

Hochleistungsstrassennetz

Richtlinie
EMV Erdung Blitzschutz

Teil 3: Ausführungsrichtlinien: Tunnels

Auftrags-Nr.: 120184.06

Version: 1.0

Hardturmstrasse 161
Postfach
CH-8037 Zürich

Luppenstrasse 1
CH-8320 Fehraltorf

Im Hasliacher 6
Postfach
CH-5626 Hermetschwil

	Seite
3	1
3.1	1
3.1.1	1
3.1.2	3
3.1.2.1	3
3.1.2.2	6
3.1.2.3	7
3.1.2.4	8
3.1.2.5	9
3.1.2.6	10
3.1.3	10
3.1.4	12
3.1.5	15
3.1.5.1	15
3.1.5.2	16
3.1.5.3	16
3.1.5.4	18
3.1.5.5	20
3.1.5.6	21
3.1.5.7	21
3.1.5.8	23
3.1.5.9	23
3.1.5.10	23
3.1.5.11	24
3.1.5.12	24
3.1.5.13	25
3.1.5.14	26
3.1.5.15	27
3.1.5.16	27
3.1.5.17	28
3.1.5.18	28
3.1.5.19	28
3.1.5.20	28
3.1.5.21	29
3.1.5.22	30
3.1.5.23	32
3.1.6	39
3.2	40
3.3	43
3.3.1	43
3.3.2	46
3.3.3	50
3.3.4	50

3.3.5	Kabelschächte	51
3.3.6	Single Point Entry	52
3.3.7	Steigzonen	53
3.4	Hohlböden	55
3.4.1	Einbindung in den Potenzialausgleich	55
3.4.2	Kabelführung: Ordnungstrennung und Vermeidung von Schlaufen	56
3.4.3	Ableitfähigkeit von Bodenbelägen und Bodenplatten	56
3.5	Kabel	57
3.5.1	Fiberoptik-Kabel / Lichtwellenleiter	57
3.5.1.1	Kabeltypen	57
3.5.1.2	Kabelverlegung	57
3.5.1.3	Kabeleinführung und -Anschluss	57
3.5.2	Steuer-, Signal- und Telekommunikationskabel aus Cu	58
3.5.2.1	Kabeltypen	58
3.5.2.2	Kabelverlegung	58
3.5.2.3	Kabeleinführung und -Anschluss von Telekommunikationskabeln	58
3.5.2.4	Kabeleinführung und -Anschluss von Steuer- und Signalkabeln	59
3.5.3	Niederspannungskabel	64
3.5.3.1	Kabeltypen	64
3.5.3.2	Kabelverlegung	64
3.5.3.3	Kabelanschluss	66
3.5.4	Mittelspannungskabel (1 - 50 kV)	67
3.5.4.1	Kabeltypen	67
3.5.4.2	Kabelverlegung	67
3.5.4.3	Kabelanschluss	67
3.5.5	Hoch- und Höchstspannungskabel (50kV - 150 kV resp. 150 - 400 kV))	67
3.5.5.1	Kabelverlegung	67
3.6	Schaltgerätekombinationen SK	68
3.6.1	EMV-Richtlinien für die Schrankauslegung	68
3.6.2	Einbindung in den Potenzialausgleich	70
3.6.3	Überspannungsschutz	70
3.6.4	Detailmassnahmen	71
3.6.4.1	Schutz gegen elektrostatische Entladung	71
3.6.4.2	Trennung der Leitungsgruppen bei Relais oder Schützen	71
3.6.4.3	Leitungsführung bei Motoren mit Leistungselektronik	72
3.6.4.4	Leitungsführung bei Netzfiltern	73
3.6.4.5	Leitungsführung bei Netzdrosseln	74
3.6.4.6	Leuchtstofflampen	75
3.6.4.7	Verkabelung Schaltschrank - Schaltschrank	75
3.6.4.8	Verkabelung Schaltschrank - Terminal	76
3.6.4.9	Analoge Ein- /Ausgabe-Baugruppen	77
3.6.4.10	Digitaleingänge	78
3.6.4.11	Digitalausgänge	79

3.7	Überspannungsschutz der Elektromechanischen Einrichtungen	80
3.7.1	Energieversorgung	81
3.7.2	Beleuchtung	87
3.7.3	Lüftung	88
3.7.4	Signalisationsmittel	89
3.7.5	Mess- und Überwachungsanlagen	90
3.7.6	--	91
3.7.7	Kabelanlagen	91
3.7.8	Nebeneinrichtungen	91
3.8	Spezialfälle	92
3.8.1	Antennenanlagen	92
3.8.2	Nicht-ionisierende Strahlung	96
3.8.3	Drahtlose Kommunikation	96
3.8.4	Elektrische Schweissarbeiten	96
3.8.5	Eisenbahnen	96
3.9	Prüfungen und Nachweise	97
3.9.1	Vor dem Betonieren der Bauwerke	97
3.9.2	Prüfung und Überwachung des Potenzialausgleichs	97
3.10	Planungs- und Realisierungsablauf	104
3.11	Sanierungen	104
3.11.1	Vorgaben und Konzepte von Sanierungen	104
3.11.2	Erdung und Hauptpotenzialausgleich	104
3.11.3	Vorhandener Netztyp TN-C	105

Revisionen:

Status:	Datum:	Änderungsveranlassung
Version 1.0	26.06.2006	Erstausgabe

Copyright © Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt Verkehrsmanagement

Alle Rechte vorbehalten. Die Richtlinie darf weder gesamthaft noch teilweise ohne die schriftliche Genehmigung der Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt Verkehrsmanagement vervielfältigt werden.

3 AUSFÜHRUNGSRICHTLINIEN TUNNELS

3.1 Erdung und Potenzialausgleich

Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

3.1.1 Prinzipschema

(Ausschnitt aus 1-PL_EWE-343749 vom 20.01.2003: Westumfahrung Zürich)

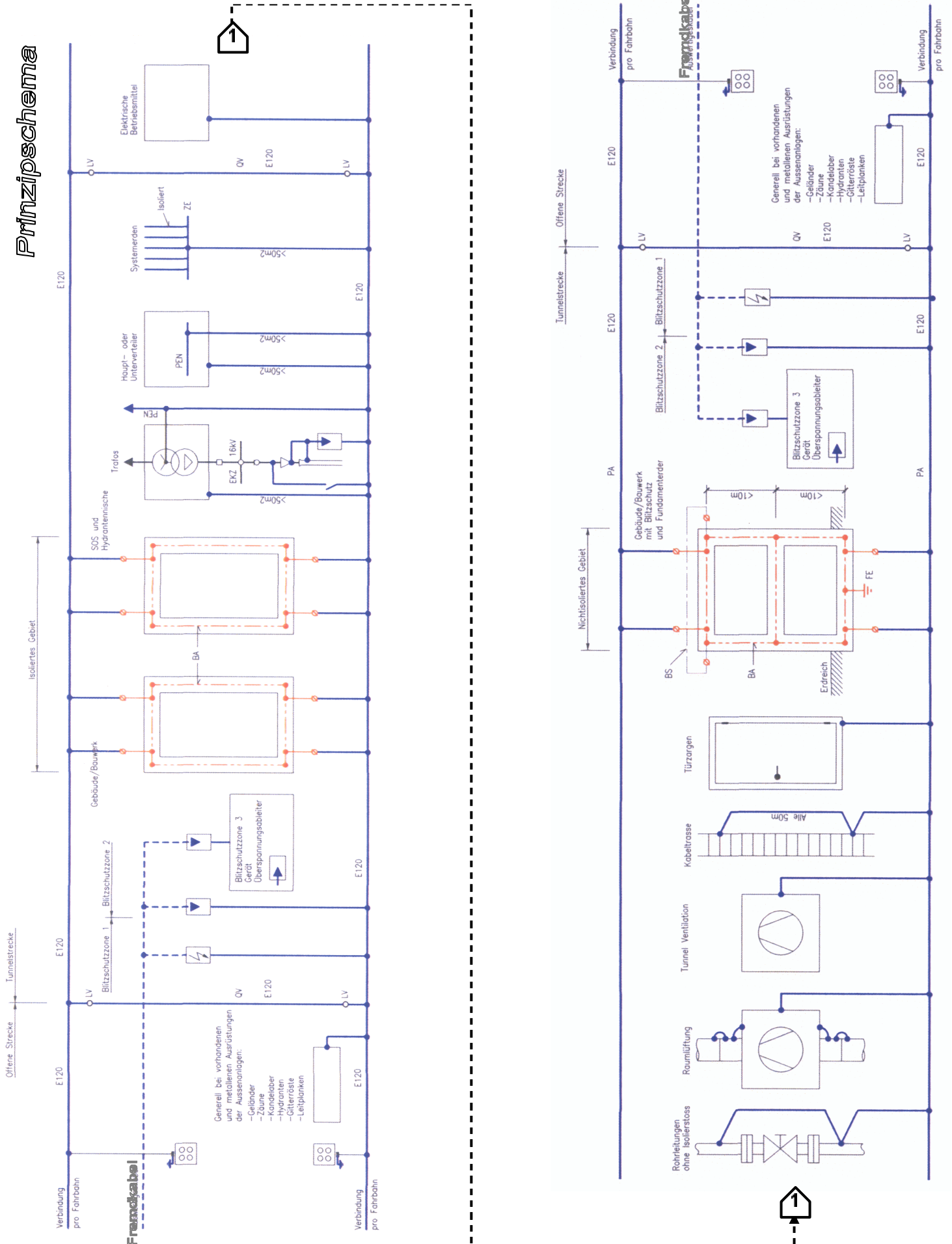
Legende:

