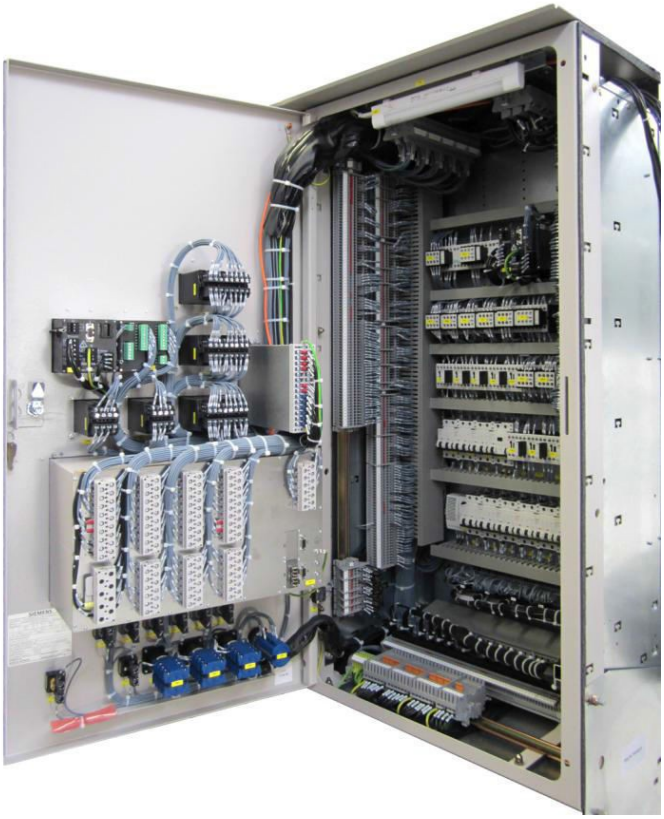


EDMS Nr. 1976873

Dokumentenhistorie:

Version	Autoren	Änderungsgrund
V 001	Becker, Ralph Fuchs, Ralf Gressier, Florian Momper, Eugen Omet, Carsten Petzenhauser, Isfried Schwarz, Herbert Schnase, Alexander Trumm, Karl-Heinz	Erstversion plus Kommentare aus EDMS-"Approval"-Prozess
V 002		alternative Erdungsvarianten aufgenommen

Inhalt

1. Allgemeines ... 3
1.1. Geltungsbereich ... 3
1.2. Zweck ... 3
1.3. Richtlinien und Normen ... 3
2. Aufbau & Ausbau des Schaltschrankes mit Tür ... 4
2.1. Lackierung, Farbe von Schaltschränken ... 4
2.2. Nieten, Setzmuttern, Setzbolzen ... 5
2.3. Kabelkanäle ... 6
2.4. Erdungsvarianten mit Erdungsleitung oder Masseband ... 8
2.5. Betriebsmittelkennzeichen (BMK) ... 11
2.6. IP-Schutz ... 13
2.7. Schutz vor Verletzungen durch mechanische Einwirkung ... 13
3. Leitungskennzeichnung bzw. Adermarkierung ... 14
3.1. Leitungskennzeichnung ... 16
3.2. Steckerkennzeichnung ... 16
3.3. Adermarkierung ... 17
3.4. Einzeladern ... 17
3.5. Arten von Kennzeichnungen ... 17
3.6. Anwendung der Kennzeichnung ... 17
4. Verdrahtung ... 17
4.1. Allgemeines ... 17
4.2. Klemmen ... 19
4.3. Kabel, Kabelverlegung, Anschlüsse ... 20
4.4. Leitungsverlegung von der Tür in den Schaltschrank ... 24
4.5. Crimpen ... 25
5. Leitungsarten & deren Einsatz ... 27
6. Schrauben & Drehmomente ... 28
6.1. Akkuschraubwerkzeuge ... 28
6.2. Anschlüsse und Verschraubungen ... 30
7. Transport ... 31
8. Reinigung ... 32
9. Mechanische & optische Prüfungen ... 33
10. Dokumentation ... 33

1. Allgemeines

Diese Vorschrift regelt die Anforderungen an die Qualität der (Arbeits-) Ausführung, soweit sie nicht durch andere Dokumente ausgewiesen wird. Die in diesem Dokument aufgeführten Gesichtspunkte sind als Mindestumfang zu verstehen, um einen ordnungsgemäßen und auch langfristig sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Die Betrachtung zusätzlicher Gesichtspunkte kann darüber hinaus notwendig sein. Sämtliche Vorgaben und Ausführungen sollen, sofern nichts anderes angegeben ist, dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

Abweichungen durch Spezifikationen oder Wünsche von FAIR/GSI sind entsprechend zu beachten, sofern sie den Anforderungen dieses Dokumentes nicht widersprechen. Ansonsten sind Abweichungen zu begründen.

Dieses Dokument ersetzt **nicht** eine der jeweiligen Arbeitsaufgabe entsprechende Qualifikation und Erfahrung der fertigenden Personen!

1.1. Geltungsbereich

Geltungsbereich dieses Dokumentes ist GSI GmbH, FAIR GmbH, FAIR-Projekt und deren Lieferanten.

1.2. Zweck

Zweck dieses Dokumentes ist es, eine (Diskussions-) Grundlage für eine durchgängig gleiche Ausführung von Schaltschränken und Verdrahtungen zu schaffen und diese anhand von Normen und Richtlinien, Beschreibungen und Gut-/Schlecht-Bildern zu definieren.

1.3. Richtlinien und Normen

Folgende Richtlinien und Normen werden zur Beachtung empfohlen. Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit. Welche Richtlinien und Normen insbesondere im jeweiligen Fall zu beachten sind, ist abhängig von der jeweiligen Risikobewertung.

- EN (IEC) 61439-1 „Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Teil 1: Allgemeine Festlegungen“
- EN (IEC) 61439-2 „Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Teil 2: Energie-Schaltgerätekombinationen“
- DIN VDE 0100-430 „Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-43: Schutzmaßnahmen - Schutz bei Überstrom“
- DIN VDE 0100-540 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter“
- DIN VDE 0100-600 „Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 6: Prüfungen“
- DIN EN 60204-1 „Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 60204-11 „Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 11: Anforderungen an Hochspannungsausrüstung für Spannungen über 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung aber nicht über 36 kV“

- DIN EN 60529 (VDE 0470-1) „Schutzarten durch Gehäuse“
- DIN EN 60947-3 „Niederspannungsschaltgeräte - Teil 3: Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten“
- DIN EN 62444 „Kabelverschraubungen für elektrische Installationen“
- DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen - Teil 100: Allgemeine Festlegungen“
- Rittal „EMV-gerechter Schaltschrankbau, Praxis-Tipps zur Montage“
- Farben nach RAL
- IPC-A-610 – „Acceptability of Electronic Assemblies (Abnahme von elektronischen Baugruppen“
- IPC/WHMA-A-620 „Requirements and Acceptance for Cableand Wire Harness Assemblies (Abnahmekriterien Kabel/Kabelbaum-Baugruppen)“
- DIN EN 60352-2 „Lötfreie Verbindungen - Teil 2: Crimpverbindungen - Allgemeine Anforderungen, Prüfverfahren und Anwendungshinweise“
- Molex „Qualitätshandbuch für industrielles Crimpen“
- Helmholtz-Leitfaden „Sicherheit bei Errichtung, Betrieb und Prüfung elektrischer Anlagen im Forschungsbetrieb“ (siehe EDMS Nr. 1718499)

Fallspezifisch müssen u. a. auch geltende Vorgaben für folgende Komponenten beachtet werden und diese für die entsprechenden Anforderungen (lt. Datenblatt) spezifiziert sein:

- Bauart und Materialien der Niederspannungsschränke oder Niederspannungsräume
- Alle Arten von Geräten
- Leitungstypen
- Leitungsquerschnitte
- Anschlussklemmen
- Anschlagelemente für die Leitungsbestückung und Konfektionierung
- Crimpwerkzeuge (Handzangen, halbautomatische oder vollautomatische Handzangen, Werkzeuge für die maschinelle Verarbeitung, usw.)
- Leitungskennzeichnungen
- Adermarkierungen
- Kabelkanäle
- viele weitere eingesetzte Komponenten und Materialien

2. Aufbau & Ausbau des Schaltschrankes mit Tür

2.1. Lackierung, Farbe von Schaltschränken

Lackierung der Schaltschränke und Wandgehäuse

Beispiele der GSI-Abteilung GAT (Gebäude- und Anlagentechnik) Stand 2017:

1. Infrastruktur – Niederspannungshaupt- und Unterverteilungen: RAL 5007 Brillantblau
2. Infrastruktur – Gebäudeautomation (MSRE): RAL 5012 Lichtblau
3. Mittelspannungs-Schaltanlagen (Normal- und Pulsnetz): RAL 2004 Reinorange
4. Netzgeräte aller Art und andere Steuerschränke: z.B. RAL 7035 Lichtgrau

2.2. Nieten, Setzmuttern, Setzbolzen

Es sollen nach Möglichkeit standardisierte Blechteile verwendet werden. Die Montage erfolgt durch Nieten, Schrauben, Setzmuttern oder Setzbolzen. Diese müssen einem DIN/IEC/ISO-Standard entsprechen.

