

Sicherheit im Schaltschrank

Alfred Mörx¹

1 Einleitung


Fabriksfertige und nicht fabriksfertige Schaltanlagen und Verteiler stellen Schlüsselkomponenten von Niederspannungsanlagen dar. Diese bilden gleichsam den „Wohnort“ für einen wesentlichen Teil des Installationsmaterials und haben darüber hinaus die Aufgabe auch ihre Umgebung – Personen und Sachwerte – vor möglichen negativen Auswirkungen der Elektrizitätsanwendung zu schützen. (Lichtbogenwirkung, Schutz vor gefährlichen Berührungsspannungen ...).

Wenngleich fabriksfertige Schaltanlagen und Verteiler (d.h. Gehäuse und das im Gehäuse enthaltene Installationsmaterial werden als Betriebsmittel („fabriksfertig“) hergestellt und ohne weitere Veränderungen vom Errichter in die Anlage eingebaut) in den letzten Jahren eine wachsende Bedeutung erlangt haben, sind es in der Praxis des Elektrotechnikers auch die so genannten *nicht fabriksfertigen Schaltanlagen und Verteiler*, mit denen er täglich zu tun hat.

Nicht fabriksfertige Schaltanlagen und Verteiler sind Teile elektrischer Anlagen, die *vom Errichter nach Bedarf aus geeigneten Komponenten* zusammengestellt und für die *bestimmungsgemäße Anwendung* adaptiert werden.

In diesem Vortrag möchte ich einige wesentliche Gedanken zur Bedeutung von Schaltschränken aus sicherheitstechnischer Sicht beleuchten, verbunden mit Hinweisen zum aktuellen elektrotechnischen Normenwerk.

2 „Wohnort“ von Installationsmaterial

Alle Betriebsmittel, ob Fehlerstrom-Schutzschalter, Leistungsschalter, Klemmen, Verschiebungssysteme usw., sind vom Hersteller für bestimmte Umgebungsbedingungen hergestellt. Ich denke wohl am bekanntesten ist die Beschränkung der Umgebungstemperatur von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen zu tiefen Temperaturen (-5 °C) hin. Die Erweiterung dieser Beschränkung bis – 25 °C ist nach den geltenden Normen sogar entsprechend am Gerät zu kennzeichnen  .

Darüber hinaus haben jedoch auch die Schaltschränke selbst Anforderungen zu erfüllen, die wieder nur dann eingehalten werden können, wenn vom im Inneren angeordneten Installationsmaterial bestimmte Grenzwerte hinsichtlich der Wärmeabgabe nicht überschreiten.

Die Summe der Verlustleistungen aller eingebauten Betriebsmittel ist zu ermitteln und darf die maximal zulässige Verlustleistung des Verteilergehäuses gemäß Herstellerangabe oder Berechnung² nicht überschreiten.

¹ Kurzfassung eines Vortrages, gehalten anlässlich von Veranstaltungen der Eaton GmbH. im Jänner und Februar des Jahres 2011.

Eur.Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx; diam-consult, Ingenieurbüro für Physik; Wien; E-Mail: am@diamcons.com
Vorsitzender des Technischen Komitees „Elektrische Niederspannungsanlagen“ und des Technischen Subkomitees „Schutzschalter“ im OVE.



Die Einhaltung der maximal zulässigen Verlustleistung des Verteilergehäuses alleine gemäß Herstellerangabe ist nicht immer geeignet, dies sicherzustellen. Es muss auch die Wärmeverteilung im Verteiler beachtet werden.

3 „Komfortzonen“ für Installationsmaterial

Darüber hinaus sind die zulässigen Umgebungsparameter des in den Schaltschrank eingebauten Installationsmaterials (Betriebsmittel, Verbrauchsmittel, Leitungen, u. dgl.) nach Herstellerangabe (Datenblatt!) einzuhalten.

Diese „Komfortzonen“ sind (beispielhaft) für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen auszugsweise in Tabelle 1 angegeben.