Legende:	
	Potentialausgleichleiter (E120) 120mm ²
	Ausser Blitzschutz (BS)
	Armierungseisen für die Erdung verwendet
	Kabelverbindung Allgemein
	EP Wand-Erdungsplatte (trennbare Verbindung)
	LV Lösbare Verbindung (Messstelle)
	FV Feste Verbindung
	FE Fundamenterder
	Blitzstromableiter
	Überspannungableiter
	Kabelendverschluss
	Erdtrenner
	Leistungsschalter
	Aussenanlagen-Rohrblock mit Cu 20x3mm Erdband, ausgerüstet
PA	Potentialausgleichleiter (E120) 120mm ²
BA	Betonarmierung
BS	Blitzschutz
ZE	Zentraler Erdungspunkt
QV	Querverbindung (E120) 120mm ² beim Portal-, Fuss- und Fahrzeugquerverbindung

Alle nicht bezeichneten Leitungen sind mit mind. 25mm² zu den Potential Ausgleichleiter angeschlossen.

Plan auf nächster Seite ⇨

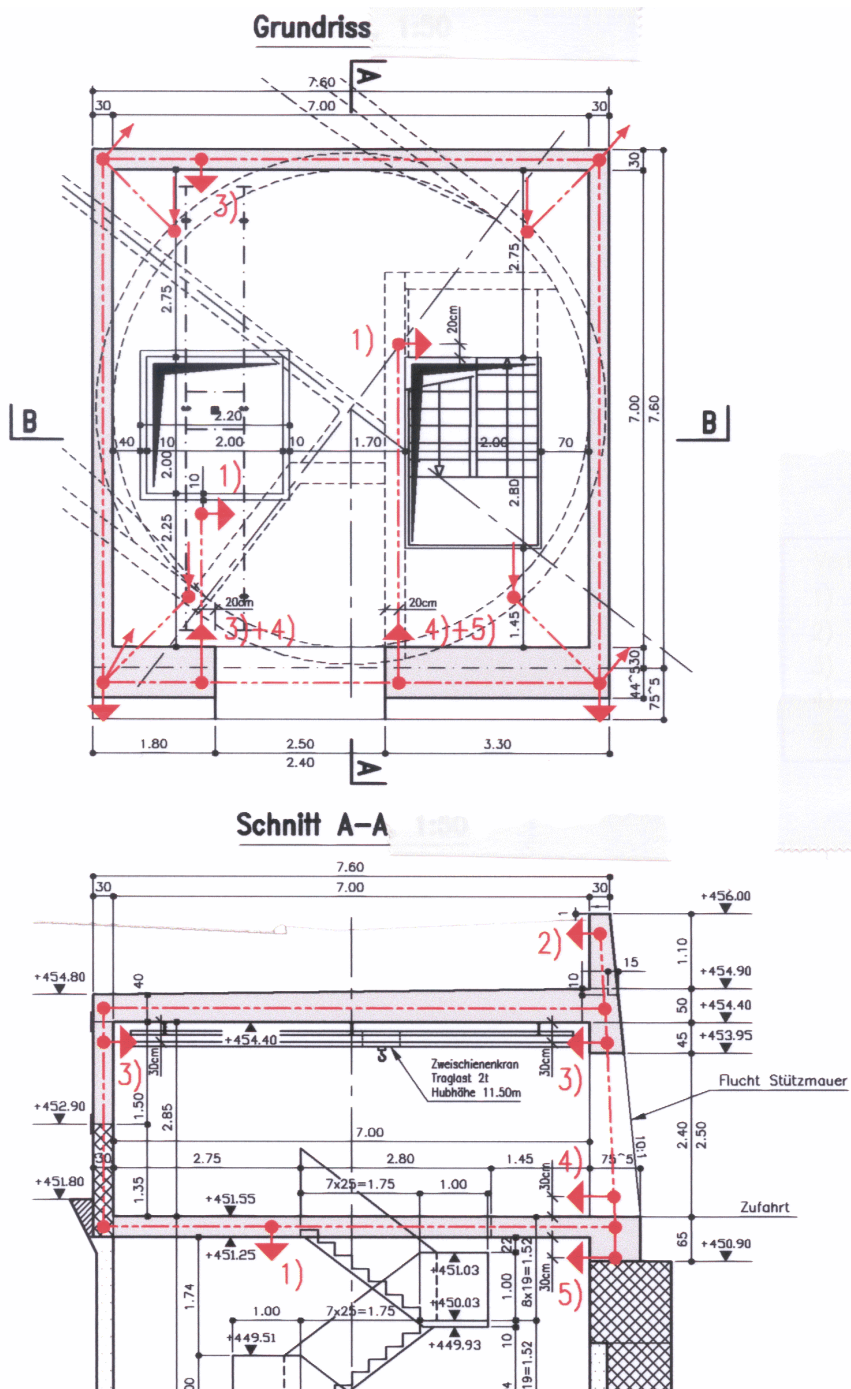
Prinzipschema



3.1.2 Bauliche Massnahmen Erdung und Potenzialausgleich

3.1.2.1 Fundamenterder

Da diese Massnahmen nach der Bauvollendung kaum mehr nachgerüstet werden können, ist der frühzeitigen Planung und der fachmännischen Realisierung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Vor Einbringen des Betons sind die Erdungen durch den Elektrofachplaner zu kontrollieren (siehe 3.9.1).

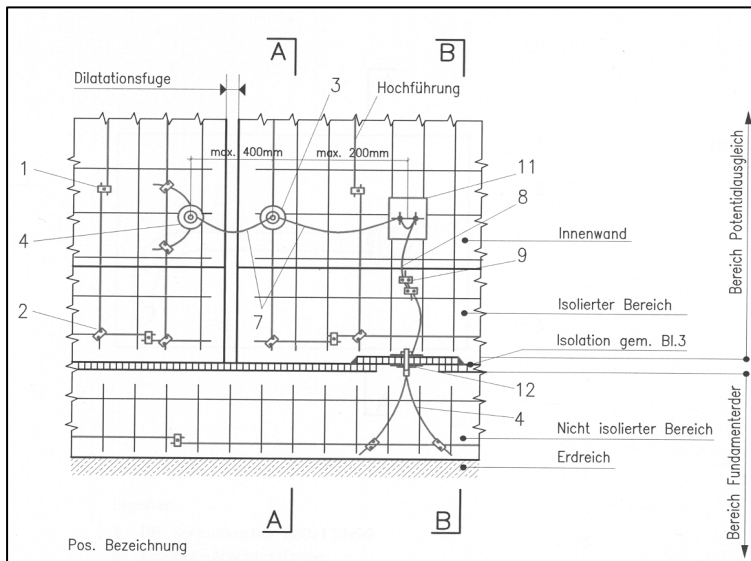


Als Erder werden jeweils die Armierungsseisen der nicht-isolierten Betonfundamente der diversen Portalstationen verwendet.

