

## Einsatz von Hochleistungsautomaten in Niederspannungs-Energieverteilern





## Überzeugend: Der S800-Nutzen.

### Nicht einfach B-C-D: Das S800-Portfolio.

Das umfangreiche S800-Portfolio bietet für hohe Bemessungsschaltvermögen und viele Auslösecharakteristiken den passenden Hochleistungsautomaten. Die Geräte der Baureihe S800S mit Wechselstrom- und Gleichstromtypen im Nennstrombereich zwischen 10 und 125A decken Kurzschlussanforderungen bis 50kA ab. Für Anwendungen bis 36kA – natürlich ebenfalls von 10 bis 125A – bietet der S800N die ideale Lösung.

### Kompakte Leistung: Die Selektivitäts- und Back-up Eigenschaften.

Das hohe Bemessungsschaltvermögen von 50kA erlaubt es, elektrische Anlagen unkompliziert und sicher auszulegen und zu betreiben. Überzeugende Selektivitätseigenschaften zu vorgeschalteten Leistungsschaltern wie dem ABB Tmax und das sehr gute Back-up Verhalten zu nachgeschalteten Leitungsschutzschaltern wie dem ABB-System pro M compact und smissline machen das Planen besonders einfach. Die kompakten Abmessungen sorgen zudem für einen platzsparenden Aufbau der Energieverteilung.

### Lässt nicht locker: Der Wechselklemmenadapter.

Die Standardausstattung mit Wechselklemmenadapter<sup>1</sup> garantiert ein hohes Mass an Flexibilität und Komfort. Bei der Bestellung kann zwischen Käfigklemmen- und Ringkabelschuh-Anschluss gewählt werden. Durch das im Klemmenkörper integrierte «mitfahrende Klemmenshutter» wird ein falsches Unterklemmen der Anschlüsse zuverlässig verhindert; dies garantiert ein schnelles und sicheres Anschliessen der Leiter.

### Auf Nummer sicher: Die Anzeige des Betriebszustandes.

Die Stellung der Trip-Positions-Anzeige<sup>1</sup> macht den Ausschaltgrund auf einen Blick ersichtlich. Sie zeigt unmissverständlich, ob der S800-Hochleistungsautomat auf Grund eines Fehlers ausgeschaltet oder der Betriebszustand manuell verändert wurde. Die Schaltstellungsanzeige als zusätzliche Betriebszustandserkennung zeigt den Schaltzustand der Kontaktpaare zuverlässig an.

### Einfach flexibel: Durch Kunden abbaubares Zubehör.

Eine breite Palette an Zubehör ermöglicht es, den Hochleistungsautomaten individuell auszubauen.

- Der Hilfskontakt in 9 Millimeter Baubreite ist mit zwei potentialfreie Wechselkontakten und einer Testfunktion ausgerüstet.
- Der kombinierte Hilfs-/Signalkontakt bietet – ebenfalls in 9 Millimeter Baubreite – zwei potentialfreie Wechselkontakte (einen Hilfskontakt und einen Signalkontakt), Testfunktionen für den Hilfs- und Signalkontakt sowie eine Reset-Funktion für den Signalkontakt.
- Der an der Seite montierbare, zwei- bis vierpolige FI-Block wird mit Auslöseströmen von 30mA bis zu 1A angeboten. Selbstverständlich kann zwischen AC- und A-Typen gewählt werden. Typisch ABB: Es sind auch selektive und kurzzeitverzögerte Geräte verfügbar.
- Unterspannungs- und Arbeitsstromauslöser sind selbstverständlich in einer Vielzahl von Betriebsspannungen erhältlich.
- Trennbarer Neutralleiter bis 63A, Drehantrieb mit ergonomischen Drehgriff, Sammelschienenkamm und Abschliessvorrichtung runden das umfangreiche Produktportfolio ab.

### Setzt Masstäbe: Die ABB-Qualität.

Die Produktzertifizierung gemäss IEC 60947-2 und EN/IEC 60898-1 erfolgt durch die electrosuisse, ein Mitglied der europäischen LOVAG. Darüber hinaus werden die S800-Hochleistungsautomaten den wichtigsten internationalen Normen (IEC 60947-2; EN 60898-1; UL 489) und Approbationen (CCC; GOST-R; LR; DNV; RINA) entsprechen.

<sup>1</sup> Gilt nur für S800S

---

Hartmut Zander\*

## Einsatz von Hochleistungsautomaten in Niederspannungs-Energieverteilern

*In Niederspannungs-Energieverteilern werden nach wie vor hauptsächlich Schmelzsicherungen des NH-Systems sowie bei hohen Bemessungsströmen Leistungsschalter für den Überstromschutz nachgeschalteter Anlagen eingesetzt. Leitungsschutzschalter kommen aufgrund ihrer nach oben eingeschränkten Bemessungsströme sowie aufgrund des vermeintlich zu geringen Kurzschlusschaltvermögens fast ausschliesslich in Stromkreisverteilern für den Überstromschutz von Endstromkreisen zum Einsatz. Diese Tatsache verkennt, dass die Industrie heute Leitungsschutzschalter mit Bemessungsströmen über 100 A sowie einem Bemessungskurzschlusschaltvermögen von bis zu 50 kA – sogenannte Hochleistungsautomaten – bereitstellt. Diese sind geradezu für den Einsatz in Niederspannungs-Energieverteilern prädestiniert. Sie verbinden die Vorteile eines mechanischen Schaltgerätes mit geringen Betriebsmittelkosten. Dieser Beitrag soll Möglichkeiten des Einsatzes dieser Hochleistungsautomaten in Niederspannungs-Energieverteilern zeigen. Insbesondere werden die Frage der Selektivität sowie die des Back-up-Schutzes zu vor- und nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen behandelt.*

### Hohe betriebliche Anforderungen an Niederspannungs-Energieverteiler

Die Anforderungen, die heute an Niederspannungs-Energieverteiler von deren Betreibern gestellt werden, sind hinlänglich bekannt:

- In gewerblich oder für sonstige Zwecke genutzten baulichen Anlagen soll der umbaute Raum möglichst zu einem hohen Anteil direkt vermietet oder verkauft werden. Haustechnische Anlagen und Systeme sollen deshalb möglichst kompakt ausgeführt sein und wenig umbauten Raum verbrauchen.
- Ausfall- oder Stillstandszeiten wichtiger haustechnischer Systeme sollen möglichst kurz sein. Eine hohe Verfügbarkeit elektrischer Anlagen wird gefordert. Dies bedingt unter anderem klare Störmeldungen sowie eine schnelle Wiedereinschaltbarkeit dieser Anlagen nach Störungsbeseitigung – möglicherweise auch von ferne.
- Die elektrische Anlage sollte einfach zu bedienen sein. Das heisst, Schalt- und Schutzeinrichtungen sollen durch unterwiesene Personen oder gar elektrotechnische Laien bedienbar sein.
- Und schliesslich erwartet der Betreiber solcher Anlagen insgesamt geringe Betriebskosten (Wartungs- und Instandhaltungskosten).