Einflussgröße	Definierte (genormte) Einsatzbedingungen
Umgebungstemperatur	-5 °C bis + 40 °C -25 °C bis + 40 °C Mittelwert der Temperatur über 24 Stunden \leq + 35 °C
Relative Feuchte (Höchstwert bei 40 °C)	50 % Höhere Werte sind bei niedrigeren Temperaturen zulässig (z. B.. 90% bei 20 °C)
Höhenlage	Nicht über 2000 m Seehöhe
(Einbau-) Lage	Herstellerangabe, Abweichung von 2° in jede Richtung erlaubt (Befestigung ohne dass Verformungen auftreten, die die Funktion beeinträchtigen)

Tabelle 1 Definierte (genormte) Einsatzbedingungen für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (Auszug)

4 Schaltschrank als „Schutztechnik-Zentrale“

Schutztechnik wird nicht nur durch die Einbauten im Schaltschrank wirksam, jede elektrische Verbindung auch außerhalb des Schaltschranks ist wichtig. Jedoch befinden sich wesentliche Elemente des in Anlage realisierten Schutzkonzepts innerhalb des Schaltschranks. Hier möchte ich an das in Österreich geltende dreistufige Schutzkonzept (siehe Bild 1) erinnern, bestehend aus Basisschutz, Fehlerschutz und Zusatzschutz, das nicht nur für die Anlage (außerhalb des Schaltschranks) sondern auch für den Schaltschrank selbst und seine Einbauten gilt.

² Die Verlustleistung kann z. B. entsprechend ÖVE HD 528 S2:1997; Verfahren zur Ermittlung der Erwärmung von partiell typgeprüften Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen (PTSK) durch Extrapolation; ermittelt werden. In ÖVE/ÖNORM EN 60439-1 ist unter den Typprüfungen eine Erwärmungsprüfung festgelegt. Für bestimmte Ausführungen von Kombinationen, für die die Erwärmungsprüfung entweder nicht durchführbar oder aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu vertreten ist, darf die Erwärmung durch Extrapolation aus Daten errechnet werden, die bei der Prüfung von anderen Kombinationen ermittelt wurden. Diese Kombinationen werden dann als partiell typgeprüfte Schaltgerätekombinationen bezeichnet.

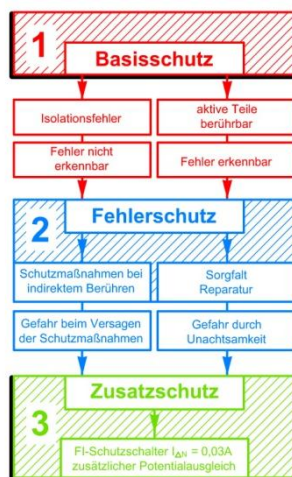


Bild 1 Dreistufiges Schutzkonzept, Basisschutz, Fehlerschutz, Zusatzschutz

Darüber hinaus kann ich auf die Bestimmungen für den Einbau von Überspannungs-Schutzeinrichtungen nicht oft genug hinweisen, wo doch die Wirksamkeit der Überspannungsableiter wesentlich von den Leitungslängen der Zu- und Ableitung abhängt (siehe Bild 2).

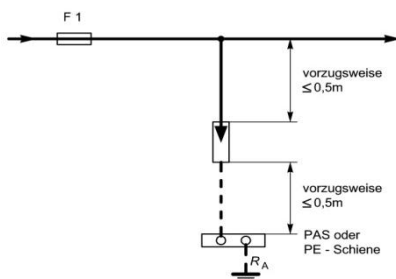


Bild 2 Leitungslängen für die Verdrahtung von Überspannungsableitern

Nicht zuletzt sitzt im Schaltschrank in den meisten Fällen die sogenannte *Nullungsverbindung*, ein wesentliches Element der in Österreich weitverbreiteten - und durch den Gesetzgeber³ geforderten - Schutzmaßnahme Nullung für den Fehlerschutz (siehe Bild 3).

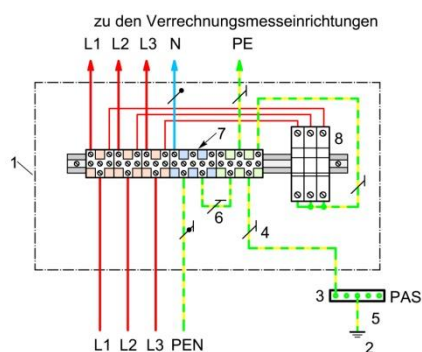


Bild 3 Nullungsverbindung

³ BGBl. 322/1998



5 Der Schaltschrank in der Gemeinschaft mit anderen Schaltschränken

Grundsätzlich gilt, dass Schaltanlagen und *Verteiler* so ausgewählt und aufgestellt werden müssen, dass Gefährdungen von Personen vermieden werden und ein hohes Maß an Betriebssicherheit erreicht wird.