- | |
|------------------------|
| Verlegung: |
| 1) In Bodenplatte |
| 2) In Decke -10cm OK |
| 3) 30cm UKD |
| 4) 30cm OK Rohboden |
| 5) 30cm UK Bodenplatte |

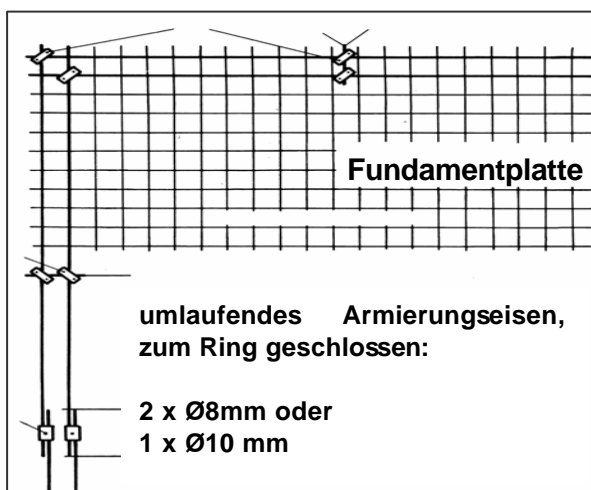
- Bewehrungslegende:
- - - - - Fundamenterder
 - - - - - Erdung und Potentialausgleich (im Betonboden und Wände)
 - ↗ ↘ ↙ ↚ Verbindung nach oben
 - ↗ ↘ ↙ ↚ Verbindung durchgehend
 - ↗ ↘ ↙ ↚ Verbindung nach unten
 - - - - - Wand-Erdungsplatte: Mit Anschluss an die Wandarmierung, ohne Angaben -0.30 UKD (alle Angaben in Meter)
 - - - - - Elektrisch leitend verbinden mittels Kreuzklemme

(Beispiel: N4.1.6 Zugangsbauwerk Rüteli)



Als Maschennetz werden ausgewählte Armierungseisen oder speziell verlegte Leiter aller Gebäude und Bauwerke des Tag- und Untertagbaus mittels Parallel- oder Kreuzklemmen elektrisch leitend miteinander verbunden. Auf diese Armierungseisen werden punktuell die vorgesehenen Erdungswandplatten kontaktiert. Von da aus erfolgt der Anschluss an die Kupfer-Potenzialausgleichsschiene. Durch diese Vermaschung von Armierung und Potentialausgleich entsteht pro Objekt ein Faradayscher Käfig.

Verwendung der Armierungseisen



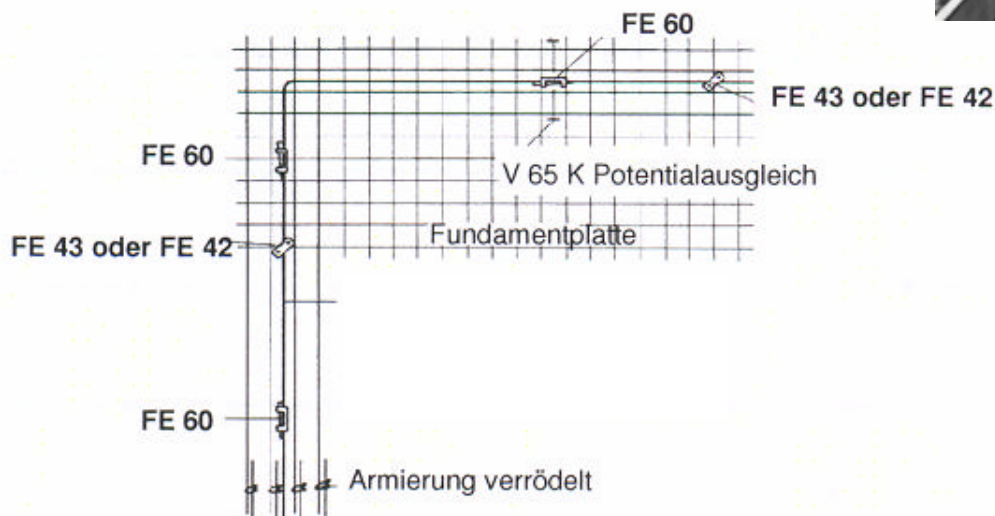
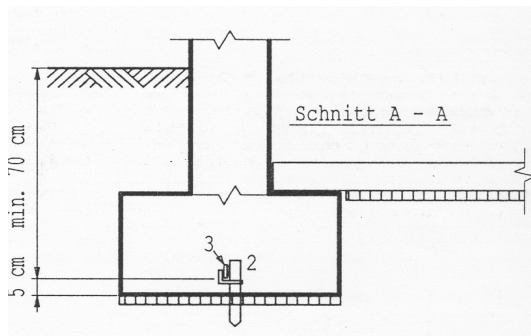
Achtung: Armierungseisen mit **korrosionshemmender Beschichtung** (z.B. mit Epoxydharz-Beschichtung) sind elektrisch isolierend und **dürfen nicht verwendet werden.**

- Durchmesser des Armierungseisens mind. 8 mm
- Zwei Armierungseisen \varnothing 8 mm oder ein Armierungseisen \varnothing 10 mm
- Die Verbindungen müssen geschraubt sein
- Eingrabetiefe mind. 0.7 m
- Überlappung der Armierungseisen bei der Klemmverbindung: beidseitig mind. 5 cm

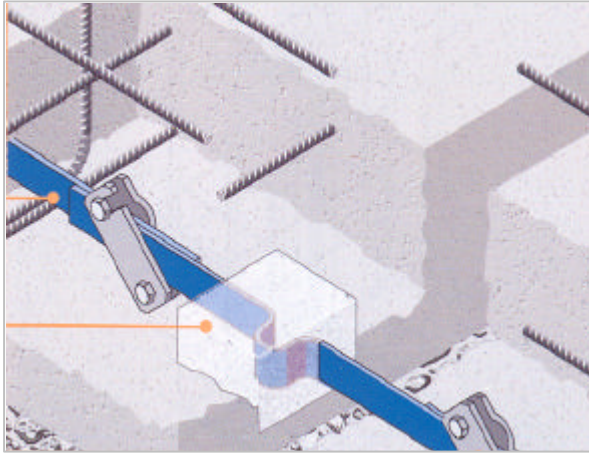
Ausführung mit speziell verlegtem Bandstahl oder Seil



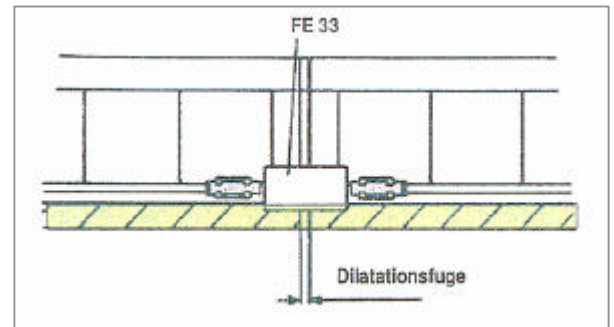
- Bandstahl mind. 25 x 3 mm
oder Seil FE 82 75 mm²
- Distanz zur Fundamentsohle
mind. 5 cm
- Verlegung hochkant,
Abstützung alle 2 - 3 m
- Es können Schraub- oder Keil-
verbinder verwendet werden
- Eingrabtiefe min. 0.7 m