Diese grundlegenden Anforderungen der Betreiber geniessen bei der Planung und Ausführung elektrischer Gebäudesysteme zunehmend Bedeutung. Die Planer dieser Systeme sind deshalb gehalten, auch Niederspannungs-Energieverteiler im Sinne dieser Anforderungen zu konzipieren und modernste Schutz- und Schaltgeräte auszuwählen.

### Beispiel für ein komplexes Niederspannungs-Energieverteilungssystem

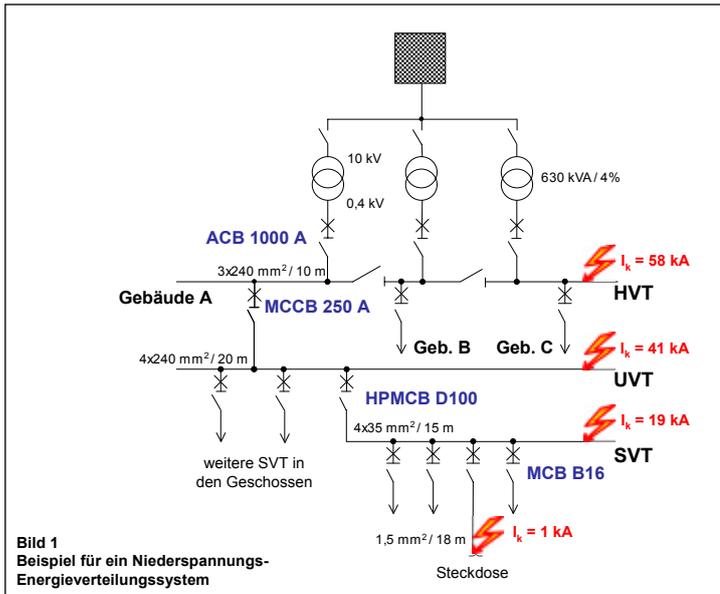
Industriell oder gewerblich genutzte Bauten benötigen heute unter Umständen relativ hohe Anschlussleistungen und werden dann im Regelfall aus dem Mittelspannungsnetz des öffentlichen Verteilungsnetzbetreibers – möglicherweise über eine eigene Mittelspannungsübergabestation – versorgt. Bild 1 zeigt beispielhaft ein solches Niederspannungs-Energieverteilungssystem.

Drei Transformatoren mit einer Bemessungsleistung von jeweils 630 kVA werden aus dem öffentlichen 10-kV-Netz versorgt. Über drei Einspeiseleistungsschalter (ACBs) wird die Hauptsammelschiene des Hauptverteilers (HVT) eingespeist. Über Leistungsschalter (MCCBs), die in ihrem Bemessungsstrom den Anforderungen entsprechend abgestuft sind, werden einzelne Gebäudeteile oder Lastschwerpunkte versorgt. In den Lastschwerpunkten sind als vorletzte Verteilungsebene Unterverteiler installiert, in denen die Schutz- und Schaltgeräte für die Versorgung der Stromkreisverteiler zusammengefasst sind. Die geschossweise angeordneten Stromkreisverteiler (SVT) enthalten unter anderem die Überstrom-Schutzeinrichtungen für die Endstromkreise. Diese werden im allgemeinen mit Leitungsschutzschaltern (MCBs) vor Überlast und gegen Kurzschluss geschützt. Vor dem Hintergrund der eingangs beschriebenen betrieblichen Anforderungen ist die Frage interessant, welche Überstrom-Schutzeinrichtungen in den Unterverteilern zum Einsatz kommen.

\* Dipl. Ing. Hartmut Zander  
ist technischer Berater  
bei der ABB Schweiz AG,  
CMC Low Voltage Products  
in Schaffhausen.

Dieses wird natürlich in erster Linie von den notwendigen elektrischen Kenndaten wie Bemessungsstrom und Bemessungskurzschlusschaltvermögen abhängig sein.

Mit einem einfachen Rechenprogramm wurden die an den jeweiligen Sammelschienen und im Endstromkreis auftretenden maximalen dreipoligen Kurzschlussströme für den Fall ermittelt, dass die Längskuppelschalter im Sammelschienenzug des Hauptverteilers (HVT) geschlossen sind und alle drei Transformatoren parallel die Anlage versorgen. Dieser sicherlich unwahrscheinliche aber doch anzunehmende Fall bestimmt schliesslich das von den Schutzeinrichtungen in den einzelnen Verteilungsebenen zu fordernde Kurzschlusschaltvermögen.



Die in den Unterverteilern (UVT) nach diesen Berechnungen einzusetzenden Überstrom-Schutzeinrichtungen müssen ein Schaltvermögen von mindestens 41 kA besitzen. Die Bemessungsströme liegen etwa bei zu erwartenden 100 A. Demnach scheinen als Überstromschutzeinrichtungen sowohl Schmelzsicherungen des NH-Systems als auch Leistungsschalter geeignet zu sein. Werden jedoch die eingangs erwähnten betrieblichen Anforderungen an moderne Niederspannungs-Energieverteilungssysteme ernst genommen und umgesetzt, so sollte die Wahl auf Leitungsschutzschalter mit besonderen Anforderungen, sogenannte Hochleistungsautomaten (HPMCB, Tabelle 1) fallen.