Dies gilt auch für nachträgliche Änderungen, Erweiterungen an Schaltanlagen und Verteilern.

Darüber hinaus sind die allgemeinen Anforderungen⁴ an das Herstellen und/oder den Einbau zu beachten. Von besonderer Bedeutung ist die Anforderung, dass Betriebsmittel so auszuwählen sind, dass die von ihnen ausgehenden störenden Einflüsse einschließlich der Schaltvorgänge bei bestimmungsgemäßem Betrieb andere Betriebsmittel oder das Versorgungsnetz nicht unzulässig beeinträchtigen. Die Betriebsmittel sind so auszuwählen, dass sie durch die üblicherweise auftretenden störenden elektromagnetischen Einflüsse in ihrer ordnungsgemäßen Funktion nicht beeinträchtigt werden.

Diese Forderung ist im bestimmungsgemäßen Betrieb eines einzelnen Betriebsmittels in der für das Betriebsmittel vorgesehenen elektromagnetischen Umgebung durch den *Hersteller des Betriebsmittels* zu gewährleisten und durch die CE-Kennzeichnung dokumentiert.

Beim Zusammentreffen von mehr als einem (CE-gekennzeichneten) Betriebsmittel in einem Verteiler sind zur Erfüllung dieser Forderung durch den Hersteller des Verteilers oder der Schaltanlagen qualifizierte Überlegungen (in manchen Fällen auch Messungen, z. B. Messung von Oberschwingungen) zum Nachweis dieser Forderung durchzuführen.

5.1 Gangbreiten und Durchgangshöhen für Notfälle

Schaltanlagen und Verteiler müssen so angeordnet und aufgestellt werden, dass die geforderten⁵ Mindestmaße für Breite und Höhe der Gänge, jeweils in Abhängigkeit von der (IP-)Schutzart, nicht unterschritten werden.

In Bild 4 sind die Mindestanforderungen für Gänge in Niederspannungs-Schaltanlagen mit Schutzart größer gleich IP 2X als Beispiel angegeben. Dabei ist zusätzlich ist zu beachten, dass die Gänge gegebenenfalls breiter gewählt werden müssen, damit sich die Schranktüren und Schwenkrahmen vollständig öffnen, und Einschübe sich vollständig ausziehen lassen.

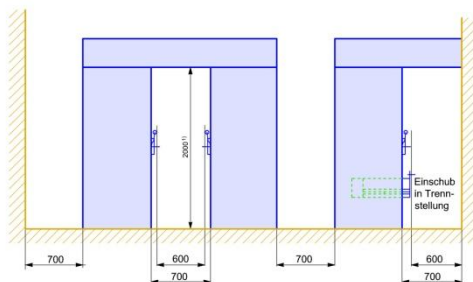


Bild 4 Mindestgangbreiten und Durchgangshöhen für Gänge in Niederspannungs-Schaltanlagen mit Schutzart größer gleich IP 2X; 1) ... Mindestdurchgangshöhen unter Abdeckungen oder Umhüllungen

⁴ ÖVE EN 1, Teil 2:1993 und Teil 2a:1996, § 25 Allgemeine Anforderungen

⁵ Mindestmaße gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-2-30:2008-12-01



6 Schaltschränke als Arbeitsstätte

Von besonderer Bedeutung sind jene Maßnahmen, die dazu dienen, dass in Notfällen Personen auch bei offenstehenden Schrank- und Gehäusetüren die Ausgänge über Fluchtwege ohne Schwierigkeiten erreichen können.

Dies ist vor allem bei Umbauten oder Sanierungen von Bedeutung, wenn in bestehende bauliche Anlagen neue, in der Dimension zu früher bestehenden Schränken oder Verteilern unterschiedliche (größere), Verteiler eingebaut werden sollen. Die Fragen der Mindestgang- und Durchgangsbreiten sind schon in der Phase der Projektierung zu berücksichtigen!