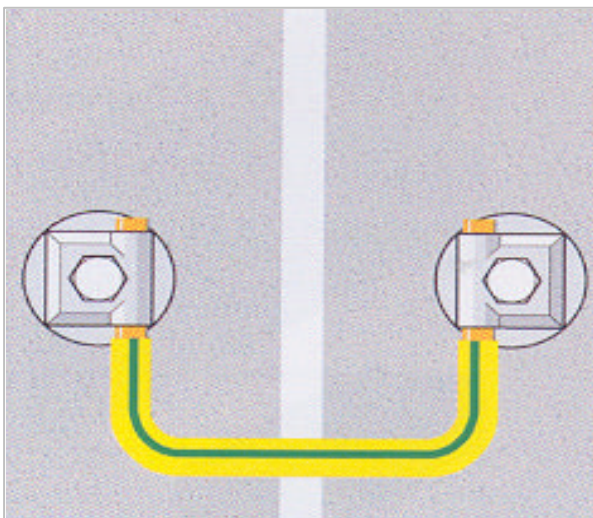
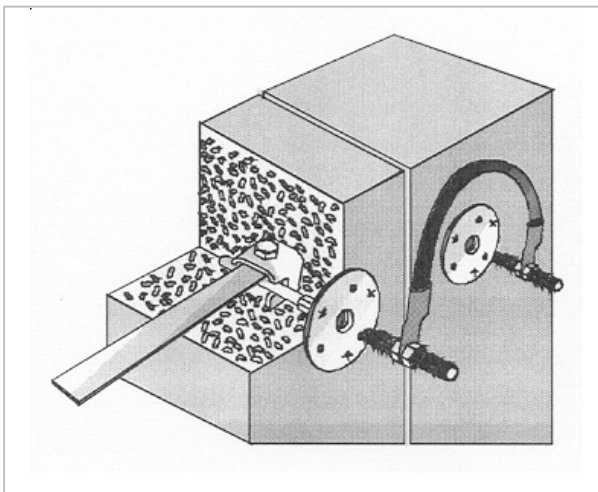
Dilatationsverbindungen in Fundamenten



- Die an den Enden gereinigten Anschlussfahnen aus Armierungseisen ($\varnothing 10 \text{ mm}$) / Bandstahl ($25 \times 3 \text{ mm}$) oder Seil (75 mm^2) werden an der Dilatationsverbindung festgeschraubt.



3.1.2.2 Dilatationsverbindungen an Wänden

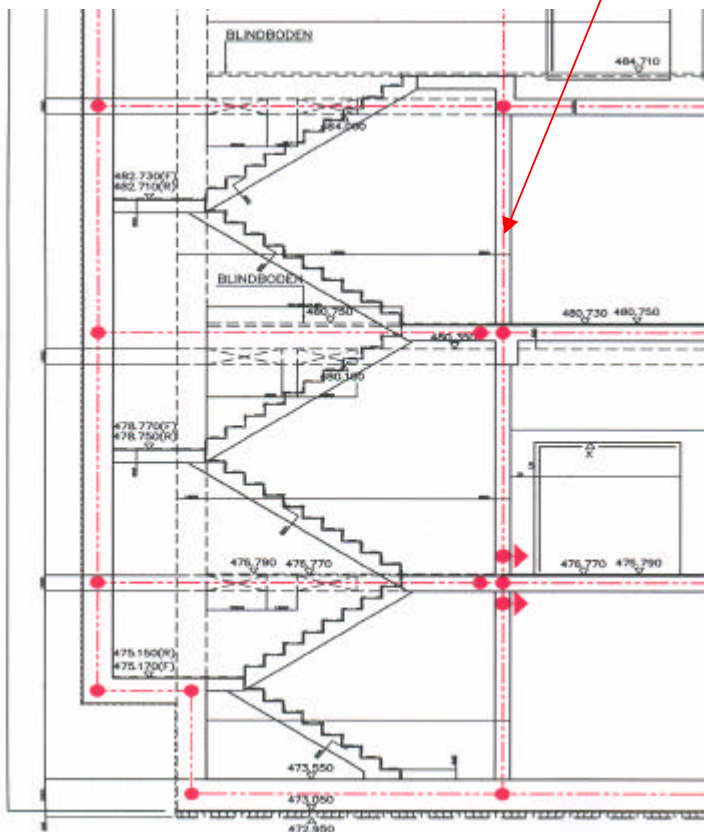
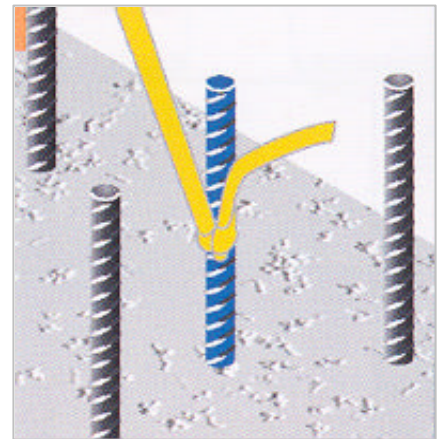


- Die an den Enden gereinigten Anschlussfahnen aus Armierungseisen ($\varnothing 10 \text{ mm}$) / Bandstahl ($25 \times 3 \text{ mm}$) oder Litze (75 mm^2) werden an den Erdungsfestpunkten festgeschraubt.
- Anschlussgewinde min. M12
- Die Verbindungen müssen korrosionsfest sein und sind gegen Selbstlockerung zu schützen (Federring).
- Die sichtbare Verbindung ist mit grün/gelb isolierter Cu-Litze 50 mm^2 auszuführen.

3.1.2.3 Anschlussfahnen für Erdungfestpunkte und weitere Verbindungen

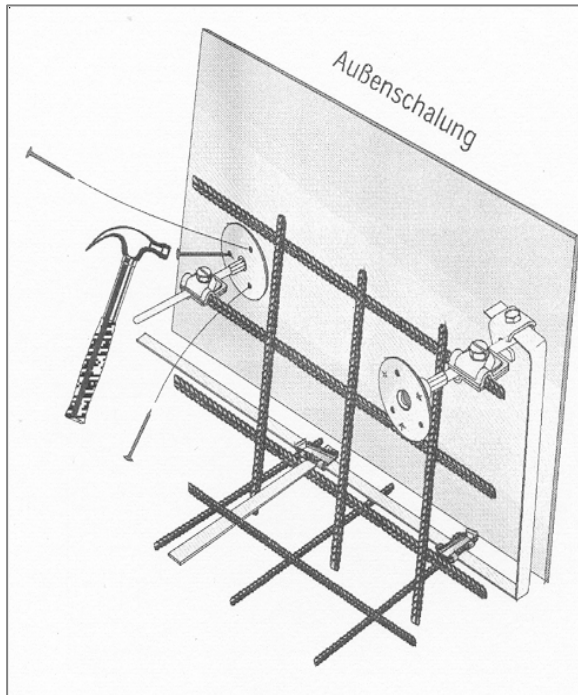


- Die Anschlussfahnen müssen vor dem Anschluss gereinigt werden (Rost)
- Werden Armierungseisen als Leiter verwendet sind sie beim Anschlussübergang zu markieren (Verwechslungsgefahr)
- Überlappung der Armierungseisen bei der Klemmverbindung; beidseitig mind. 5 cm

