

- Die Umgebungsbedingungen im Inneren der Schaltgerätekombination bezogen auf z. B. Temperatur, Verschmutzung (Staub und Feuchte), Packungsdichte und Einbaulage. Insbesondere die Innentemperatur einer Schaltgerätekombination, die bei geschlossener Bauform mehr als 20 K über der Raumtemperatur liegen kann, führt zu einer Reduzierung der Belastbarkeit der Betriebsmittel.
- Die Art und Häufigkeit der Bedienung, des Schaltens und der notwendigen Wartungen.
- Die äußeren Umweltbedingungen, denen die Schaltgerätekombination ausgesetzt ist, z. B. Klima, Innen- oder Freiluftaufstellung, Erschütterungen.
- Die Eignung für den Zugang von Personen zum Bedienen und Schalten.
- Die Eignung entsprechend den EMV-Umgebungsbedingungen A oder B.

### **Besonderheiten in der VDE 0660-600-3**

Schaltgerätekombinationen nach VDE 0660-600-3 sind im Anwendungsbereich ausdrücklich für die Bedienung durch Laien vorgesehen. Deshalb ist bei der Auswahl der Schutzeinrichtungen darauf zu achten, dass diese für die Bedienung durch Laien zugelassen sind. Es handelt sich hierbei um Schaltgeräte in Abgangsstromkreisen bis 125 A, z. B. Leitungsschutzschalter nach VDE 0641-11, Fehlerstromschutzschalter mit eingebautem Überstromschutz nach VDE 0664-200 und Schraubsicherungssysteme nach VDE 0636-3.

Im Einspeisestromkreis kann es vorkommen, dass Schaltgeräte mit einem Bemessungsstrom größer 125 A benötigt werden und nicht mit einer der zuvor genannten Normen übereinstimmen.

In diesem Fall muss verhindert werden, dass diese Geräte nach Abschaltung durch einen Kurzschluss durch Laien wieder eingeschaltet werden können. Damit soll verhindert werden, dass auf einen bestehenden Fehler in der Installation wieder zugeschaltet wird. Um diese Anforderung zu erfüllen, wird empfohlen, diese Geräte dem Zugriff durch Laien zu entziehen. Dies kann erreicht werden z. B. durch den Einbau in separate Bereiche, zusätzliche Abdeckungen oder Abschließvorrichtungen am Gerät, die nur mittels eines Werkzeugs oder Schlüssels entfernt oder geöffnet werden können. Die in der Norm genannte alternative Anbringung eines Schildes wird von den Autoren als nicht ausreichend betrachtet.

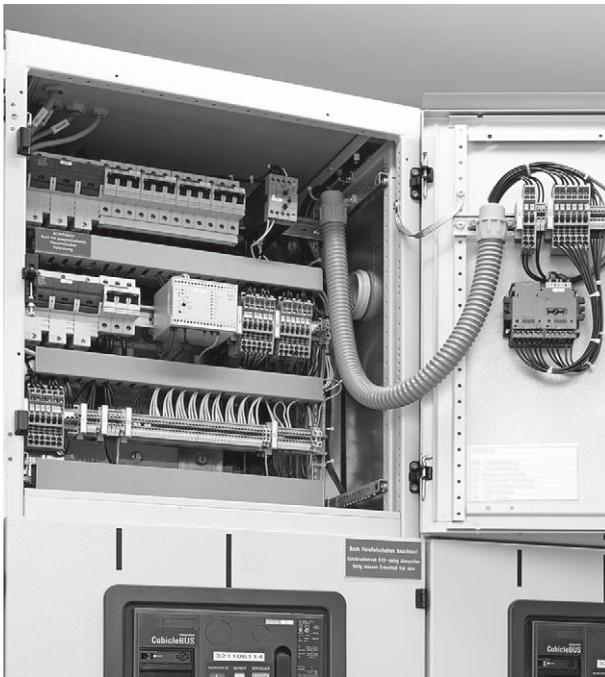
### **Zu 8.5.4 Einbau der Betriebsmittel**

Beim Einbau der elektrischen Betriebsmittel sind grundsätzlich die Vorgaben des Herstellers zu beachten, da sonst die zugesicherten Eigenschaften nicht gewährleistet sind und damit die Funktion gefährdet ist. Solche Vorgaben können insbesondere Ausblasräume sein, die von blanken spannungsführenden oder geerdeten Teilen

freizuhalten sind. Des Weiteren sind Vorgaben zur Verwendung von Außenleiter-trennwänden und Behandlung blanker Leiter im Anschlussbereich wichtig.