Dies Anforderung gilt als erfüllt, wenn z. B. Schrank- bzw. Gehäusetüren in Fluchtrichtung zuschlagen oder sich so weit öffnen lassen, dass die verbleibende Breite die Mindestdurchgangsbreite von 500 mm nicht unterschreitet (siehe Bild 5).

Gänge mit einer Länge von mehr als 20 m müssen von beiden Seiten zugänglich sein. Für Gänge, die länger als 6 m sind, wird ein beidseitiger Zugang empfohlen. Bei beidseitigem Zugang müssen beide Fluchrichtungen bei der Festlegung der Mindestgangbreiten berücksichtigt werden.

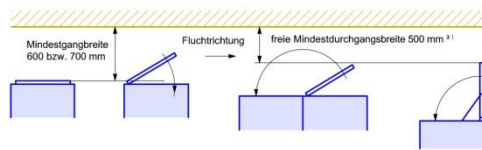


Bild 5 Gangbreiten im Bereich offener Türen, Zugängigkeit nur von einer Seite (Fluchtrichtung nach rechts); 3) ... bei gegenüberliegenden Schaltanlagenfronten wird nur auf einer Seite mit der Einengung durch offene Türen gerechnet; bei der Errichtung ist jedenfalls darauf zu achten, dass sich alle Türen mindestens 90° öffnen lassen.

Abschließend soll an dieser Stelle nochmals daran erinnert werden, dass als Mindestschutzart für Schaltschränke und Verteiler *außerhalb* abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten IP2XC⁶ eingehalten werden muss.

6.1 Basisschutz, Fehlerschutz, Zusatzschutz

6.1.1 Basisschutz

Ist der Zutritt zu Schaltanlagen oder Verteilern für Laien möglich („laienbedienbare Schaltanlagen und Verteiler“), dürfen abnehmbare Teile, die das direkte Berühren aktiver Teile verhindern nur mittels Werkzeug oder Schlüssel entfernbar sein.

Abschränkungen, z. B. Holzleisten, als einzige Abgrenzung vor aktiven Teilen dürfen nur in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten⁷ angewendet werden.

Wenn nicht durch Bauart, Anordnung oder besondere Vorrichtungen ein Schutz gegen zufälliges Berühren vorhanden ist, so muss der Abstand zu aktiven Teilen hinter der Abschränkung mindestens

⁶ IP ... International Protection; 2 ... geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Finger und geschützt gegen feste Fremdkörper mit 12,5 mm Durchmesser und größer; C ... geschützt gegen den Zugang mit Werkzeug

⁷ ÖVE/ÖNORM E 8001-4-44: 2001-02-01; Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten.




200 mm betragen oder ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2007⁸, Tabelle A.1 entsprechen, je nachdem welche Anforderung höher ist.

Eine Schutzisolierumhüllung⁹ darf an keiner Stelle von leitfähigen Teilen (z. B. Befestigungsschrauben oder andere Montageelemente) so durchbrochen oder geschwächt werden, dass eine Spannung nach außen verschleppt werden kann.

6.1.2 Fehlerschutz

Schaltanlagen und Verteiler, deren Körper in eine Schutzmaßnahme mit Schutzleiter einzubeziehen sind, müssen mit einer Anschlussstelle für den Schutzleiter versehen sein.

Die Anschlussstelle muss entsprechend den zu erwartenden Kurzschlussströmen ausreichend dimensioniert und dauerhaft gekennzeichnet sein¹⁰ .

Verteilerkästen aus Metall, welche auch für Schutzzwischenisolierung geeignet sind, besitzen oft auch einen Schutzleiteranschluss. Dieser ist bei Verwendung des Kastens als schutzzwischenisolierter Verteiler *nicht anzuschließen*.

Bei Anwendung der Schutzmaßnahme Fehlerstrom-Schutzschaltung ist zu beachten, dass die Schutzmaßnahme erst ab dem Einbauort der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung wirksam ist. Aus diesem Grund muss in Schaltanlagen und Verteilern von der Einführung der Anschlussleitung bis zu den Speiseklemmen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, die den Schutz bei indirektem Berühren für den Verteiler mit übernimmt, die Schutzmaßnahme Schutzisolierung angewendet werden.