Eindeutige Fertigungsvorgaben sind in den Konstruktionsunterlagen hierfür festzulegen (Stücklisten, Zeichnungen, Drehmomentverzeichnisse).

"Alle scharfen Kanten, Grate, raue Oberflächen oder Gewinde, mit denen die Isolierung der Leiter in Berührung kommen kann, müssen von Leitungskanälen und deren Verbindungen entfernt werden." - nach DIN EN 60204-1. Daher sind nach Möglichkeit Kunststoffnieten einzusetzen.



Abb. 1: Beispiel für einfaches Nietwerkzeug für Kunststoffnieten



Abb. 2: Beispiel für Kunststoffniete



Abb. 3: Beispiel für pneumatisches Nietwerkzeug



Abb. 4: Beispiel für Setzbolzen- bzw. -mutterwerkzeug

Für alle Schraubvorgänge sind handelsübliche Hand- oder Druckluftschrauber einsetzbar, wobei bei den Druckluftschraubern und Akkuschraubern auf eine korrekte Drehmoment-einstellung zu achten ist und alle Druckluftschrauber kalibriert sein müssen.

2.3. Kabelkanäle

"Alle scharfen Kanten, Grate, raue Oberflächen oder Gewinde, mit denen die Isolierung der Leiter in Berührung kommen kann, müssen von Leitungskanälen und deren Verbindungen entfernt werden." - nach DIN EN 60204-1.

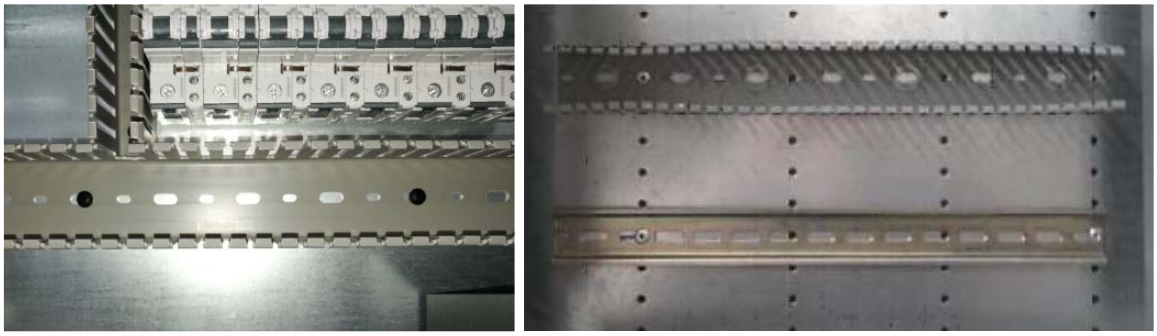


Abb. 5: Kabelkanal (vorzugsweise isoliertes Befestigungsmaterial) und Tragschiene auf Rückwand



Abb. 6: Scharfe Kanten an Tragschienen vermeiden



Abb. 7: Tragschiene mit Schutzkappe

Schilder, Taster, Leuchttaster und Geräte mit justierbaren bzw. beweglichen Gehäuseteilen auf den Türen der Schaltschränke müssen im Lot und senkrecht zueinander ausgerichtet sein.

Bei Seriengeräten ist auf die Einheitlichkeit der kompletten Serie zu achten, sofern nichts anderes vereinbart wurde.

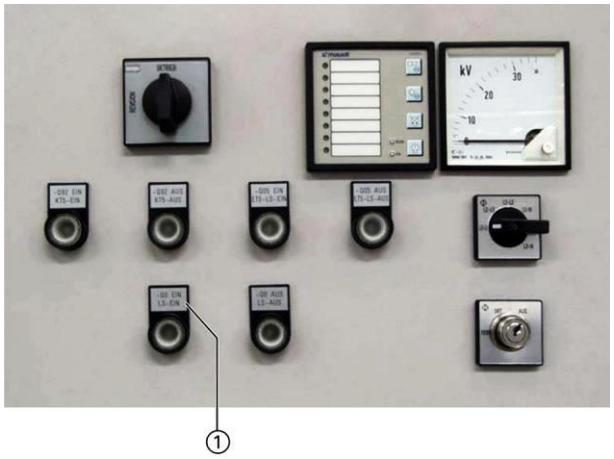


Abb. 8: Tür mit gravierten Beschriftungsschildern (1 Schildträger)

2.4. Erdungsvarianten mit Erdungsleitung oder Masseband

Schutzleiter oder Schutzleiteranschlüsse (Erdungsleitungen) müssen mit geeigneten Mitteln gegen mechanische Beschädigung und chemische oder elektrochemische Zerstörung geschützt werden. Das gilt auch für mögliche elektrodynamische und thermodynamische Kräfte, die in der Anlage auftreten können.

Die Erdungen der Niederspannungsgeräte, Türen und Erdsammelleiter müssen korrekt ausgeführt und gekennzeichnet werden.

Erdung allgemein

Nachfolgend ist beispielhaft der konstruktive Aufbau einer technisch einwandfreien Erdung für pulverbeschichtete und nicht beschichtete Blechteile dargestellt, welche aber in Details bei den einzelnen Schaltschrank-Varianten abweichen kann. Sofern keine Vorgaben über Stücklisten bestehen, ist dieser Aufbau bindend.

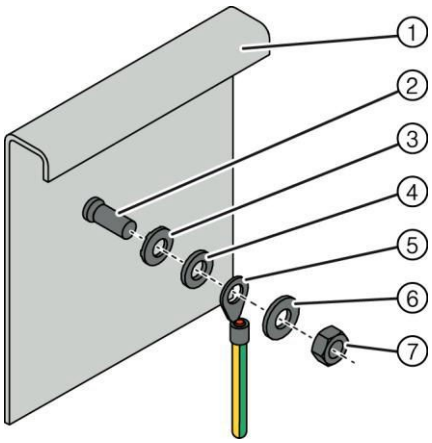


Abb. 9: Erdungsschema für pulverbeschichtete Teile

1 Tür Schaltschrank
2 Schweißbolzen
3 Kontaktscheibe
4 Flachscheibe
5 Erdungsleitung mit Ringkabelschuh
6 Spannscheibe
7 Mutter

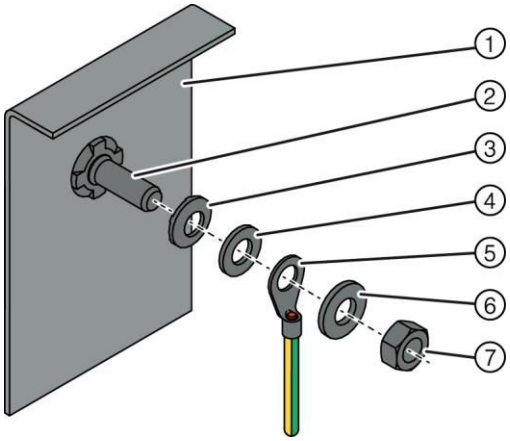
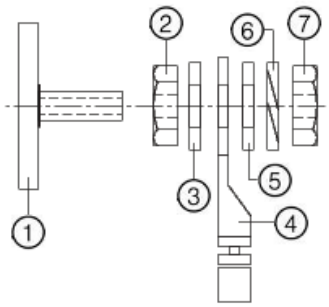
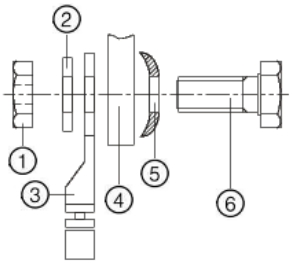
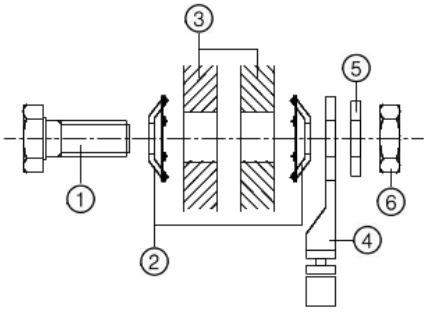