Darüber hinaus sollte die Anordnung der Geräte so gewählt werden, dass sie funktionsgerecht zugeordnet sind. Vorsicherungen und nachgeordnete Abgangsstromkreise sind z. B. so einzubauen, dass die Zusammengehörigkeit augenscheinlich ist und damit im Bedarfsfall schnell gehandelt werden kann. Durch die immer häufiger anzutreffende Integration von Kommunikationseinrichtungen in Schaltgerätekombinationen muss berücksichtigt werden, dass hier unter Umständen nicht nur Elektrofachkräfte Zugang haben. Deshalb ist es sinnvoll, diese Einrichtungen getrennt, z. B. in eigenen Abteilen oder Feldern, anzuordnen, die IT-Fachleuten ausreichenden Schutz bieten gegenüber den Bereichen mit gefährlichen Berührungsspannungen (**Bild 8.5.4**).

Ein weiterer Gesichtspunkt betrifft die Zugänglichkeit der Geräte, wenn sie bedient oder geschaltet werden müssen.

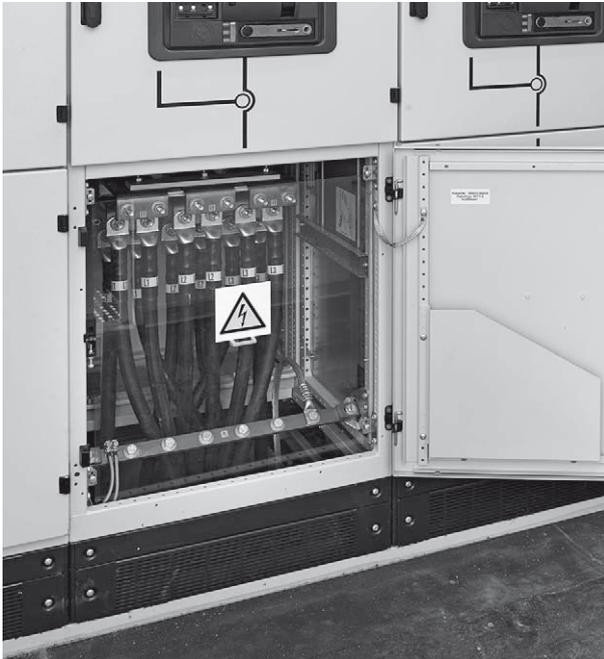


**Bild 8.5.4** Abteil für Steuerungstechnik  
Quelle: Gustav Hensel GmbH & Co. KG

## Zu 8.5.5 Zugänglichkeit

Die Zugänglichkeit von elektrischen Betriebsmitteln umfasst neben den unter {Abschnitt 8.4.6.2.3} aufgeführten Anforderungen bei Wartungsarbeiten die folgenden Tätigkeiten:

