicherungen hin.
- **Die Rieselprüfung:** Sicherungen sind keine Sanduhren! Tritt an Kennmelderöffnungen oder anderen Stellen Sand aus, ist die Sicherung unbrauchbar.
- **Die Streichelprüfung:** Sticht man sich beim Streichen über den Isolierkörper an überstehenden Drahtenden oder bleibt man an überstehenden Abdeckplatten oder Kontaktkappen hängen, sind Zweifel an der Montagesorgfalt und damit an der Funktion angebracht. Überstehende Drahtenden können die Isolation erheblich mindern und Phasenkurzschlüsse begünstigen. Scharfe Kanten am Messerkontakt sind weder unten noch oben akzeptabel. Sie beschädigen beim Einsetzen die Unterteilkontakte und können beim Herausnehmen Kontaktabdeckungen abreißen.
- **Die Wischprüfung:** Ist das Druckbild bereits verwischt oder lässt es sich durch „feuchtes“ Reiben leicht verwischen, spricht das gegen die Herstellersorgfalt.
- **Die Rostprüfung:** Verrostete oder gar lose Schrauben sind Zeichen unsachgemäßer Lagerung und einer eventuell „lebhafte“ Vorgeschichte – besser nicht mehr verwenden!

Angelaufene versilberte Kontakte sind dagegen technisch unbedenklich, wenn auch nicht schön. Sie treten auf bei ungeschützter Lagerung in Industriatmosphäre oder in schwefelhaltigen Kartonverpackungen.

Umweltschutz

Siemens ist ein ökologisch verantwortlich handelndes Weltunternehmen. Die hohen internen Ziele gelten auch für Sicherungssysteme und sind Teil des strengen Qualitätsmanagements. Bereits in der Entwicklung der Produkte werden mit den Zuverlässigkeitsanforderungen die begleitenden qualitätssichernden Maßnahmen und die möglichen Umweltauswirkungen beleuchtet. So ist es selbstverständlich, dass Siemens Sicherungssysteme die Europäische Richtlinie RoHS (Restriction of Hazardous Substances) erfüllen und keine unzulässigen Stoffe enthalten.

Sicherungsrecycling

Moderne Industrieunternehmen müssen Ihrer Verantwortung für Umweltschutz und Ressourcenschonung gerecht werden. Das Haus Siemens hat deshalb bereits im Vorfeld einer gesetzlichen Regelung ein Recyclingkonzept erarbeitet und dieses gemeinsam mit den im ZVEI organisierten deutschen Sicherungsherstellern umgesetzt. Das System unterstützt die freiwillige Rückführung und Wiederverwertung von abgeschalteten NH- und HH-Sicherungen. Die Gründung des gemeinnützigen NH-HH-Recycling e. V. führte zu einem professionell organisierten System der Wiederverwertung praktisch aller Sicherungsbestandteile. Zwar gab es auch vorher bereits Einzelaktivitäten mit mehr oder weniger fachmännischer Zerlegung der Sicherungskörper zur Verwertung der Kontakte als Metallschrott. Diese Vorgehensweise ist jedoch nicht nur als Recyclingverfahren unzulänglich, man muss davon aus guten Gründen sogar abraten:

- Die Art der Verwertung ist nicht systematisch und nicht flächendeckend und führt daher nur einen geringen Teil der Wertstoffe in den Kreislauf zurück.
- Das im Sinterkörper enthaltene, in Quarz eingeschmolzene Schmelzleitmaterial bleibt meist unerkannt und damit unberücksichtigt.
- Die Zerlegung der Keramikkörper ist nicht unproblematisch, da Quarzstaub und bei älteren Produkten sogar Asbestfasern freigesetzt werden können.



Bild 3.8.3 – Praktizierter Umweltschutz

Hinweis: Siemens war eines der ersten Unternehmen, das die Dichtungen der Sicherungseinsätze auf asbestfreies Material umstellte, bei SITOR-Sicherungen im Jahr 1982 und bei NH-Sicherungen 1985.

Heute werden gebrauchte Sicherungen in Deutschland flächendeckend in Gitterboxpaletten gesammelt. Kleinmengen können bei Großhändlern, Stromversorgern und anderen Sammelstellen abgegeben werden (Bild 3.8.3). Näheres erfahren Sie unter <http://www.nh-hh-recycling.de>. Für den Sicherungsanwender ist das Verfahren kostenlos.

Die gebrauchten Sicherungen werden einer Kupferhütte zugeführt, wo die Kupfer- und Silbergehalte im Konverter erschmolzen werden. Die Schlacke findet im Straßen- und Deichbau Verwendung. Problemstoffe werden in der Schlacke gebunden und damit ungefährlich gemacht.

In diesem Verfahren (Bild 3.8.5) werden praktisch alle Sicherungsbestandteile auf ungefährliche und wirtschaftliche Weise wieder dem Rohstoffkreislauf zugeführt. Umweltbewusste Sicherungsanwender sollten daher auf die Recyclingzeichen auf den Sicherungseinsätzen achten, das alle Siemens- NH- und HH-Sicherungen tragen (Bild 3.8.4).



Bild 3.8.4 – Schutzmarken des NH-HH Recycling e. V.



Bild 3.8.5 Recyclingverfahren für NH- und HH-Sicherungen

4 Funktion, Technische Daten und Kennlinien

4.1 Stromunterbrechung und Strombegrenzung

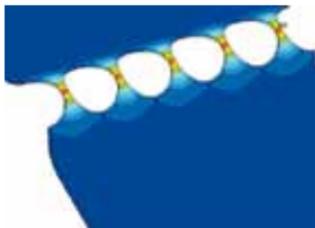


Bild 4.1.1 – Temperaturverteilung im Schmelzleiter

Sicherungen oder genauer, die Engstellen im Schmelzleiter, sind die „Sollbruchstellen“ des Stromkreises. Sie erwärmen sich schneller und stärker als alle anderen Stellen im Leitungszug und schmelzen bei richtiger Dimensionierung bevor andere Komponenten durch einen Überstrom Schaden nehmen können. Der Restquerschnitt (Summe aller parallelen Engstellen) einer Sicherung für den Kabel- und Leitungsschutz (gG-Sicherung) beträgt nur etwa 1 bis 2 % des Querschnittes der angeschlossenen zu schützenden Leiter. Bei Sicherungen für den Halbleiterschutz (aR oder gR-Sicherung) liegt er sogar noch deutlich darunter. Es lässt sich leicht erkennen, dass für die

Herstellung der Engstellen und des gesamten Schmelzleiters größte Präzision der Fertigungseinrichtungen und enge Toleranzen des Schmelzleitermaterials erforderlich sind. Temperaturmessungen an den Engstellen der Schmelzleiter sind technisch sehr aufwendig und wenig genau. Deshalb werden in den Siemens Entwicklungslabors numerische Berechnungen der Temperaturverteilung im Schmelzleiter durchgeführt, die besonders im Kurzzeitbereich eine sehr gute Vorhersage des Schmelzverhaltens ermöglichen (Bild 4.1.1).

Sobald ein unzulässiger Überstrom lange genug fließt, um die Engstellen zu schmelzen, bilden sich dort Lichtbögen und die Stromunterbrechung wird eingeleitet.

Bei Kurzschlussströmen (sehr großen Überströmen) erwärmen sich alle Engstellen gleichzeitig so schnell (Bild 4.1.2), dass sie explosionsartig verdampfen. Der Metaldampf wird mit hohem Druck in die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern gepresst und an deren Oberfläche intensiv gekühlt. Hierdurch wird der Druck im Innern der Sicherung begrenzt. Die Korngröße des Sandes und der Füllfaktor spielen dabei eine ausschlaggebende Rolle für den erfolgreichen Verlauf des Ausschaltvorgangs: Ist der Sand zu dicht gepackt (durch hohen Staubanteil), entsteht ein extrem hoher Druck, der den Sicherungskörper zum Bersten bringen kann. Ist zwischen den Sandkörnern zu viel Hohlraum, kann sich der

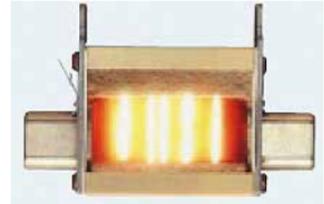


Bild 4.1.2 – Kurzschlussabschaltung

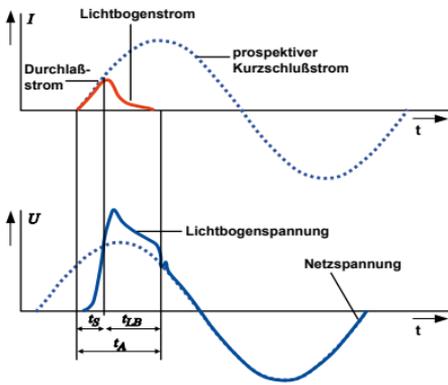


Bild 4.1.3 – Kurzschlussstrombegrenzung

t_s Schmelzzeit,
 t_{LB} Lichtbogenzeit,
 t_A Ausschaltzeit

Kurzschlussströme weisen häufig einen sehr hohen ersten Scheitelwert auf, den Stoßkurzschlussstrom I_p (Bild 4.3.5). Dessen magnetische Kraftwirkung steigt mit dem Quadrat des Stromwertes ($K \sim I_p^2$) und kann zu extrem hohen Beanspruchungen der stromführenden Leiter, deren Isolierungen und Befestigungseinrichtungen führen. Sicherungen begrenzen den Kurzschlussstrom auf ihren Durchlassstrom, der in der Regel weit unter dem zu erwartenden Stoßkurzschlussstrom liegt (Bild 4.1.3). Die magnetischen Kurzschlusskräfte und der Aufwand für die

Lichtbogen bis zur Keramikoberfläche oder zu den Abdeckplatten ausbreiten und diese zerstören. Bei richtiger Auslegung und sorgfältiger Fertigung kühlt der Sand durch seine Schmelzwärme den Lichtbogen so intensiv, dass seine Brennspannung die Netzspannung überschreitet und der Strom bereits vor dem natürlichen Nulldurchgang eines 50 Hz-Wechselstromes erlischt. Der Scheitelwert des unbefeuflussten Kurzschlussstromes (ohne Schutz durch Sicherungen) wird erst gar nicht erreicht (Bild 4.1.3). Die strombegrenzende Wirkung ist die wertvollste Eigenschaft von Schmelzsicherungen, denn in Bezug auf Strombegrenzung übertreffen sie alle anderen Überstromschutzeinrichtungen.

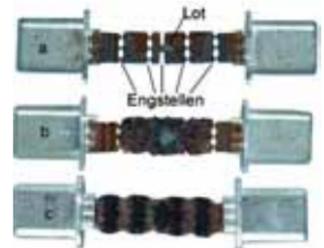


Bild 4.1.4 – NH-Schmelzleiter
a) neu, b) nach Überlastabschaltung,
c) nach Kurzschlussabschaltung

mechanische Konstruktion der Anlage bleiben dadurch sehr gering. Nicht nur der Durchlassstrom, sondern auch die Durchlassenergie, ausgedrückt in I^2t -Werten, wird durch strombegrenzende Sicherungen deutlich reduziert. Das betrifft besonders die bei einem Lichtbogenfehler an der Fehlerstelle freigesetzte zerstörerische Energie. Strombegrenzung ist daher gleichbedeutend mit Schadensbegrenzung, d. h. Verminderung von direkten und indirekten Schäden durch Hitzeinwirkung und Verminderung der Gefährdung von Personen bei Arbeiten unter Spannung.

Hinweis: Strombegrenzende Sicherungen können bei Lichtbogenstörungen Sachschäden nicht völlig verhindern und das Verletzungsrisiko von Personen nicht ausschließen. Sie vermindern jedoch die Auswirkungen solcher Störungen in höchstem Maße.

Schmelzleiter aus Kupfer haben eine Schmelztemperatur von 1.080 °C, Silberschmelzleiter von 960 °C. Sie eignen sich deshalb in reiner Form nur für das Abschalten hoher Überströme, bei denen die Schmelztemperaturen sehr schnell erreicht werden. Lang anhaltende Überströme, bei denen die Schmelztemperaturen nicht ganz oder nur schleichend erreicht werden, erwärmen den Sicherungseinsatz so stark, dass die Kontakte ausglühen und benachbarte Anlagenteile zerstört werden können. Reine Silber- oder Kupferschmelzleiter ohne Zusätze zum Herabsetzen des Schmelzpunktes haben deshalb immer einen „verbotenen“ Strombereich, in dem ein Betrieb nicht zulässig ist. Sie können nur als Teilbereichssicherungen für den Kurzschlusschutz eingesetzt werden. Sind kleinere Überströme nicht auszuschließen, müssen Teilbereichssicherungen stets mit zusätzlichen Schutzeinrichtungen für diesen Strombereich kombiniert werden.

Zum **Abschalten von Überlasten** (relativ kleiner Überströme) wird ein Material mit niedrigem Schmelzpunkt, meistens Zinn oder Zinnlegierungen, als Reaktionslot an der wärmsten Stelle des Schmelzleiters aufgetragen. Diese befindet sich in der Regel an einer Engstelle in der Schmelzleitermitte (Bilder 4.1.4a und 4.1.5). Sobald das Lot schmilzt, reagiert es mit dem Schmelzleiternmaterial der benachbarten Engstelle und löst diese auf. Dieser Effekt des Lots wird auch „M-Effekt“ genannt. Der M-Effekt bewirkt ein Verschieben der Strom/Zeit-Kennlinie zu kleineren Strömen im oberen Zeitbereich und ermöglicht damit das Abschalten von Überlastströmen, ohne dass unzulässige Erwärmung auftritt (Bild 4.1.6)



Bild 4.1.5 – Lotreaktion bei Überlastabschaltung

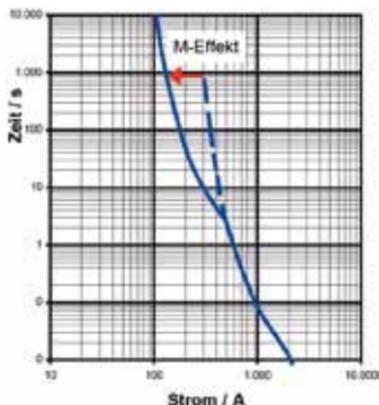


Bild 4.1.6 – Wirkung des Lots auf die Zeit/Strom-Kennlinie

Nach dem Durchschmelzen der Engstelle bildet sich ein Lichtbogen, der in beiden Richtungen weiterbrennt, bis er in einem periodischen Stromnulldurchgang erlischt. Der schmelzende Quarzsand kühlt den Lichtbogen so intensiv, dass die erneute Zündung bei wiederkehrender Spannung wirksam verhindert wird. Im Einflussbereich des Lichtbogens entsteht ein nicht leitender Sinterkörper aus Schmelzleiternmetall, Lot und Quarz, der wegen seiner Erscheinungsform auch „Schmelzraupe“ genannt wird (Bild 4.1.4 b).

Bei sehr großen Strömen schmelzen alle Engstellen praktisch gleichzeitig, wodurch sich mehrere Teillichtbögen entsprechend der Zahl der Engstellen in Serie bilden und eine für Kurzschlussabschaltungen typische, gleichmäßig über die gesamte Schmelzleiterlänge ausgedehnte „Schmelzraupe“

entsteht (Bild 4.1.4 c). Anhand der Form der Schmelzraupe kann Ihr Siemens-Sicherungsexperte recht genau die Stromstärke rekonstruieren, die zum Abschalten der Sicherung führte. Die Analyse abgeschalteter Sicherungen kann damit für die Ermittlung von Störungsursachen wertvolle Aufschlüsse geben. Sie sollte jedoch unbedingt einer Fachkraft überlassen werden.

Entsprechend der gewünschten Sicherungsfunktion muss das sehr komplexe Zusammenwirken von Schmelzleiterwerkstoff, Engstellengeometrie, Reaktionslot und Quarzsand optimiert werden. Generationen von Siemens-Entwicklungsingenieuren haben über Jahrzehnte an dieser Optimierung gearbeitet und die Siemens Sicherungssysteme zur Perfektion reifen lassen.

4.2 Kennzeichnung von Sicherungen

Bedruckung von Sicherungseinsätzen

NH-Sicherungseinsätze enthalten eine Fülle aufgedruckter Information, die sich auch Fachleuten nicht sofort erschließt. Bild 4.2.1 zeigt von oben nach unten:

- Hersteller und Typbezeichnung
- Bemessungswechselspannung (~ 400 V zukünftige Schreibweise 400 V a.c.)
- Baugröße (NH 00) und Betriebsklasse (gG)
- Bemessungsstrom (100 A)
- Symbol „Spannungsfreie Griffflasche“
- VDE-Zeichen (bzw. weitere Prüfzeichen)
- Zutreffende Norm (IEC 60269)
- Bemessungsausschaltvermögen (120 kA)
- Ursprungsland (Germany)
- EU-Konformitätszeichen (CE)
- NH-Recycling-Zeichen
- Fertigungsdatum /-code



Bild 4.2.1 – NH-Bedruckung



Bild 4.2.2 – Bedruckung DIAZED-Sicherung

Auf manchen DIAZED-Sicherungen findet sich noch das Symbol einer Schnecke für „träge“ Charakteristik (Bild 4.2.2). Es ist nach Norm nur noch in VDE 0635 für TNDz-Sicherungen vorgesehen.

Halbleiterschutzsicherungen tragen zusätzlich die nebenstehende Kombination der Schaltungszeichen von Sicherung und Diode.



Kennmelder sind bei NH-Sicherungen vorgeschrieben.

Die Lage kann jedoch sowohl vorn mittig als auch stirnseitig oben sein. Bild 4.2.1 zeigt beide Ausführungen als sogenannter „Kombimelder“. Üblich ist auch ein Datumcode, der die Rückverfolgbarkeit zum Fertigungsdatum ermöglicht.

Die Betriebsklasse gL wurde inzwischen durch gG abgelöst, taucht aber in der Bedruckung einiger Sicherungen immer noch auf. Nach und nach wird sie durch die international genormte Betriebsklasse gG ersetzt (s. Tabelle 5.2).

Sicherungshalter (beinhalten auch Sicherungsunterteile und Sicherungssockel) müssen mit dem Namen des Herstellers und einer Typnummer zur eindeutigen Identifikation gekennzeichnet sein. Wichtig für den Anwender sind die Angaben von Bemessungsstrom für die thermische Belastbarkeit und Bemessungsspannung für die Isolation. Sicherungshalter sind in der Regel für Gleich- und Wechselspannung geeignet. In der Kennzeichnung gibt es daher keine Unterscheidung.

Hinweis: Die aufnehmbare Leistung eines Sicherungsunterteils oder Sicherungshalters entspricht der größten Verlustleistung (Bemessungsleistungsabgabe) einer gG-Sicherung der jeweiligen Baugröße (Tabellen A.4.5.2 und A.4.5.3 im Anhang). Werden Sicherungseinsätze mit anderen Betriebsklassen, z.B. aR, gR, gS verwendet, sind unter Umständen Reduktionsfaktoren zu berücksichtigen. Das gilt auch für D-Sicherungen, die nur in der Betriebsklasse gG genormt sind, aber von Siemens für industrielle Anwendungen auch als gR-Sicherungen SILIZED angeboten werden. Die richtige Zuordnung entnehmen Sie bitte den Produktunterlagen.