Abb. 10: Erdungsschema für nicht beschichtete Teile

1 Rahmen Schaltschrank
2 Setzbolzen
3 Kontaktscheibe
4 Flachscheibe
5 Erdungsleitung mit Ringkabelschuh
6 Spannscheibe
7 Mutter

 **Fig. 11: Alternatives Erdungsshema (geringere mechanische Beanspruchung am Schweißbolzen)**	1 Schweißbolzen 2 Mutter 3 Flachscheibe 4 Erdungsleitung mit Ringkabelschuh 5 Flachscheibe 6 Federrring 7 Mutter
 **Fig. 12: Erdungsschema für eine Erdungsschiene**	1 Mutter 2 Flachscheibe 3 Erdungsleitung mit Ringkabelschuh 4 Erdungsschiene 5 Spannscheibe 6 Schraube
 **Fig. 13: Erdungsschema für andere Konstruktionsteile**	1 Schraube 2 Gezahnte Kontaktscheibe 3 Konstruktionsteile 4 Erdungsleitung mit Ringkabelschuh 5 Flachscheibe 6 Mutter

Türerdung mit Erdungsleitung

Die Art der Türerdung ist abhängig von der Art des Steuer- bzw. Anzeigegeräts, das in die Tür eingebaut wird.

Bei Steuer- bzw. Anzeigegeräten ist sowohl vom Gerät zur Tür als auch von der Tür zum Schaltschrank eine Erdungsleitung zu montieren. Die Erdungsleitung muss mindestens eine Querschnittsgröße über dem verwendeten Leiterquerschnitt aufweisen. Die Erdungsleitung ist immer mit dem vorgeschriebenen Drehmoment zu montieren.

Klebepunkte sind für jeden Schaltschranktyp einheitlich auszuführen. Wenn Erdungssymbole geprägt sind, ist das Kleben eines Erdungsaufklebers nicht notwendig.

Erdungsleitungen zwischen Tür und Blech werden standardmäßig vom Erdungsbolzen nach unten geführt.



Abb. 14: Erdungsleitung zwischen Tür und Schaltschrankwand

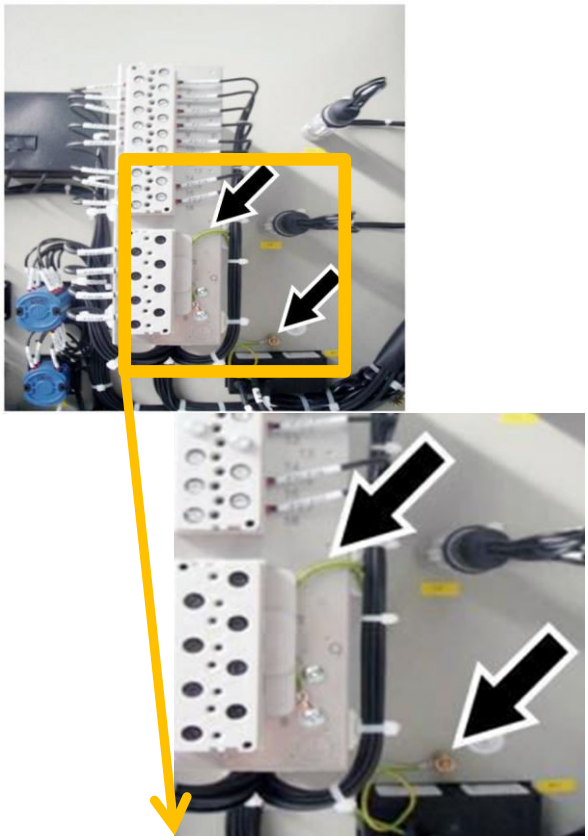


Abb. 15: Erdungsleitung zwischen Steuer- bzw. Anzeigegerät und Tür

Türerdung mit Masseband

Die Art der Türerdung ist abhängig von der Art des Steuer-/Anzeigegeräts, das in die Tür eingebaut wird.

Es kann nötig sein, sowohl die Erdung von der Tür zum Schaltschrank als auch vom Steuer- bzw. Anzeigegerät zur Tür mit einem grün-gelb markierten Masseband auszuführen.

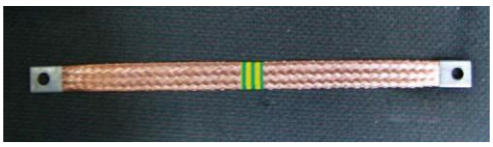


Abb. 16: Masseband, grün-gelb gekennzeichnet, für Schweißbolzen

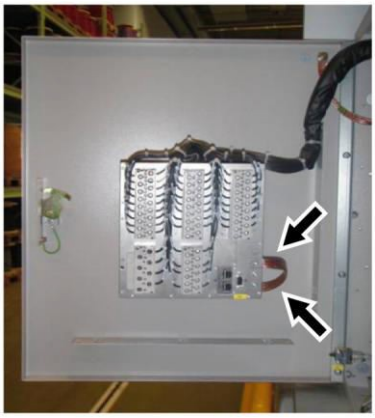


Abb. 17: Masseband zwischen Anzeige- bzw. Steuergerät und Tür

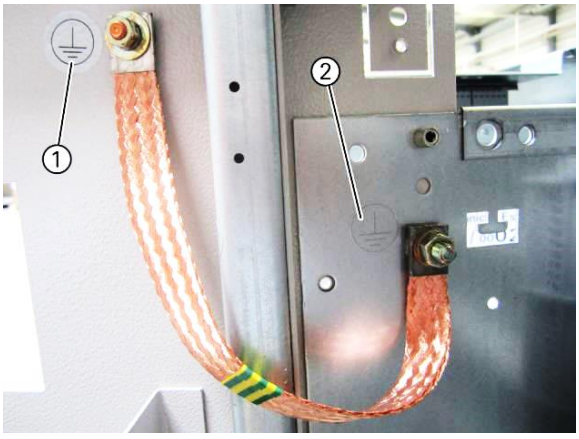


Abb. 18: Masseband zwischen Tür und Schaltschrank

1 Erdungspunkt geklebt 2 Erdungspunkt geprägt

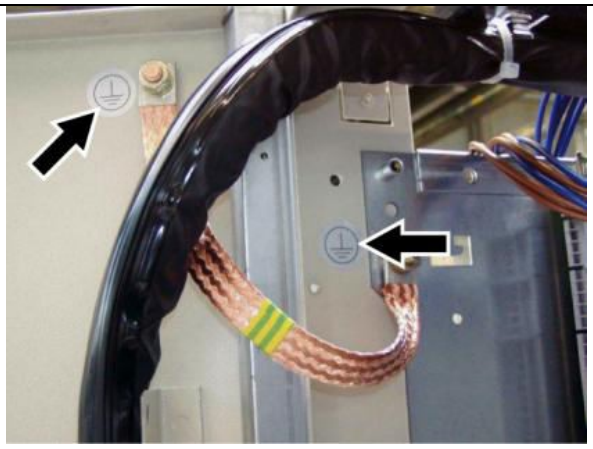


Abb. 19: Erdungsbolzen an pulverbeschichtetem Blech müssen mit Erdungsaufklebern gekennzeichnet werden.