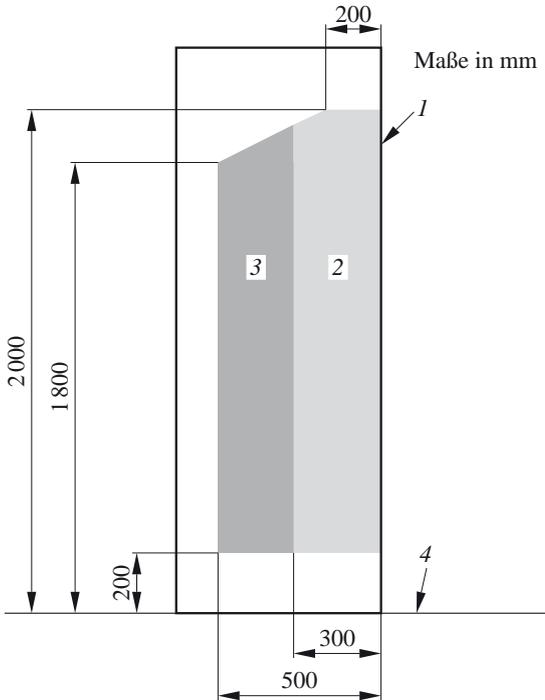
- *Anschluss der von außen eingeführten Kabel und Leitungen:*  
In vielen Schaltgerätekombinationen wird der Anschlussraum zu klein ausgelegt, weil die Einbaugeräte bereits die Montagefläche in Höhe und Breite ausgeschöpft haben. Die Festlegung der Norm, dass die Anschlüsse mindestens 0,2 m über der Standfläche anzuordnen sind, bezieht sich ausschließlich auf den Zugang zur Klemmstelle zu Kontroll- oder Messzwecken. Zum Aufspießen des Kabels und der Einhaltung von Biegeradien sind der Querschnitt sowie die Anzahl der Kabel maßgebend für den zu projektierenden Anschlussraum. Zu geringe Anschlussräume gefährden unter Umständen die Sicherheit der Klemmstelle und damit den Betrieb des Stromkreises, weil die Leiter nicht zug- und druckentlastet angeschlossen werden können.



**Bild 8.5.5-1** Anschlussraum für eine Transformatoreinspeisung  
Quelle: Gustav Hensel GmbH & Co. KG

- *Bedienen der eingebauten Schaltgeräte:*

Allgemein gelten die Vorgaben aus {Abschnitt 8.5.5}. Für die Bedienung der Einbaugeräte im Innern der Schaltgerätekombination durch Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen legt die VDE 0660-514 die zulässigen Bereiche für Betätigungseinrichtungen in **Bild 8.5.5** fest. Die Betätigung muss in stehender oder kniender Körperhaltung möglich sein, ohne unabsichtlich gefährliche aktive Teile zu berühren. Über diesen Sachstand hinaus können weitere Normen, z. B. VDE 0113-1 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstungen von Maschinen – Allgemeine Anforderungen“, zusätzliche oder andere Einbauhöhen festlegen.



**Bild 8.5.5-2** Zulässige Bereiche für Betätigungseinrichtungen – 1 Vorderfront der Schaltgerätekombination; 2 Grenze des zulässigen Bereichs für Betätigungseinrichtungen, die seitlich befestigt sind; 3, 3 Grenze des zulässigen Bereichs für Betätigungseinrichtungen, die hinten befestigt sind; 4 Standfläche des Betätigenden

Quelle: DIN VDE 0660-514:2002-11, Bild 1

- *Ablesen von Messgeräten, z. B. für Strom, Spannung, Verbrauchswerte:*  
Das Ablesen von Messwerten oder Anzeigen von Prozessdaten ist nicht ausschließlich von der Einbauhöhe der Geräte abhängig. Zusätzlich können z. B. die Lichtverhältnisse am Einbauort, die Art und Größe der Anzeige mitbestimmend sein für die richtige Einbauhöhe. Für Zählerplätze zur Messung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen gelten die vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) festgelegten Werte.

Für alle zuvor genannten normativen Festlegungen können alternativ zwischen Hersteller und Kunde abweichende Festlegungen vereinbart werden.

## **Zu 8.6 Stromkreise und Verbindungen innerhalb von Schaltgerätekombinationen**

In diesem Abschnitt werden die Anforderungen beschrieben an:

- Haupt- und Hilfsstromkreise in Schaltgerätekombinationen;
- die elektrischen Verbindungen innerhalb von Hauptstrom- und Hilfsstromkreisen;
- Kennzeichnung der Leiter in elektrischen Verbindungen.

Insbesondere die elektrischen Verbindungen in Schaltgerätekombinationen werden häufig individuell in Abhängigkeit der projektierten Lösung und dem verwendeten Schaltgerätekombinationssystem hergestellt. Deshalb muss der Hersteller der Schaltgerätekombination durch entsprechende Arbeitsanweisungen die Einhaltung der Anforderungen sicherstellen.