Farbkennzeichnung

Verwechslungen beim Sicherungsaustausch können zu Fehlfunktion, Überhitzung oder gar zu Schaltversagen führen. Zur besseren Unterscheidung sind deshalb in den einschlägigen Normen Farbkennzeichnungen zusätzlich zu den aufgedruckten Sicherungsdaten vorgeschrieben. Sie betreffen

- Betriebsklassen und Bemessungsspannungen bei NH-Sicherungen und
- Bemessungsströme bei Schraubisicherungen.

gG	aM	gTr	gB
400 V*)	400 V	400 V	
500 V	500 V		500 V
690 V	690 V		690 V
1000 V	1000 V		1000 V
*) alternativ schwarz			

Tabelle 4.2.1 – Farbkennzeichnung NH-Sicherungen

Bei NH-Sicherungseinsätzen werden die Bemessungsspannung 500 V als Positivdruck in der vorgesehenen Farbe und die Bemessungsspannungen 400 V und 690 V als Negativdruck in einem entsprechenden Farbbalken aufgebracht, gTr-Sicherungen werden braun und gB-Sicherungen rot bedruckt (Tabelle 4.2.1).

400 V gG-Sicherungen können alternativ blaue oder schwarze Farbbalken haben. Bei DIAZED- und NEOZED-Sicherungen sind die Kennmelder (Bild 4.2.3) und Passeinsätze in den Farben des Nennstromes des Sicherungseinsatzes gekennzeichnet (Tabelle 4.2.2).



rot grün
Bild 4.2.3 – Kennmelder D-System

I _N /A	2	4	6	10	13	16	20	25	35	50	63	80	100
Farbe	rot												

Tabelle 4.2.2 – Farbkennzeichnung der D-Sicherungen

4.3 Kennlinien

Zeit/Strom-Kennlinien

Zeit/Strom-Kennlinien sind charakteristische Merkmale von Sicherungen und bestimmen deren Anwendungsbereich. Die Zeit/Strom-Kennlinien sollen der Belastbarkeit der zu schützenden Einrichtungen möglichst gut angepasst sein, um einerseits eine optimale Auslastung zu ermöglichen, andererseits schädliche Überbeanspruchungen wirksam zu unterbinden. Zeit/Strom-Kennlinien sind außerdem wichtige Unterlagen zur Koordination von Sicherungen untereinander und mit anderen Schutzeinrichtungen.

Im Unterschied zu elektromechanischen oder elektronischen Überstromschutzeinrichtungen haben Sicherungen keinen festen Auslösestrom, ab dem die Schutzwirkung eintritt. Bei Sicherungen ist die Zeit bis zum Aufschmelzen der Engstellen des Schmelzleiters (Schmelzzeit) und damit dem Auslösen des Abschaltvorgangs abhängig von der Größe des Überstromes. Zu jedem Überstrom, der eine Sicherung auslöst, ergibt sich daher eine für die Sicherung charakteristische Schmelzzeit. Die Wertepaare von Strömen und dazugehörigen Schmelzzeiten werden in Zeit/Strom-Kennlinien dargestellt (Bild 4.3.1).

Hinweis: Gestrichelt dargestellte Kennlinienabschnitte kennzeichnen Bereiche, in denen die Sicherung zwar schmilzt, aber kein Ausschaltvermögen besitzt (Teilbereichssicherung). Überströme in diesem Bereich sind unzulässig und müssen durch geeignete Maßnahmen vermieden oder durch andere Schutzelemente abgeschaltet werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit der Kurven sind die doppellogarithmischen Skalen der Diagramme international genormt. Üblich ist die Darstellung von **mittleren Zeit/Strom-Kennlinien**. Entsprechend der Norm für Niederspannungssicherungen IEC 60269 dürfen die Abweichungen von diesen Kennlinien in Stromrichtung $\pm 10\%$ betragen. Bei Siemens-Sicherungen liegen diese Abweichungen in einem wesentlich engeren Toleranzband von $\pm 5\%$, wodurch sich für den Anwender zusätzliche Vorteile ergeben (s. Abschnitt 4.4 „Selektivität“).

Zeit/Strom-Kennlinien stellen virtuelle Schmelzzeiten dar, d. h. Zeitwerte, die rein rechnerisch aus gemessenen Integralwerten (i^2t -Werten) ermittelt werden:

$$t_{vs} = \int i^2 dt / I_{eff}^2$$

Die **virtuelle Schmelzzeit** t_{vs} wird ermittelt, indem die Fläche unter der quadrierten Stromkurve über die Schmelzzeit integriert wird und dieses Integral dann in ein flächengleiches Rechteck mit der Höhe des Effektivwertquadrates des Kurzschlussstromes umgerechnet wird (Bild 4.3.2). Das Schmelzintegral $\int i^2 dt$ wird aus Schaltversuchen oszilloskopisch ermittelt und zum Effektivwert des Kurzschlussstromes I_{eff} ins Verhältnis gesetzt. Die virtuellen

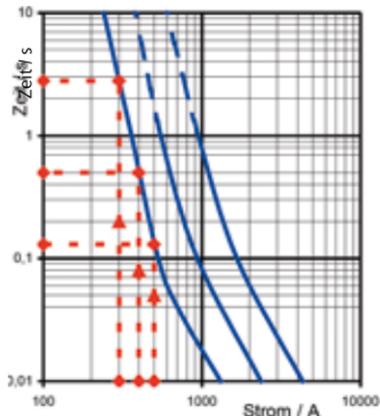


Bild 4.3.1 – Zeit/Strom-Kennlinien

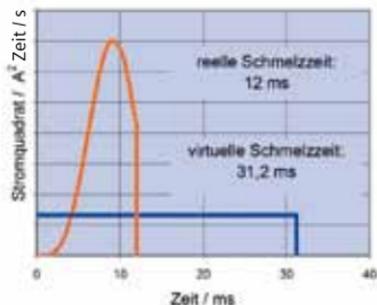


Bild 4.3.2 – Reelle und virtuelle Zeiten

Schmelzzeiten können je nach zeitlichem Verlauf des Kurzschlussstroms erheblich von der realen Schmelzzeit abweichen (Bild 4.3.2). Im Schmelzzeitbereich über 100 ms ist der Unterschied zwischen realen und virtuellen Zeiten vernachlässigbar. Bei kürzeren Schmelzzeiten (Kurzschlussströmen) ist der Unterschied zu beachten.

Erläuterung: Zur Definition der virtuellen Schmelzzeit nimmt man an, dass der Strom bei Eintritt eines Kurzschlusses unverzögert auf den Effektivwert des Kurzschlusswechselstroms springt (Rechtecksprung) und dann wie ein Gleichstrom unverändert fließt, bis die Engstellen schmelzen. Besonders bei hohen, Stoßkurzschlussströmen mit Gleichstromglied (Bild 4.3.5) ergeben sich naturgemäß große Abweichungen zwischen realen und virtuellen Schmelzzeiten. Bei längeren Schmelzzeiten verringern sich die Abweichungen und ab 100 ms sind sie vernachlässigbar.

Es ist leicht einzusehen, dass im Kurzzeitbereich die virtuellen Zeiten aus Sicherungskennlinien nicht vergleichbar sind mit den tatsächlichen (realen) Öffnungszeiten von mechanischen Schaltern oder den Betätigungszeiten von Auslösern. Dasselbe gilt auch für Sicherungen in verschiedenen Stromkreisen, z. B. in verschiedenen Phasen eines Drehstromnetzes, da diese von verschiedenen Strömen durchflossen werden.

Hinweis: Virtuelle Zeiten aus Sicherungskennlinien dürfen im Zeitbereich unter 100 ms nicht zur Koordination von Sicherungen mit Schaltgeräten verwendet werden. In diesem Bereich müssen I^2t -Werte als Vergleichsbasis herangezogen werden.

I^2t -Kennlinien

I^2t -Werte (Joule-Integrale) sind durch die Sicherungskonstruktion bestimmt und beschreiben somit echte physikalische Sicherungseigenschaften. Die (realen) Schmelzzeiten werden dagegen entscheidend vom zeitlichen Stromverlauf bestimmt, der durch den Einschaltwinkel und die Netzimpedanz maßgeblich beeinflusst wird (s. oben). Daraus errechnete virtuelle Zeiten aus Zeit/Strom-Kennlinien dürfen folglich nicht mit echten Zeiten, z. B. Öffnungszeiten von Schaltkontakten verglichen, werden. Zur Koordination von Sicherungen mit anderen Schutzeinrichtungen enthalten die Siemens-Produktunterlagen auch I^2t -Kennlinien (Bild 4.3.3). Diese Integralwerte stehen für die Wärmewirkung des Stromes, welche die Sicherung auslöst und werden deshalb auch „Joule-Integral“-Werte genannt. Bei Schmelzzeiten ≤ 1 ms haben die Joule-Integrale konstante Werte, die sich allein aus dem Engstellenquerschnitt und dem Schmelzleitmaterial ergeben.

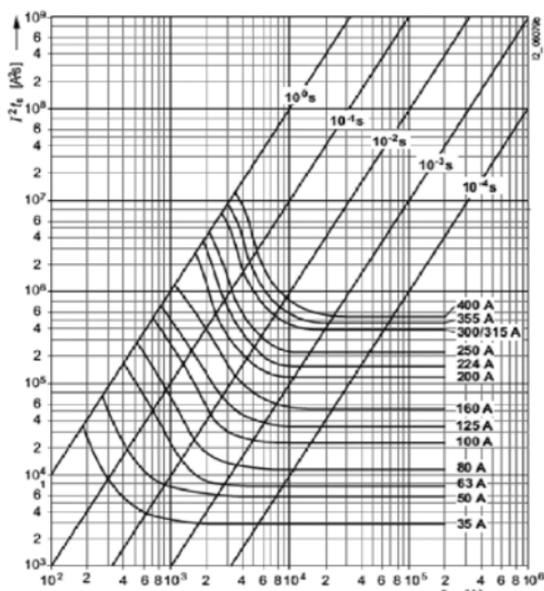


Bild 4.3.3 – I^2t -Kennlinien

Durchlasskennlinien

Große Kurzschlussströme werden durch Sicherungen auf wesentlich kleinere Werte, die Durchlassströme, begrenzt, da die Sicherung den Strom bereits vor Erreichen des ersten Scheitelwertes unterbricht. Die größten Augenblickswerte, die ein durch Sicherungen begrenzter Kurzschlussstrom erreichen kann, werden als Durchlassstromkennlinien dargestellt und von Sicherungsherstellern bereitgehalten (Bild 4.3.4). Durchlasskennlinien werden für die Koordination von Sicherungen mit stromempfindlichen oder dynamisch beanspruchten Komponenten benötigt, z. B.

- Halbleiterbauteile,
- Relais,
- Schütze,
- Leistungsschalter,
- Sammelschienen.

Aus den Durchlassstromkennlinien kann abgelesen werden, auf welche Werte die Sicherung den zu erwartenden Kurzschlussstrom begrenzt.

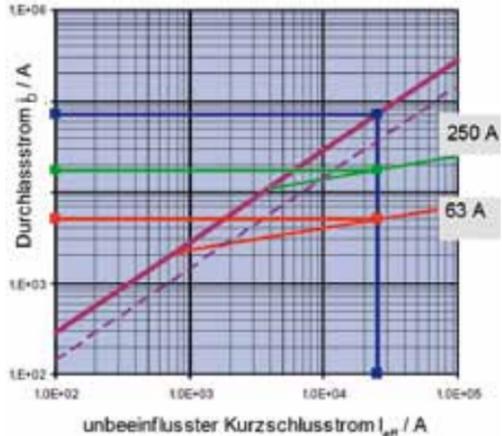


Bild 4.3.4 – Durchlassstrom-Kennlinien

Beim Arbeiten mit Durchlassstromkennlinien ist zu beachten, dass in den Diagrammen

- auf der **Abszisse** der unbeeinflusste (prospektive) Kurzschlussstrom aus Kurzschlussberechnungen als **Effektivwert des 50 Hz Wechselstroms** abgelesen wird (Dieser unbeeinflusste Strom würde ohne Schutz durch die Sicherungen an der Fehlerstelle fließen.) und
- auf der **Ordinate** der **Durchlassstrom als Augenblickswert** abgelesen wird.

Bild 4.3.4 zeigt im Beispiel, dass bei einem unbeeinflussten Kurzschlusswechselstrom von 25 kA (Effektivwert) ein maximaler Stoßkurzschlussstrom I_p von 70 kA (obere Begrenzungslinie) auftreten kann. Eine 250 A gG-Sicherung würde den Strom auf ihren Durchlasswert von $I_D = 17$ kA begrenzen und eine 63 A-Sicherung sogar nur 5 kA durchlassen.

Erläuterung: Die Größe des Stoßkurzschlussstroms i_p variiert um den Faktor 2 (Stoßfaktor) abhängig vom Zeitpunkt des Kurzschlusseintritts (Einschaltwinkel) und vom Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) des Kurzschlusskreises. Die obere Begrenzungslinie im Diagramm 4.3.4 entspricht dem größtmöglichen Scheitelwert im Außenleiter mit dem ungünstigsten Schaltaugenblick (Spannungsnulldurchgang) und rein induktivem Stromkreis ($\cos \varphi = 0$) bei symmetrischem dreipoligem Kurzschluss (Bild 4.3.5). Die darunter liegende, gestrichelte Linie entspricht dem günstigsten Fall bei Kurzschlussbeginn im Stromnulldurchgang und $\cos \varphi = 1$. Ohne strombegrenzende Schutzeinrichtung muss von einem Stoßkurzschlussstrom entsprechend der oberen, durchgezogenen Linie ausgegangen werden.

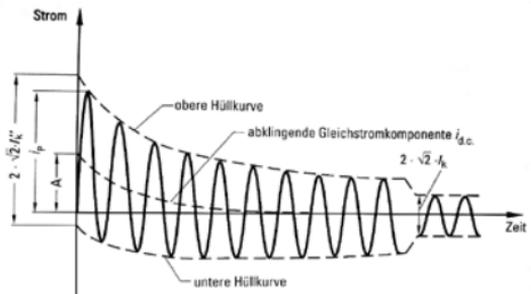


Bild 4.3.5 Kurzschlussstromverlauf im Drehstromnetz

4.4 Selektivität

Selektivität der Schutzeinrichtungen ist eine wichtige Voraussetzung für eine hohe Versorgungssicherheit in elektrischen Netzen. Selektiver Schutz erhöht die Verfügbarkeit von elektrischem Strom und begrenzt den Schaden im Fehlerfall. Mit Sicherungen kann ein selektiver Schutz sehr einfach erzielt werden. Aber auch in der Kombination mit anderen Schutzeinrichtungen, z. B. mit Leistungsschaltern, ist Selektivität möglich.

Selektivität bedeutet, dass nur der fehlerbehaftete Stromkreis abgeschaltet wird und alle hierzu parallelen Stromkreise in Betrieb bleiben.

Das heißt, ein Fehlerstrom soll immer nur von dem Schutzelement abgeschaltet werden, das dem fehlerhaften Stromzweig direkt zugeordnet ist. Alle anderen Schutzeinrichtungen sollen nicht schalten oder auslösen und müssen unversehrt bleiben.

Man spricht von

- **vollständiger Selektivität**, wenn sie für alle Fehlerstromstärken gilt und von
- **Teilelektivität**, wenn sie nur bis zu einer begrenzten Fehlerstromstärke gilt.

Selektivität zwischen verschiedenen Schutzeinrichtungen kann mit Hilfe von Zeit/Strom-Kennlinien oder I_t -Kennlinien ermittelt werden. Im Zeitbereich unter 100 ms müssen für die Koordination unterschiedlicher Schutzeinrichtungen generell die I_t -Werte herangezogen werden.

Anhand einiger Beispiele sollen häufig vorkommende Selektivitätsfälle erläutert werden:

Selektivität zwischen Sicherungen

Selektivität zwischen Sicherungen in Reihe wird erzielt, wenn die Schmelzzeit der übergeordneten Sicherung größer ist als die Ausschaltzeit der Sicherung an der Fehlerstelle.

Mit Sicherungen ist ein selektiver Schutz recht einfach zu erreichen, da ihre Schmelzzeit/Strom-Kennlinien über den gesamten Strombereich praktisch parallel verlaufen und keine Überschneidungen haben (Bild 4.4.1).

Am einfachsten ist im Strahlennetz ein selektiver Schutz mit genormten gG-Sicherungen zu erzielen.

gG-Sicherungen mit Bemessungsströmen von 16 A bis 1.250 A sind bei einer Abstufung der Bemessungsströme im Verhältnis 1 : 1,6 (zwei Bemessungsstromstufen) immer über den gesamten Fehlerstrombereich selektiv zueinander.

Unter definierten Bedingungen verhalten sich Siemens-gG-Sicherungen von Stromstufe zu Stromstufe, d. h. im Verhältnis 1 : 1,25 selektiv zueinander.

Bei allen anderen Sicherungen wird die Selektivität anhand von Herstellerunterlagen ermittelt. Für den gesamten Strombereich (Überlast- und Kurzschlussströme) können hierzu die Zeit/Strom-Kennlinien verwendet werden. Bei Kurzschlussabschaltungen (Schmelzzeiten unter 100 ms) sind jedoch bei den nachgeordneten Sicherungen die Ausschaltzeiten (Schmelzzeit + Lichtbogenzeit) zu berücksichtigen und bei den übergeordneten Sicherungen die Schmelzzeiten (Bild 4.4.1).

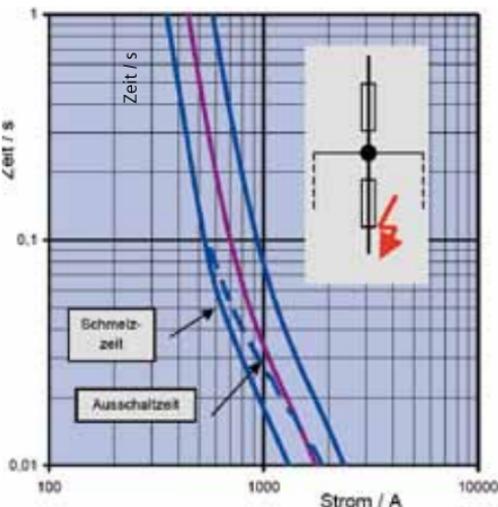


Bild 4.4.1 – Selektiver Schutz im Strahlennetz

In einem Zeitbereich ab etwa 100 ms aufwärts ist die Dauer des Schaltlichtbogens (Lichtbogenzeit) kurz gegenüber der Schmelzeit. Die aus der Zeit/Strom-Kennlinie ermittelte Schmelzeit gibt in diesem Bereich praktisch auch die Gesamtausschaltzeit wieder.