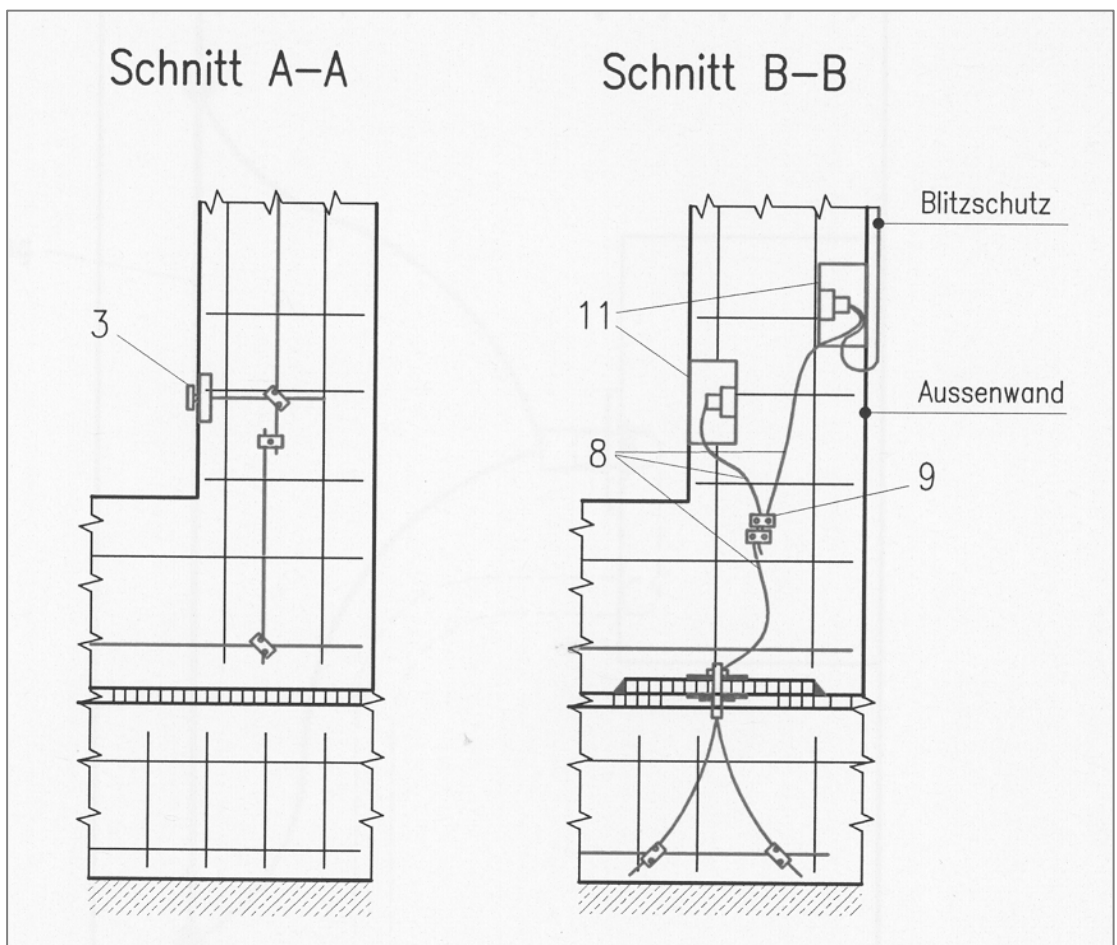
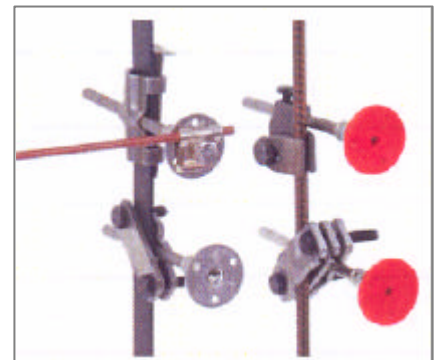


- Die Verbindung kann mit Armierungseisen oder Stahlseil erfolgen.

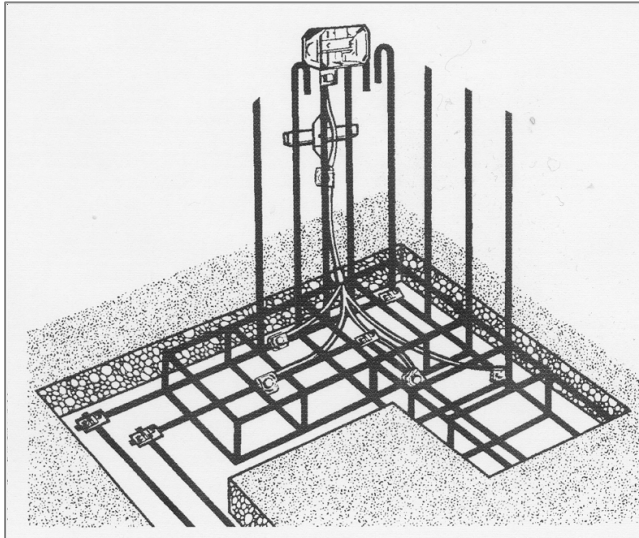
3.1.2.4 Erdungsfestpunkt



- Die an den Enden gereinigten Anschlussfahnen aus Armierungseisen (\varnothing 10 mm) oder Bandstahl (25 x 3 mm) werden an den Erdungsfestpunkten festgeschraubt.
- Anschlussgewinde min. M12

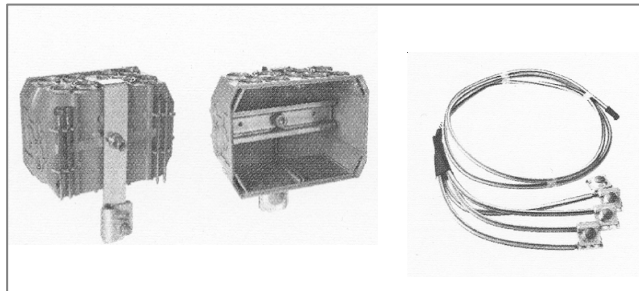


3.1.2.5 Erdungsanschluss mit Anschlussgarnitur



Als Alternative zu einem Erdungsfestpunkt kann ausschliesslich bei Sanierungen eine Anschlussgarnitur verwendet werden. Ein Vorteil kann darin liegen, dass eine Anschluss-schiene für mehrere Anschlüsse darin Platz findet.

- Die 4 Anschlussfahnen aus Cu-Seil (50 mm^2) werden an den Armierungseisen festgeschraubt.

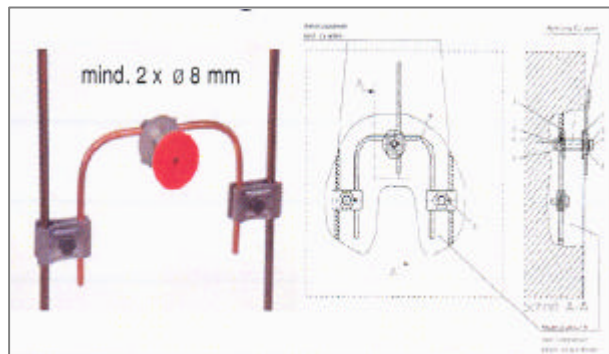


- Die Unterputzdose (175 x 120 x 64 mm) wird an der Armierung resp. an der Schalung befestigt.

3.1.2.6 Nachträglich installierte Erdungsfestpunkte (Sanierungen)

Die nachträgliche Installation eines Erdungsfestpunktes ist nur bei Sanierungen gestattet nach Vorgabe des verantwortlichen Planers. Bevor der Erdpunkt zugemörtelt wird, ist dessen Erdübergangswiderstand zu messen (siehe Kapitel 3.1.6 „Vorkehrungen für Messungen und Nachweis“).

Die Anschlussstelle muss besonders sorgfältig zu gemörtelt werden. Es besteht sonst die Gefahr von Korrosion an den Armierungseisen.



- Zwei Armierungseisen mind. $\varnothing 8$ mm werden in der Betonwand freigespitzt.
- Die an den Enden gereinigten Anschlussfahnen werden an den Erdungsfestpunkten festgeschraubt.
- Anschlussgewinde min. M12
- Die Anschlussstelle ist vorgängig mit korrosionsschützender Farbe oder Spray gut abzudecken.
- Die Anschlussstellen müssen sauber zugemörtelt werden.