### **Zu 8.6.1 Hauptstromkreise**

Hauptstromkreise beinhalten alle leitfähigen Teile einer Schaltgerätekombination (z. B. Schaltgeräte und elektrische Verbindungen) in einem Stromkreis, zur Übertragung elektrischer Energie (siehe {Abschnitt 3.1.3}). In einer Funktionseinheit können Hauptstromkreise einzeln, in Gruppen und ggf. kombiniert mit Hilfsstromkreisen angeordnet sein.

Hauptstromkreise können in folgende Funktionen unterteilt werden:

- Einspeisestromkreise;
- Hauptsammelschiene, Verteilschiene;
- Abgangsstromkreise (Verteilungs- und Endstromkreise).

Die Auswahl der elektrischen Betriebsmittel (Schaltgeräte) ist in {Abschnitt 8.5.3} beschrieben.

Deshalb gilt das Hauptaugenmerk der nachstehenden Anforderungen den Sammelschienensystemen und den elektrischen Verbindungen.

**Hauptsammelschienen** erstrecken sich in der Regel über die gesamte Länge der Schaltgerätekombination und übertragen die elektrische Energie von den Einspeisungen zu den Abgängen. Damit hat dieser Stromkreis in Bezug auf Verfügbarkeit einen besonderen Stellenwert und muss kurzschlussfest ausgeführt werden. Es ist durch die Anordnung und Konstruktion sicherzustellen, dass im vorgesehenen Betrieb innerhalb des Systems kein Kurzschluss entstehen kann. Ein aus einem äußeren Fehler resultierender Kurzschlussstrom muss geführt werden können, ohne dass das System beschädigt oder zerstört wird. Die hierzu korrespondierenden Bemessungswerte sind in {Abschnitt 9.3} beschrieben.

**Verteilschienen** haben die Aufgabe, innerhalb eines Felds die elektrische Energie von der Hauptsammelschiene zu den Abgangsstromkreisen zu übertragen. Aufgrund der nur auf ein Schrankfeld bezogenen Verfügbarkeit der Abgangsstromkreise ist es zulässig, die Anforderungen an die Kurzschlussbeanspruchung wie folgt zu reduzieren:

- Die Verteilschiene und alle Verbindungen müssen kurzschlussfest sein, bezogen auf den max. Durchlassstrom einer Schutzeinrichtung, die an diese Verteilschiene angeschlossen ist.
- Alle Verbindungsleitungen (z. B. isolierte Leitungen) müssen kurzschlussicher verlegt sein (siehe {Abschnitt 8.6.4}).

### Zu 8.6.2 Hilfsstromkreise

Hilfsstromkreise beinhalten alle leitfähigen Teile einer Schaltgerätekombination (Schaltgeräte und elektrische Verbindungen) in einem Stromkreis, z. B. für Steuerung, Messung, Regelung, Kommunikation (siehe {Abschnitt 3.1.4}).

Hilfsstromkreise können in Verbindung mit Hauptstromkreisen einer Funktionseinheit angehören, aber eigenständig keine Funktionseinheit darstellen. Die Strombahnen eines Hilfsstromkreises müssen für die max. Belastung ausgelegt werden und versorgen keine Verbrauchsmittel. Damit ist im Unterschied zum Hauptstromkreis eine Überlastung ausgeschlossen und demgemäß eine Schutzeinrichtung gegen Überlast nicht erforderlich. Eine Kurzschlusschutzeinrichtung ist in der Regel notwendig sowohl für die Leitungen als auch für die Schalt- und Steuergeräte. Hierbei sind die Angaben der Gerätehersteller zu beachten. Ausgenommen hiervon sind z. B. Hilfsstromkreise, bei deren Unterbrechung eine Gefährdung entstehen kann oder dieser Stromkreis zu Abrechnungszwecken mit dem öffentlichen Stromversorger notwendig ist.

Bei Hilfsstromkreisen, die galvanisch getrennt betrieben werden, muss eine Maßnahme zum Schutz gegen elektrischen Schlag nach VDE 0100-410 angewendet werden. Diese

kann unabhängig von der Art des Schutzes in den Hauptstromkreisen gewählt werden und richtet sich nach dem Netzsystem, in dem der Hilfsstromkreis betrieben werden soll.