Das gilt auch für im Zuge dieser Anschlussleitung angeordnete Betriebsmittel z. B. Vorsicherungen, Überspannungs-Schutzeinrichtungen u. dgl.

Die Körper¹¹ in Schaltanlagen und Verteilern müssen gut leitend mit dem Schutzleiter verbunden werden. Der Querschnitt der Verbindung muss mindestens 4 mm² Cu entsprechen. Diese Verbindung kann auch mittels dafür geeignete (Leitwert muss gleichwertig einer Verbindung von 4 mm² Cu sein!) Schraubverbindungen, Scharnieren, Nieten u. dgl. erreicht werden.

Wenn an nachgeordneten Betriebsmitteln Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter angewendet werden, so muss in den Schaltanlagen und in Verteilern ein Schutzerdungsleiter „durchgeschleift“ werden.

⁸ ÖVE/ÖNORM EN 50110-1, Ausgabe 1.5.2007; Betrieb von elektrischen Anlagen; auch in einer berichtigten Fassung 1.9.2008 verfügbar.

⁹ Informationen zur Anwendung der Schutzzwischenisolierung siehe in der Fachinformation des ÖVE: Schutzzwischenisolierung als Schutzmaßnahme des Fehlerschutzes von betriebsfertigen Verteilern und Schaltgerätekombinationen mit Nennspannungen bis 250 V AC gegen Erde, Ausgabe Oktober 2007; erhältlich unter: <http://www.ove.at/oek/fachinfo/index.html>

¹⁰ Symbol gemäß den technischen Bestimmungen ÖVE/ÖNORM EN 60417-1, Reg.-Nr. 5019 für die Kennzeichnung der Anschlussstelle des Schutzleiters

¹¹ Gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 1.3.2000, Abschnitt 3.3.7 versteht man unter einem Körper (von elektrischen Betriebsmitteln) ein leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das berührt werden kann und üblicherweise nicht unter Spannung steht, aber unter Spannung geraten kann, wenn die Basisisolierung versagt.



Das „Durchschleifen“ von Schutzerdungsleitern durch Schaltanlagen und Verteiler ist grundsätzlich erlaubt; es müssen jedoch unbedingt besondere Anforderungen¹² eingehalten werden.

6.1.3 Zusatzschutz

Für Stromkreise *in Verteilern oder Schaltanlagen* für Wechselspannung mit Steckdosen¹³ bis 16 A Bemessungsstrom und 250 V bis 400 V Bemessungsspannung (bzw. bei Steckdosen für industrielle Anwendungen bis 16 A Nennstrom und Nennbetriebsspannung 200 V bis 250 V und 380 V bis 480 V) sind bei Anwendung der Maßnahmen des Fehlerschutzes Schutzerdung, Nullung oder Fehlerstrom-Schutzschaltung zusätzlich Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30$ mA einzubauen.

Dies betrifft in vielen praktischen Fällen so genannte „Wartungs- oder Servicesteckdosen“ in Schaltanlagen und Verteilern, die vorzugsweise durch einen dafür geeigneten FI/LS-Schalter geschützt werden.

7 Kennzeichnung, Anschluss, Prüfung Dokumentation

Schaltanlagen und Verteiler müssen mit dem Namen bzw. dem Kurzzeichen des Errichters (gemeint ist an dieser Stelle der „endgültige Errichter“ und nicht der Hersteller der jeweiligen Komponente) sowie mit einer eindeutigen Kennung und der erforderlichen Dokumentation¹⁴ unter Angabe aller erforderlichen technischen Daten wie z. B. Bemessungsspannung, Bemessungsstrom, Kurzschlussfestigkeit, ermittelte Verlustleistung, versehen sein.

Die Zuordnung der von außen eingeführten Leiter zu ihren Stromkreisen muss eindeutig und dauerhaft ausgeführt sein, z. B. durch:

- ✚ Anordnung (räumliche Einteilung) oder
- ✚ Kennzeichnung der Kabel, Leitungen oder sonstiger Leiter in Übereinstimmung mit den Schaltungsunterlagen¹⁵.

Erforderlichenfalls sind die Stromkreiskennzeichnungen für den Anschluss vom („endgültigen“) Errichter zu ergänzen.