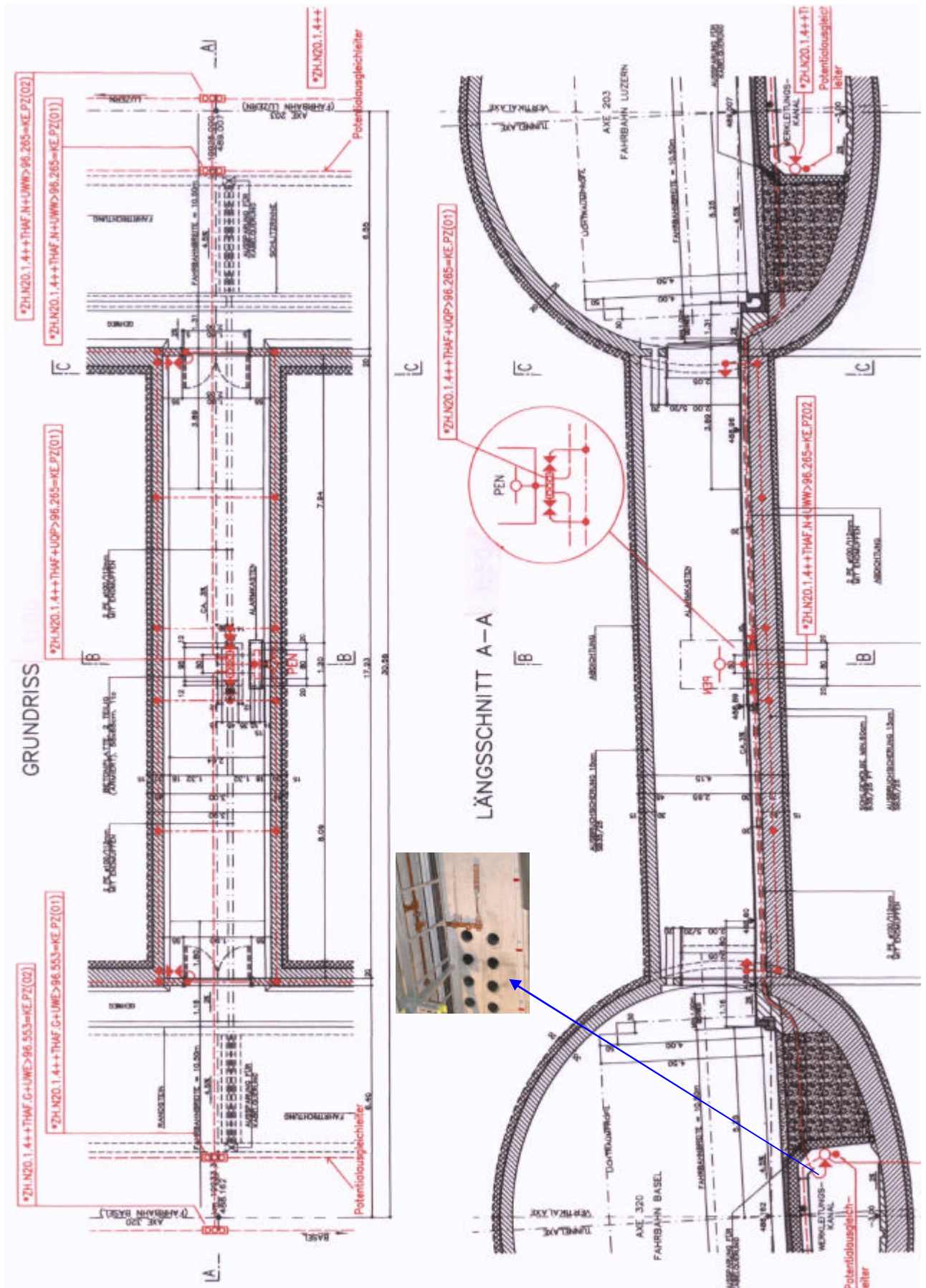
3.1.3 Querschlag-Verbindungsleitungen

Bei jedem Querschlag sind Querverbindungen der Hauptpotentialausgleichsleiter in den beiden Werkleitungskanälen vorzusehen.



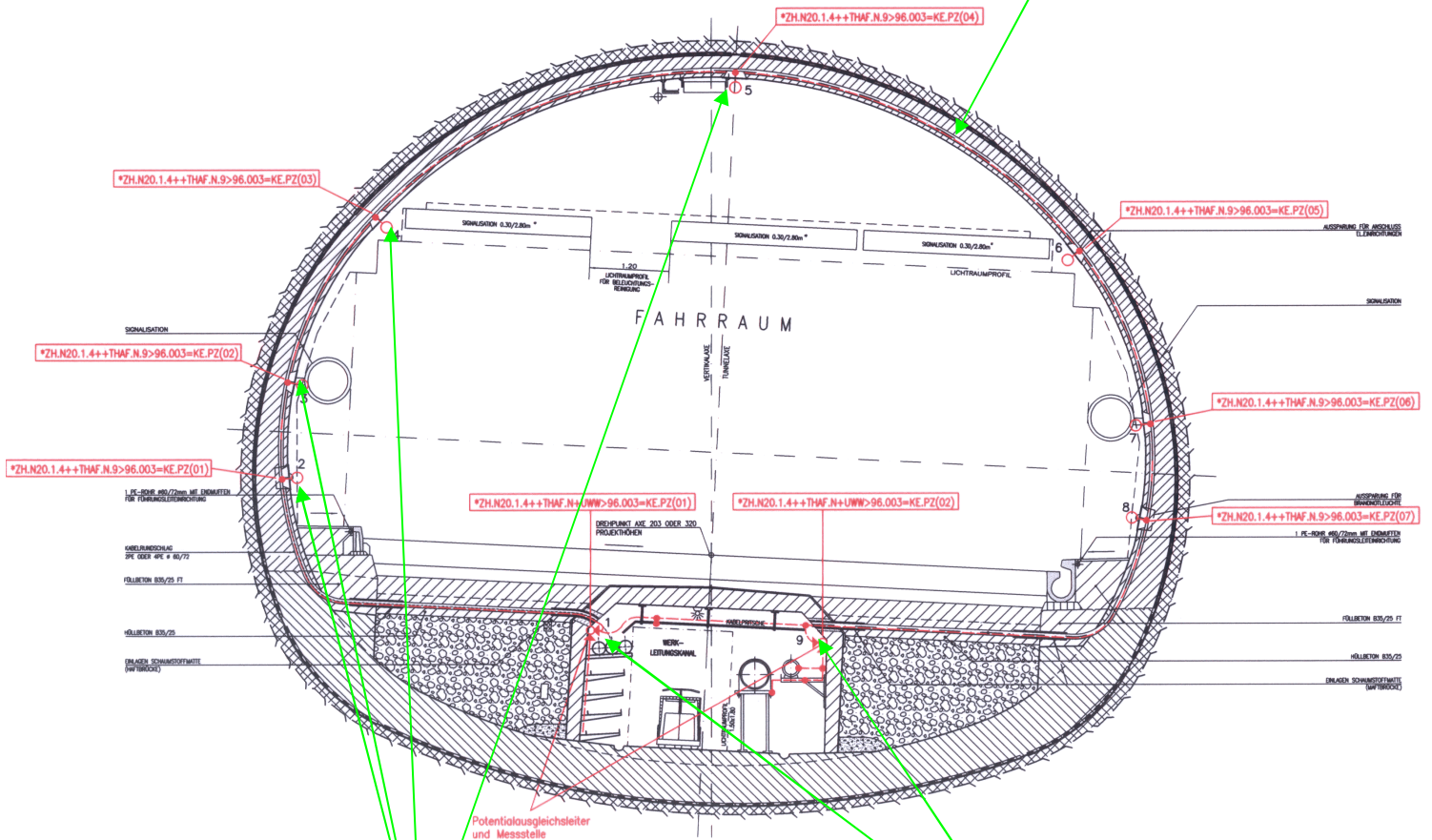
- Verbindungsleitung Cu 120 mm^2
- Die Querschlagverbindungsleitung wird im Werkleitungskanal beidseitig auf den Hauptpotentialausgleichsleiter geführt.