Hierbei handelt es sich um Leitungsschutzschalter der üblichen Bauform mit thermischem Bimetallauslöser für den Überlastschutz und elektrodynamischem Magnetauslöser für den Kurzschlusschutz. Aufgrund besonderer konstruktiver Eigenschaften, beispielsweise durch ein doppeltes Hauptkontaktsystem, haben diese Leitungsschutzschalter extrem kurze Abschaltzeiten, begrenzen die im Kurzschlussfall durchgelassene Energie sehr stark und sind deshalb in der Lage, prospektive (unbeeinflusste) Kurzschlussströme bis zu 50 kA sicher abzuschalten. Diese Leitungsschutzschalter werden von der ABB für Bemessungsströme bis zu 125 A hergestellt. Sie sind in ein- oder mehrpoliger Ausführung in den üblichen Auslösecharakteristiken mit nützlichem Zubehör erhältlich. Solche Leitungsschutzschalter mit besonderen Anforderungen (Bild 2) sind für den Einsatz in Niederspannungs-Gebäudeenergieverteilungssystemen wie dem hier beschriebenen bestens geeignet.



Betrachtet man den Aufbau des Energieverteilungssystems nach Bild 1, das sich nun bei Einsatz von Hochleistungsautomaten insgesamt als schmelzsicherungsloses System präsentiert und damit die betrieblichen Anforderungen nach hoher Verfügbarkeit und einfacher Bedienbarkeit hervorragend erfüllt, so stellen sich vorrangig zwei Fragen:

1. Ist die Selektivität der hintereinander geschalteten Leitungsschutzschalter gegeben?
2. Ist der Leitungsschutzschalter im Endstromkreis durch den vorgeordneten Hochleistungsautomaten für den Fall geschützt, dass der Kurzschluss nicht an der entferntesten Stelle des Endstromkreises – an der Steckvorrichtung – sondern am Einbauort des Leitungsschutzschalters (MCB) oder im weiteren Verlauf der Stromkreisleitung auftritt?

Abkürzung	Bedeutung
ACB	Air Circuit Breaker Leistungsschalter in offener Bauform
MCCB	Moulded Case Circuit Breaker Kompaktleistungsschalter – Aktive Schalterteile sind in ein Formstoffgehäuse integriert
HPMCB	High Performance Miniature Circuit Breaker Leitungsschutzschalter mit besonderen Anforderungen (Hochleistungsautomat)
MCB	Miniature Circuit Breaker Leitungsschutzschalter

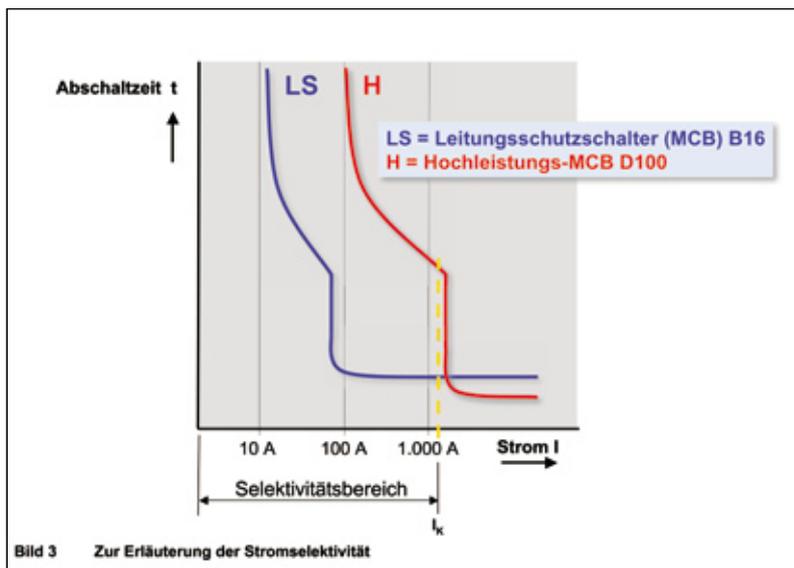
Tabelle 1 Wichtige Abkürzungen und ihre Bedeutung

## Selektivität zum Endstromkreis

Selektivität hintereinander geschalteter Überstrom-Schutzeinrichtungen besteht grundsätzlich dann, wenn sich ihre Zeit/Strom-Kennlinien, die innerhalb festgelegter Zeit/Strom-Bereiche verlaufen, im gesamten Verlauf weder berühren noch schneiden. Selektivität im Überlastfall wird durch Abstufung der Bemessungsströme der hintereinander geschalteten Schutzeinrichtungen erreicht. Im allgemeinen gilt hierfür ein Stufungsfaktor von 1,6 gegen die Energierichtung als ausreichend. Allerdings müssen gegebenenfalls verschiedene Charakteristiken oder Betriebsklassen der hintereinander geschalteten Schutzeinrichtungen beachtet werden.

Die Kurzschlussselektivität kann jedoch nicht durch einfache Abstufung der Bemessungsströme hintereinander geschalteter Überstrom-Schutzeinrichtungen erreicht werden. Allenfalls ist das möglich für den Fall, dass Schmelzsicherungen mit gleicher Betriebsklasse hintereinander geschaltet sind. Die Selektivität mechanischer Schutzschaltgeräte, das sind z.B. Leistungsschalter oder auch Leitungsschutzschalter, hat im Bereich der Kurzschlussselektivität gewisse Grenzen. Das liegt unter anderem an der Trägheit der beim Schalten dieser Geräte zu bewegendenden – wenn auch kleinen – Massen der Kontaktelemente. Aufgrund dieser Massenträgheit lassen sich die Abschaltzeiten nicht beliebig verringern. Die Massenträgheit der Kontaktelemente bestimmt die sogenannte Schaltereigenzeit. Diese kann nicht unterschritten werden. Im Bereich der Schaltereigenzeit geht das zeit/strom-abhängige Verhalten eines mechanischen Schaltgerätes verloren.