Selektivität zwischen Sicherungen und Leistungsschaltern

Leistungsschalter lösen ebenso wie Sicherungen stromabhängig nach einer bestimmten Zeit aus. Dieser Zusammenhang wird in Zeit/Strom-Kennlinien dargestellt und ermöglicht Selektivitätsbetrachtungen mit Sicherungen (Bilder 4.4.2 und 4.4.3). Näherungsweise besteht die Auslösekurve eines Leistungsschalters aus einem senkrechten Ast beim Auslösestrom und einem waagerechten Ast entsprechend einer konstanten Auslösezeit. Die Sicherungskennlinie verläuft annähernd diagonal, da sie auch bei sehr großen Strömen entsprechend einem konstanten Schmelzintegral stetig fällt. Je nach Lage der Kennlinien zueinander können Schnittpunkte auftreten, welche die Selektivitätsgrenzen markieren (Bild 4.4.3).

Hinweis: Für die Koordination von Sicherungen und Leistungsschaltern wird die Anwendung von I_t -Kennlinien empfohlen. Im Zeitbereich unter 100 ms sind sie zwingend. Bei Zeiten über 100 ms können auch Zeit/Strom-Kennlinien verwendet werden.

Bei der Serienschaltung von Sicherungen und Leistungsschaltern sind zwei verschiedene Anordnungen möglich:

a) Leistungsschalter vor der Sicherung

Diese Anordnung (Bild 4.4.2) findet man häufig in Niederspannungs-Hauptverteilungen. Bei richtiger Koordination, d. h. ohne Überschneidungen der Kennlinien wird Selektivität über den gesamten Strombereich erzielt (vollständige Selektivität). Verglichen werden müssen die Ausschalt-Kennlinie der Sicherung mit der Auslösekennlinie des Leistungsschalters.

b) Sicherung vor dem Leistungsschalter

Diese Anordnung (Bild 4.4.3) ist typisch für Hausinstallationen. Wegen des unterschiedlichen Funktionsprinzips der Schutzelemente ergibt sich immer ein Schnittpunkt der Kennlinien, der den Grenzstrom I_D für die (Teil-) Selektivität markiert. Bei Fehlerströmen unterhalb I_D unterbricht allein der Leistungsschalter den Strom, bevor die Sicherung schmilzt. Bei größeren Strömen ist die Sicherung schneller. In der Nähe des Grenzstromes lösen beide Schutzelemente aus. Die Schutzkombination ist dann nicht mehr selektiv. Dieser Effekt kann jedoch durchaus erwünscht sein, wenn das Ausschaltvermögen des Leistungsschalters nicht wesentlich größer als I_D ist und die Sicherung als Backup-Schutz für den Leistungsschalter dient. Dabei handelt es sich jedoch nicht um einen Selektivitätsfall.

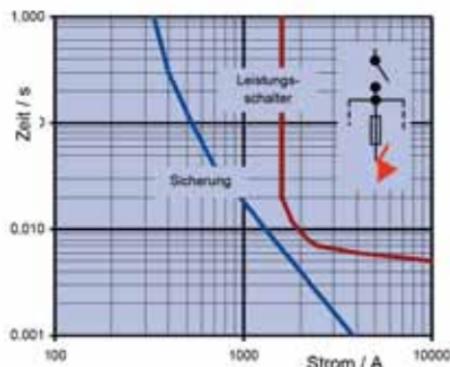


Bild 4.4.2 – Leistungsschalter vor Sicherung

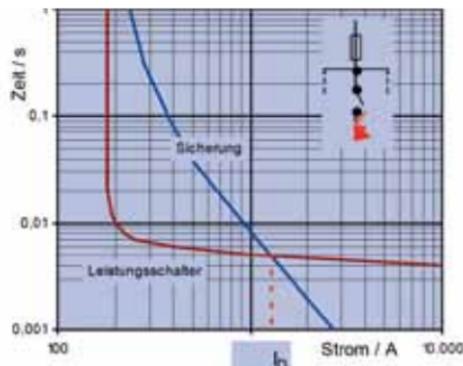


Bild 4.4.3 – Sicherung über Leistungsschalter

Selektivität im Hausanschlussbereich

Beim Hausanschluss werden im Zuge der Hauptleitung meistens Schutzgeräte mit sehr unterschiedlichem Auslöse- und Ausschaltvermögen in Serie eingesetzt. Diese Schutzrichtungen müssen selektiv zueinander gestaffelt sein. Zwischen den Unterverteilungen mit Leitungsschutzschaltern nach DIN VDE 0641 und den Hausanschlusskästen mit NH-Sicherungen nach DIN VDE 0636 ist eine Überstromschutzrichtung im Vorzählerbereich angeordnet, die sich zu beiden selektiv verhalten soll. Neben NH-Sicherungen oder Lasttrennschaltern mit D0-Sicherungen der Charakteristik gG werden auch selektive Hauptleitungsschalter (SH-Schalter) nach E DIN VDE 0643 oder E DIN VDE 0645 eingesetzt, die mit den Leitungsschutzschaltern in eine Wechselwirkung treten (Bild 4.4.4).

Die Lösung mit NH- oder D0-Sicherungen bietet bei einem Kurzschlussfehler hinter dem LS-Schalter (Steckdosenkurzschluss) nur Teilselektivität bis zu Fehlerströmen $< I_D$ (Bild 4.4.3). Die Selektivitätsgrenze von Siemens-Leitungsschutzschaltern B16 zu vorgeschalteten Sicherungen 35 A gG liegt bei ca. 1 kA. Bei größeren Fehlerströmen können auch die Vorsicherungen auslösen. Bei den meist größeren Vorsicherungen von 63 A steigt die Selektivitätsgrenze auf 2,4 kA. Das heißt, ein Auslösen der Vorsicherung ist wenig wahrscheinlich, da Steckdosenfehler den Wert von 1 kA kaum überschreiten.

SH-Schalter verhalten sich in diesem Falle bis zum Ausschaltvermögen der LS-Schalter selektiv. Die Hausanschlussicherung bleibt bei richtiger Staffelung der Nennströme in beiden Fällen unversehrt, was für die Versorgungssicherheit benachbarter Wohnungen ausschlaggebend ist.

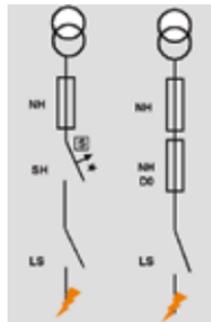


Bild 4.4.4 – Selektivschutz im Hausanschluss

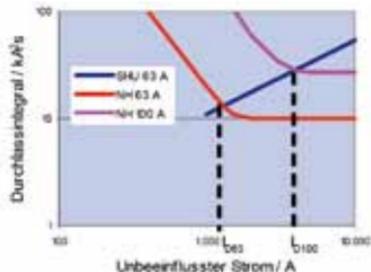


Bild 4.4.5 – Selektivitätsgrenzen

Bei Kurzschlussfehlern vor der Unterverteilung (Steigleitungskurzschluss) verhalten sich die gG-Sicherungen bei einer Nennstrom-Staffelung von 1 : 1,6 bis zu größten Fehlerströmen selektiv und erhalten die Versorgung benachbarter Zählerkreise (vollständige Selektivität). SH-Schalter sind infolge ihrer unvermeidlichen mechanischen Reaktionszeit in diesem Falle nur bis zur Selektivitätsgrenze I_D selektiv (Teilselektivität). Der Selektivitätsgrenzstrom I_D lässt sich anhand der Pt -Kennlinien aus Herstellerunterlagen ermitteln (Bild 4.4.5).

Die Schutzwirkung im Überlastbereich kann leicht anhand der Zeit/Strom-Kennlinien oder durch Vergleich der Auslöse- und Nicht-Auslöse-Ströme der Schutzrichtungen ermittelt werden (Tabelle 4.4.1). Während Schmelzsicherungen und LS-Schalter in ihrem Auslöseverhalten der Kabelbelastbarkeit angepasst sind, eignet sich der SH-Schalter eher zur Lastbegrenzung.

Überstromschutzrichtung	Charakteristik	Nicht-Auslösestrom	Auslösestrom
Schmelzsicherung	gG	$1,25 I_N$	$1,45 I_N^*$
SH-Schalter	E	$1,05 I_N$	$1,20 I_N$
LS-Schalter	B	$1,13 I_N$	$1,45 I_N$

*) Schmelzstrom gemäß VDE 0636, Sonderprüfung für den Leitungsüberlastschutz

Tabelle 4.4.1 – Auslöseverhalten

Selektivität im Maschennetz (Knotenpunktsicherungen)

Maschennetze als Niederspannungsverteilungsnetze bieten mit ihren Mehrfacheinspeisungen ein hohes Maß an Versorgungssicherheit. Jede Kabelstrecke wird von zwei Seiten eingespeist. Wegen des damit verbundenen Aufwandes und komplizierter Schutzverhältnisse werden Maschennetze immer häufiger offen, d. h. als Strahlennetz mit eindeutiger Sicherungshierarchie betrieben. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich nur auf das voll vermaschte Netz.

In diesem Netz sind normalerweise Kabel mit demselben Querschnitt und an allen Knotenpunkten gG-Sicherungen mit demselben Bemessungsstrom eingesetzt. Ein Überstrom in einem Leitungszweig wird daher immer über einen Netzknoten durch zwei Teilströme gespeist, die je nach Impedanzverhältnissen sehr unterschiedlich sein können. Jeder Sicherung sind somit zwei parallele Sicherungen vorgeschaltet (Bild 4.4.6).

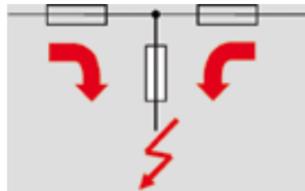


Bild 4.4.6 – Knoten im Maschennetz

Selektivität der Sicherungen am Knotenpunkt liegt vor, wenn die Sicherung, die den Summenstrom (Fehlerstrom) führt, schaltet und die beiden von Teilströmen durchflossenen Sicherungen unversehrt bleiben. Verteilt sich ein Überstrom annähernd gleichmäßig (50 : 50) auf die beiden Vorsicherungen, dann schaltet die Sicherung im fehlerbehafteten Zweig trotz gleichen Nennstromes immer selektiv zu den anderen Knotensicherungen ab. Bei ungleicher Stromaufteilung ist Selektivität nur bis zu einem Größtwert des Verhältnisses von größtem Teilstrom zu Gesamtstrom, dem „Maschennetzfaktor“ gegeben. Für handelsübliche gG-Sicherungen gilt ein Maschennetzfaktor von 0,63, d. h., wenn keiner der Teilströme mehr als 63 % des Gesamtstromes erreicht, wird ein Überstrom selektiv abgeschaltet.

Bei Siemens NH-Sicherungen als Knotensicherungen im Maschennetz wird durch enge Fertigungstoleranzen ein Maschennetzfaktor von 0,8 erzielt, d. h., selbst wenn ein Teilstrom 80 % des Fehlerstromes erreicht, wird der Fehler noch selektiv abgeschaltet.

Anders als im Strahlennetz fällt im Maschennetz das Abschalten einzelner Sicherungen durch eine vorübergehende Überlast nicht unbedingt auf, da die Versorgung über Parallelzweige weiter besteht. Eine regelmäßige Kontrolle der Sicherungen ist daher angebracht, damit die hohe Versorgungssicherheit nicht schleichend abgebaut wird.

4.5 Leistungsabgabe (Verlustleistung)

Elektrische Schmelzsicherungen funktionieren auf dem Prinzip der Eigenerwärmung durch Ströme. Genau definierte Stellen des Schmelzleiters werden durch Überströme bis zu ihrer Schmelztemperatur erwärmt und der Stromkreis dadurch unterbrochen. Dieses Funktionsprinzip bringt es mit sich, dass auch bei normalen Betriebsströmen Stromwärme erzeugt und an die Umgebung abgeführt wird. Dieser Eigenverbrauch der Schmelzsicherung wird umgangssprachlich und in älteren Normen als „Verlustleistung“ bezeichnet. Die in den neueren Normen verwendete wertfreie Bezeichnung „Leistungsabgabe“ hat sich im deutschen Sprachgebrauch noch nicht allgemein durchgesetzt.

Anmerkung: In der Tat haftet Schmelzsicherungen das Vorurteil an, besonders viel „Verlustleistung“ zu erzeugen. Vermutlich liegt das an der starken Erwärmung während des Ausschaltvorgangs und daran, dass sich nicht nur Laien beim unvorsichtigen Sicherungswechsel schon einmal die Finger verbrannt haben. Diese hohen Temperaturen entstehen jedoch durch die Wärmeleistung des Schaltlichtbogens und sind kein Maß für die Leistungsabgabe und Erwärmung im normalen Betrieb.

Je nach Standpunkt des Betrachters kann man die Leistungsabgabe von Sicherungen unterschiedlich sehen und bewerten:

- Der Netzbetreiber betrachtet die „Verlustleistung“ von der wirtschaftlichen Seite und sieht darin einen Kostenfaktor durch ungezählten Verbrauch.
- Der Schaltanlagen- und Verteilerkonstrukteur muss Sicherungen als Wärmequellen bei der Auslegung der Umhüllung berücksichtigen.
- Der Sicherungsentwickler sieht darin eine physikalisch notwendige „Funktionsleistung“, die er unter Beachtung anderer Eigenschaften auf ein Minimum beschränken muss.

Wirtschaftliche Aspekte

Der Eigenverbrauch von Schmelzsicherungen trägt zu den Netzverlusten im Niederspannungsverteilungsnetz bei und ist damit ein Kostenfaktor („Verlust“) für den Netzbetreiber. Die Netzverluste betragen im städtischen Niederspannungsverteilungsnetz etwa 4 % der übertragenen Leistung bzw. 3 % der Energie und sind damit nicht zu vernachlässigen. Genaue Untersuchungen zum Anteil der Sicherungen an den Netzverlusten liegen nicht vor. In erster Näherung kann man jedoch annehmen, dass der Eigenverbrauch einer Sicherung dem Verbrauch von einem halben bis zu einem Meter des angeschlossenen Leiters entspricht. Damit dürften Sicherungen etwa 5 % bis 10 % der Netzverluste in städtischen Niederspannungsnetzen beitragen und deutlich weniger in ländlichen Netzen. Insgesamt also weniger als 0,5 % der übertragenen Leistung.

Da genauere Berechnungen sehr aufwändig sind, wird für komplett mit Sicherungen geschützte Netze häufig ein mittlerer Wert von 3 W als Betriebsleistungsabgabe je Sicherung angenommen. Dieser Wert liegt in der Größenordnung des Stand-by-Verbrauchs gängiger elektronischer Geräte (Bild 4.5.1). Verglichen wird hierbei jedoch der verzichtbare Komfort von Stand-by-Verlusten mit der unverzichtbaren Funktionsleistung wichtiger Schutzelemente.

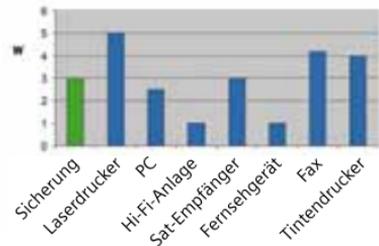


Bild 4.5.1 – Standby-Verbrauchswerte elektronischer Geräte

Hinweis: Während die Bemessungsleistungsabgabe zu den Kenngrößen von Sicherungseinsätzen gehört, wird die von den Geräten im Betrieb abgegebene Leistung in der Niederspannungs-Schaltgerätenorm VDE 0660 Teil 100 nicht erwähnt. Daraus könnte man schließen, dass die Leistungsabgabe bei elektromechanischen Schaltgeräten vernachlässigbar sei. Grundsätzlich muss man jedoch davon ausgehen, dass alle Überstromschutzeinrichtungen mit thermischen Auslösern (Leistungsschalter, Leitungsschutzschalter) eine den Sicherungen vergleichbare, wenn nicht gar deutlich höhere Leistungsabgabe haben (Bild 4.5.2).

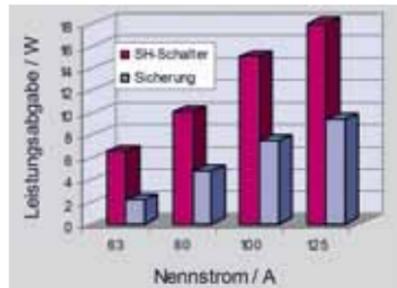


Bild 4.5.2 – Leistungsabgabewerte

Wärmequelle in Schaltanlagen und Verteilern

Für jede Sicherungs-Baugröße sind die größten Bemessungsströme von Sicherungshaltern und Höchstwerte der aufnehmbaren Leistung (Bemessungs-Leistungsaufnahme) definiert (Tabelle 4.5.1 und Tabellen A.4.5.2 und A.4.5.3 im Anhang). Der Bemessungswert der aufnehmbaren Leistung eines Sicherungshalters (Sicherungsunterteils, Sicherungssockels) entspricht der Leistungsabgabe eines Sicherungseinsatzes, der unter normalen Betriebsbedingungen vom Unterteil aufgenommen werden kann.

Die Normwerte der aufnehmbaren Leistung von NH-Unterteilen entsprechen den Leistungsabgaben von aM-Sicherungen und gB-Sicherungen der jeweils größten Bemessungsstromstufe bei 690 V Bemessungsspannung. Die Werte beziehen sich außerdem auf Raumtemperatur und auf die in Tabelle 4.5.1 aufgelisteten Querschnitte der angeschlossenen Leiter. Wesentliche Abweichungen von diesen Bedingungen können die aufnehmbare Leistung von Sicherungsunterteilen in beiden Richtungen beeinflussen. Wichtige Einflussgrößen sind hierbei:

- Material und Querschnitt der angeschlossenen Leiter
- Betriebstemperaturen, die von der Raumtemperatur stark abweichen
- eingeschränkte oder forcierte Luftzirkulation (durch Abdeckungen bzw. Lüfter)

Für 400 V-Sicherungen der Betriebsklasse gG sind NH-Unterteile somit reichlich dimensioniert mit ausreichend thermischen Reserven auch bei Überlast oder bei erhöhten Umgebungstemperaturen (vgl. Tabelle A.4.5.2 im Anhang).

Hinweis: NH-Sicherungseinsätze SITOR oder SILIZED-Schraubsicherungseinsätze für den Halbleiterschutz haben physikalisch bedingt höhere Leistungsabgaben als andere Sicherungstypen. Zur Auswahl geeigneter Unterteile oder Schalter-Sicherungseinheiten sind daher immer deren aufnehmbare Leistungen zu berücksichtigen. Die technischen Planungsunterlagen enthalten hierzu ausführliche Information.

Baugröße	Bemessungsstrom / A	Bemessungsleistungsaufnahme	Leitungsquerschnitt mm ² Cu
000	100		35
00	160	12	70
0	160	25	70
1	250	32	120
2	400	45	240
3	630	60	2x185
4	1.000	90	2x(60x5)
4a	1.250	110	2x(80x5)

Tabelle 4.5.1 – Aufnehmbare Leistung von NH-sicherungsunterteilen

Minimierung der Leistungsabgabe

Grundsätzlich sollte allen Beteiligten daran gelegen sein, die Leistungsabgabe von Sicherungen auf ein notwendiges Minimum zu beschränken. Da diese Verantwortung beim Hersteller beginnt, unterschreiten Siemens-Sicherungen dank ihrer hochentwickelten Schmelzleitertechnologie die Normvorgaben für die Leistungsabgabe deutlich (Bild 4.5.3).