### Zu 8.6.3 Blanke und isolierte Leiter

#### Auswahl der Leiterquerschnitte

**Blanke Leiter** werden in Schaltgerätekombination vorrangig in Sammelschienensystemen und für Verbindungen in Hauptstromkreisen bei hohen Betriebsströmen verwendet (**Bild 8.6.3-1**). Neben der hohen mechanischen Stabilität zum Erreichen von Kurzschlussfestigkeiten sind höhere Oberflächentemperaturen zulässig, die nicht durch eine Isolierung wie bei einer Aderleitung begrenzt werden. Die Auswahl und Festlegung des Schienenquerschnitts liegen in der Verantwortung des ursprünglichen Herstellers der Schaltgerätekombination und basierten auf den Ergebnissen des Erwärmungsnachweises.

Zur Einhaltung der max. zulässigen Erwärmung der Schienen wird der Nachweis durch die Prüfung nach {Abschnitt 10.10.2} erbracht oder durch Berechnung nach {Abschnitt 10.10.4}. Bei der Berechnung müssen die max. Betriebsströme der blanken Schienen (Kupfer) aus dem Anhang N verwendet werden.



**Bild 8.6.3-1** Beispiel für Verdrahtung mit blanken Leitern

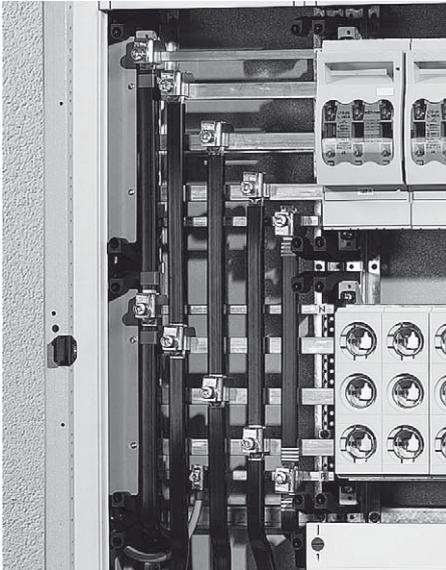
Quelle: Gustav Hensel GmbH & Co. KG

**Isolierte Leiter** werden in Schaltgerätekombinationen zumeist für Verbindungen in und zwischen Hauptstromkreisen bis 630 A und in Hilfsstromkreisen verwendet (**Bild 8.6.3-2**). Die Auswahl und Festlegung der Leiterquerschnitte für die Hauptstromkreise liegen auch hier in der Verantwortung des ursprünglichen Herstellers der Schaltgerätekombination und basierten auf den Ergebnissen des Erwärmungsnachweises.

Zur Einhaltung der max. zulässigen Erwärmung der isolierten Leiter wird der Nachweis durch die Prüfung nach {Abschnitt 10.10.2} erbracht oder durch Berechnung

nach {Abschnitt 10.10.4}. Bei der Berechnung muss der jeweilige Mindestquerschnitt entsprechend den zulässigen Betriebsströmen aus dem Anhang H ausgewählt werden. Die Werte sind abgeleitet aus der DIN VDE 0100-520.

Die Schaltgeräte in Hauptstromkreisen benötigen für ihren bestimmungsgemäßen Betrieb teilweise höhere Mindestquerschnitte als die, die durch die zuvor dargelegten Regeln ermittelt wurden. In jedem Fall sind entsprechende Hinweise des Herstellers der Schaltgeräte zusätzlich zu beachten.



**Bild 8.6.3-2** Beispiel für Verdrahtung mit isolierten Leitern  
Quelle: Gustav Hensel GmbH & Co. KG

### **Verlegung der Leiter**

Blanke Leiter werden einzeln oder im System (drei-, vier- oder fünfpolig) im Schaltschrank durch Stützer befestigt. Der Nachweis der Eignung dieser Stützer muss nach den Anforderungen der Norm erfolgen (hinsichtlich Kurzschlussfestigkeit {Abschnitt 10.11}, der thermischen Stabilität {Abschnitt 8.1.3.2} und der Isolationsfestigkeit {Abschnitt 8.3} und {Abschnitt 9.1}). Der Schaltgerätehersteller kann z. B. Hinweise für den ersten Stützabstand nach dem Geräteanschluss geben, damit die Festigkeit der Anschlussstelle durch die Verschiebung nicht beeinträchtigt wird. Bei Schienenkreuzungen muss darauf geachtet werden, dass bei blanken aktiven Leitern unterschiedlichen Potentials die Mindestluftstrecken auch unter Kurzschlussbedingungen entsprechend der Bemessungsisolationsspannung eingehalten werden. Isolierte Leitungen müssen mindestens für die Bemessungsisolationsspannung des betroffenen Stromkreises ausgelegt sein. Bei gemeinsamer Verlegung von mehreren