Diese Problematik verdeutlicht das Bild 3. Dargestellt sind die prinzipiellen Zeit/Strom-Kennlinien der Leitungsschutzschalter im Zeit/Strom-Diagramm. Der gekrümmte Kennlinienbereich steht jeweils für den Auslösbereich des thermischen Bimetallauslösers. Der untere lineare Kennlinienbereich beschreibt das Auslöseverhalten des Elektromagnetauslösers. Es ist erkennbar, dass auch bei hohen Kurzschlussströmen die Abschaltzeit des Schutzgerätes kaum kleiner wird als im Ansprechbereich des Magnetauslösers.



Der Hochleistungsautomat (HPMCB) und der Leitungsschutzschalter des Endstromkreises sind gemäss Beispiel im Bild 1 hintereinander geschaltet. Aufgrund der Stufung der Bemessungsströme beider Schutzeinrichtungen, nämlich 16 A zu 100 A gegen die Energierichtung, ist im Überlastbereich (gekrümmter Kennlinienbereich) die volle Selektivität beider Schutzeinrichtungen gegeben, da keine Berührungs- oder Schnittpunkte beider Kennlinien bestehen.

Im Wirkungsbereich des elektrodynamischen Magnetauslösers, das ist der Bereich der nahezu waagrecht verlaufenden Zeit/Strom-Kennlinien, schneiden sich bei höheren Strömen beide Kennlinien. Oberhalb dieses Schnittpunktes ist ein selektives Abschalten des Kurzschlussstromes nicht gewährleistet. Der vorgeschaltete Hochleistungsautomat wird ab diesem Schnittpunkt in jedem Fall „schneller“ schalten als der Leitungsschutzschalter des Endstromkreises.

Die Selektivitätsgrenze lässt sich in gewissen Grenzen jedoch durch Auswahl der Leitungsschutzschalter beeinflussen. Je nach Abstand der Bemessungsströme und abhängig von den Auslösecharakteristiken der jeweils hintereinander geschalteten Leitungsschutzschalter ist der im Bild 3 gekennzeichnete Selektivitätsbereich mehr oder weniger breit. Um Kurzschlussselektivität bis hin zu hohen Kurzschlussströmen zu erreichen empfiehlt sich eine möglichst grosse Stufung der Bemessungsströme sowie die Auswahl einer möglichst „trägen“ Auslösecharakteristik für den vorgeschalteten Hochleistungsautomaten.

Im Beispiel wurde für den Hochleistungsautomaten ein Bemessungsstrom 100 A und die Auslösecharakteristik D gewählt. Der Leitungsschutzschalter des Endstromkreises besitzt einen Bemessungsstrom von 16 A bei der Auslösecharakteristik B. So ausgewählt ist eine Selektivität – wir sprechen in diesem Fall von der Stromselektivität – bis zu einem Kurzschlussstrom von über 1000 A gewährleistet. Bei dem im Beispiel an der Steckvorrichtung des Endstromkreises errechneten dreipoligen Kurzschlussstrom von etwa 1000 A kann demnach selektives Abschalten erwartet werden.

Da der Selektivitätsgrenzstrom deutlich unter dem Schaltvermögen des nachgeschalteten Leitungsschutzschalters bleibt – dieses beträgt 10 kA – sprechen wir in diesem Fall von der Teilelektivität. Diese Teilelektivität ist mit Blick auf eine gute Verfügbarkeit der elektrischen Anlage auch im Störfall in den meisten Energieverteilungssystemen absolut ausreichend. Die für den schlimmsten anzunehmenden Fall errechneten prospektiven Kurzschlussströme treten nur in weniger als 1% aller Störfälle auf.

## Selektivität

besteht zwischen hintereinander geschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen, z.B. Leitungsschutzschaltern (MCBs) dann, wenn im Fall einer betriebsbedingten Überlastung oder im Störfall des Kurzschlusses nur diejenige Überstrom-Schutzeinrichtung abschaltet, die dem überlasteten oder fehlerhaften Stromkreis direkt vorgeschaltet ist.

Die Auswahl des Bemessungsstromes und der Auslösecharakteristik für den vorgeschalteten Hochleistungsautomaten unter dem Gesichtspunkt der Kurzschlussselektivität bestimmt jedoch auch den Querschnitt der von diesem Gerät möglicherweise zu schützenden Leitung zwischen Unterverteiler und Stromkreisverteiler (siehe Bild 1). Unter Umständen muss diese Leitung zur Sicherstellung des Überstromschutzes in ihrem Querschnitt stärker ausgelegt werden, als dieses aus Gründen der zu erwartenden Strombelastung oder zur Sicherstellung des maximal zulässigen Spannungsfalls notwendig wäre. Im Sinne einer Optimierung der Anlagenkosten ist deshalb ein Abgleich von Bemessungsstrom und Auslösecharakteristik des vorgeschalteten Hochleistungsautomaten angebracht.

Sind wie in unserem Beispiel Kurzschlussströme von etwa 1000 A im Endstromkreis zu erwarten, so würde es ausreichen, den Selektivitätsbereich nach Bild 3 auf diesen zu erwartenden Strom hin auszulegen. Der Tabelle 2, die beispielhaft Daten zur diesbezüglichen Koordination von Hochleistungsautomaten des Fabrikates S 800 der ABB mit Leitungsschutzschaltern üblicher Auslösecharakteristiken und Bemessungsströme enthält, ist zu entnehmen, dass für den vorgeschalteten Hochleistungsautomaten bei der Auslösecharakteristik D ein Bemessungsstrom von 50 A (Selektivitätsgrenzstrom 1100 A) oder, mit etwas mehr Sicherheit, ein Bemessungsstrom von 63 A (Selektivitätsgrenzstrom 1400 A) zur Sicherstellung der Kurzschlussselektivität ausreichend wäre. Es wäre dann noch zu prüfen, ob dieser Bemessungsstrom über dem zu erwartenden Betriebsstrom der Leitung zum Stromkreisverteiler liegt ( $I_B \leq I_N$ ). Die Hersteller der Schutzeinrichtungen wie hier die ABB liefern in ihren Produktkatalogen oder auf besondere Anfrage hin Angaben für die Selektivitätskoordination ähnlich der Tabelle 2.