Anlagenkonstrukteure und Betreiber können jedoch durch Beachten einiger Regeln ebenfalls erheblich zur Verminderung der Leistungsabgabe im Betrieb beitragen:

- **Qualitäts-Sicherungseinsätze verwenden**
Die konsequente Wahl von verlustarmen Sicherungseinsätzen wird durch geringere Erwärmung und niedrigere Betriebskosten belohnt.

- **Bemessungsspannung nicht größer als erforderlich**
Die Leistungsabgabe steigt technisch bedingt mit der Bemessungsspannung (Bild 4.5.4). Die Bemessungsspannung der Sicherungseinsätze soll daher der Betriebsspannung möglichst genau entsprechen und nicht wesentlich größer sein (s. auch Abschnitt 5.1). Der Einsatz einer 690 V-Sicherung im 400 V-Netz ist zwar technisch zulässig, verdoppelt jedoch die Leistungsabgabe. Wenigstens die Hälfte davon kann man in einem solchen Fall zu Recht als „Verlustleistung“ bezeichnen.

- **Bemessungsstrom so groß wie möglich**
Größere Bemessungsströme der Sicherungseinsätze mindern die Leistungsabgabe im Betrieb. Eine größere Bemessungsleistung abgabe ist nicht unbedingt gleichbedeutend mit höherer Erwärmung im Betrieb. Genau das Gegenteil trifft zu, wenn es sich um Sicherungen mit unterschiedlichen Bemessungsströmen handelt. Bei gleichem Betriebsstrom einer Anlage erzeugt die Sicherung mit dem kleineren Bemessungsstrom und folglich der kleineren Bemessungs-Leistungsabgabe die größeren Verluste. Dieser scheinbare Widerspruch wird am Beispiel von NH-Sicherungen der Betriebsklasse gG in Bild 4.5.5 veranschaulicht: Bei einem Betriebsstrom von 125 A erzeugt eine 100 A-Sicherung mehr als 10 W, während die 125 A-Sicherung weniger als 8 W und die 160 A-Sicherung sogar nur gut 6 W erzeugt.

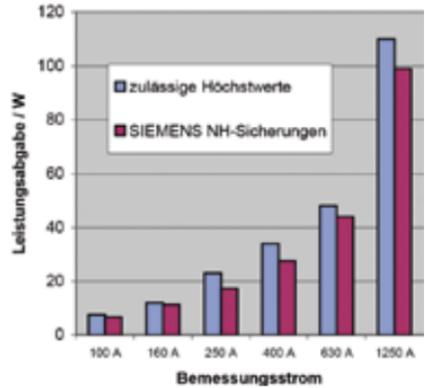


Bild 4.5.4 – Leistungsabgabe von NH-Sicherungseinsätzen

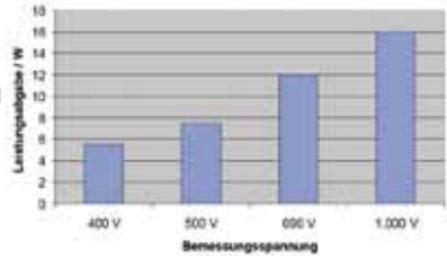


Bild 4.5.4 – Leistungsabgabe von 100 A gG-Sicherungseinsätzen

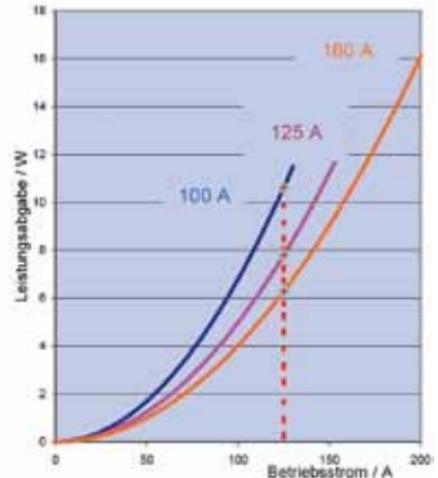


Bild 4.5.5 – Leistungsabgabe von gG-Sicherungen unterschiedlicher Nennströme

Wenn immer möglich, sind daher bei Erwärmungsproblemen Sicherungen mit größerem Bemessungsstrom vorzuziehen.

Typische Anwendungsfälle für diese Regel sind alle Stromkreise, für die nur Kurzschlusschutz gefordert ist, z. B.

- Sicherungen in engen Gehäusen,
- Absicherung von Kondensatoren in Netzen mit Oberschwingungsströmen,
- Motorschutzsicherungen und
- Anhäufung von Sicherungen in Gehäusen.

Diese Regel darf natürlich nicht angewandt werden, wenn die Sicherungen nicht nur für den Kurzschlusschutz sondern auch für den Überlastschutz einem Betriebsmittel z. B. Kabel direkt zugeordnet sind!

5 Sicherungsanwendungen

5.1 Allgemeine Auswahlkriterien

Die Auswahl der richtigen Sicherung richtet sich nach

- den **Daten der Stromversorgung**, die im Fehlerfall unterbrochen werden soll und nach
- der **Schutzaufgabe** bzw. den zu schützenden Betriebsmitteln.

Bei der Stromversorgung sind folgende Kriterien zu beachten:

- Die größte zulässige Betriebsspannung der Sicherung muss größer sein als die größte zulässige Betriebsspannung des Netzes inklusive Toleranz (Tabelle 5.1).
- Die Sicherung muss für die Stromart und Frequenz des Netzes geeignet sein. Die Eignung für Gleichstrom und Wechselstrom werden getrennt angegeben. Ohne nähere Angaben sind Frequenzen von 45 Hz bis 62 Hz zulässig.
- Das Ausschaltvermögen der Sicherung muss größer sein als der unbeeinflusste Kurzschlussstrom an der Einbaustelle.

Bemessungsspannung der Sicherung	Größte zulässige Netzspannung
230 V	253 V
400 V	440 V
500 V	550 V
690 V	725 V

Tabelle 5.1 – Zulässige Betriebsspannungen

Für den Schutz häufig verwendeter Betriebsmittel wurden angepasste Sicherungen mit entsprechenden Charakteristiken entwickelt. International wurden Charakteristiken für Leitungen, Motorstromkreise und Halbleiterbauelemente genormt. In Deutschland gibt es zusätzlich Normen für Transformatorenschutz- und den Bergbauanlagenschutz. Die Sicherungseinsätze sind mit Kurzzeichen für die jeweiligen Anwendungen bzw. Charakteristiken gekennzeichnet (Tabelle 5.2).

Der erste, kleine Buchstabe bezeichnet den Ausschaltbereich der Sicherung:

- „g“ steht für Ganzbereichssicherung und bedeutet, dass die Sicherung alle Überströme vom kleinsten Schmelzstrom bis zu ihrem Bemessungsausschaltvermögen unterbrechen kann. Ganzbereichssicherungen können als alleinige Schutzelemente eingesetzt werden.

- „a“ steht für Teilbereichssicherung und bedeutet, dass diese Sicherung nur große Ströme ab einem Vielfachen ihres Nennstromes ausschalten kann. Teilbereichssicherungen sind nur für den Kurzschlusschutz geeignet und werden daher mit anderen Einrichtungen für den Überlastschutz kombiniert. Häufig werden sie auch als Backup-Schutz für andere Schaltgeräte mit geringerem Ausschaltvermögen eingesetzt, z. B. Schütze oder Leistungsschalter.

Der zweite, große Buchstabe bezeichnet die Charakteristik und damit das Anwendungsgebiet (Tabelle 5.2). Da Sicherungen sehr langlebige Produkte sind, findet der Anwender immer noch Produkte mit Aufschriften, die in den geltenden Normen nicht mehr erläutert sind. Deshalb sind in Tabelle 5.2 auch einige früher verwendete Bezeichnungen mit aufgeführt.

Betriebsklasse	Anwendungsgebiet (Charakteristik)
IEC / VDE Betriebsklassen	
gG	Ganzbereichssicherung für allgemeine Anwendungen, hauptsächlich Kabel- und Leitungsschutz
aM	Teilbereichs-Schaltgeräteschutz für Motorstromkreise
gR	Ganzbereichssicherungen für den Schutz von Halbleiterbauelementen (flinker als gS)
gS	Ganzbereichssicherungen für den Schutz von Halbleiterbauelementen, für erhöhte Leitungsauslastung
aR	Teilbereichssicherung für den Schutz von Halbleiterbauelementen
VDE Betriebsklassen	
gB	Ganzbereichssicherung für den Bergbauanlagenschutz
gTr	Ganzbereichssicherung für den Transformatorenschutz, Bemessung in Transformator-Scheinleistung (kVA) statt Nennstrom (A)
träg	Ganzbereichssicherung für den Kabel- und Leitungsschutz
flink	Ganzbereichssicherung für den Kabel- und Leitungsschutz
weitere Betriebsklassen	
gM	Ganzbereichssicherung für den Schutz von Motorstromkreisen mit zwei Bemessungsströmen (in Großbritannien verbreitet)
gN	Nordamerikanische Sicherung für allgemeine Anwendungen, hauptsächlich Kabel- und Leitungsschutz
gD	Nordamerikanische Sicherung mit träger Charakteristik für allgemeine Anwendungen und für den Motorenschutz
gl	Frühere IEC-Betriebsklasse (träge), ersetzt durch gG
gll	Frühere IEC-Betriebsklasse (flink), ersetzt durch gG
gL	Frühere VDE-Betriebsklasse, ersetzt durch gG
gT	Frühere VDE-Betriebsklasse (träge), ersetzt durch gG
gF	Frühere VDE-Betriebsklasse (flink), ersetzt durch gG
gTF	Frühere VDE-Betriebsklasse (trägf-flink), ersetzt durch gB

Tabelle 5.2 – Betriebsklassen und Anwendungen

5.2 Kabel- und Leitungsschutz

Der Schutz von Kabeln und Leitungen gegen zu hohe Erwärmung ist in VDE 0100-430 geregelt. Hierbei handelt es sich um die am weitesten verbreitete Sicherungsanwendung, für welche die Betriebsklasse gG genormt wurde. Diese Sicherungen sind in ihren Zeit/ Strom-Kennlinien an die Belastbarkeit isolierter Leiter angepasst. Die Zuordnung des Sicherungsbemessungsstromes zur Belastbarkeit des Kabels erfolgt einfach nach der Formel

$$I_b \leq I_n \leq I_z \text{ mit}$$

I_b = Betriebsstrom des Stromkreises

I_z = Dauerbelastbarkeit des Leiters (s. VDE 0100-430)

I_n = Sicherungsbemessungsstrom.

Da Leitungen bis zu 45 % überlastbar sind, soll die Überstromschutzeinrichtung bei $1,45 I_n$ auslösen. Diese Bedingung ist bei D-Sicherungen mit Bemessungsströmen $> 10 \text{ A}$ und bei NH-Sicherungen mit Bemessungsströmen $> 16 \text{ A}$ erfüllt.

Anmerkung: Der „Große Prüfstrom“ beträgt bei gG Sicherungen traditionell $1,6 I_n$ und wird nicht ganz zu Recht mit dem Auslösestrom anderer Schutzeinrichtungen, z. B. LS-Schalter verglichen. Dieser Vergleich ist jedoch physikalisch nicht korrekt, da er auf verschiedenen Prüfbedingungen beruht. Praxisnahe Versuchsanordnungen, wie sie inzwischen auch in die Sicherungsnormen aufgenommen wurden, zeigen, dass das Auslöseverhalten von gG-Sicherungen bei Überlast dem von LS-Schaltern und somit der Überlastbarkeit der zu schützenden Leitungen entspricht.

5.3 Transformatorschutz mit NH-Sicherungen

Verteilungsnetztransformatoren bis zu 1.000 kVA werden niederspannungsseitig mit Sicherungen gegen Überlast und Sammelschienenkurzschlüsse geschützt. Verwendet werden hierzu SENTRON-NH-Sicherungs-Lasttrennschalter oder -Lastschaltleisten, bestückt mit Sicherungen der Betriebsklassen gG oder gTr. Die NH-Sicherungen bzw. die Sicherungsschaltgeräte eignen sich auch zum Freischalten des Transformators und der Niederspannungsverteilung.

Den Schutz gegen innere Transformatorfehler einschließlich eines Kurzschlusses an den Niederspannungsklemmen übernehmen HH-Sicherungen auf der Oberspannungsseite. Die Zuleitungen von den Transformatorklemmen zum niederspannungsseitigen Einspeiseschalter sind theoretisch nicht geschützt und werden daher besonders sorgfältig isoliert und verlegt.

Da die Transformatoren in kVA entsprechend ihrer Scheinleistung bemessen sind, stimmen die Bemessungsströme der NH-Sicherungen nicht mit den Transformatorbemessungsströmen überein. Deshalb wurden in Deutschland speziell für den Schutz von Verteilnetztransformatoren NH-Sicherungseinsätze der Betriebsklasse „gTr“ entwickelt und genormt. Diese sind der Transformatorbelastbarkeit angepasst und in kVA entsprechend der Scheinleistung der Transformatoren bemessen. Sie ermöglichen eine optimale Auslastung von Verteilungsnetztransformatoren mit 400 V Sekundärspannung.

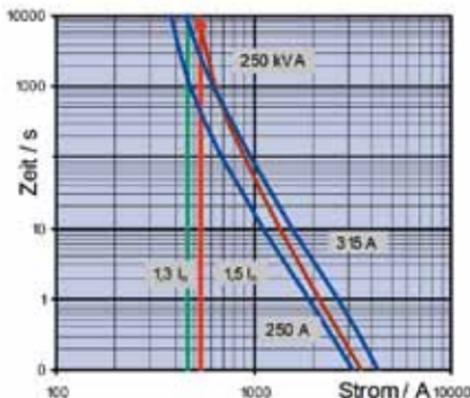


Bild 5.3.1 – Optimaler Transformatorschutz mit gTr-Sicherungen

gTr-Sicherungen können ihren 1,3-fachen Bemessungsstrom über 10 Stunden führen und schalten den 1,5-fachen Bemessungsstrom innerhalb von zwei Stunden ab. Bild 5.3.1 zeigt als Beispiel die Zeit/Strom-Kennlinien einer 250 kVA-Sicherung (Bemessungsstrom 361 A) im Vergleich zu gG-Sicherungen 315 A und 250 A. Entscheidender Unterschied ist der steilere Verlauf bei langen Schmelzzeiten. Bei großen Strömen verlaufen die Kennlinien ähnlich. Für den Kurzschlusschutz sind deshalb generell auch gG-Sicherungen geeignet.

Zu den nachgeschalteten Leitungsschutzsicherungen in der Verteilung besteht Selektivität, wenn die Zahlenwerte der Sicherungen folgende Bedingung erfüllen: $X \text{ [kVA]} \geq Y \text{ [A]}$

Das heißt, eine gTr-Sicherung mit $X = 250 \text{ kVA}$ oder größer verhält sich selektiv zur nachgeschalteten gG-Sicherung mit $Y = 250 \text{ A}$. Die Selektivität zur Oberspannungsseite ist in VDE 0670-402 geregelt.

Die technischen Anforderungen an gTr-Sicherungen sind in VDE 0636 Teil 2011 festgelegt. gTr-Sicherungen haben eine Bemessungsspannung von 400 V und ein Bemessungs-Ausschaltvermögen von 25 kA. Hierdurch kann die Verlustleistung so niedrig gehalten werden, dass 1.000 kVA gTr-Sicherungen mit einem Bemessungsstrom von 1.443 A in NH-Unterteile der Größe 4a eingesetzt werden können, obwohl diese nur für 1.250 A bemessen sind. Auf ausreichende Anschlussmöglichkeiten für die notwendigen Leiterquerschnitte ist dabei zu achten!

Der Einsatz von gTr-Sicherungen ist vorteilhaft bei starker Transformatorauslastung mit möglicher Gefährdung durch Überlast. In vielen Netzen liegt die thermische Auslastung der Verteiltransformatoren im Betrieb deutlich unterhalb der Bemessungsleistung, weshalb sich ein an die Transformatoraten eng angepasster Überlastschutz erübrigt. Als niederspannungsseitiger Kurzschlusschutz werden deshalb auch häufig die weltweit leichter verfügbaren gG-Sicherungen eingesetzt.

5.4 Schutz von Motorstromkreisen

Wesentliche Elemente eines Motorstromkreises sind neben dem Motor selbst und den Zuleitungen der Motorstarter und die Kurzschlusschutzeinrichtung. Bild 5.4.1 zeigt das Schema eines typischen Motorstromkreises. (Die Leitungen sind bei richtiger Dimensionierung automatisch mit geschützt.)

Der Motorstarter hat die Aufgaben, den Motor auf Nenn Drehzahl zu bringen, den normalen Betrieb sicherzustellen und den Motor mit allen dazugehörigen Komponenten gegen Überlast zu schützen. Motorstarter und/oder Motorschütze nach VDE 0660-102 sind normalerweise nicht dazu geeignet, Kurzschlussströme zu unterbrechen. Sie müssen durch geeignete Kurzschlusschutzeinrichtungen ergänzt und selbst geschützt werden. Diese Schutzelemente sind nicht unbedingt Teil des Motorstarters.

Sicherungen haben sich als wirtschaftliche und zuverlässige Kurzschlusschutzeinrichtungen in Motorstromkreisen bewährt. Im Vergleich zu anderen Schutzelementen haben Sicherungen wesentlich niedrigere Durchlassströme und Durchlass- I^2t -Werte (s. Abschnitt 4.3). Es gibt daher kaum eine günstigere Methode, als mit Sicherungen einen Kurzschlusschutz der Zuordnungsart „2“ nach VDE 0660-102 zu erreichen.

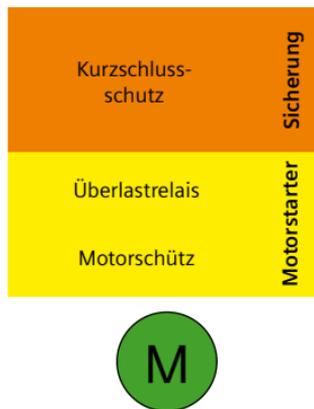


Bild 5.4.1 – Motorstromkreis-schema

Zuordnungart „2“ bedeutet, dass

- der Kurzschlussstrom sicher unterbrochen wird,
- weder Menschen noch Anlagen gefährdet sind und
- der Starter nach Überprüfung wieder in Betrieb genommen werden kann. Leicht zu öffnende Verschweißungen der Kontakte sind zulässig.

Dagegen bedeutet die niedrigere Zuordnungsart „1“, dass der Starter oder Teile davon nach einem Kurzschluss ausgewechselt werden müssen.