2.5. Betriebsmittelkennzeichen (BMK)

Um die einzelnen Komponenten im Schaltschrank eindeutig zu identifizieren, müssen alle Geräte eine Betriebsmittelkennzeichnung (BMK) aufweisen. Die Kennzeichnung geschieht mittels gelber Klebeschilder (Es ist auf ausreichenden Kontrast zu achten.), die auf das Gerät und unterhalb des Gerätes auf die Tür bzw. Rückwand geklebt werden. Es ist darauf zu achten, dass die zu beklebenden Oberflächen staubfrei, fettfrei und trocken sind sowie eventuell vorhandene Verunreinigungen rückstandsfrei entfernt wurden.

BMK dürfen nicht auf abnehmbaren Geräteabdeckungen angebracht sein. Ausnahmen sind nur dort zulässig, wo einzelne BMK nicht auf das Gerät passen oder nur Abdeckungen vorhanden sind. Technische Beschriftungen dürfen nicht verdeckt werden.



Abb. 20: Klebeposition für Betriebsmittelkennzeichen (BMK) an Gerät und Rückwand

BMK dürfen nicht über Anzeigefenster von Geräten geklebt werden. Ausnahmen für das Anbringen von BMK bilden Geräte, die sich im Betrieb voraussichtlich stark erwärmen (Beispiel: Heizung).

Weitere Beispiele für BMK:

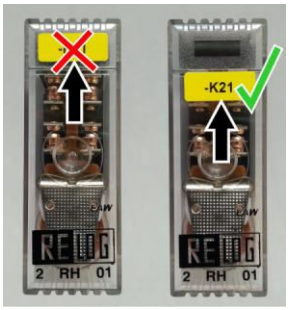


Abb. 21: Bei Relais u.ä. müssen BMK Sichtfenster frei lassen



Abb. 22: BMK auf Leitungsschutzschalter UL



Abb. 23: Bauteil senkrecht mit BMK beschriftet



Abb. 24: Heizung mit BMK (Ausnahme)

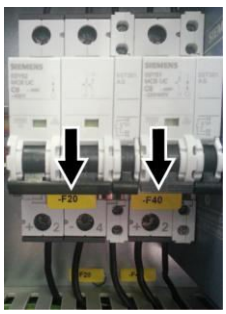


Abb. 25: BMK auf Leitungsschutzschalter Standard

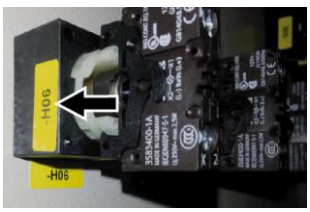


Abb. 26: BMK an Tür, Tastern oder Lampen

BMK für Erdungen sind auf folgenden Abbildungen dargestellt:



Abb. 27: Klebepunkt



Abb. 28: Geprägtes Erdungssymbol



Abb. 29: Erde allgemein



Abb. 30: Fremdspannungsarme Erde

2.6. IP-Schutz

Bezüglich ihrer Eignung für verschiedene Umgebungen sind die geschützten Systeme in entsprechende Schutzarten, sogenannte IP-Codes, eingeteilt.

Die Abkürzung IP steht für „International Protection“. Im englischen Sprachraum wird die Abkürzung teils auch mit „Ingress Protection“ (Schutz gegen Eindringen) übersetzt.

Es gilt die DIN EN 60529 (VDE 0470-1) „Schutzarten durch Gehäuse“.

2.7. Schutz vor Verletzungen durch mechanische Einwirkung

Auf den nachfolgenden Abbildungen sind beispielhaft Mittel zum Schutz vor Verletzungen durch mechanische Einwirkung abgebildet:



Abb. 31: Schutzkappe für eine Mutter

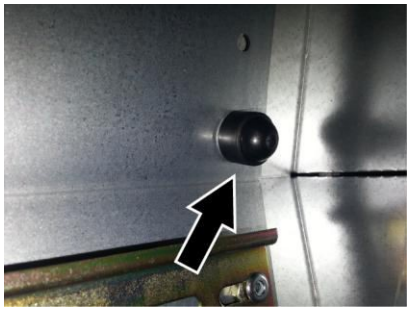


Abb. 32: Schutzkappe für eine Mutter



Abb. 33: Schutzkappe am Gerät schützt vor Verletzungen an hervorstehenden Befestigungsschrauben.

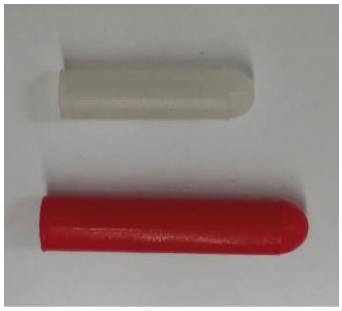


Abb. 34: Schutzkappen für Geräte



Abb. 35: Tragschiene mit End-Schutzkappe



Abb. 36: Kabelbinder-Werkzeug zum Schneiden von Kunststoff-Kabelbindern und Vermeidung von scharfen Kanten. Kabelbinder dürfen nicht mit einem Seitenschneider gekürzt werden.

3. Leitungskennzeichnung bzw. Adermarkierung

Die Leitungskennzeichnung muss in jedem Fall der Dokumentation (Schaltpläne, Klemmlisten etc.) entsprechen.

Alle Arten von Kennzeichnungen müssen eine Identifizierbarkeit über 30 Jahre hinweg gewährleisten.

Grundsätzlich müssen alle Leitungen im Schaltschrank mit Anschluss- und Zielbezeichnung gekennzeichnet werden.

Ausnahmen:

- Kurze Drahtbrücken, die nicht durch den Kabelkanal führen.
- Gerätekabel bspw. für Schaltschrankleuchte oder Schaltschrankheizung
- Erdungsleitungen von Blechteilen und Geräten, die auf eine PE-Klemmenleiste oder einen Erdungspunkt geführt werden.

Beispiele für Leitungskennzeichnungen:



Abb. 37: Kabel direkt bedruckt



Abb. 38: Label geklebt (Standard)



Abb. 39: Adermarkierung mit UL-Zulassung



Abb. 40: Schrumpfschlauchmarkierer, nicht „geschrumpft“ (nur zulässig, wenn unverlierbar angebracht!)

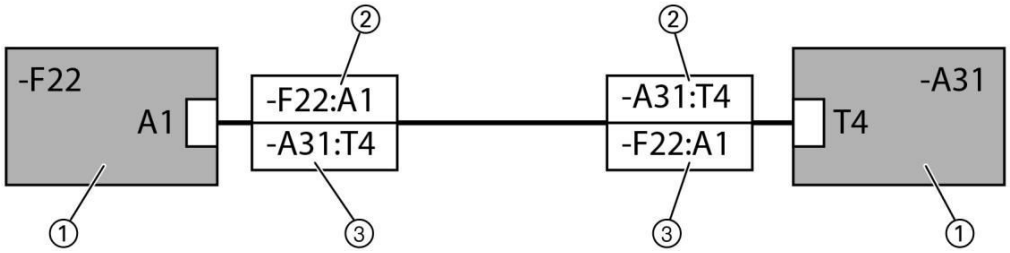


Abb. 41: Adermarkierung mit Anschluss und Ziel

1 Gerät
2 Anschluss
3 Ziel



Abb. 42: Die Adermarkierungen sind alle auf gleicher Höhe mit einem gleichmäßigen Abstand zum Anschlag anzubringen.



Abb. 43: Die Markierungen sind immer mit gleicher Textausrichtung anzubringen.

- Alle Markierungen mit der Schrift nach vorne kleben, damit man sie gut lesen kann - anderenfalls die Leitung entsprechend „drehen“.
- Die Beschriftung der Adermarkierung muss von unten nach oben oder von links nach rechts lesbar sein.

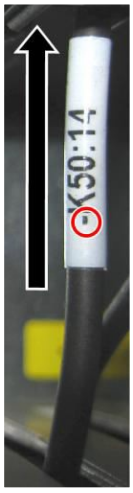


Abb. 44: Die Beschriftung der Adermarkierung ist von unten nach oben lesbar.

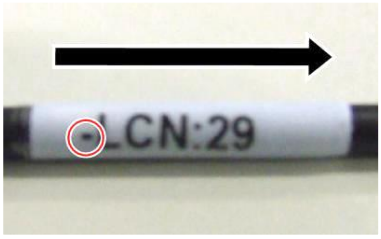


Abb. 45: Die Beschriftung der Adermarkierung ist von links nach rechts lesbar.