Nachgeschaltet MCB		Vorgeschaltet S800 S / N HPMCB					
Charakteristik	Bemessungsstrom in A	D					
		40	50	63	80	100	125
B, C	10	800	1100	1400	2800	3900	7400
	13	800	1100	1400	2500	3300	5600
	16	800	1100	1400	2500	3300	5600
	20	800	1100	1300	2300	3000	4700
	25	800	1100	1300	2300	3000	4700
	32		900	1100	1900	2400	3700
	40			1100	1900	2400	3700
	50				1500	1900	2300
	63					1700	2300
		keine Selektivität					
		Selektivitätsgrenzstrom in A					

Tabelle 2 Koordinationstabelle „Selektivität“ HPMCB zu MCB

Die in diesen Koordinationstabellen enthaltenen Selektivitätsgrenzwerte liegen zum Teil erheblich über dem jeweiligen Ansprechwert des Magnetauslösers für den vorgeschalteten Hochleistungsautomaten. Der bei der Auslösecharakteristik D zu erwartende höchste Selektivitätsgrenzstrom würde ja dem höchsten zulässigen Auslösewert des Magnetauslösers entsprechen, also dem 20fachen Bemessungsstrom. Tatsächlich liegt der Selektivitätsgrenzstrom jedoch deutlich über dem maximalen Ansprechwert des Magnetauslösers, wie das der Tabelle 2 zu entnehmen ist. Zu begründen ist das dadurch, dass der Leitungsschutzschalter im Endstromkreis im Augenblick der Kontaktöffnung – also noch bevor das Magnetsystem des Hochleistungsautomaten angeregt wird – den Kurzschlussstrom aufgrund des Schaltlichtbogens stark begrenzt. In den Koordinationstabellen sind jedoch „prospektive“ Werte angegeben. Aufgrund der Strombegrenzung bei Kontaktöffnung können deshalb die prospektiven Selektivitätsgrenzwerte höher angesetzt werden. In zahlreichen Laborversuchen wurde dieser Sachverhalt bestätigt.

## Back-up-Schutz für den Endstromkreis

Die bis hierher angestellten Betrachtungen zur Kurzschlussselektivität gehen von einem Kurzschluss am Ende des Endstromkreises aus, also von einem Kurzschluss in der Steckvorrichtung. Bei diesem Fehlerfall beträgt der dreipolige Kurzschlussstrom – wie im Beispiel berechnet – etwa 1000 A. Liegt die Fehlerstelle jedoch am Anfang des Endstromkreises, also am Einbauort der Leitungsschutzschalters (MCB), so sind Kurzschlussströme zu erwarten, die das Schaltvermögen des Leitungsschutzschalters von beispielsweise 10 kA deutlich übersteigen. In diesem Fall muss die vorgeschaltete Überstromschutzvorrichtung – also der Hochleistungsautomat – sowohl den Schutz des lastseitigen Leitungsschutzschalters als auch den Schutz der vom Kurzschluss betroffenen nachgeschalteten Anlagenteile, beispielsweise der Stromkreisleitung, übernehmen. Diese Schutzfunktion wird als Back-up-Schutz bezeichnet, was sinngemäss als „Rückschutz“ oder auch „Reserveschutz“ übersetzt werden kann. Bei Wirken des Back-up-Schutzes besteht natürlich keine Selektivität mehr zwischen den hintereinander geschalteten Schutzvorrichtungen. Der Schutz hochwertiger Anlagenteile und Betriebsmittel geht in diesem Fall über eine hohe Verfügbarkeit der Anlage.

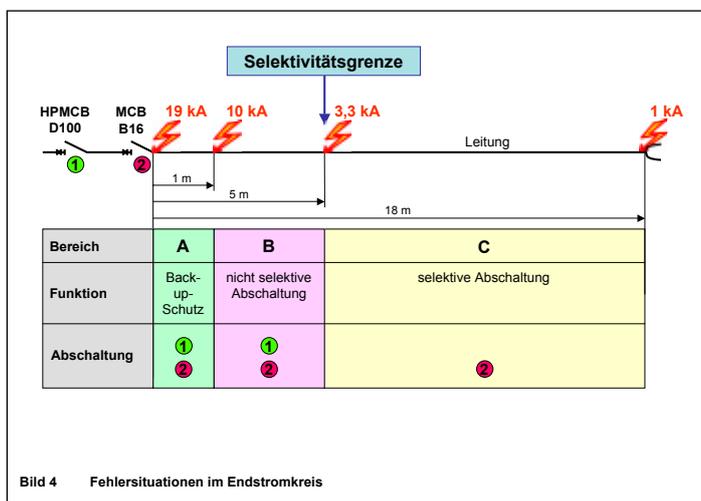
### Back-up-Schutz

von hintereinander geschalteten Überstrom-Schutzvorrichtungen, z.B. Leitungsschutzschaltern besteht, wenn bei Überschreiten des Schaltvermögens des der Fehlerstelle direkt vorgeschalteten Leitungsschutzschalters der übergeordnete Leitungsschutzschalter, z.B. ein Hochleistungsautomat abschaltet und sowohl den Schutz des überforderten Leitungsschutzschalters als auch den des fehlerbehafteten Stromkreises übernimmt. Es können in diesem Fall beide Überstrom-Schutzvorrichtungen abschalten. Beide sind nach der Abschaltung jedoch weiterhin funktionstüchtig.

In unserem beispielhaft dargestellten Niederspannungs-Energieverteilungssystem (Bild 1) übernimmt der Hochleistungsautomat (HPMCB) im Unterverteiler bei Kurzschlussströmen oberhalb der Selektivitätsgrenze – also etwa ab 3300 A – den Kurzschlusschutz der nachgeschalteten Anlage bis zu seinem Bemessungsschaltvermögen von 50 kA. Der Leitungsschutzschalter im Endstromkreis besitzt jedoch, wie beschrieben,

ein Schaltvermögen von 10 kA. Demnach wäre ein Back-up-Schutz durch den energieseitig vorgeschalteten Hochleistungsautomaten bei Kurzschlussströmen bereits oberhalb von 3300 A gar nicht gefordert. Diese Schutzfunktion ergibt sich jedoch quasi automatisch aus der Selektivitätsgrenze.