Für Prozesse bei denen hohe Anlagenverfügbarkeit gefordert ist, bieten Sicherungen die kostengünstigere Alternative zu überdimensionierten Motorstartern. Die richtige Koordination von Sicherungen mit Motorstartern erfüllt die folgenden Bedingungen:

- Motor und Motorstarter sollen gegen Kurzschlussauswirkungen geschützt werden.
- Dazu müssen der maximale Durchlassstrom und die maximale Durchlassenergie (I^2t) der Sicherung kleiner sein als die entsprechenden Festigkeitswerte des Schützes.
- Außerdem muss der Übergabestrom I_C , bei dem die Sicherung die Ausschaltaufgabe vom Überlastrelais übernimmt, unterhalb des Ausschaltvermögens des Motorschützes liegen (Bild 5.4.2).
- Betriebsstörungen durch unbegründete Abschaltungen der Sicherungen sollen vermieden werden.
- Dazu muss die Schmelzzeit/Strom-Kennlinie der Sicherung einen ausreichenden Abstand vom Anlassstromimpuls des Motors haben. Beim direkten Einschalten kann etwa das 6-Fache des Motornennstromes 10 s lang fließen (Bild 5.4.2).

Je nach Betriebsbedingungen des Motors und Gebrauchskategorie der Sicherung stimmen die Bemessungsströme von Sicherung und Motor nicht unbedingt überein, sondern können um ein Vielfaches größer sein. Sowohl gG-Sicherungen als auch aM-Sicherungen werden für den Kurzschlusschutz von Motorstromkreisen verwendet. Für gG-Sicherungen sprechen deren gute Verfügbarkeit und niedrige Kosten. Sie müssen in der Regel jedoch um eine bis zwei Bemessungsstromstufen höher ausgewählt werden, um unerwünschtes Auslösen durch den Motoranlaufstrom zu vermeiden. Für aM-Sicherungen spricht das trägere Auslöseverhalten im Überlastbereich, das einen optimalen Schutz bei maximaler Anlagenverfügbarkeit ergibt. Die Auswahl dieser Sicherungen entsprechend dem Motornennstrom ist somit eine Bemessungsstufe niedriger möglich. In einigen Ländern werden Sicherungen der Typen gD und gM auch als Ganzbereichsschutz für Motorstromkreise eingesetzt.

Die Produktunterlagen von Siemens SIRIUS-Motorstartern enthalten alle Angaben für die richtige Sicherungszuordnung.

5.5 Halbleiterschutz

Für die richtige Zuordnung von SITOR- und SILIZED-Halbleiterschutzsicherungen gibt es keine einfache Regel. Diese Fibel gibt deshalb nur einen allgemeinen Überblick und verweist auf das SITOR-Projektierungshandbuch für detailliertere Information.

Je nach Einbaustelle liegen unterschiedliche Anforderungen vor und kommen Sicherungen unterschiedlicher Betriebsklassen zum Einsatz (Bilder 5.5.1 und 5.5.2):

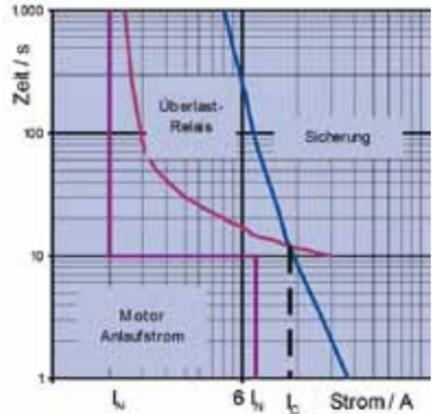


Bild 5.4.2 – Auswahl von Motorschutzsicherungen

- Als Zweig- oder Zellen-sicherung im Halbleiterzweig werden aR-Sicherungen den Halbleiterbauelementen direkt als Schutz zugeordnet.
- Als Strangsicherung im Phasenstrang des Umformers werden aR- oder gR-Sicherungen eingesetzt.
- Auf der Last(Gleichstrom)seite werden gR-, gS- oder gG-Sicherungen als Überlastschutz eingesetzt. Selektivität zu den vorgeschalteten Sicherungen im Gleichrichter kann im Kurzschlussfall nicht erzielt werden.
- In der Unterverteilung kommen Ganzbereichssicherungen der Betriebsklassen gR oder gS zum Einsatz, die auch die Zuleitungen schützen. gR-Sicherungen sind auf niedrige I^2t -Werte optimiert, gS-Sicherungen auf niedrige Verlustleistung im Hinblick auf den Einsatz in genormten Sicherungsunterteilen und Sicherungslasttrennschaltern. Beide Betriebsklassen können für den Kabel-Überlastschutz verwendet werden, jedoch erfüllen nur die gS-Sicherungen die Anforderungen an den Kabel-Überlastschutz in vollem Umfang.

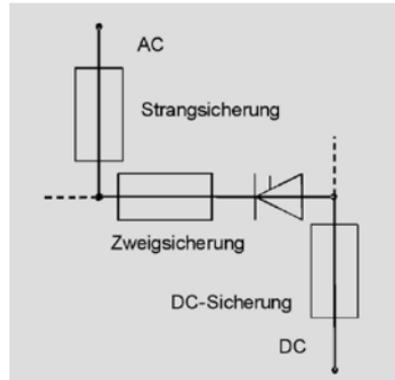


Bild 5.5.1 – Halbleiterschutz, Stromkreisschema

Die Auswahl von Sicherungen für den Halbleiterschutz erfolgt anhand der Grenzwerte der Halbleiterbauelemente und der am Einsatzort zu erwartenden Last- und Fehlerströme. Unter anderen sind die folgenden Punkte dabei zu berücksichtigen:

- **Dauernde Betriebsströme** einschließlich zulässiger Überlasten sollen ohne Wärmeschäden geführt werden können. Der Laststrom in Stromkreisen mit Halbleitern ist oft nicht sinusförmig. Deshalb muss zur Bestimmung der thermischen Belastung der Sicherungen der Effektivwert anhand der Kurvenform bestimmt werden.
- Die **Verlustleistung** der Sicherung bei Betriebsstrom soll kleiner sein als die zulässige Leistungsaufnahme des Sicherungshalters. Sie wird anhand des Effektivwertes und der Herstellerunterlagen ermittelt. Das SITOR-Projektierungshandbuch enthält detaillierte Tabellen der zulässigen Belastung von SITOR-Sicherungseinsätzen in geeigneten Unterteilen und Haltern mit den erforderlichen Anschlussquerschnitten.
- Für **stark impulsförmige und zyklische Lastströme** enthalten die SITOR-Produktunterlagen Tabellen mit Wechsellastfaktoren. Alternativ ist auch die Darstellung von Überlastkurven möglich (Bild 5.5.2). Diese geben die Höhe der Laststromimpulse an, die in dem markierten Zeitbereich nicht zu einer Veränderung der Sicherungskennlinie führen. SITOR-Halbleiterschutzsicherungen haben spezielle Schmelzleiterkonstruktionen für hohe Wechsellastfaktoren.

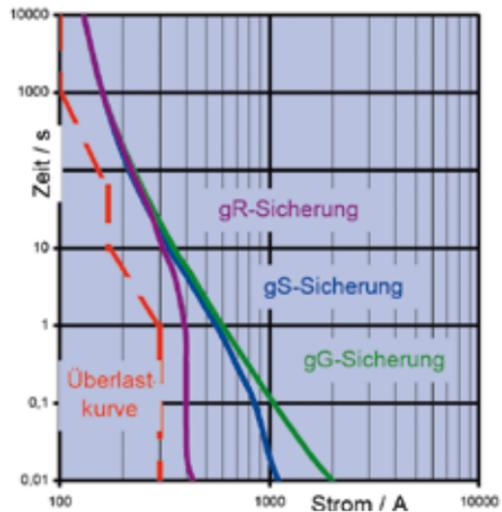


Bild 5.5.2 – Kennlinien gG, gS und aR mit Überlastkurve

- Bei **Fehlern in der Anlage** soll der Fehlerstrom unterbrochen werden, bevor durchströmte Halbleiter zerstört werden. Hierzu müssen der Durchlassstrom und das Ausschaltintegral $\int I t$ der Sicherung kleiner sein als die Grenzwerte des zu schützenden Halbleiters. Das Ausschaltintegral setzt sich zusammen aus den $\int I t$ -Werten über die Schmelzzeit und über die Lichtbogenzeit (Bild 4.1.3) und ist von der wiederkehrenden Spannung abhängig (Bild 5.5.3). Entsprechende Kurven enthält das SITOR-Projektierungshandbuch.

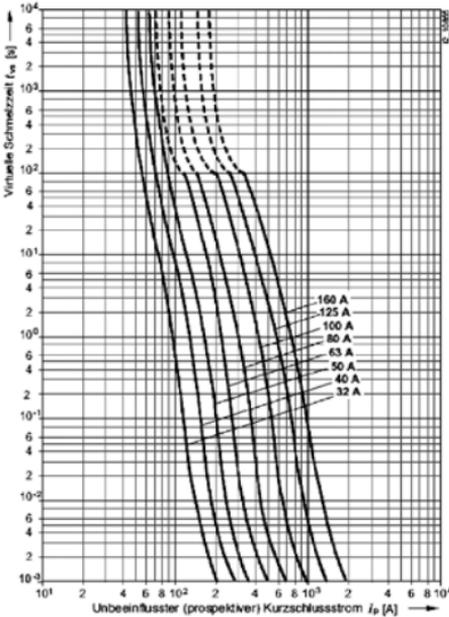


Bild 5.5.4 – Zeit/Strom-Kennlinien von SITOR gR- und aR-Sicherungseinsätzen

5.6 Schutz von Gleichstromkreisen

Strombegrenzende Sicherungen sind grundsätzlich sowohl für Wechselstrom- als auch für Gleichstromanwendungen geeignet. Allerdings sind die ihre Leistungsdaten für Gleichstrom und Wechselstromanwendungen unterschiedlich und die Wechselstromdaten lassen sich nicht einfach in Gleichstromdaten umrechnen. Sie können nur durch Prüfungen ermittelt werden.

Zum besseren Verständnis des Verhaltens von Sicherungen bei Gleichstromanwendungen soll der Prozess der Gleichstromunterbrechung erläutert werden:

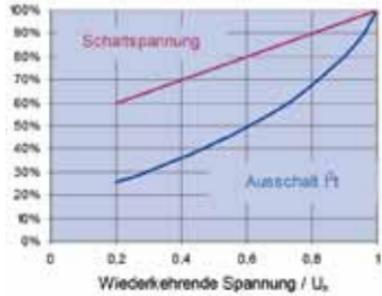


Bild 5.5.3 – Korrektur der Schaltspannungs- und Ausschaltintegrale

- Die Schaltspannung, die bei einer Stromunterbrechung durch die Sicherung auftritt, darf die Spannungsfestigkeit der Halbleitersperrschicht nicht überschreiten. Für wiederkehrende Spannungen unterhalb der Bemessungsspannung der Sicherung kann die Schaltspannung nach unten korrigiert werden (Bild 5.5.3).

Hinweis: SITOR-Teilbereichssicherungen „aR“ haben im Zeitbereich $t_{vs} > 100\text{ s}$ gestrichelte Kennlinien (Bild 5.5.4). Diese markieren die zulässige Überlastung aus kaltem Zustand. Beim Überschreiten dieser Grenzlinie besteht die Gefahr der Beschädigung des Sicherungskörpers. Durchgezogene Kennlinien kennzeichnen Ganzbereichssicherungen, die im gesamten Schmelzbereich schaltfähig sind.

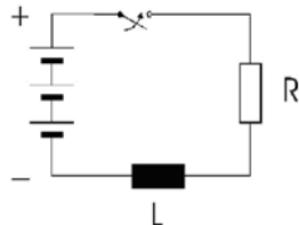


Bild 5.6.1 – Gleichstromkreis

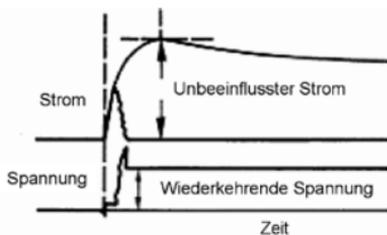


Bild 5.6.2 – DC-Kurzschlussabschaltung

Bei Gleichstromkreisen ist die Zeitkonstante $T = L / R$ (Bild 5.6.1) eine bestimmende Größe. Sie beeinflusst nicht nur das Ausschaltvermögen, sondern auch die Zeit/Strom-Kennlinie und den Durchlassstrom.

Je größer die Zeitkonstante, desto größer ist die im Stromkreis gespeicherte Energie, die beim Ausschalten im Lichtbogen umgesetzt wird. Da das Energieaufnahmevermögen eines Sicherungseinsatzes begrenzt ist, wird auch das Gleichstromausschaltvermögen durch die Zeitkonstante

begrenzt. Der Stromanstieg im Fehlerfall und damit auch die Schmelzzeit der Sicherung und der Durchlassstrom werden ebenfalls durch die Zeitkonstante des Stromkreises bestimmt.

Grundsatz: Die im Stromkreis gespeicherte magnetische Energie bestimmt die Grenzen der Sicherungsanwendung bei Gleichstrom.

Kurzschlussabschaltungen verlaufen bei Gleichstrom ähnlich dem strombegrenzenden Abschalten von hohen Wechselströmen (vgl. Bild 4.1.3). In der Sicherung baut sich eine hohe Lichtbogenspannung auf, die beim Überschreiten der wiederkehrenden Spannung den Strom zu Null zwingt (Bild 5.6.2). Der Stromanstieg wird jedoch anstatt von Einschaltzeitpunkt und Leistungsfaktor von der Zeitkonstanten bestimmt.

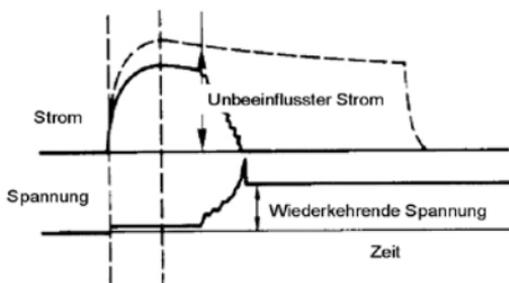


Bild 5.6.3 – DC-Überlastabschaltung

Überlastabschaltungen verlaufen völlig anders als bei Wechselstrom (Bild 5.6.3). Bei Gleichstrom gibt es keinen periodischen Nulldurchgang und damit auch keinen Moment ohne magnetische Energie im Stromkreis mit günstigen Lösbedingungen für den Lichtbogen. Der Lichtbogen erlischt erst, wenn die Lichtbogen-Spannung die Netzspannung überschreitet und einen Stromnulldurchgang erzwingt. Die im Stromkreis gespeicherte magnetische

Energie muss bei Gleichstromabschaltungen im Lichtbogen absorbiert werden. Die thermische Beanspruchung der Sicherung ist daher bei diesem Schaltvorgang unvergleichlich höher als bei Wechselstrom. Deshalb ist das Ausschaltvermögen von Sicherungen bei Gleichstrom generell niedriger als bei Wechselstrom. Auch die starke Abhängigkeit der Gleichstromdaten von der Zeitkonstanten des Stromkreises beruht auf diesem Zusammenhang.

- Die **Bemessungs-Gleichspannung** von Sicherungseinsätzen ist in der Regel niedriger als die Bemessungs-Wechselspannung. In den Siemens-Produktunterlagen werden beide Bemessungswerte getrennt angegeben. Bei Sicherungsunterteilen gilt die Bemessungswechselspannung auch für Gleichspannung in gleicher Höhe.
- Der **Bemessungsgleichstrom** ist eine Bemessungsgröße, die sich nur auf die thermischen Eigenschaften der Sicherung bezieht. Er ist identisch mit dem Bemessungswechselstrom und wird daher nicht getrennt angegeben.
- Die **Zeit/Strom-Kennlinien** aus den Siemens-Produktunterlagen geben in Übereinstimmung mit den Sicherungsnormen virtuelle Schmelzzeiten an. Das heißt, sie basieren auf der Annahme, dass der Strom bei Eintreten eines Kurzschlusses unverzüglich auf den Effektivwert springt und bis zum Schmelzen der Sicherung dort verharrt (s. Abschnitt 4.3). Tatsächlich steigt der Kurzschlussstrom im Gleichstromkreis aber entsprechend der

Zeitkonstanten verzögert an. Im Kurzzeitbereich ($t_{vs} < 20$ Zeitkonstanten) ergeben sich dadurch deutliche Abweichungen (Bild 5.6.4). Unter stationären Bedingungen (Überströme mit Schmelzzeiten $t_{vs} > 20$ Zeitkonstanten) sind die Norm-Kennlinien identisch mit den Gleichstromkennlinien.

Hinweis: Die echten Schmelzzeiten bei Gleichstrom lassen sich aus den virtuellen Zeit/ Strom-Kennlinien mit Hilfe eines iterativen Rechenverfahrens ermitteln, das in IEC 61818 bzw. E VDE 0636-129 beschrieben ist.

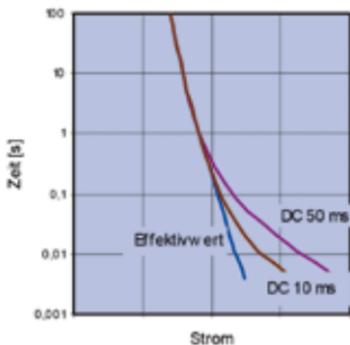


Bild 5.6.4 – Gleichstromkennlinien

- Das **Bemessungsausschaltvermögen** bei Gleichstrom ist keine feste Sicherungseigenschaft. Es muss immer im Zusammenhang mit der Zeitkonstanten des Stromkreises gesehen werden. Große Zeitkonstanten vermindern das Ausschaltvermögen und kleine Zeitkonstanten erhöhen das Ausschaltvermögen. Einige typische Zeitkonstanten für häufige Anwendungen sind in Tabelle 5.3 aufgelistet. Bei NH-Sicherungen beträgt das Ausschaltvermögen nach VDE 0636 mindestens 25 kA bei einer Zeitkonstanten von 15 ms. D-Sicherungen haben mindestens 8 kA Ausschaltvermögen bei 15 ms. Damit werden die meisten Steuerkreise und Lastkreise in industriellen Anwendungen abgedeckt. In Batteriestromkreisen mit kleinen Zeitkonstanten ist das Ausschaltvermögen wesentlich größer, bei Feldspulen erheblich kleiner.
- Der **Durchlassstrom** ist ebenfalls abhängig von der Zeitkonstanten des Stromkreises und kann deshalb nicht den Wechselstrom-Kennlinien entnommen werden. Zu seiner Bestimmung müssen spezielle Unterlagen des Herstellers angefragt werden.

Anwendung	Zeitkonstante
Industriesteuerungen	≤ 10 ms
Batteriestromkreise	≤ 5 ms
Motoren und Antriebe	20 bis 40 ms
Elektromagnete	bis 1.000 ms

Tabelle 5.3 – Zeitkonstanten

5.7 Batterieschutz in USV-Anlagen

Größere Batterieschränke oder Batteriegestelle werden über einpolige SENTRON-NH-Sicherungslasttrennschalter an den Gleichstromzwischenkreis angebunden (Bild 5.7.1). Diese dienen

- als definierte Schnittstelle zwischen Batterie und USV-Anlage,
- zum Freischalten der Batterie bei Wartungsarbeiten und
- als Schutz der Batterie gegen Zerstörung der Elektroden und der Anschlusskabel vor Überhitzung.