3.1. Leitungskennzeichnung

Leitungen tragen eine unverlierbare, unverwischbare Kennzeichnung im Schaltschrank

- an der Stelle, an der sie den Schaltschrank verlassen und
- in direkter Nähe der Klemmstelle der Adern oder des Steckers.

3.2. Steckerkennzeichnung

Stecker tragen eine unverlierbare, unverwischbare Kennzeichnung. Sofern eine unveränderliche Zuordnung besteht, können Stecker und Buchsen die gleiche Bezeichnung tragen. Die Beschriftung erfolgt jedoch an beiden Teilen.

3.3. Adermarkierung

Grundsätzlich sind nur Leitungen zulässig, deren Adern eine eindeutige Markierung durch Farbe oder Nummerierung tragen. Sofern Adermarkierung und Leitungskennzeichnung an der Anschlussstelle gut sichtbar und lesbar sind, ist keine weitere Kennzeichnung erforderlich.

3.4. Einzeladern

Einzeladern sind an beiden Enden mit einer Aderkennzeichnung zu versehen, die Bauteil, Klemmstelle und Klemmennummer entsprechend der für das Gewerk geltenden Referenzkennzeichnung beschreibt (Beispiel: =KF01-KF12-X01:12). Es wird nur der Teil der Referenzkennzeichnung dargestellt, der für die Eindeutigkeit innerhalb des Schaltschrankes notwendig ist.

3.5. Arten von Kennzeichnungen

- Alle Arten von Kennzeichnungen müssen eine Identifizierbarkeit über 30 Jahre hinweg gewährleisten.
- Gedruckte Label müssen dazu UV-stabil sein und benötigen eine Schutzfolie über der Druckseite. Geklebte Label müssen den Leiter mehrfach umschlingen.
- Bei Schrumpfschlauchmarkierern darf die Beschriftung nicht wasser- oder öllöslich sein. Ist die Unverlierbarkeit sichergestellt, kann auf ein Schrumpfen verzichtet werden.
- Geschlossene Ringtüllen sind ebenfalls verwendbar. Sie sollten in der Größe zum Leiter passend gewählt werden. Ansonsten gelten die gleichen Anforderungen.
- An bedruckte Leitungen werden die gleichen Anforderungen gestellt.

3.6. Anwendung der Kennzeichnung

- Zusammengehörige Kennzeichnungen sollen in gleicher Höhe und in gleicher Ausrichtung angebracht werden.
- Schriftgröße und -art sollen für gleichartige Leiter gleich sein.
- Adermarkierungen sollen einen Abstand von 5..10 mm vom Anschlag haben.

4. Verdrahtung

4.1. Allgemeines

Folgende Verdrahtungsfarben sind in der DIN EN 60204-1 empfohlen:

"Wo für die Identifizierung von Leitern eine Farbcodierung benutzt wird, wird empfohlen, dass sie farblich wie folgt kodiert sind:

– SCHWARZ: Hauptstromkreise für Wechsel- und Gleichstrom;

– ROT: Steuerstromkreise für Wechselstrom;

– BLAU: Steuerstromkreise für Gleichstrom;

– ORANGE: Ausgenommene Stromkreise nach 5.3.5." – nach DIN EN 60204-1

Darüber hinaus gelten folgende Farbverwendungen:

Farbe	**Verwendung**
schwarz	230/400 V, AC
hellblau	Neutralleiter N
grün-gelb	Schutzleiter PE
rot	230 V, AC (Steuerspannung nach einem Steuertrafo)
dunkelblau	DC Steuerspannung
grau	Mess- und Regelleitungen Gleichspannung
violett	Wandlerkreise
orange	externe Fremdspannung

4.2. Klemmen

Sofern nichts anderes vereinbart wurde, sind Federzugklemmen zu verwenden. Sollen bestimmte Arten von Klemmen zum Einsatz kommen, so muss dies ggf. vereinbart werden.

RICHTIG	FALSCH
 **Abb. 46: Steckbrücke**	 **Abb. 47: Falsch abgetrennte Steckbrücke**
 **Abb. 48: Kammbrücke**	 **Abb. 49: Falsch abgetrennte Kammbrücke**

Kammbrücken müssen sauber und korrekt mit einer Brückenzange abgeschnitten werden. Falsch abgeschnittene Kammbrücken verursachen bei Berührung einen Kurzschluss, der zu einem Störlichtbogen führen kann.

Um den Berührungsschutz aufrechtzuerhalten:

- Steck- und Kammbrücken an den Ecken nicht abschneiden.
- Nur einseitig schneiden.
- Die Schnittflächen nur nach rechts oder nach oben zeigen lassen.
- Zwei Schnittflächen nebeneinander sind nicht zulässig.



Abb. 50: 1 Kammbrückenzange 2 Brückentrennzange

4.3. Kabel, Kabelverlegung, Anschlüsse

Zwischen Signal bzw. Daten- und Lastleitungen ist auf eine größtmögliche räumliche Trennung (mind. 30 cm) zu achten. Signal- und Lastleitungen sollen sich höchstens kreuzen, jedoch nie eng nebeneinander parallel verlaufen. Signalleitungen dürfen nicht an starken Fremdmagnetfeldern (z.B. Motoren und Transformatoren) vorbeiführen. Kabel und Leitungen dürfen nicht durch Kabeltrassen hindurchgeführt werden (Demontierbarkeit). Im gefährdeten Bereich müssen Kabel mit einem mechanischen Schutz versehen werden. Bei Kabeln und Leitungen im Außenbereich sind nur UV-beständige Typen zu verwenden. Als Verschraubungen sind nur die in der Geräteliste angegebenen Typen einzusetzen. Auch die Installationsdosen erhalten die entsprechenden Verschraubungen. Bei Ein-Leiter-Kabel ist darauf zu achten, dass die Kabelschellen aus nicht magnetisch leitendem Material gefertigt sind. Das Gleiche gilt für die Schrankdurchführungen (Erhitzung von Eisen durch magnetischen Kurzschluss). Brandmeldekabel ist ungeschnitten zu verlegen. Notwendige Potentialausgleichsverkabelung ist auszuführen (Heizung, Wasser etc.). **siehe ***

Kabelnachinstallationen müssen an allen Stellen möglich sein. Die Zugänglichkeit der Bauelemente des finalen Schaltschranks muss zur Wartung gewährleistet sein.

Beim Verlegen von Leitungen ist zu beachten:

- Kabel und Leitungen sind soweit technisch möglich und sinnvoll halogenfrei auszuführen. PVC ist zu vermeiden.



Abb. 51: Leitungsverlegung

Richtig: Grüner Weg: kurz und wenig Auslastung
Falsch: Roter Weg: lang und ungünstig wegen Überfüllung des Kanals am Bodenträger

***Rittal „EMV-gerechter Schaltschrankbau, Praxis-Tipps zur Montage“**

1. Leitungen auf dem Blech sind standardmäßig in horizontale Kabelkanäle zu verlegen. Wenn eine Montage eines Kabelkanals wegen Vorgaben oder aus Platzgründen nicht möglich ist, sind die Leitungen horizontal zu bündeln und sinnvoll in den nächsten Kabelkanal zu führen.
2. Von Seitenwand zu Seitenwand verlaufende Leitungen sind auf die horizontalen Kabelkanäle sinnvoll zu verteilen.
3. Leitungen in der Nähe von scharfen Kanten sind durch Aufbringen von Kantenschutzprofil vor Beschädigung zu schützen.
4. Leitungen sind so zu verlegen, zu bündeln und zu befestigen, dass sie besonders bei Transporterschütterungen nicht schwingen und die Isolation nicht durchscheuern.
5. Leitungen dürfen durch bewegliche Teile weder gequetscht noch anderweitig beschädigt werden.
6. Leitungen dürfen keine Wärme erzeugenden Bauteile (Transformatoren, Kühlkörper o.Ä.) berühren.
7. Der Biegeradius der Leitung darf keine plastische Verformung erzeugen, damit die Leitung weder sich selbst an Bauteilen noch andere Geräte beschädigt.
8. Leitungen dürfen keinem mechanischen Zug ausgesetzt sein.
9. Leitungen dürfen keine Geräteanschlüsse verdecken.
10. Überfüllung der Kabelkanäle ist zu vermeiden, Leitungen sind innerhalb des Schaltschranks gleichmäßig zu verteilen.
    a. Kabelkanäle, in denen Leitungen aus dem Primärteil der Schaltanlage verlegt werden, dürfen nicht vollständig befüllt werden. Es sollte die nächstmögliche Größe der Kabelkanäle eingebaut werden (sofern dies räumlich möglich ist).
    b. Kabelkanäle sind mit Abdeckungen zu verschließen.
11. Leitungen bei Geräten mit metallischen Zugentlastungen und Verteilergehäusen sind mit einem Gewebeschlauch zu versehen.
12. Leitungen sind mit Anschlagmitteln (Aderendhülsen etc.) zu montieren. Keine Anschlüsse mit blanken Litzen ausführen.
13. Leitungen und die entstehenden Kabelbäume sollen immer sauber und geradlinig verlegt werden, damit ein gutes Bild entsteht.
14. Speziell der Verdrahtung an der Tür gilt ein besonderes Augenmerk wegen der flexiblen Verbindung zum Schrank.
15. Werden innerhalb eines Auftrags mehrere gleiche Schaltschränke gefertigt, muss sichergestellt werden, dass diese zu 100 % gleich verdrahtet werden.