Von außen eingeführte Kabel und Leitungen müssen vor ihren Anschlussstellen so befestigt werden, dass sie an den Anschlussstellen zug- und druckentlastet sind und in Übereinstimmung mit den Schaltungsunterlagen angeschlossen werden.

Nach Vollendung der Anschlussarbeiten müssen die Einführungsöffnungen, sofern nicht bereits vom Hersteller vorbereitet, so verschlossen werden, dass die vorgesehene Schutzart für die gesamte Schaltanlage bzw. für den Verteiler eingehalten wird.

¹² Anforderungen gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-2-30:2008-12-01; Abschnitt 4.7.2.2

¹³ Die Art der Steckdosen, die unter die Bestimmung des Zusatzschutzes fallen, ist in ÖVE/ÖNORM E 8001-/A1, Ausgabe 1.4.2002, im Abschnitt 6.1.1 spezifiziert. Es handelt sich dabei um „Steckdosen für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke“ gemäß ÖVE/ÖNORM IEC 60884-1 und „Steckdosen für industrielle Anwendungen“ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60309 (alle Teile).

¹⁴ Gemäß ÖVE-EN 1, Teil 2:1993, § 25.2.6.5 bzw. § 25.2.6.6 unter Angabe aller erforderlichen technischen Daten (Bemessungsspannung, Bemessungsstrom, Kurzschlussfestigkeit, ermittelte Verlustleistung, u. dgl.)

¹⁵ Kennzeichnung gemäß ÖVE-EN 1, Teil 2:1993, § 25.2.6.5



Nach Fertigstellung bzw. nach Abschluss der Montage- und Anschlussarbeiten vor Ort müssen Schaltanlagen und Verteiler, je nach Zutreffen entweder gemäß den Prüfbestimmungen der Normenreihe ÖVE/ÖNORM EN 60439 oder gemäß der Normenreihe ÖVE/ÖNORM E 8001-6 geprüft und dokumentiert werden. Das Ergebnis und der Umfang der Prüfung müssen dokumentiert und dem Anlagenbuch beigelegt werden.

Im Rahmen der dabei erforderlichen Besichtigung muss festgestellt werden, ob

- ✚ die vorgesehenen Betriebsmittel vorhanden, vollständig und ordnungsgemäß (gemäß Herstellerangabe) eingebaut und in Übereinstimmung mit dem Schaltplan verdrahtet sind.
- ✚ die erforderlichen Mindestwerte der Kriech- und Luftstrecken eingehalten sind,
- ✚ Schaltanlagen und Verteiler mit Namen oder Kennzeichnung des (endgültigen) Errichters sowie mit einer eindeutigen Kennung versehen sind.

8 Schlussbemerkung

In Tabelle 2 habe ich nochmals die derzeit wesentlichen anerkannten Regeln der Technik für die Ausführung von Schaltanlagen und Verteiler im Überblick zusammengestellt. Darüber hinaus gelten natürlich alle relevanten Abschnitte von ÖVE/ÖNORM E 8001 bzw. ÖVE EN 1.

ÖVE/ÖNORM E 8001-2-30:2008	Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V – Teil 2-30: Schaltanlagen und Verteiler
ÖVE-IM 12: 1980	Fabrikfertige Zählerchränke und Zählerverteilerschranke bis 250 V gegen Erde
ÖVE-IM 22: 1995	Verbindungsmaterial für elektrische Installationen
ÖVE/ÖNORM EN 62208:2005	Leergehäuse für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Allgemeine Anforderungen
IEC 60670-24:2005	Boxes and enclosures for electrical accessories for household and similar fixed electrical installations – Part 24: Particular requirements for enclosures for housing protective devices and similar power consuming devices
IEC 62103:2003	Electronic equipment for use in power installations
ÖVE/ÖNORM EN 60204-1:2007	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
ÖVE/ÖNORM EN 60439 - Reihe	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen
ÖVE/ÖNORM EN 61439-1:2010	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Teil 1: Allgemeine Festlegungen
ÖVE/ÖNORM EN 61439-2:2010	Niederspannungs - Schaltgerätekombinationen - Teil 2: Energie - Schaltgerätekombinationen

Tabelle 2 Wesentliche anerkannte Regeln der Technik für Schaltanlagen und Verteiler