Der Batterieschutz in USV-Anlagen ist als Sonderfall der Gleichstromanwendungen zu betrachten. Der zu erwartende Kurzschlussstrom hängt von der Batteriekapazität, dem Batterietyp und dem Alterungszustand der Batterie ab. Bei kurzen Einsatzzeiten der

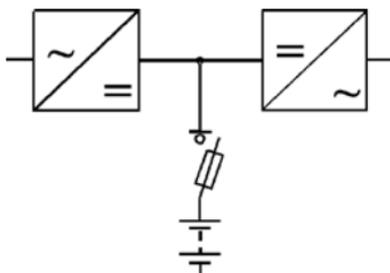


Bild 5.7.1 – Schaltschema einer USV-Anlage

USV-Anlage ist die Batteriekapazität und damit der Kurzschlussstrom entsprechend klein im Verhältnis zum Betriebsstrom.

Ein wirksamer Schutz erfordert deshalb sehr steile Sicherungskennlinien und lässt sich meistens nur mit SITOR-Halbleiterschutzsicherungen realisieren (Bild 5.7.2). Da der Schutz umso wirksamer ist, je näher der Betriebspunkt an die Schmelzkennlinie heranreicht, ist die genaue Kenntnis der Kennlinientoleranzen wichtig.

Hinweis: Die Auswahl von SITOR-Sicherungen für USV-Anlagen sollte daher immer dem Siemens Customer Service Center überlassen werden.

Die Einsatzzeit der USV-Anlage ist ebenfalls ein wichtiges Auswahlkriterium. Bei gleichem Bemessungsstrom erfordert der optimale Schutz für kurze Einsatzzeiten der Anlage kleinere Sicherungen und für lange Einsatzzeiten größere Sicherungen. Die folgenden Punkte sind dabei zu berücksichtigen (angegebene Zahlenwerte sind Anhaltswerte, falls keine genaueren Daten vorliegen):

- Der **Betriebspunkt** (t_e / I_B) muss in ausreichendem Abstand unterhalb der unteren Zeit/Strom-Kennlinie liegen, damit die Sicherung auf keinen Fall während des normalen Einsatzes anspricht (Bild 5.7.2).
- Der **maximale Betriebsstrom** der Batterie errechnet sich aus der Wirkleistung P_w der USV-Anlage und der Entladespannung U_e : $I_B = P_w / U_e$. (Gegen Ende der Einsatzzeit sinkt die Batteriespannung auf die Entladespannung ab, die je nach Auslegung ca. 85 % der Batterienennspannung beträgt).
- Der **Kurzschlusspunkt** (I_k / t) muss oberhalb des Toleranzbandes der Sicherungskennlinie liegen.
- Der **Kurzschlussstrom** I_k , der möglichst schnell (< 10 s) abgeschaltet werden soll, ergibt sich aus der Batteriekapazität. Unter Berücksichtigung der Batteriealterung und eines raschen Abfalls vom Anfangskurzschlussstrom kann als Anhaltswert mit der 5-fachen Batteriekapazität K gerechnet werden: $I_k [A] = 5 K [Ah]$.

Wichtiger Hinweis: Dieser Wert gilt nur für die Kennlinienauswahl. Das erforderliche Ausschaltvermögen der Sicherung muss mindestens der 20-fachen Batteriekapazität entsprechen: $I_1 [A] \geq 20 K [Ah]$. Mit Ausnahme sehr kleiner Batterien sind daher auch bei Gleichspannungen unter 80 V SITOR- oder SILIZED-Sicherungen erforderlich.

Batterieschalter und Sicherungsunterteile müssen die Verlustleistung der Sicherungen aufnehmen können. Da bei kurzen Einsatzzeiten die Enderwärmung nicht erreicht wird, ist die höhere Bemessungsleistungsabgabe der Halbleiterschutzsicherungen meistens unkritisch.

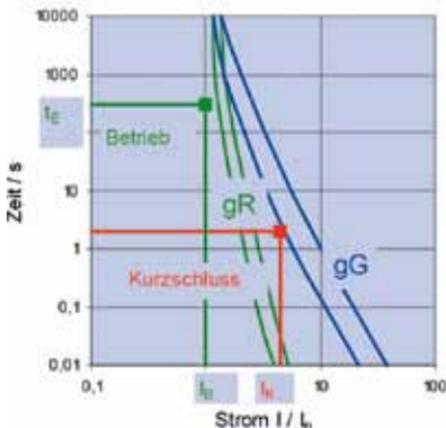


Bild 5.7.2 – Auswahl einer Batteriesicherung für USV-Anlagen

5.8 Kondensatorschutz in Kompensationsanlagen

Die Sicherungsnormen IEC 60269 und VDE 0636 definieren Sicherungen zum Unterbrechen induktiver Ströme. Leistungsfaktoren $< 0,1$ und kapazitive Stromkreise sind nicht erfasst. Da jeglicher anerkannter Prüfnachweis fehlt, muss man davon ausgehen, dass die hervorragenden Schalteigenschaften, die Sicherungen beim Unterbrechen induktiver Ströme zeigen, sich nicht auf kapazitive Ströme übertragen lassen. Trotzdem ist der Einsatz von gG-Sicherungen in Stromkreisen mit Kondensatoren, besonders bei Kompensationsanlagen, gängige

Praxis. Technisch ist diese Anwendung durchaus vertretbar, wenn bestimmte Regeln eingehalten werden.

Die wichtigste Regel besagt: Sicherungen sollen niemals unter Einfluss kapazitiver Ströme auslösen!

Schmelzsicherungen sollten deshalb nicht zum Überlastschutz von Kondensatoren verwendet werden. Der Überlastschutz der Kondensatoren erfolgt durch eingebaute Überdruck-Abreißsicherungen. Schmelzsicherungen sind nur zum Schutz bei inneren Kurzschlüssen und äußerer Überbrückung eines Kondensators oder einer Kondensatorbatterie vorgesehen. Diese induktiven Fehlerströme beherrschen sie bestimmungsgemäß. Die Missachtung dieser Regel führt immer wieder zu unschönen Ereignissen speziell in Kompensationsanlagen (Bild 5.8.1).



Bild 5.8.1 – Missglückte Abschaltung einer Stromresonanz

Solche Ereignisse sind bei besserem Verständnis der besonderen Vorgänge in Stromkreisen mit Kondensatoren und bei sorgfältiger Sicherungsauswahl durchaus vermeidbar. Wichtige Hinweise zu den betrieblichen Anforderungen an Kondensatoren, die bei der Sicherungsauswahl zu beachten sind, finden sich auch in VDE 0560-46 „Selbsteilende Leistungs-Parallelkondensatoren“. Die folgenden Regeln gelten allgemein für die Auswahl von Sicherungen zum Absichern von Parallelkondensatoren:

- Sicherungen müssen den **maximalen Betriebsstrom** der Kondensatoren von $1,5 I_N$ dauernd führen können (VDE 0560-46). Empfohlen ist daher ein Sicherungs Bemessungsstrom, der mindestens das 1,6- bis 1,8-Fache des Kondensatornennstroms beträgt.
- Sicherungen müssen **Kondensator-Einschaltströme** unbeschadet durchlassen. Das Einschalten von Kondensatoren und Kondensatorbänken ist mit sehr hohen Einschaltströmen bis zum 100-fachen des Kondensatornennstroms verbunden (Bild 5.8.2). Diese hohen Stromspitzen können Engstellen der Schmelzleiter schädigen und mit der Zeit die Stromtragfähigkeit vermindern. Dadurch kann es zu Überhitzung und spontaner Auslösung der Sicherung unter nicht beherrschten Schaltbedingungen kommen. Abhilfe schaffen ausreichend dimensionierte Sicherungen (Bemessungsstrom mindestens 1,6-facher bis 1,8-facher Kondensatornennstrom), voreilende, widerstandsbehaftete Einschaltkontakte des Kondensatorschützes oder Thyristorschalter, die im Spannungsnulldurchgang „sanft“ einschalten.
- Sicherungen und Kondensatoren dürfen nicht übermäßig durch **Oberwellenströme** oder **Resonanzen** belastet werden. Kondensatoren haben bei Netzfrequenz eine definierte Impedanz, die eine Überlast praktisch ausschließt. Nichtlineare Verbraucher, besonders elektronische Netzgeräte und Steuerungen erzeugen Stromüberschwingungen, welche die Kondensatoren und Sicherungen zusätzlich belasten. In Industrienetzen können Oberschwingungen leicht den Effektivwert der Grundschwingung erreichen. Mögliche Folgen sind Überhitzung und Fehlfunktion von Sicherungen mit zu kleinem Bemessungsstrom (Bild 5.8.1). Bei zu hohem Oberschwingungsanteil hilft nur die „Verdrosselung“ (Vorschalten von Induktivitäten) der Kompensationsanlage, um die Kondensatoren vor unzulässiger Überlast zu schützen.



Bild 5.8.2 – Kondensator-Einschaltstrom

- Die Sicherungsauswahl soll **Ausgleichsströme** zwischen benachbarten Kondensatorbänken berücksichtigen. Beim separaten Schalten oder bei Fehlern in einzelnen Kondensatoreinheiten fließen Ausgleichsströme zwischen benachbarten Kondensatorbänken. In solchen Anordnungen soll die Absicherung der Kondensatoreinheiten eine bis zwei Bemessungsstromstufen größer gewählt werden. Die Bemessungsströme der Gruppensicherungen sollen mindestens das 2,5-fache der Einzelsicherungen betragen.
- Sicherungen sollten möglichst hohe **wiederkehrende Spannungen** beherrschen. Resonanzen und Rückzündungen beim Ausschalten von Kondensatoren können wiederkehrende Spannungen erzeugen, welche die Netzspannung und damit die Bemessungswerte der Sicherung übersteigen.

Diese Erscheinungen sind vergleichbar dem Abschalten langer unbelasteter Hochspannungsleitungen und in der Niederspannung weniger beachtet. Deshalb soll der Schaltvorgang hier kurz anhand eines vereinfachten Schaltbildes (Bild 5.8.3) erläutert werden:

Bei Stromnulldurchgang erreichen sowohl die Netzspannung U_s als auch die Kondensatorspannung U_c ihren Scheitelwert. Erlischt der Strom im Nulldurchgang, bleibt die Kondensatorspannung erhalten, während die Netzspannung dem entgegengesetzten Scheitelwert zustrebt (Bild 5.8.4). Die wiederkehrende Spannung an der Sicherung U_F erreicht dabei innerhalb von 5 ms den doppelten, in Drehstromsystemen sogar den 2,5-fachen Scheitelwert. Kommt es dabei zu Rückzündungen, wird der Kondensator schlagartig auf die entgegengesetzte Polarität umgeladen, und die wiederkehrende Spannung steigt weiter an. Mehrfache Rückzündungen führen zur Zerstörung der Sicherung und benachbarter Anlagenteile. Das Risiko, dass Sicherungen wegen zu hoher wiederkehrender Spannungen den Schaltvorgang nicht beherrschen, kann gemindert werden durch die Wahl einer gegenüber der Betriebsspannung höheren Bemessungsspannung der Sicherungen und die Verwendung längerer Sicherungskörper (größerer Baugrößen).

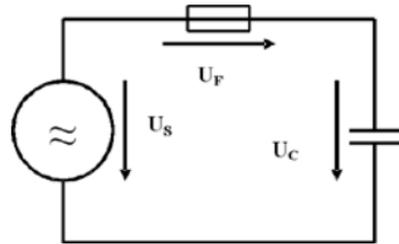


Bild 5.8.3 – Schaltbild kapazitiver Stromkreis

Tabelle 5.3 gibt eine Übersicht der im Anwendungsleitfaden IEC 61818 bzw. E VDE 0636-129 empfohlenen NH-Sicherungseinsätze der Gebrauchskategorie gG für gängige Kompensationsanlagen in Drehstromnetzen bei verschiedenen Betriebsspannungen. Die empfohlenen Absicherungen minimieren unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Kriterien das Risiko unerwünschter Fehlerereignisse.

Für abweichende Anlagengrößen kann der Sicherungs-Bemessungsstrom über den von der Betriebsspannung abhängigen Faktor k nach folgender Faustformel ermittelt werden:

$$I_N / A \geq k \times Q_N / \text{kvar.}$$

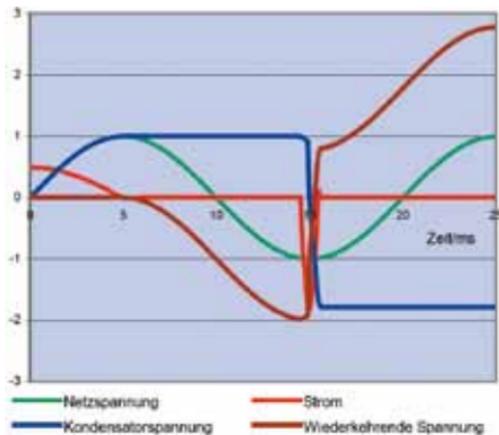


Bild 5.8.4 – Kondensatorabschaltdiagramm

Bei verdrosselten Anlagen und genauer Kenntnis der Netzbedingungen (nach vorheriger Netzanalyse) können im Einzelfall auch Sicherungen mit einer um eine Stufe niedrigeren Bemessungsstromstärke eingesetzt werden.

	Bemessungsspannung (Drehstromsystem)		
Kompensationsanlage	400 V (k = 2,5)	525 V (k = 2)	690 V (k = 1,5)
Sicherungseinsatz	500 V	690 V	1.000 V *)
Scheinleistung Q_N / kvar	Bemessungsstrom I_N der NH-Sicherung		
≤ 5	16 A		
≤ 7,5	20 A		
≤ 12,5	35 A	35 A	
≤ 20	50 A		35 A
≤ 25	63 A	50 A	
≤ 30	80 A	63 A	50 A
≤ 40	100 A	80 A	63 A
≤ 50	125 A	100 A	80 A
≤ 60	160 A	125 A	100 A
≤ 80	200 A	160 A	125 A
≤ 100	250 A	200 A	160 A
≤ 125	315 A	250 A	200 A
≤ 160	400 A	315 A	250 A
≤ 200	500 A	400 A	315 A
≤ 250	630 A	500 A	400 A
*) Alternativ 690 V in Mindestbaugröße NH1			

Tabelle 5.4 – NH-Sicherungsauswahl für Kompensationsanlagen

5.9 Besondere Anwendungen und Umgebungsbedingungen

Die Sicherungsnormen definieren die Funktion für Standardanwendungen unter normalen Umgebungsbedingungen. Soweit die Anwendungsbedingungen von der Norm abweichen, sollte immer fachlicher Rat über Ihr Siemens Customer Service Centers eingeholt werden. Damit lassen sich Fehlanwendungen von Sicherungen und daraus folgende mögliche Schäden oder Störungen vermeiden. Die folgenden Ausführungen geben deshalb keine konkreten Anwendungsempfehlungen, sondern nur Beispiele für besondere Bedingungen und Hinweise auf unter diesen Bedingungen zu berücksichtigende Aspekte der Sicherungsanwendung.

Umgebungstemperaturen > 40 °C

stellen für die Funktion von Teilbereichssicherungen keine wesentliche Beeinträchtigung dar. Ihr Auslöseverhalten bleibt praktisch unverändert (aR-Sicherungen in Bild 5.9.1). Bei einer Schmelztemperatur von 960 °C (Silber) sind abweichende Umgebungstemperaturen für das Auslöseverhalten vernachlässigbar. Zu beachten sind jedoch die jeweiligen Grenztemperaturen für Kontakte und Leiteranschlüsse, welche die zulässigen Betriebsströme begrenzen können.

Bei Ganzbereichssicherungen (z. B. gG-Sicherungen) mit Schmelztemperaturen unter 200 °C ergeben sich Verschiebungen der Kennlinien zu kleineren Schmelzströmen und damit eine deutlich geringere Belastbarkeit bei erhöhten Temperaturen. Die Belastbarkeitskurven in Bild 5.9.1 gelten für Sicherungen bei freier Konvektion der umgebenden Luft im Verteiler. Eingeschränkte Konvektion in engen Gehäusen oder forcierte Kühlung sind besonders zu betrachten (s. unten).

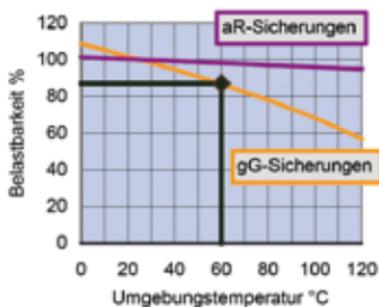


Bild 5.9.1 – Belastbarkeit von Schmelzsicherungen

Umgebungstemperaturen < 5 °C

sind für Sicherungen wenig kritisch. Die Schmelzzeiten von Ganzbereichssicherungen verlängern sich etwas, bei Teilbereichssicherungen ist der Effekt vernachlässigbar.

Kunststoffteile können spröde werden und bei Schlagbeanspruchung leichter brechen (Einschwenkvorrichtungen und Griffflaschen!). Diesbezügliche Einschränkungen sind in den Siemens-Produktdatenblättern vermerkt.

Niedrige Umgebungstemperaturen wirken sich generell positiv auf die elektrische Belastbarkeit von Sicherungen und Schaltgerätekombinationen aus.

NH-Sicherungen in Gehäusen

Zahl der Stromkreise	Belastungsfaktor
1	1
2 - 3	0,9
4 - 5	0,8
6 - 9	0,7
≥ 10	0,6

Tabelle 5.5 – Belastungsfaktoren in Verteilungen (IEC 60947-1)

Bei Anhäufung von Sicherungen und anderen Wärme abgebenden Geräten in einem Gehäuse begrenzen die Gehäusegröße und die Art der Kühlung die Belastbarkeit. Bei der Erwärmungsprüfung nach VDE 0660 Teil 500 „Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen“ wird berücksichtigt, dass in der Regel nicht alle Stromkreise gleichzeitig voll belastet sind und entsprechend ihrer Anzahl wird bei Erwärmungsprüfungen ein Belastungsfaktor < 1 angesetzt (Tabelle 5.5). Dieser gilt, wenn der Hersteller der Anlage keine anderen Werte nennt.

Die Belastbarkeit von NH-Sicherungen in Gehäusen mit hoher Packungsdichte und mit eingeschränkter Wärmeabfuhr ist ebenfalls nur durch Erwärmungsmessungen zu bestimmen. Die Grenztemperaturen der einschlägigen Normen sind meistens nicht zielführend. Weder die höchstzulässige Lufttemperatur (40 °C gemessen im Abstand von einem Meter) noch die durch den Gebrauch von PVC-isolierten Leitern bestimmte Grenztemperatur der Leiteranschlüsse (65 K) eignen sich zur Beurteilung der Belastbarkeit von Sicherungen.

Bei manchen Bauformen der Unterteile, speziell solchen für die Sammelschienenmontage, sind die Leiteranschlussklemmen über lange Schienenzuführungen thermisch praktisch von der Sicherung entkoppelt. Die Klemmentemperatur lässt dann natürlich keinen Rückschluss auf die Sicherungsbelastbarkeit zu.