(Ausschnitt aus 1-PL_EWE-3487789 vom 20.07.2004: Westumfahrung Zürich)



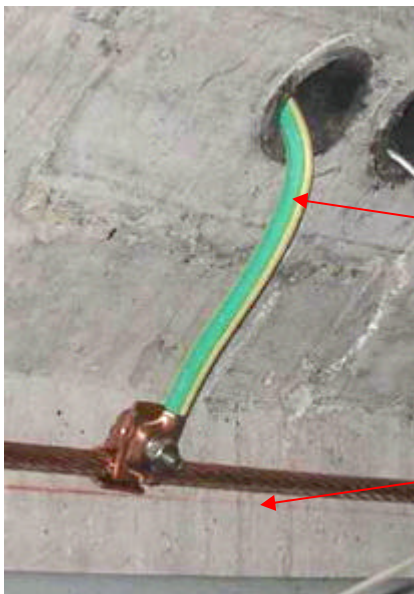
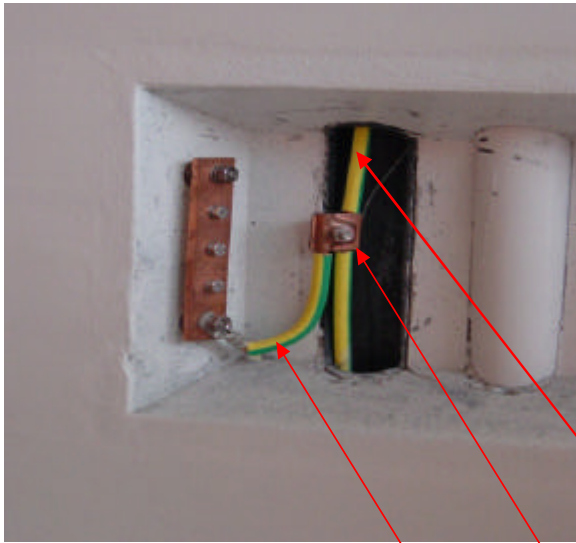
3.1.4 Rundschlag-Aufstiegsleitungen

Alle ca. 140 m ist ein Rundschlag vorzusehen, bei dem der Potenzialausgleich ausgehend vom Hauptpotenzialausgleichsleiter im Werkleitungskanal rund um das Tunnelgewölbe und wieder zurück in den Werkleitungskanal geführt wird. Dadurch wird der Anschluss aller Apparate/Ausrüstungen/Armaturen im Tunnelgewölbe an den Potenzialausgleich sichergestellt.



Fotos nächste Seite

In der Tunnellängsrichtung entstehen dadurch ca. alle 140 m solche Verbundstellen.



- Grün/gelb isoliertes Cu-Seil (120 mm²)
- Das grün/gelb isolierte Cu-Seil ist in einem PE-Rohr Ø 60 mm verlegt.
- An den Anschlussstellen der Aufstiegsleitung wird das PE-Rohr häftig aufgeschlitzt und die Isolation des Cu-Seils soweit entfernt, dass eine Erdklemme montiert werden kann.
- Die Verbindung von der Erdklemme auf die Potenzialausgleichsschiene wird mit einer grün/gelb isolierten Cu-Litze 50 mm² erstellt.
- Die Rundschlagaufstiegsleitung wird im Werkleitungskanal beidseitig auf den Hauptpotenzialausgleichsleiter 120 mm² geführt.

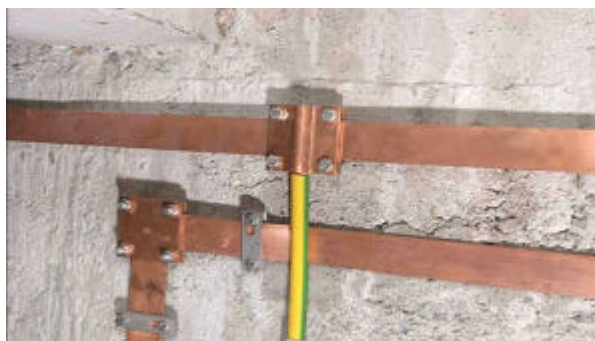
Ordnungstrennung siehe 3.3.1.

3.1.5 Ausführung Erdung / Potenzialausgleich

3.1.5.1 Hauptpotenzialausgleichsleiter

Als massgebender Potenzialausgleichsleiter wird ein Kupfer-Draht, -Band oder -TT-Seil, von mindestens 120 mm^2 verwendet. Dieser Leiter wird durchgehend in allen Werkleitungskanälen, in den Zentralen wie auch in den Rohranlagen der gesamten Strecke verlegt.

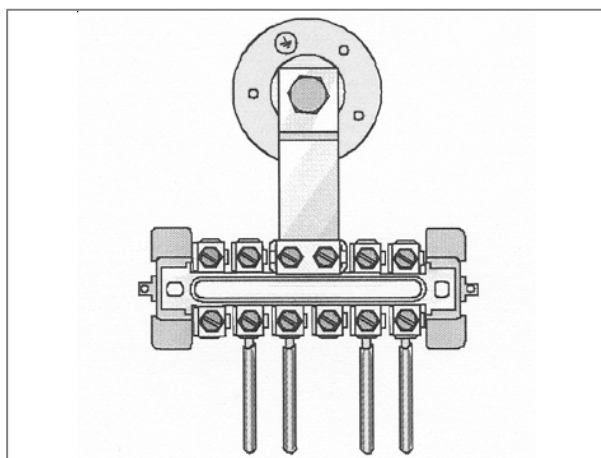
Für jede einzelne Fahrbahn wird ein separater Potenzialausgleichsleiter geführt. Diese parallel laufenden Leiter werden jeweils bei den Tunnelquerverbindungen und im Bereich der Zentralen miteinander verbunden.



Ausführungsvarianten:

- Mindestquerschnitt immer $\text{Cu } 120 \text{ mm}^2$
- Die Ausführung erfolgt mit Cu-Draht, Cu-Seil oder Cu-Band.

An die Hauptpotenzialausgleichsleiter werden alle schutzrelevanten Elemente der elektromechanischen Ausrüstungen angeschlossen.



Zentrale Erdpunkte (ZE) dienen dem Potenzialausgleich von elektronischen Systemen. Im Gegensatz zur allgemeinen Erdung sind die Potenzialverbindungen für elektronische Systeme sternförmig aufzubauen.

Jeder Systemlieferant bildet in seiner Verantwortung seine eigene, isolierte Systemerdung. Diese Erde wird dann sternförmig mit dem zugeordneten ZE verbunden. Die Erderabgänge sind zu beschriften.

Für die Objekte des Tag- und Untertagbau sind in der Beilage einige typische Anwendungsbeispiele aufgezeigt.

3.1.5.2 Hoch- und Höchstspannungsanlagen

Die Transit-Hochspannungskabel (50 - 150 kV) und -Höchstspannungskabel (150 - 400 kV) werden über die gesamte Länge baulich abgetrennt (ausserhalb des Werkleitungskanals) geführt, d.h. ohne jegliche Verbindung zum Strassen- und Tunnel-Erdungssystem.

3.1.5.3 Mittelspannungsanlagen

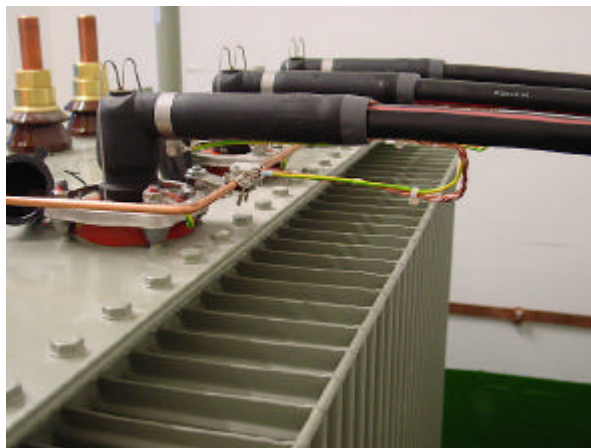
An die Haupt-Potenzialausgleichs-Leiter sind anzuschliessen:

- die zu den Mittelspannungskreisen gehörenden Gehäuse von Schaltanlagen und Transformatoren
- Apparate und deren Gestelle, Kabelträger, leitfähige Abschrankungen usw.
- Alle Mittelspannungs-Garnituren werden an Ort und Stelle an den Potenzialausgleichsleiter angeschlossen.
- die für Arbeiten abgeschalteten, sonst unter Spannung stehenden Teile der Mittelspannungsanlage
- die Erdungsklemmen der Überspannungsableiter

Die metallischen Umhüllungen von Mittelspannungskabeln werden nur einseitig geerdet und zwar am Kabelende des Verbrauchers d.h. auf der Seite des Anschlusses im Tunnel.