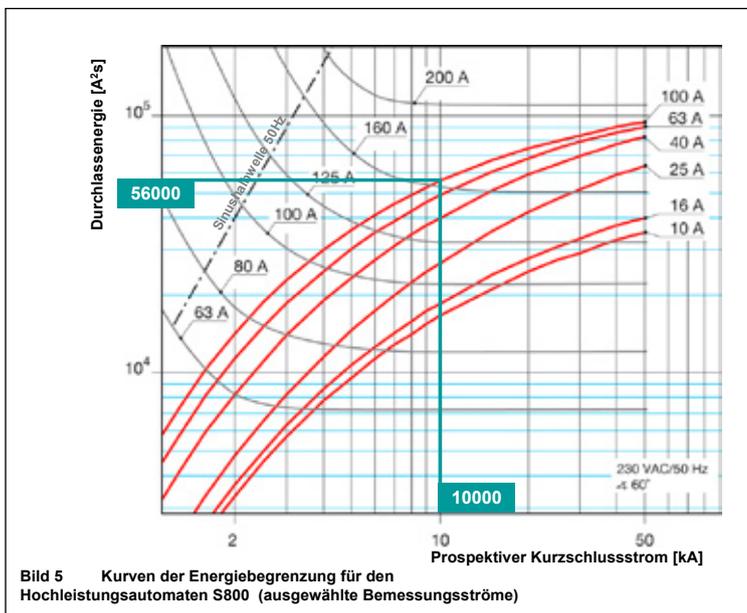
Betrachten wir nun einmal die Verhältnisse des Kurzschlusschutzes an verschiedenen Fehlerorten im Endstromkreis. Tritt der Kurzschluss – wir betrachten weiterhin nur dreipolige vollkommene Kurzschlüsse – an den Abgangsklemmen des den Endstromkreis schützenden Leitungsschutzschalters auf, so ist ein Kurzschlussstrom von etwa 19 kA zu erwarten. Natürlich ist der Leitungsschutzschalter aufgrund seines Bemessungsschaltvermögens von 10 kA mit der Abschaltung dieses Stromes überfordert. Die vorgeschaltete Überstrom-Schutzvorrichtung – unser Hochleistungsautomat – muss die Abschaltung im Sinne des Back-up-Schutzes übernehmen und er hat damit auch kein Problem. Dieses gilt auch für Kurzschlüsse im Bereich A der Stromkreisleitung (Bild 4).



Findet der Kurzschluss nun etwa einen Meter weiter im Zuge der Stromkreisleitung statt (in Energierichtung gesehen), so beträgt an dieser Stelle aufgrund der Impedanz der Stromkreisleitung – diese besitzt ja nur einen Querschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> – der dreipolige Kurzschlussstrom nur noch knapp 10 kA. Die Abschaltung dieses Fehlers könnte ohne Probleme nun der Leitungsschutzschalter des Endstromkreises übernehmen. Back-up-Schutz wäre nicht erforderlich. Allerdings liegen die zu erwartenden Kurzschlussströme in diesem Bereich – Bereich B nach Bild 4 – oberhalb des Selektivitätsgrenzstromes von 3300 A. Es werden demnach beide vorgeschalteten Überstromschutzeinrichtungen auslösen und den Kurzschluss abschalten.

Demnach wären also etwa die ersten fünf Meter der Stromkreisleitung im Falle des dreipoligen Kurzschlusses nicht selektiv geschützt. Diese Länge wird vermutlich in vielen Fällen der im Verteiler oder Schaltschrank und der im elektrischen Betriebsraum noch verlegten Leitungslänge entsprechen. Hier ist eine mechanische Einwirkung auf die Leitung und deren Beschädigung mit einem geringeren Risiko behaftet als ausserhalb des Bereiches. Der Eintritt eines dreipoligen Kurzschlusses aus dem normalen Betrieb heraus ist also für diesen Abschnitt der Stromkreisleitung nur gering wahrscheinlich, so dass die nicht bestehende Kurzschlussselektivität nicht unbedingt eine existentielle Frage der Verfügbarkeit sein muss. Ferner sollte beachtet werden, dass die meisten der auftretenden Kurzschlüsse einpolige Kurzschlüsse sind, also der Kurzschluss eines Aussenleiters gegen den Schutz- oder Neutralleiter. Diese Kurzschlussströme sind deutlich geringer als die dreipoligen Kurzschlussströme. Für diesen Fall sind auch die Längen der nicht selektiven Bereiche A und B der Stromkreisleitung nach Bild 4 von geringerer Länge, so dass sich die Möglichkeit einer nicht selektive Abschaltung des Kurzschlusses weiter verringert.

Aufgrund der beschriebenen Teilselektivität (Stromselektivität) – die Selektivitätsgrenze liegt bei etwa 3300 A – schaltet der Hochleistungsautomat den in den Bereichen A und B nach Bild 4 entstehenden Kurzschluss mit ab. Diese Schutzeinrichtung erfüllt jedoch nicht die Anforderungen der Energiebegrenzungsklasse 3. Das muss Sie auch nicht, da sie für andere Kurzschlussströme konzipiert ist. Würde der Hochleistungsautomat D 100 direkt die 1,5 mm<sup>2</sup>-Stromkreisleitung bei einem 10 kA-Kurzschluss schützen müssen, so würde diese Leitung noch mit einer vom Schutzgerät durchgelassenen Energie von etwa 56.000 A<sup>2</sup>s beaufschlagt. Dieser Wert ist aus den Durchlassenergiekurven des Bildes 5 zu entnehmen.



Wirksamer Kurzschlusschutz ist nach DIN VDE 0100-430 jedoch nur möglich, wenn die vom Schutzgerät durchgelassene Kurzschlussenergie ( $I^2t$ ) kleiner ist, als die für die zu schützende Leitung maximal zulässige Kurzschlussenergie ( $k^2S^2$ ):

$$I^2t \leq k^2S^2$$

Die Durchlassenergie der Kurzschluss-Schutzeinrichtung ergibt sich aus den Durchlassenergiekurven oder –tabellen der jeweiligen Hersteller. Die für die zu schützende Leitung zulässige Kurzschlussenergie  $k^2S^2$  ergibt sich aus der für diese Leitung zulässigen sogenannten Bemessungskurzzeitstromdichte  $k$  und aus ihrem Querschnitt  $S$ . Werte für  $k$  sind beispielsweise DIN VDE 0100-540 zu entnehmen. Die in unserem Beispiel zu schützende PVC-isolierte Kupferleitung (z.B. NYM) im Endstromkreis besitzt ein zulässiges  $k^2S^2$  von etwa 29.800 A<sup>2</sup>s.