Anmerkung: VDE 0636 definierte auf nationaler Ebene eine Grenztemperatur von 55 °C für die direkt umgebende Luft von gG-Sicherungen in Gehäusen, bei der die Sicherungen nicht auslösen durften. Dieser Wert fand keinen Eingang in die Internationale Norm und verschwand damit auch aus VDE 0636.

Da es keine allgemeingültige Regel für die Belastbarkeit von NH-Sicherungen in realen Anwendungen gibt, wurde von einer internationalen Arbeitsgruppe (IEC SC 32 B WG 14) eine Anwendungsempfehlung ausgearbeitet (IEC 61818, Entwurf VDE 0636 Teil 129). Darin wird für NH-Sicherungen der Betriebsklasse gG die Sicherungsmessertemperatur als Beurteilungskriterium vorgeschlagen und wie folgt begründet:

- Die maximale Belastbarkeit von NH-Sicherungen im Betrieb wird durch die Schmelzleitertemperatur bestimmt.
- Sicherungsmesser sind die zum Schmelzleiter am nächsten liegenden, einer Temperaturmessung gut zugänglichen Punkte.
- Die massiven Messerkontakte sind thermisch eng mit dem Schmelzleiter gekoppelt und erlauben eine zuverlässige Temperaturbestimmung.
- Die Methode ist bei allen Sicherungsbauformen und Einbaubedingungen anwendbar.
- NH-Sicherungen der Betriebsklasse gG sind in der Norm so eng definiert, dass sie sich gleich verhalten, unabhängig vom Hersteller.

Die Arbeitsgruppe schlägt für gG-Sicherungen eine Grenztemperatur von 120 °C vor, die während der Erwärmungsprüfung mit dem Bemessungsbetriebsstrom entsprechend der für die Schaltanlage anwendbaren Norm nicht überschritten werden darf.

Der dauernde Betrieb mit dieser Temperatur kann zur Verminderung der erwarteten Sicherungs-Lebensdauer führen. Wenn zu erwarten ist, dass die entsprechende Strombelastung im Betrieb nicht nur für Stunden, sondern für längere Zeit ansteht, sollte eine Grenztemperatur von 100 °C eingehalten werden.

Für andere Siemens-Sicherungstypen, besonders solche mit Schraubanschlüssen, können sich abweichende Grenztemperaturen ergeben, die mit der Siemens Customer Service Center abgestimmt werden sollten.

Feuchtigkeit und Verschmutzung

beeinträchtigen die Funktion von Sicherungen nicht. Starke Verschmutzung und Feuchte können jedoch Isolierstrecken gefährden und die Rostbildung beschleunigen. Für NH-Sicherungsansätze, die bei einem Verschmutzungsgrad ≥ 3 (VDE 0110 Teil 1), z. B. in Kabelverteilerschränken mit Streusalzeinwirkung, eingesetzt werden sollen, kann gemäß VDE 0636 Teil 201 eine verschärfte Korrosionsprüfung vereinbart werden.

Korrosive Atmosphären

Schwefel- oder stark ammoniakhaltige Atmosphären in chemischen Betrieben oder landwirtschaftlicher Tierhaltung gefährden versilberte Kontakte durch erhöhte Korrosion. Unter solchen Bedingungen sind verzinn- oder vernickelte Kontakte besser geeignet. Zu beachten sind jedoch die niedrigeren Grenztemperaturen für diese Kontaktflächen. Sie erfordern in der Regel einen Reduktionsfaktor, der die größten Bemessungsstromstärken der Baugrößen praktisch ausschließt. Ausnahme ist der reine Backup-Schutz z. B. in Kompensationsanlagen. Vernickelte NH-Kontakte in NH-Unterteilen oder Schaltgeräten erfordern gegenüber der versilberten Ausführung einen erhöhten Kontaktdruck.

Hinweis: Über die richtige Oberflächenbeschichtung der Kontaktflächen von Sicherungsteilen und Sicherungseinsätzen sowie die anzuwendenden Reduktionsfaktoren sollte unbedingt Information beim Siemens Customer Service Center eingeholt werden.

Anmerkung 1: Als besonders kritisch haben sich Blindstrom-Kompensationsanlagen in Betrieben mit korrosiver Atmosphäre erwiesen, da der geringeren thermischen Belastbarkeit vernickelter NH-Kontakte eine zusätzliche Strombelastung durch Oberwellen gegenübersteht. In solchen Anlagen sollte ein möglichst großer Sicherungsbemessungsstrom gewählt werden (s. auch Abschnitte 4.5 und 5.8).

Anmerkung 2: Die Grenztemperatur für vernickelte Kontakte ist in VDE 0636 nicht sehr klar geregelt. Einerseits wird eine Grenzübertemperatur von 70 K angegeben, andererseits in einer Fußnote diese wieder aufgehoben durch den Vermerk: „Begrenzt nur durch die Auflage, dass an benachbarten Teilen keine Schäden verursacht werden“. Damit wären vernickelte Kontakte als gleichwertig zu versilberten anzusehen. Leidvolle Erfahrung vieler Hersteller und Anwender spricht dagegen. Diese Erfahrung fand auch in der D-Sicherungsnorm VDE 0636-301 ihren Niederschlag, die vernickelte Kontakte nur bei kleinen Bemessungsströmen zulässt. Ab 63 A Bemessungsstrom sind wegen der zu erwartenden hohen Temperaturen versilberte Kontakte vorgeschrieben.

Ungewöhnliche Schwingungen und Stoßbeanspruchung

Wenn besondere Sicherheit gegen Herausfallen der Sicherungseinsätze z. B. durch Erschütterungen gefordert wird, kommen in der Regel besondere Schraubensicherungen und Arretierungen der Sicherungseinsätze im Halter oder Sicherungsträger zum Einsatz. Solche besondere Bedingungen können in erdbebengefährdeten Gebieten, auf Schiffen und Schienenfahrzeugen vorliegen. Die Siemens-Produktunterlagen enthalten Hinweise z. B. auf die Eignung von SENTRON-Sicherungslasttrennschaltern für Schiffsanlagen.

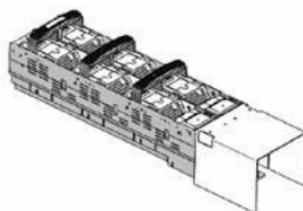


Bild 5.9.2 – Zwillingsschaltleiste

Parallelschalten von Sicherungen

Das Parallelschalten von NH-Sicherungen ist eine gängige Praxis zur Erweiterung des Bemessungsstrombereichs einer Baugröße. So lässt sich z. B. eine Niederspannungsverteilung kompakter gestalten, wenn zur Einspeisung der Sammelschiene statt einer NH 4a-Leiste zwei NH 3-Leisten parallel eingesetzt werden (Bild 5.9.2). Auch bei Windkraftanlagen ist es gängige Praxis, zur niederspannungsseitigen Einspeisung mehrere NH-Sicherungsleisten oder –Lastschaltleisten parallel zu schalten. Üblich ist auch das Parallelschalten von NH-Sicherungen zum Halbleiterschutz. Soweit entsprechende Sicherungshalter nicht bereits fertig montiert vom Hersteller bezogen werden, sind bei Parallelschaltung von Sicherungen und Sicherungsschaltgeräten einige wichtige Regeln und Hinweise zu beachten:

- Die Sicherungseinsätze müssen gleiche Bauart, Größe und Bemessungsdaten haben, am besten völlig baugleich sein.
- Zu- und Ableitungen sollten eine gleichmäßige Stromaufteilung ergeben. Bei längeren Leitungen empfiehlt es sich nachzumessen. Alternativ werden die Kabelanschlüsse zusammengeschaltet (Bild 5.9.3). Bei dieser Maßnahme sind jedoch die angeschlossenen Leitungen nicht einzeln sondern nur als Bündel geschützt.

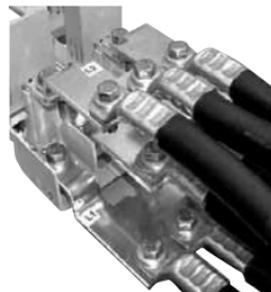


Bild 5.9.3 – Kabelanschlussbereich

- Parallel geschaltete NH-Sicherungslastschalter sollten mechanisch gekoppelte Schalthebel haben und ohne übermäßigen Kraftaufwand zu betätigen sein (Bild 5.9.2).
- Der Bemessungsstrom von n parallelen Sicherungseinsätzen ist durch ungleiche Stromaufteilung stets kleiner als die Summe der Bemessungsströme $n \times I_n$.

Ausnahme: Mehrere parallele SITOR-Halbleiterschutzsicherungen können ohne Stromreduzierung einem Halbleiterbauelement zugeordnet werden.

- Das Schmelzintegral von n parallelen Sicherungen beträgt etwa $n^2 \times I^2 t$ der einzelnen Sicherungen.
- Der Durchlassstrom n paralleler Sicherungen beträgt etwa $n \times I_c$ der einzelnen Sicherungen bei einem unbeeinflussten Kurzschlussstrom I_p / n .
- Das Ausschaltvermögen der Kombination kann nicht größer angenommen werden als I_1 der einzelnen Sicherungen.
- Bei NH-Teilbereichssicherungen beginnt der Ausschaltbereich (Mindestausschaltstrom) nicht unterhalb $n \times k^2 I_n$.
- Zur Ermittlung der Erwärmung muss der volle Betriebsstrom für alle n parallelen Schaltgeräte angenommen werden, da es sich nur um einen einzigen Laststromkreis handelt. Die Belastungsfaktoren aus Tabelle 5.4 sind nicht anwendbar.

Reihenschaltung von Sicherungen

Anders als bei der Parallelschaltung lässt sich durch Reihenschaltung von Sicherungen der Anwendungsbereich, speziell die Bemessungsspannung, in der Regel nicht vergrößern. Infolge unvermeidlicher Produkttoleranzen ist immer davon auszugehen, dass auch bei Reihenschaltung gleicher Sicherungen jede einzelne Sicherung die Stromunterbrechung bei voller wiederkehrender Spannung beherrschen muss.

Ausnahme: Bei SITOR-Halbleiterschutzsicherungen kann von einer gleichmäßigen Spannungsaufteilung ausgegangen werden, wenn feststeht, dass der zu erwartende Kurzschlussstrom zu Schmelzzeiten ≤ 10 ms führt. Typbezogene Angaben hierzu finden sich in den SITOR-Projektierungsunterlagen.

5.10 Schutz von Photovoltaikanlagen

Mit der stürmischen Entwicklung der regenerativen Energieerzeugung, besonders der Photovoltaik, entstand ein neues Anwendungsgebiet für Gleichstromsicherungen. Die Erzeugungsspannungen erreichen inzwischen Werte von 1.000 V a.c. Diese Spannungshöhe ist für Starkstromsicherungen nicht ungewöhnlich. Schwieriger ist dagegen die Suche nach der passenden Charakteristik. Solarzellen liefern praktisch einen eingepprägten Strom der auch im Kurzschlussfall von der Sonneneinstrahlung vorgegeben, d. h. begrenzt wird. Betriebsströme und Fehlerströme liegen so dicht beieinander, dass für einen wirksamen Schutz Sicherungen mit sehr steilen Kennlinien benötigt werden, wie sie bei SITOR- und SILIZED-Halbleiterschutzsicherungen vorliegen. Die Betriebsanforderungen an Sicherungen für Photovoltaikanlagen sind am ehesten vergleichbar mit denen von USV-Anlagen (unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlagen). In Hinsicht auf die Sicherungslebensdauer unter ständig wechselnder Last sind die Bedingungen jedoch noch wesentlich schärfer. Vorzeitiges Abschalten von Sicherungen durch Ermüdung des Schmelzleiters ist nicht akzeptabel, da hierdurch Betriebsunterbrechungen und Vergütungsausfälle entstehen. Nicht-Ansprechen oder Versagen der Sicherungen im Fehlerfall ist meistens noch kostenträchtiger und absolut unzulässig.

Allgemein anerkannte Regeln für die Auswahl und Prüfung von Sicherungen für Photovoltaikanwendungen gibt es mangels ausreichender Erfahrung in dieser neuen Technik noch nicht. Siemens arbeitet deshalb eng mit den Herstellern von Photovoltaikanlagen zusammen, um auch in diesem neuen Anwendungsgebiet optimierte Komplettlösungen anbieten zu können – vom Hauptschalter, über den Überspannungs- und Fehlerstrom-Schutz bis hin zum Überstromschutz.

6 SIMARIS design

Die elektrische Energieverteilung für Zweck- und Industriebauten zu dimensionieren war noch nie einfach. Und noch nie komplexer als heute. Damit Sie unter den bestehenden Marktbedingungen beste Karten haben, unterstützt Sie Siemens mit der Dimensionierungssoftware SIMARIS design.



Bild 6.1 – Nutzerfreundliche Bedienoberfläche von SIMARIS design



Bild 6.2 – Safe Selectivity -Selektivität auf der Basis realer Produktkennwerte

Neben der Erstellung der Netzstruktur und der Auswahl der notwendigen Betriebsmittel ist ein durchgehend selektiver Schutz für die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Anlage unerlässlich. Diese Sicherungsfibel zeigt, dass mit Sicherungen viele Schutzaufgaben optimal gelöst werden können. Die richtige Auswahl von Sicherungen und deren Koordination mit anderen Schutzelementen für die elektrische Energieverteilung erfordert neben einem guten Grundverständnis auch sehr viel Detailwissen und umfangreiche Produktinformation. Sind diese Voraussetzungen nicht vorhanden oder wird verfügbare Information aus Zeitmangel nicht ausreichend berücksichtigt, können Sicherheit und Zuverlässigkeit der elektrischen Anlagen darunter leiden. Die Möglichkeiten eines optimalen Schutzes von Stromverteilungsnetzen bleiben ungenutzt.

Auf Basis der Anforderungen der jeweiligen elektrischen Energieverteilung wird durch SIMARIS design aus der Vielfalt des Produktportfolios nach anerkannten Regeln der Technik und gültigen Normen (VDE, IEC) eine sichere Lösung dimensioniert. Ihre Eingaben werden mit SIMARIS design automatisch überprüft und deren Korrektheit angezeigt. Durch die Projektierung mit realen Produktkennwerten sind die mit SIMARIS design erstellten Projekte sicher umsetzbar. SIMARIS design passt außerdem jede Veränderung in das Versorgungskonzept ein und überprüft automatisch die Zulässigkeit hinsichtlich derzeit geltender Vorschriften und Bestimmungen. Das Tool bietet zudem eine übersichtliche Dokumentation, z.B. mit Stücklisten oder Übersichtsplänen in verschiedenen Formaten (RTF, PDF und DXF). Aufgrund des hohen Qualitätsstandards wurde SIMARIS design vom TÜV Berlin zertifiziert.

SIMARIS design ist zentraler Baustein von Totally Integrated Power™ – der innovativen Plattform für durchgängige Energieverteilung von Siemens. Diese technologische Plattform besteht aus Tools und Support für die Planung und Projektierung, einem aufeinander abgestimmten, vollständigen Produkt- und Systemportfolio und der kommunikativen Anbindungsmöglichkeit an übergeordnete B&B-/Leit- und Management-Systeme.

Mit SIMARIS design reduzieren Sie also Ihren Aufwand für die Gesamtplanung von Energieverteilungsanlagen. Wer mit SIMARIS design plant, hat beste Voraussetzungen.

7 Nationale und internationale Sicherungsnormen

Die wichtigsten technischen Merkmale von Niederspannungssicherungen sind in den Internationalen Normen IEC 60269-1 mit Folgeteilen weltweit vereinheitlicht. Das erleichtert die Auswahl für die jeweilige Schutzaufgabe und den Sicherungswechsel. Die Europäischen Normen (EN) sind in der Regel identisch mit IEC, können jedoch Abweichungen enthalten, die für alle europäischen Länder gelten. Die Deutschen Normen (DIN VDE) und andere nationale Normen in Europa sind mit wenigen Ausnahmen Übersetzungen der Internationalen Normen.

Bei den Niederspannungssicherungen gibt es Sonderregelungen, die NH- und D-Sicherungen betreffen. Um mögliche gefährliche Verwechslungen von Sicherungen der verschiedenen Systeme zu vermeiden, wurde für die in IEC 60269-2-1 und 60269-3-1 definierten Sicherungssysteme keine Europäische Norm (EN), sondern nur ein Europäisches Harmonisierungsdokument (HD) geschaffen. Darin sind zwar alle IEC-Systeme enthalten, diese müssen jedoch nicht alle zwingend in die Nationalen Normen übernommen werden. In die Deutsche Norm DIN VDE 0636 wurden aus Sicherheitserwägungen nur das NH-System und das D/D0-System übernommen (Tabelle 7.1).

Zusätzlich wurden einige VDE-Bestimmungen ohne internationale Entsprechung in die Tabelle aufgenommen. Dies betrifft

- NH-Sicherungen für den Transformatorschutz,
- NH-Sicherungen für den Bergbauanlagenschutz,
- 1000 V-Sicherungen für den Schutz von Motorstromkreisen,
- NDz-Sicherungen mit E 16-Gewinde bis 25 A
- D-Sicherungen bis 750 V für elektrische Bahnen
- D-Sicherungen bis 500 V für den Bergbau
- 690 V-D0-Sicherungen,
- D0-Schalter-Sicherungseinheiten.

Tabelle 7.1 berücksichtigt die neue Struktur (fette Schrift) der IEC 60269 und VDE 0636. Normen in Klammern sind nicht mehr oder noch nicht gültig.

Mit der neuen Struktur wird das Arbeiten mit der Norm wesentlich vereinfacht, da anstatt bisher drei nur noch maximal zwei Teile, und zwar

- Teil 1 „Allgemeine Anforderungen“ sowie jeweils
- ein Folgeteil mit zusätzlichen Anforderungen für besondere Gebrauchsbedingungen oder Anwendungen

zusammen gelesen werden müssen. Die „Richtlinien für die Anwendungen von Niederspannungssicherungen“ werden zukünftig als Teil 5 in die Norm eingegliedert. Dieser wird neben IEC 61818 (E VDE 0636-129) auch die bisher in Deutschland nicht veröffentlichte IEC 61459 enthalten.

Nicht nach geltender Norm, aber für den Anwender noch immer von einiger Bedeutung ist das DL-Sicherungssystem, das auf der Basis einer Werknorm aus der ehemaligen DDR hergestellt wird. Es handelt sich hierbei um Schraub Sicherungen der Baugröße E 16, die aber mit dem E 16-System nach VDE 0635 nicht kompatibel und auch nicht verwechselbar sind.