    Dies kann durch folgende Maßnahmen sichergestellt werden:
    a. enge Abstimmung aller am Auftrag beteiligten Mitarbeiter

b. Fotos als Muster von den ersten verdrahteten Schaltschränken erstellen
c. eindeutige Vorgaben aufgrund von fertig vorkonfektionierten Leitungen

16. Wenn das Steuer- bzw. Anzeigegerät fertig verdrahtet ist, sollen die Leitungen mit Kabelbindern parallel zueinander und im gleichen Abstand abgebunden werden. Die Steuer- bzw. Anzeigegeräte müssen pro Auftrag einheitlich verdrahtet werden.
17. Zum sauberen Kürzen der Kabelbinder ist eine Kabelbinderzange zu verwenden.
18. Umgang mit zusätzlichen Leitern (Reservedrähte): [...]"Es sollte in Erwägung gezogen werden, für Instandhaltung oder Reparatur zusätzliche Leiter vorzusehen. Wenn Reserveleiter vorgesehen sind, müssen diese an Ersatzklemmen angeschlossen oder so isoliert sein, dass eine Berührung mit aktiven Teilen verhindert wird." - nach DIN EN 60204-1

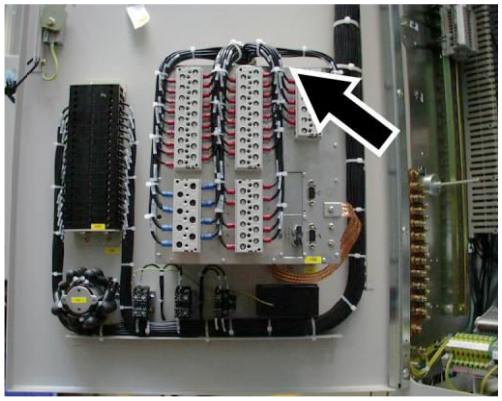


Abb. 52: Sauber verlegte Leitungen

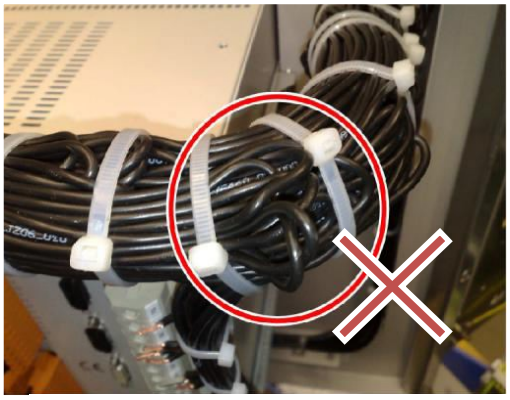


Abb. 53: Leitungsstau vermeiden!



Abb. 54: Kabelbinder, gleichmäßig angeordnet

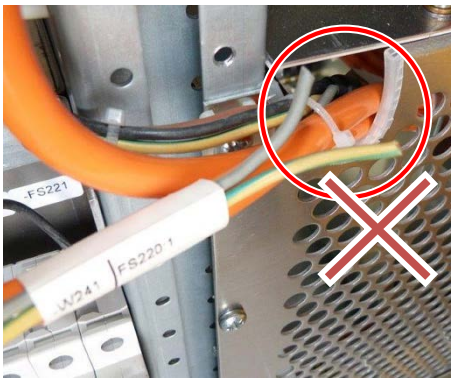


Abb. 55: Reserveleiter anklemmen oder isolieren!



Abb. 56: Kabelbinder-Werkzeug zum Schneiden von Kunststoff-Kabelbindern



Abb. 57: Das Werkzeug kann an die verschiedenen Breiten der Kunststoff-Kabelbinder angepasst werden. Dies führt zu einem korrekten Schnitt ohne Ausfransungen.

Vor dem Zuschneiden ist die Größe der Kunststoff-Kabelbinder zu prüfen und das Werkzeug für einen ordnungsgemäßen Zuschnitt einzustellen:

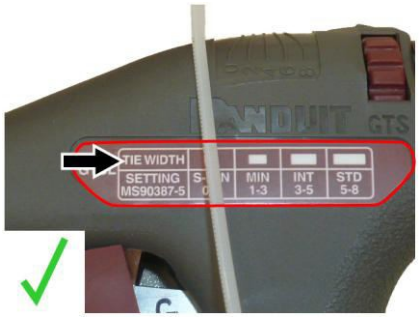


Abb. 58: Zur Feststellung der Breite wird der Kabelbinder an das Werkzeug angelegt. In diesem Fall ist das Werkzeug auf die kleinste Breite einzustellen.

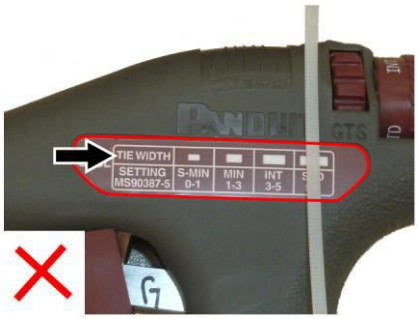


Abb. 59: Der verwendete Kabelbinder entspricht nicht den vorgegebenen Breiten und das Werkzeug muss auf eine kleinere Breite eingestellt werden.

Klebesockel und Klebeschellen

Klebesockel und Klebeschellen sind in verschiedenen Ausführungen und mit verschiedenen Arten von Klebstoffen erhältlich. Sollen Klebesockel oder Klebeschellen verwendet werden, so müssen diese ihren Anforderungen in Bezug auf Umgebungsbedingungen und Belastungsart entsprechend ausgewählt werden. Es ist darauf zu achten, dass die zu beklebenden Oberflächen staubfrei, fettfrei und trocken sind sowie eventuell vorhandene Verunreinigungen rückstandsfrei entfernt wurden. Verarbeitungshinweise des Herstellers sind zu beachten.



Abb. 60: Klebesockel (Beispiel)



Abb. 61: Klebeschelle (Beispiel)

4.4. Leitungsverlegung von der Tür in den Schaltschrank

Alle Leitungen sind vor Beschädigungen zu schützen.

Besondere Aufmerksamkeit gilt hier dem Kabelbaum von der Tür in den Innenraum des Schaltschranks. Hier ist generell ein Schutzschlauch zu verwenden.

Bei der Ausformung des Kabelbaumes ist darauf zu achten, dass es zu keiner Beeinträchtigung der Türschließung oder einer Quetschung des Kabelbaumes kommt.