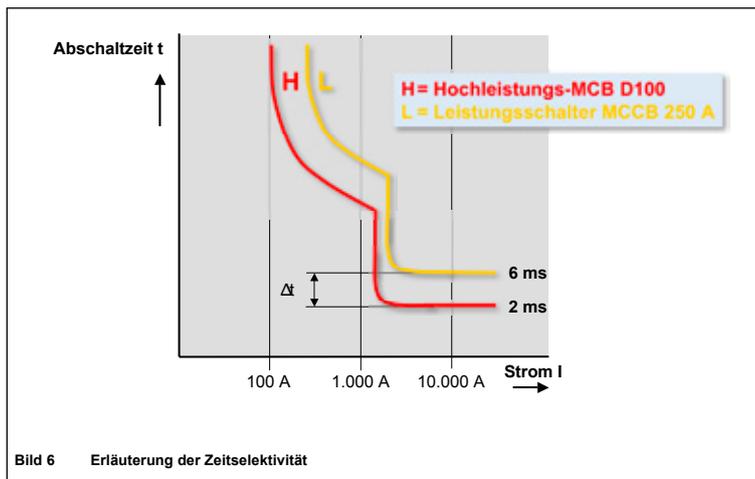
Wir stellen also fest, dass der vorgeschaltete Hochleistungsautomat bei einem Kurzschlussstrom von 10 kA nicht in der Lage wäre, die Leitung im Endstromkreis wirksam bei

Kurzschluss zu schützen. Erst das Zusammenwirken von Leitungsschutzschalter (MCB) und vorgeschaltetem Hochleistungsautomat (HPMCB), die sich gegenseitig bei der Kurzschlussstromabschaltung aufgrund ihrer Strom oder Kurzschlussenergie begrenzenden Eigenschaften unterstützen, führt zu einem wirksamen Kurzschlusschutz für das gesamte nachgeschaltete System. Auf Selektivität muss in diesem Fall – wie bereits ausgeführt – oberhalb der Selektivitätsgrenze von 3300 A jedoch verzichtet werden.

## Selektivität und Back-up-Schutz zum Hauptverteiler

Werfen wir nun noch einen Blick auf die dem Hochleistungsautomaten (HPMCB) vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtung und deren Selektivitäts- sowie Back-up-Schutz-Verhalten.

Dem Hochleistungsautomaten wird im Hauptverteiler unter Beachtung der eingangs geschilderten Kundenanforderungen in aller Regel ein Leistungsschalter vorgeschaltet sein. In unserem Beispiel ist hier ein Kompaktleistungsschalter (MCCB) mit einem Bemessungsstrom von 250 A ausgewählt. Er entspricht der Gebrauchskategorie B und ist deshalb besonders für die Selektivität zu nachgeschalteten Schaltgeräten ausgelegt.



In Bezug auf die Überlastselektivität kann gesagt werden, dass aufgrund des grossen Abstands zum Bemessungsstrom des nachgeschalteten Hochleistungsautomaten von 100 A volle Selektivität erwartet werden kann. Schnitt- oder Berührungspunkte der thermischen Zeit/Strom-Kennlinien gibt es nicht.

Betrachten wir den prinzipiellen Verlauf der Zeit/Strom-Kennlinien beider hintereinander geschalteter Schutzeinrichtungen in Bild 6, so erkennen wir, dass es auch im Kennlinienbereich der magnetischen Auslösung zu keiner Berührung oder zu keinem Schnittpunkt beider Kennlinien kommt. Demzufolge besteht also auch Selektivität im Kurzschlussfall zumindest bis zum Grenzschaftvermögen des Hochleistungsautomaten (z.B. 50 kA).

Erreicht wird diese Selektivität durch die bei den Schutzgeräten deutlich verschiedenen Abschaltzeiten im Kurzschlussfall.

Während der Hochleistungsautomat aufgrund relativ kleiner Massen der beweglichen Schaltkontakte in der Lage ist, innerhalb von etwa 2 ms Kurzschlussströme abzuschalten, benötigt ein Leistungsschalter meistens deutlich länger, beispielsweise die doppelte Zeit. Diese Zeitdifferenz, im Bild 6 als  $t$  bezeichnet, wird für das selektive Abschalten genutzt. Diese Art der Selektivität wird als „Zeitselektivität“ bezeichnet. Werden im Hauptverteiler Leistungsschalter mit zeitlich einstellbaren Kurzschlussauslösern verwendet, so lässt sich diese Zeitselektivität gezielt auf die notwendigen Werte einstellen.

In unserem Beispiel sind die Leistungsschalter im Hauptverteiler (MCCB) und die Hochleistungsautomaten (HPMCB) im Unterverteiler bis zum Schaltvermögen des Hochleistungsautomaten von 50 kA im Kurzschlussfall selektiv. Die Hersteller der Schutzeinrichtungen liefern Koordinationstabellen, die es dem Elektroplaner erlauben, Überstromschutzeinrichtungen unter Beachtung der Kurzschlussselektivität auszuwählen. Die Tabelle 3 zeigt das Beispiel einer solchen Koordinationstabelle.

Nachgeschaltet HPMCB S800		Vorgeschaltet MCCB Typ Tmax-T3, N oder S, $I_n = 250$ A					
Charakteristik	Bemessungsstrom / Einstellwerte	80 A	100 A	125 A	160 A	200 A	250 A
B, C, D, K	32	7,5	10	20	36	36	50
	40		10	20	36	36	50
	50			15	36	36	50
	63				36	36	50
	80		Keine Selektivität			36	50
	100						50
	125						50
		Selektivitätsgrenzstrom in kA					

**Tabelle 3 Koordinationstabelle „Selektivität“ MCCB zu HPMCB**

---

Die Frage des Back-up-Schutzes für den Hochleistungsautomaten im Unterverteiler durch den vorgeschalteten Leistungsschalter stellt sich in unserem Beispiel nicht. Am Einbauort des Hochleistungsautomaten tritt gemäss Kurzschlussstromberechnung ein maximaler dreipoliger Kurzschlussstrom von etwa 41 kA auf. Der Hochleistungsautomat mit seinem Schaltvermögen von 50 kA ist demnach jederzeit in der Lage, auftretende Kurzschlussströme abzuschalten. Der Nachweis des Back-up-Schutzes ist deshalb nicht gefordert.