IEC	VDE	Inhalt / Siemens-Produkte
60269-1	0636-1 0636-10	Allgemeine Anforderungen
60269-2	0636-2	Sicherungen zum Gebrauch durch Fachkräfte bzw. elektrotechnisch unterwiesene Personen / NH-Sicherungen, der Betriebsklassen gG, aM
(60269-2) (60269-2-1)	0636-20 0636-201	Beispiele für genormte Sicherungstypen (z. B. NH-System)
	0636-2011	Nationale Ergänzung 1: Schutz von elektrischen Sonderanlagen / NH-Sicherungen der Betriebsklassen gTr, gB und aM 1.000 V a.c.
60269-3	0636-3	Sicherungen zum Gebrauch durch Laien
(60269-3) (60269-3-1)	0636-30 0636-301	Beispiele von genormten Sicherungstypen DIAZED, NEOZED D0-System)
	0636-3011	Nationale Ergänzung 1: U = 690 V a.c. und U = 600 V d.c.
60269-4	0636-4	Sicherungen zum Schutz von Halbleiter-Bauelementen
(60269-4) (60269-4-1)	0636-40 0636-401	Beispiele für genormte Sicherungstypen / SITOR Sicherungseinsätze der Betriebsklassen aR, gR und gS
61818, 61459 (IEC 60269-5)	E 0636-129 (0636-5)	Leitfaden zur Anwendung von Niederspannungssicherungen
	0635	NDz-Sicherungen E 16 bis 25 A, 500 V; DIAZED-Sicherungen bis 100 A, 750 V; 500 V
	0638	Schalter-Sicherungs-Einheiten; D0-System / MINIZED
60947-3	0660 Teil 107	Schalter-Sicherungs-Einheiten / SENTRON Sicherungs-Lasttrennschalter

Tabella 7.1 – Normen für Niederspannungssicherungen

8 Anhang

Baugröße	Betriebsklasse						
	gG	gTr	gB	gR/gS	aR	aM	Messer
000	2 – 100 A	- / -	6 – 100 A	6 – 80 A	6 – 80 A	6 – 100 A	250 A
00	2 – 160 A	- / -	16 – 125 A	16 – 160 A	80 – 160 A	16 – 160 A	250 A
1	6 – 250 A	- / -	16 – 250 A	35 – 250 A	32 – 250 A	25 – 250 A	400 A
2	25 – 400 A	50 – 250 kVA	16 – 400 A	80 – 400 A	160 – 400 A	80 – 400 A	630 A
3	315 – 630 A	50 – 400 kVA	- / -	315 – 630 A	315 – 630 A	125 – 630 A	1.000 A

Tabelle A.3.13 – Anwendungsbereiche von NH-Sicherungseinsätzen

Baugröße	gG						aM			
	400 V a.c.		500 V a.c.		690 V a.c.		400 und 500 V a.c.		690 V a.c.	
	I_n	P_n	I_n	P_n	I_n	P_n	I_n	P_n	I_n	P_n
	A	W	A	W	A	W	A	W	A	W
000	100	5,5	100	7,5	63	12	100	7,5	80	12
00	160	12	160	12	100	12	100/160	7,5/12	160	12 ^{*)}
0 ^{*)}	160	12	160	16	100	25	160	16	100	25 ^{*)}
1	250	18	250	23	200	32	250	23	250	32 ^{*)}
2	400	28	400	34	315	45	400	34	400	45 ^{*)}
3	630	40	630	48	500	60	630	48	630	60 ^{*)}
4	–	–	1.000	90	800	90	1.000	90	1.000	90 ^{*)}
4a	1.250	90	1.250	110	1.000	110	1.250	110	1.250	110 ^{*)}

^{*)}Die Baugröße NH 0 ist für Neuanlagen nicht mehr erlaubt, außer der Ausführung mit Schlagstift
^{**)}Bemessungswerte für die aufnehmbare Leistung von Unterteilen und Sicherungshaltern

Tabelle A.4.5.2 – Höchstwerte der Bemessungsströme und Leistungsabgaben von NH-Sicherungseinsätzen

Baugröße	D01	D02	D03	D II	D III	D IV
Bemessungsstrom	16 A	63 A	100 A	25 A	63 A	100 A
Aufnehmbare Leistung	2,5 W	5,5 W	7,0 W	4,0 W	7,0 W	9,0 W

Tabelle A.4.5.3 – Aufnehmbare Leistung von D-Sicherungssockeln

Isolierwerkstoff	PVC																							
	H07V-U, H07VR, H07V-K, NYFE, NYFY, NYM, NYMZ, NYMT, NHYRLUZ, NYBLUY, NYDY, NHXXH, NHMH, NYI, NYCY																							
	70 °C																							
Zulässige Betriebstemperatur am Leiter	30 °C																							
	Umgebungstemperatur																							
	Verlegeart (Referenzverlegeart)																							
Anzahl der belasteten Adern Bemessungsquerschnitt des Kupferleiters in mm²	A1 in wärmegeädämmten Wänden		A2		B1 in wärmegeädämmten Wänden		B2 in Elektro-Installationsrohren		C Verlegung auf einer Wand		E Verlegung in Luft													
	I_n	I_c	I_n	I_c	I_n	I_c	I_n	I_c	I_n	I_c	I_n	I_c												
1,5	13	13,5	13	15,5	13	17,5	16	15,5	13	16,5	16	15,0	13	19,5	16	17,5	16	19,5	16	22	20	18,5	16	
2,5	19,5	16	18	16	18,5	16	24	20	21	20	23	20	20	20	27	25	24	20	27	25	30	25	30	25
4	26	25	24	20	25	25	32	25	28	25	30	25	27	25	36	35	32	25	36	35	40	35	40	35
6	34	25	31	25	32	32	29	25	41	35	36	35	34	32	46	40	41	35	46	40	51	50	43	40
10	46	40	42	40	43	40	39	35	57	50	50	50	46	40	63	63	57	50	70	63	60	60	50	50
16	61	50	56	50	57	50	52	50	68	63	69	63	62	50	85	80	76	63	94	80	80	80	80	80
25	80	80	73	63	75	63	68	63	101	100	89	80	80	80	112	100	96	80	119	100	101	100	101	100
35	99	80	89	80	92	80	83	80	125	100	110	100	111	100	138	125	119	100	148	125	126	125	126	125
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle A.4.5.4 - Belastbarkeit von Kabeln und Leitungen bei fester Verlegung in Gebäuden

Abbildungs- und Tabellen Verzeichnis

Seite 7, Bild 1.1:	Elektrische Energieverteilung im Gebäude
Seite 7, Bild 1.2:	Kundennutzen durch Totally Integrated Power
Seite 8, Bild 1.3:	Sicherungen sind wichtige Komponenten der Niederspannungs-Energieverteilung
Seite 8, Bild 2.1:	Schmelzstöpsel mit Edisongewinde (um 1900)
Seite 9, Bild 2.2:	Zweiteilige Schraubsicherung der Siemens-Schuckertwerke (um 1904)
Seite 9, Bild 2.3:	DIAZED-Maßnorm
Seite 10, Bild 2.4:	Praktisch und formschön: DIAZED 1907
Seite 10, Bild 2.5:	Einprägsamer Farbcode
Seite 11, Bild 2.6:	Kompaktes N-DIAZED-System 1927
Seite 11, Bild 2.7:	Vergleich NEOZED(D0)- und DIAZED(D)-Sicherungssystem
Seite 11, Bild 2.8:	Einsteckbare Porzellanpatronen (1910)
Seite 12, Bild 2.9:	Weltkarte der Sicherungsnormen
Seite 13, Bild 3.1.1:	Komponenten einer NEOZED-Sicherung
Seite 13, Bild 3.1.2:	Passeinsätze
Seite 14, Bild 3.1.3:	Unverwechselbarkeit
Seite 14, Tabelle 3.1:	Zulässiger Sicherungswechsel unter Spannung
Seite 15, Tabelle 3.2:	Siemens-Schraubsicherungssysteme
Seite 15, Bild 3.1.4:	DIAZED®-Charakteristiken
Seite 15, Tabelle 3.3:	DIAZED®-Sicherungssystem
Seite 16, Bild 3.1.5:	SILIZED®-Halbleiterschutzsicherung
Seite 16, Bild 3.1.6:	DIAZED®-Systemkomponenten
Seite 16, Bild 3.1.7:	NEOZED®-Einbausystem
Seite 17, Tabelle 3.4:	Abmessungen und Leistungsabgabe von NEOZED-System und DIAZED-System
Seite 17, Bild 3.1.8:	NEOZED®-Schraubkappen
Seite 18, Bild 3.1.9:	NEOZED-Systemkomponenten
Seite 18, Bild 3.1.10:	Nur 18 mm breit: MINIZED-Sicherungslasttrennschalter
Seite 18, Bild 3.2.1:	NH-Sicherung
Seite 19, Bild 3.2.2:	NH-Sicherungseinsatz
Seite 19, Bild 3.2.3:	NH-Sicherungseinsätze mit Kombimelder
Seite 20, Bild 3.2.4:	Betätigung von NH-Sicherungseinsätzen unter Last
Seite 21, Bild 3.2.5:	NH-Aufsteckgriff mit Stulpe
Seite 21, Bild 3.2.6:	Isolatorsymbole
Seite 22, Bild 3.2.7:	Lyrakontakt eines NH-Unterteils
Seite 22, Bild 3.2.8:	Sicherungshalter (Unterteil mit Einschwenkvorrichtung)
Seite 23, Bild 3.2.9:	Umfangreiches NH-Zubehör
Seite 24, Bild 3.3.1:	Tandemunterteil
Seite 24, Bild 3.3.1:	Zählerschrank

Seite 25, Tabelle 3.5:	Sammelschienensysteme
Seite 25, Bild 3.3.3:	Verteilung mit NH-Sicherungsschaltleisten
Seite 25, Bild 3.3.4:	Reiterelemente auf Sammelschienensystem SR60
Seite 26, Tabelle 3.6:	Dauerstrombelastbarkeit SR60
Seite 27, Bild 3.3.5:	Sammelschienensystem SR60
Seite 27, Bild 3.3.6:	Sammelschieneinspeisung
Seite 27, Bild 3.3.7:	Verschiente NEOZED-Sicherungssockel
Seite 28, Tabelle 3.7:	Einspeisestrom I_E
Seite 28, Bild 3.4.1:	Zylindersicherungssystem
Seite 28, Tabelle 3.8:	Siemens Zylindersicherungen
Seite 29, Tabelle 3.9:	Verwechselbare Zylindersicherungen 10 x 38
Seite 30, Bild 3.4.2:	Class CC Sicherungssystem
Seite 31, Bild 3.5.1:	Schmelzleiter einer Halbleiterschutzsicherung
Seite 32, Bild 3.5.2:	SITOR Schmelzleiterkorb
Seite 32, Bild 3.5.3:	SITOR-Sicherungsbauformen
Seite 33, Bild 3.5.4:	SITOR-Sicherung mit Schlagstift (Striker) und Meldeschalter
Seite 34, Bild 3.6.1:	Lasttrennschalter mit Sicherungen
Seite 34, Bild 3.6.2:	SETRON NH-Sicherungslasttrennschalter
Seite 36, Tabelle 3.10:	Kennzeichnung von Schalter-Sicherungseinheiten nach IEC 60947-3
Seite 36, Tabelle 3.11:	Gebrauchskategorien von Schalter-Sicherungseinheiten nach IEC 60947-3
Seite 37, Tabelle 3.12:	Schalzhäufigkeiten nach Gebrauchskategorie
Seite 37, Bild 3.6.3:	MINIZED-Lasttrennschalter D02 mit Verschiebung
Seite 38, Bild 3.6.4:	a) MINIZED-Lasttrennschalter D02 mit Hilfsschalter zur Fernüberwachung der Schalterstellung b) NEOZED-Reiter-Lasttrennschalter D02
Seite 38, Bild 3.6.5:	MINIZED-Lasttrennschaltersystem D02
Seite 39, Bild 3.6.6:	SETRON-NHSchalter-Sicherungseinheiten
Seite 40, Bild 3.6.7:	SETRON-NHSicherungslasttrennschalter mit „Schnelleinschaltung“
Seite 40, Bild 3.6.8:	SETRON-Lasttrennschalter mit NH-Sicherungen
Seite 41, Bild 3.6.9:	SETRON NHSicherungslastschaltleisten
Seite 41, Bild 3.6.10:	SETRON-Steckbare Lasttrennleisten mit NH-Sicherungen
Seite 42, Bild 3.6.11:	NH-Verteilerschränke mit SETRON-Lastschaltleisten
Seite 43, Bild 3.6.12:	SETRON-NHSchaltleisten
Seite 44, Bild 3.7.1:	Signalmelder
Seite 44, Bild 3.7.2:	Sicherungswächter
Seite 45, Bild 3.7.3:	Sicherungsüberwachung mit SIRIUS-Leistungsschalter
Seite 45, Bild 3.7.4:	Elektronische Sicherungsüberwachung
Seite 46, Bild 3.7.5:	SETRON-NHSicherungslastschaltleiste mit integrierten Stromwandlern

Seite 46, Bild 3.8.1:	Elektronische Sicherungsüberwachung
Seite 47, Bild 3.8.2:	Sandbefüllung der NH-Sicherungseinsätze
Seite 48, Bild 3.8.3:	Praktizierter Umweltschutz
Seite 49, Bild 3.8.4:	Schutzmarken des NH-HH Recycling e. V.
Seite 49, Bild 3.8.5:	Recyclingverfahren für NH- und HH-Sicherungen
Seite 49, Bild 4.1.1:	Temperaturverteilung im Schmelzleiter
Seite 50, Bild 4.1.2:	Kurzschlussabschaltung
Seite 50, Bild 4.1.3:	Kurzschlussstrombegrenzung
Seite 50, Bild 4.1.4:	NH-Schmelzleiter
Seite 51, Bild 4.1.5:	Lotreaktion bei Überlastabschaltung
Seite 51, Bild 4.1.6:	Wirkung des Lots auf die Zeit/Strom-Kennlinie
Seite 52, Bild 4.2.1:	NH-Bedruckung
Seite 52, Bild 4.2.2:	Bedruckung DIAZED-Sicherung
Seite 53, Tabelle 4.2.1:	Farbkennzeichnung NH-Sicherungen
Seite 53, Bild 4.2.3:	Kennmelder D-System
Seite 53, Tabelle 4.2.2:	Farbkennzeichnung der D-Sicherungen
Seite 54, Bild 4.3.1:	Zeit/Strom-Kennlinien
Seite 54, Bild 4.3.2:	Reelle und virtuelle Zeiten
Seite 55, Bild 4.3.3:	I^2t -Kennlinien
Seite 56, Bild 4.3.4:	Durchlassstrom-Kennlinien
Seite 56, Bild 4.3.5:	Kurzschlussstromverlauf im Drehstromnetz
Seite 57, Bild 4.4.1:	Selektiver Schutz im Strahlennetz
Seite 58, Bild 4.4.2:	Leistungsschalter vor Sicherung
Seite 58, Bild 4.4.3:	Sicherung über Leistungsschalter
Seite 59, Bild 4.4.4:	Selektivschutz im Hausanschluss
Seite 59, Bild 4.4.5:	Selektivitätsgrenzen
Seite 59, Tabelle 4.4.1:	Auslöseverhalten
Seite 60, Bild 4.4.6:	Knoten im Maschennetz
Seite 61, Bild 4.5.1:	Standby-Verbrauchswerte elektronischer Geräte
Seite 61, Bild 4.5.2:	Leistungsabgabewerte
Seite 62, Tabelle 4.5.1:	Aufnehmbare Leistung von NH-sicherungsunterteilen
Seite 63, Bild 4.5.3:	Leistungsabgabe von NH-Sicherungseinsätzen
Seite 63, Bild 4.5.4:	Leistungsabgabe von 100 A gG-Sicherungseinsätzen
Seite 63, Bild 4.5.5:	Leistungsabgabe von gG-Sicherungen unterschiedlicher Nennströme
Seite 64, Tabelle 5.1:	Zulässige Betriebsspannungen
Seite 65, Tabelle 5.2:	Betriebsklassen und Anwendungen
Seite 66, Bild 5.3.1:	Optimaler Transformatorschutz mit gTr-Sicherungen
Seite 67, Bild 5.4.1:	Motorstromkreisschema
Seite 68, Bild 5.4.2:	Auswahl von Motorschutzsicherungen

Seite 69, Bild 5.5.1:	Halbleiterschutz, Stromkreisschema
Seite 69, Bild 5.5.2:	Kennlinien g_G , g_S und a_R mit Überlastkurve
Seite 70, Bild 5.5.3:	Korrektur der Schaltspannungs- und Ausschaltintegrale
Seite 70, Bild 5.5.4:	Zeit/Strom-Kennlinien von SITOR g_R - und a_R -Sicherungseinsätzen
Seite 70, Bild 5.6.1:	Gleichstromkreis
Seite 71, Bild 5.6.2:	DC-Kurzschlussabschaltung
Seite 71, Bild 5.6.3:	DC-Überlastabschaltung
Seite 72, Bild 5.6.4:	Gleichstromkennlinien
Seite 72, Tabelle 5.3:	Zeitkonstanten
Seite 72, Bild 5.7.1:	Schaltschema einer USV-Anlage
Seite 73, Bild 5.7.2:	Auswahl einer Batterie sicherung für USV-Anlagen
Seite 74, Bild 5.8.1:	Missglückte Abschaltung einer Stromresonanz
Seite 74, Bild 5.8.2:	Kondensator-Einschaltstrom
Seite 75, Bild 5.8.3:	Schaltbild kapazitiver Stromkreis
Seite 75, Bild 5.8.4:	Kondensatorabschaltdiagramm
Seite 76, Tabelle 5.4:	NH-Sicherungsauswahl für Kompensationsanlagen
Seite 77, Bild 5.9.1:	Belastbarkeit von Schmelzsicherungen
Seite 77, Tabelle 5.5:	Belastungsfaktoren in Verteilungen (IEC 60947-1)
Seite 79, Bild 5.9.2:	Zwillingschaltleiste
Seite 79, Bild 5.9.3:	Kabelanschlussbereich
Seite 81, Bild 6.1:	Nutzerfreundliche Bedieneroberfläche von SIMARIS design
Seite 81, Bild 6.2:	Safe Selectivity -Selektivität auf der Basis realer Produktkennwerte
Seite 83, Tabelle 7.1:	Normen für Niederspannungssicherungen
Seite 84, Tabelle A.3.13:	Anwendungsbereiche von NH-Sicherungseinsätzen
Seite 84, Tabelle A.4.5.2:	Höchstwerte der Bemessungsströme und Leistungsabgaben von NH-Sicherungseinsätzen
Seite 84, Tabelle A.4.5.3:	Aufnehmbare Leistung von D-Sicherungssockeln
Seite 85, Tabelle A.4.5.4:	Belastbarkeit von Kabeln und Leitungen bei fester Verlegung in Gebäuden

Umfassender Support

Wir unterstützen Sie von der Planung über die Inbetriebnahme bis zum Betrieb.

Tel.: +49 (0) 911 895 7222

Fax: +49 (0) 911 895 7223

E-Mail: support.automotion@siemens.com

www.siemens.de/lowvoltage/support

© Siemens AG 2012

Siemens AG
Sektor Infrastructure & Cities
Low and Medium Voltage Division
Low Voltage & Products
Postfach 10 09 53
93009 Regensburg
Deutschland

Bestell-Nr. E10003-E38-3B-D0010
Dispostelle 25601 • 1212 • 2.0
Gedruckt in Deutschland

Änderungen vorbehalten.

Die Informationen in dieser Broschüre enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Alle Erzeugnisbezeichnungen können Marken oder Erzeugnisnamen der Siemens AG oder anderer, zuliefernder Unternehmen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

© Siemens AG 2012