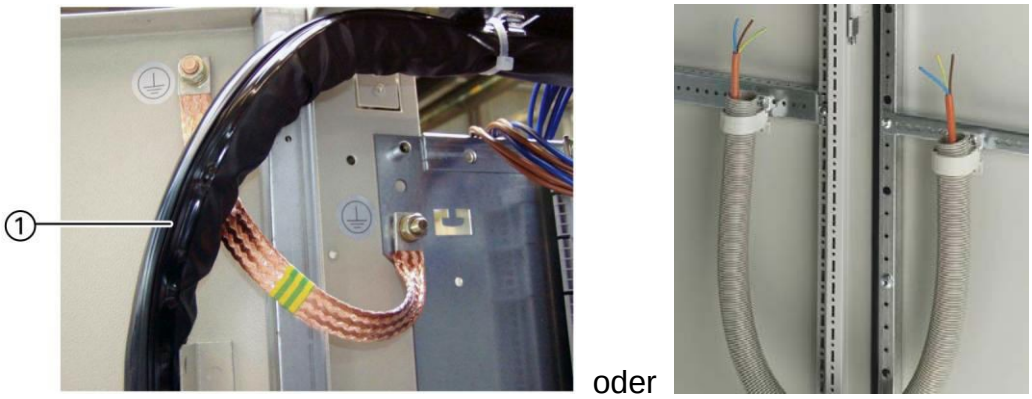


Abb. 62: Leitungsübergang im Schutzschlauch (1) von Tür zu Schaltschrank

Wenn der Durchmesser eines Schutzschlauches für den Kabelbaum zu klein ist, können zwei parallele Schläuche nach dem gleichen Prinzip zusammengeklemmt werden und ergeben damit einen größeren Schlauchdurchmesser.



Abb. 63: Zange für Schutzschlauch
siehe z.B. Fa. Reiku GmbH



Abb. 64: Zange für Schutzschlauch
siehe z.B. Fa. Reiku GmbH



Abb. 65: Kabelbinder und Schutzschlauchverlegung an der Tür

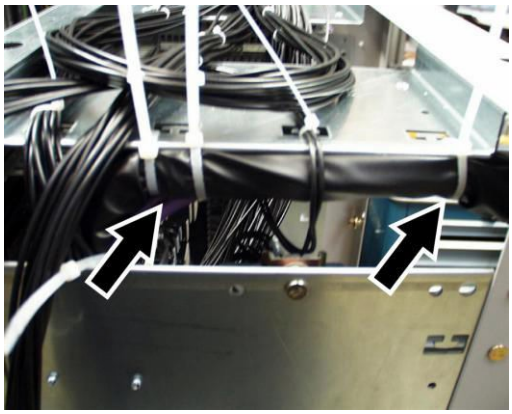


Abb. 66: Der Schutzschlauch muss bis in den Kabelkanal hinein reichen und mit Kabelbindern befestigt werden.

4.5. Crimpen

Für Crimpverbindungen gilt es, verschiedene internationale Normen und Vorschriften zu berücksichtigen, die anschaulich in folgenden Dokumenten gebündelt sind:

- IPC/WHMA-A-620 Requirements and Acceptance for Cable and Wire Harness Assemblies (Abnahmekriterien für Kabel bzw. Kabelbaum-Baugruppen)
- Molex Qualitätshandbuch für industrielles Crimpen

Crimpwerkzeuge und deren Anwendungen

Entsprechend ihrem Einsatz sind die Werkzeuge regelmäßig zu überprüfen (Zugkraftprüfungen, Abzugsproben etc.) Die Prüfungen sind zu dokumentieren. Es sind zu entsprechenden Crimphülsen bzw. Anschlagelementen passende Werkzeug- bzw. Pressbackeneinsätze zu verwenden. Die Norm DIN EN 60352-2 empfiehlt, dass Werkzeuge und Kontakte von einem Hersteller sein sollen, da nur so eine gleichbleibend hohe Verarbeitungsqualität gewährleistet werden kann. Andernfalls ist der Anwender für die

Qualität verantwortlich. Handcrimpzangen müssen über integrierte Zwangssperren mit Entriegelungsmöglichkeit verfügen. Geeignetes Werkzeug für manuelles Crimpen wird hier beispielhaft dargestellt:



Abb. 67: Crimpzange



Abb. 68: Nicht isolierte Aderendhülse



Abb. 69: Crimpzange



Abb. 70: Nicht isolierter Ringkabelschuh

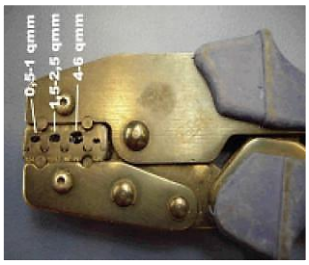


Abb. 71: Crimpzange



Abb. 72: Nicht isolierter Kabelschuh



Abb. 73: Crimpzange



Abb. 74: Isolierte Kabelschuhe



Abb. 75: Isolierte Reduzierhülsen



Abb. 76: Crimpzange elektrisch



Abb. 77: Nicht isolierter Ringkabelschuh

5. Leitungsarten & deren Einsatz

„Leiter, Kabel und Leitungen müssen so ausgewählt werden, dass sie für die vorkommenden Betriebsbedingungen (z. B. Spannung, Strom, Schutz gegen elektrischen Schlag, Häufung von Kabeln und Leitungen) und für äußere Einflüsse (z. B. Umgebungstemperatur, Vorhandensein von Wasser oder korrosiven Stoffen, mechanische Beanspruchungen (einschließlich der Beanspruchungen während des Verlegens), Brandgefährdungen) geeignet sind.“ – nach DIN EN 60204-1:2007

Für den Fall, dass kurzschluss- oder erdschlussfeste Kabel bis 1000 V verwendet werden müssen, ist der Typ „NSGAFÖU Sonder-Gummiaderleitung“ zu verwenden.

Schutzleiterquerschnitte sind nach aktuell gültiger DIN VDE 0100-540 auszuführen.

Weitere Details sind der aktuell gültigen DIN EN 60204-1 „Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ zu entnehmen.

6. Schrauben & Drehmomente

Es müssen, sofern angegeben, die herstellerspezifischen Angaben von Bauteilen berücksichtigt werden. Diese sind in den meisten Fällen auf den Komponenten bzw. in den technischen Informationen bzw. Datenblättern ersichtlich. In den Fertigungsunterlagen sollen die angewendeten Anzugsmomente ausgewiesen werden. Die verwendeten Schrauben müssen einem DIN/IEC/ISO-Standard entsprechen. Bei entsprechenden Aufgaben sind kalibrierte Drehmomentschlüssel zu verwenden. Im Endzustand eines Schaltschrankes ist sicherzustellen, dass alle Schrauben mit ihren entsprechenden Anzugsmomenten angezogen sind.

6.1. Akkuschraubwerkzeuge

Bei Verwendung von Akkuschraubwerkzeugen ist auf eine Drehmomentüberwachung zu achten. (siehe folgende Abbildungen)



Abb. 78: Schraubendrehergriff mit Drehmomentanzeige (Beispiel)



Abb. 79: Akkuschrauber mit zwei Geschwindigkeitsstufen und präziser Drehmomentvorwahl (Beispiel)



Abb. 80: Akkuschrauber (Beispiel)



Abb. 81: Mini- Akkuschrauber, knickbar, stufenlos einstellbares Drehmoment (Beispiel)

Es wird empfohlen, die Drehmomente der eingesetzten Schraubwerkzeuge mit den einstellbaren Drehmoment-Stufen (1, 2, 3... o.ä.) abzugleichen, dies für den Gebrauch zu dokumentieren und regelmäßig zu überprüfen. Ebenfalls sollten die Akku-Ladestände vorgegeben und überprüft werden.

6.2. Anschlüsse und Verschraubungen

Es ist darauf zu achten, dass elektrisch leitende Verbindungen fest, flächig, bündig und ohne Zug- und Druckbelastung ausgeführt sind (siehe Abbildung unten).
Bei Anschlüssen und Verschraubungen sind Anzugsdrehmomente nach Materialfestigkeitsklassen und Herstellerangaben auszuführen. Diese sind nicht zu verwechseln mit den maximal zulässigen Drehmomenten.
Insbesondere in den Datenblättern bestimmter Leistungs-Halbleiter werden genaue Anzugs- und Testmomente vorgeschrieben.