## Zusammenfassung

Hochleistungsautomaten, das sind Leitungsschutzschalter mit besonders hohem Schaltvermögen und hervorragenden Selektivitäts- und Energiebegrenzungseigenschaften, eignen sich besonders gut als Schutzrichtungen für den Überlast- und Kurzschlusschutz in Energieverteilungssystemen. Überall dort, wo hoher Leistungsbedarf über mehrere Ebenen verteilt wird, bietet sich der Einsatz dieser Hochleistungsautomaten vorzugsweise in der vorletzten Verteilungsebene an. Bemessungsströme bis zu 125 A und Bemessungsschaltvermögen bis zu 50 kA erfüllen die in dieser Verteilungsebene üblichen Anforderungen. Die heute von den Betreibern elektrischer Anlagen geforderte geringe Baugrösse von Schaltanlagen, verbunden mit geringen Investitionskosten, hoher Verfügbarkeit und einfacher Bedienbarkeit bei geringen Betriebskosten, lassen sich durch diese Schutzgeräte hervorragend erfüllen. Der Einsatz von Schmelzsicherungen in Niederspannungsverteilungssystemen ist nicht mehr erforderlich. Die in Bezug auf die Investitionskosten möglicherweise höher liegende Leistungsschalter können durch Hochleistungsautomaten zum Teil substituiert werden.

## Vielseitig: Die Anwendungsbereiche.



### Öffentliche Gebäude.

Flughäfen, Krankenhäuser, Bürogebäude: Wo viele Menschen ein- und ausgehen, kommt der Versorgungssicherheit besondere Bedeutung zu. Zum Beispiel im International Financial Center «101» in Taipeh, dem höchsten Bürogebäude der Welt, wo rund 10 000 Menschen arbeiten. Oder im Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport (USA), wo jährlich über 80 Millionen Passagiere abgefertigt werden. Hochleistungsautomaten wie der S800 sorgen dafür, dass bei Kurzschlüssen Personen- und Sachschäden verhindert werden.



### Kraftwerke.

Ohne Strom läuft gar nichts. Mit insgesamt über 3 400 000 Megawatt Leistung sorgen Kraftwerke rund um den Erdball dafür, dass die Welt in Bewegung bleibt. Hochleistungsautomaten wie der S800 schützen ihre Infrastruktur – und damit jene Menschen und Maschinen, die an der Stromproduktion beteiligt sind.



### Chemische und Petrochemische Industrie.

Die chemische und petrochemische Industrie leistet einen entscheidenden Beitrag zum modernen Alltag. Ob Gesundheit (Medikamente, Diagnostika), Nahrung (Düngemittel, Pflanzenbehandlungsmittel, Zusatzstoffe), Bekleidung (Farbstoffe, Fasern) oder Mobilität (Treibstoff) – ihre Produkte sorgen für Lebensqualität und Arbeitsplätze. Über 2 Millionen allein in der Europäischen Union. Hochleistungsautomaten wie der S800 sichern die Produktion.



### Transportwesen.

Immer höhere Leistung bei Bahn, Schiff und Maschinen bedeutet auch immer höhere Kurzschlussströme. Dies bedingt einen zuverlässigen, leistungsstarken Personen- und Sachschutz. Hochleistungsautomaten wie der S800 bieten diesen Schutz. Zum Beispiel auf der «Queen Mary II», dem grössten Passagierschiff der Welt, wo 2500 Kilometer elektrische Kabel verlegt wurden – für 80 000 Beleuchtungskörper, 3000 Telefonie, 8800 Lautsprecher, 5000 Feuerdetektoren und 8350 automatische Feuerlöscher.



### IT- und Telekomindustrie.

Kommunikation verbindet Menschen, schafft Arbeitsplätze und macht den Alltag spannender. Kommunikation ist Leben. IT- und Telekommunikationsspezialisten in der ganzen Welt suchen unermüdlich nach Wegen, den Datenaustausch noch einfacher zu machen. Zwischen Millionen von Handys beispielsweise: Im Jahr 2004 telefonierten weltweit rund 1,5 Milliarden Menschen mobil. Hochleistungsautomaten wie der S800 schützen die Infrastruktur der IT- und Telekomindustrie, damit Informationen ungehindert fließen können. Jederzeit. Überall.

**ABB Schweiz AG Normelec**

Badenerstrasse 790  
CH-8048 Zürich  
Telefon +41 (0) 58 586 00 00  
Telefax +41 (0) 58 586 06 01

[www.abb.ch](http://www.abb.ch)

**ABB STOTZ-KONTAKT GmbH**

Eppelheimer Strasse 82  
D-69123 Heidelberg  
Telefon +49 (0) 6221 701 - 0  
Telefax +49 (0) 6221 701 - 1325  
E-mail: [desst.info@de.abb.com](mailto:desst.info@de.abb.com)

[www.abb.de/stotz-kontakt](http://www.abb.de/stotz-kontakt)

**ABB AG Komponenten**

Clemens-Holzmeister-Strasse 4  
A-1810 Wien  
Telefon +43 (0) 1 601 09 - 0  
Telefax +43 (0) 1 601 09 - 8600  
E-mail: [abb.kovs@at.abb.com](mailto:abb.kovs@at.abb.com)

[www.abb.com](http://www.abb.com)

**ABB Schweiz AG**

CMC Low Voltage Products  
Fulachstrasse 150  
CH-8201 Schaffhausen  
Telefon +41 (0)58 586 41 11  
Telefax +41 (0)58 586 42 22  
E-mail: [cmc@ch.abb.com](mailto:cmc@ch.abb.com)

[www.abb.ch](http://www.abb.ch)