Stromkreisen mit unterschiedlichen Spannungen sind alle Leitungen für die höchste vorkommende Spannung zu bemessen. Um bei gebündelter Verlegung von Hauptstromkreisen eine Überhitzung im Leiterbündel zu verhindern, sollten die Aderleitung zwar geführt, aber nicht unter Druck aneinandergedrückt werden. Bei der Verlegung in Verdrahtungskanälen ist entsprechend darauf zu achten, dass die Kanäle nie bis zu ihrem Fassungsvermögen gefüllt sind.

Die Verlegung muss so erfolgen, dass eine mechanische Beschädigung in jedem Fall ausgeschlossen wird. So ist es z. B. nicht zulässig, dass blanke aktive Teile ungleichen Potentials und scharfe Kanten berührt werden.

Leitungen von SELV- oder PELV-Stromkreisen sind von anderen Stromkreisen separat auf Abstand oder von diesen besonders geschützt zu verlegen. Eine getrennte Verlegung kann auch notwendig sein für Sicherheitsstromkreise und Leitungen, die der Kommunikation dienen.

### **Verbinden und Anschließen von Leitern**

Sammelschienenverbindungen blanker Leiter untereinander werden im Rahmen der Kurzschluss- und Erwärmungsprüfung nachgewiesen. Bei der Gestaltung von Sammelschienenverbindungen kann man sich an der DIN 43673-1 und DIN 43673-2 orientieren. In Abhängigkeit der Schienenabmessungen und der Bemessungsströme sind die Größe, Anordnung und die Anzahl der Schraubverbindungen festzulegen. Die Schraubverbindungen sollten mit einem Schutz gegen Selbstlockern ausgerüstet sein. Isolierte Leiter sind mit Reihenklemmen der Normenreihe DIN EN 60947-7-x (**VDE 0611**) oder Verbindungsklemmen der Normenreihe DIN EN 60998 (**VDE 0613**) zu verbinden. Leitungen müssen im Fall einer Beschädigung oder einer Verlängerung entweder erneuert oder, falls das nicht möglich ist, mittels einer dokumentierten Reihenklemme an zugänglicher Stelle „repariert“ werden. „Flickstellen“ oder Lötverbindungen sind nicht zulässig.

Anschlüsse an Sammelschienen können mit Sammelschienenklemmen vorgenommen werden, deren Klemmstelle mindestens den Normen DIN EN 60999-1 (**VDE 0609-1**) und DIN EN 60999-2 (**VDE 0609-101**) entspricht. Beim Anschluss an Schaltgeräte sind die Angaben des Schaltgeräteherstellers bezüglich Leiterwerkstoff (Cu oder Al), Leiterquerschnitt, Anzahl der anschließbaren Leiter je Klemmstelle und Leiterart zu beachten. Wenn der Hersteller bezüglich der Leiterart keine Angabe macht, sind alle Leiterarten zulässig (eindrätig, mehrdrätig und feindrätig). Klemmstellen sind entsprechend ihren Normen für den Anschluss unvorbereiteter Leiter (ohne Aderendhülsen, Kabelschuhe, ...) vorgesehen und geprüft. Die Verwendung von Aderendhülsen und Kabelschuhen sollte durch den Hersteller der Schaltgeräte bzw. der Klemmen zugelassen sein.

Anschlussklemmen an Schaltgeräten sind keine Verbindungsklemmen, d. h. sie sind, wenn nicht ausdrücklich vom Hersteller dafür freigegeben, nicht in der Lage, Betriebsströme oberhalb ihres Bemessungsstroms auf weitere Betriebsmittel zu verteilen.