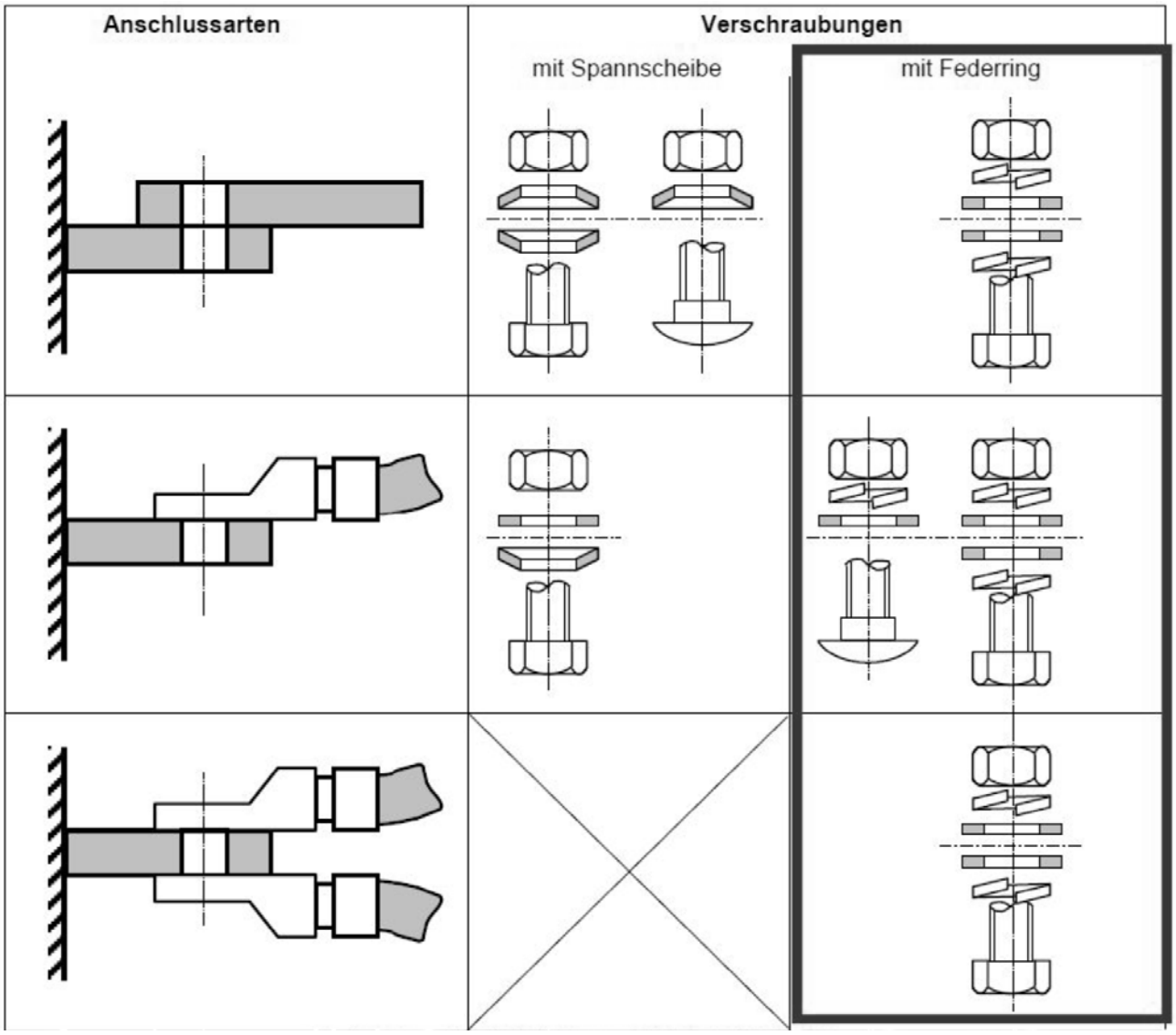


Abb. 82 Beispiele für technische Zeichnungen von elektrischen Anschlüssen



Abb. 83: Drehmomentangaben auf Klemme



Abb. 84: Drehmomentangaben auf Klemme

7. Transport

Es ist zu ermitteln, wie der Transport erfolgen soll. Es ist darauf zu achten, dass die Transportvorschriften des Herstellers eingehalten werden. Liegen keine Vorschriften vor, sind diese zu erfragen.

8. Reinigung

Es ist auf eine - in allen Belangen - saubere Arbeitsweise zu achten.

Mechanische Bearbeitungen sollten möglichst vor Bestückung der Aufbauplatte und/oder vor Beginn der Verdrahtung abgeschlossen sein.

Achtung: Bei Einsatz von Druckluft können abgeschnittene Drähte bzw. Litzen an Stellen gelangen, an denen sie Kurzschlüsse verursachen können. Daher sind entsprechende Gegenmaßnahmen bzw. Vorkehrungen zu treffen.

Bei der Reinigung des Schaltschranks bzw. Geräts ist zu beachten, dass keine Verdrahtungsreste o.Ä. aus der Montage zurückbleiben.



Abb. 85: Heruntergefallene Späne und Überreste (1) dürfen nicht im Schrank verbleiben und sind mit einem Industriesauger aufzusaugen.



Abb. 86: Beispiel für einen Industriesauger

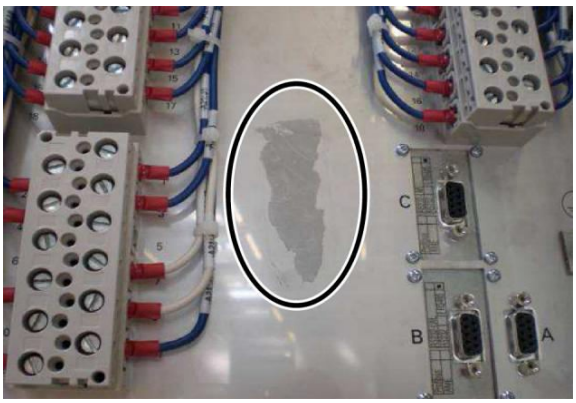


Abb. 87: Ungewollte Klebereste



Abb. 88: Sämtliche Klebereste müssen mit einem speziellen Oberflächenreiniger (Bsp.) entfernt werden.

9. Mechanische & optische Prüfungen

Mechanische und optische Prüfungen sind mindestens nach VDE 100-600 durchzuführen. Siehe auch Helmholtz-Leitfaden „Sicherheit bei Errichtung, Betrieb und Prüfung elektrischer Anlagen im Forschungsbetrieb“.

Weitere Prüfpunkte:

- Geräteanschlüsse (Schraub-, Steck-, Quetsch-, Lötverbindungen) müssen fest angeschlossen sein.
- Vollständige (100 %-) Zugprüfung an allen Leitungen im Gerät
- Es dürfen keine blanken Drähte oder Litzen sichtbar sein.
- Gerät auf innere und äußere Beschädigungen kontrollieren
- Kontrollieren, dass keine Verdrahtungsreste im Gerät vorhanden sind.
- Optisch saubere Ausformung der Kabelbäume und ein entsprechend einheitliches Bild der Verdrahtung im gesamten Auftrag
- Abgleichen der dokumentierten Fehlteile mit tatsächlichen Fehlteilen

10. Dokumentation

Sofern keine anderen Normen aufgeführt sind, sind in jedem Fall mindestens Prüfprotokolle auf Basis der VDE 100-600 vorzulegen.

Bevor ein Anschluss von Spannung erfolgt, müssen mindestens folgende Dokumente vorliegen:

- technische Dokumentation des anzuschließenden Systems und
- zugehörige Prüfnachweise (mit eindeutigen Prüfanweisungen, Verantwortlichen, Datum, Unterschrift etc.).

Ferner heißt es im Helmholtz-Leitfaden „Sicherheit bei Errichtung, Betrieb und Prüfung elektrischer Anlagen im Forschungsbetrieb“:

„Vor der ersten Inbetriebnahme von Anlagen und Geräten muss eine Prüfung durchgeführt werden. Diese soll sicherstellen, dass Vollständigkeit, Funktionsfähigkeit der Anlage oder des Gerätes und Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen gewährleistet sind sowie eventuell vorhandene Mängel erkannt werden.“

Achtung: Ohne vorliegende Dokumentation darf kein Gerät in Betrieb genommen werden!

Bei Schaltschränken sind Sicherheitshinweise, Stromlaufpläne und Stücklisten am Gerät verfügbar zu halten.

Eine Endabnahme eines Gerätes erfolgt in der Regel nur mit einer vorliegenden Einbau- oder Konformitätserklärung.