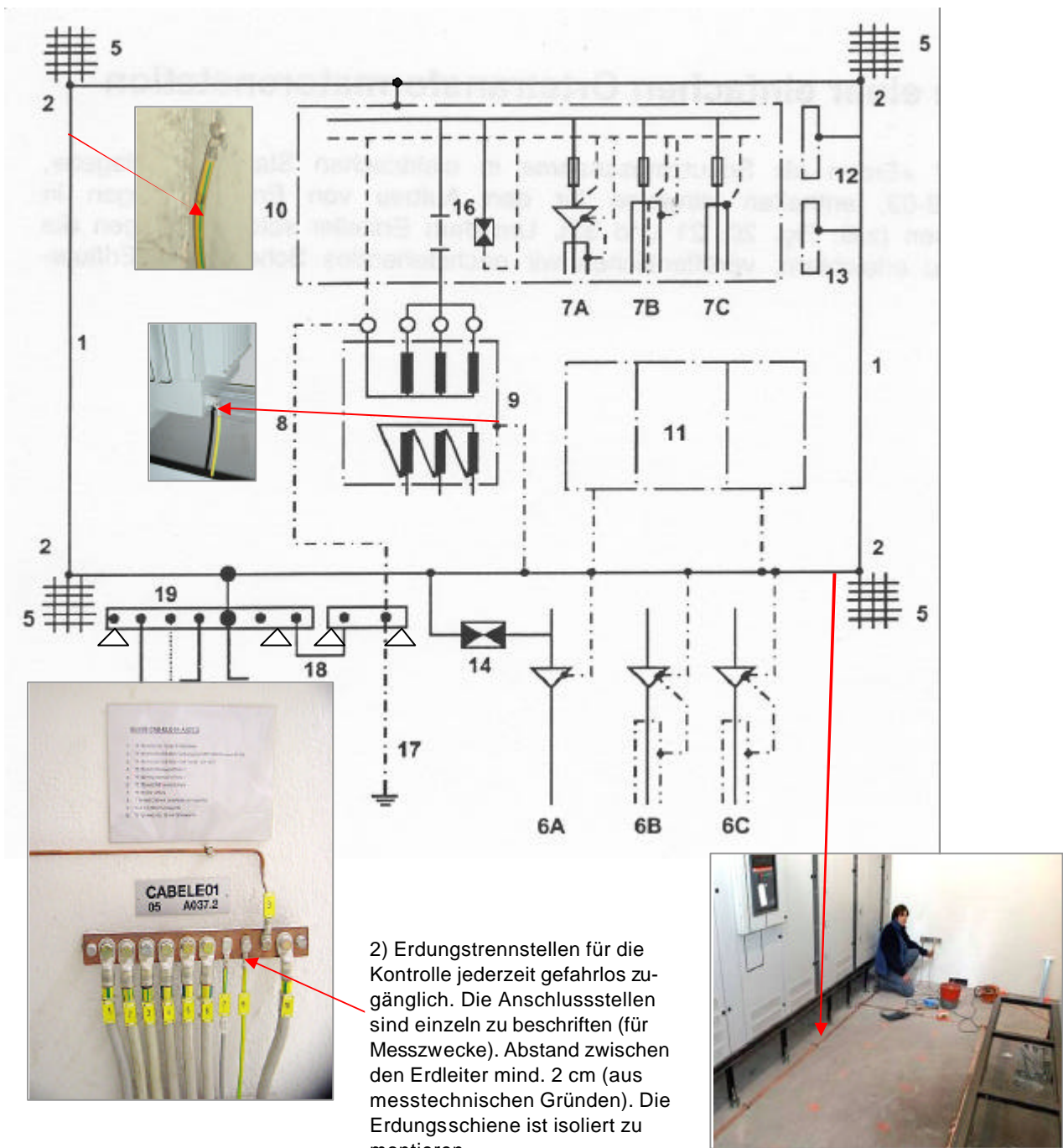
Die Nullpunkte der Mittelspannungssysteme, sind entweder starr oder über Widerstand geerdet.

Trafostation



In Tunnelbauten sind die Mittelspannungskabel einseitig (bei der TS Tunnelanlage) zu erden (siehe auch St V Art. 59.5).

Die in Regeln des SEV «Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen», SEV/ASE 3755, 1999-03, enthaltenen Hinweise für den Aufbau von Erdungsanlagen in Transformatorenstationen sind einzuhalten.

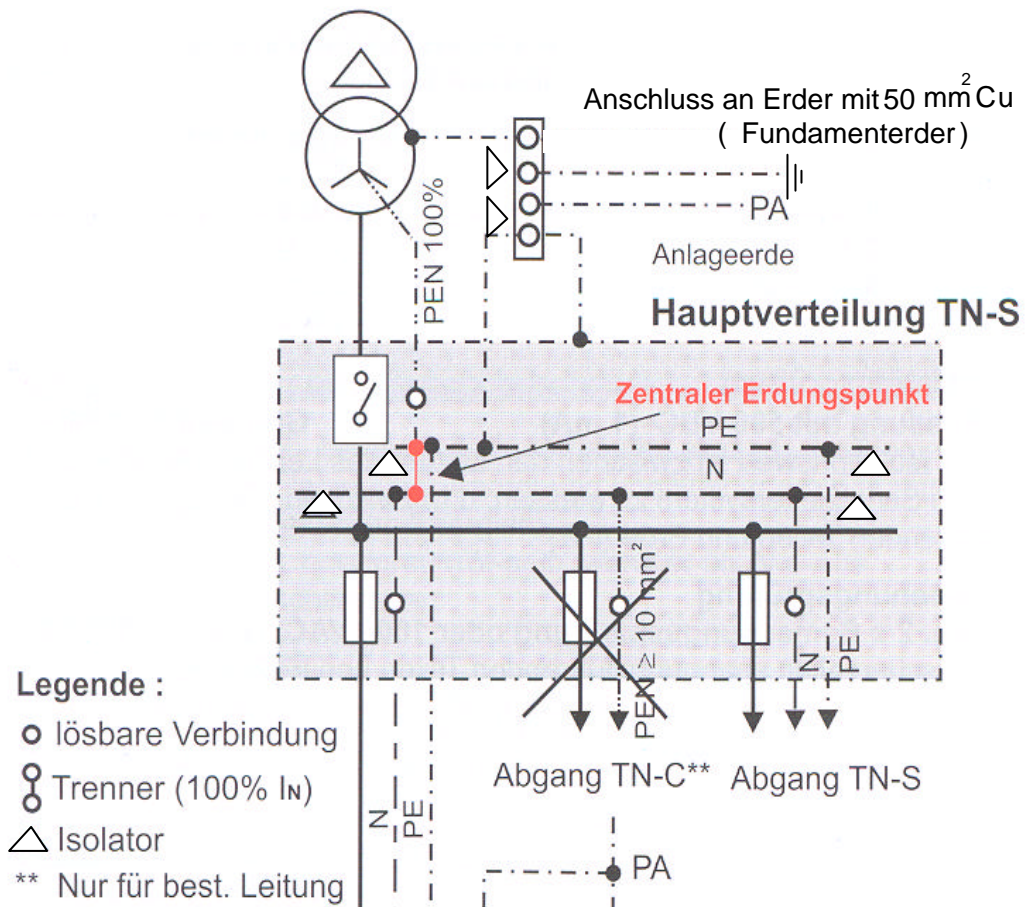


Legende

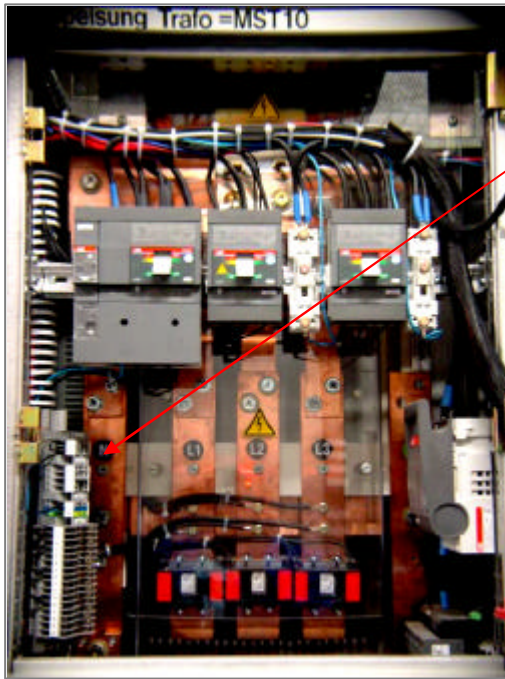
- 1 Anlageerdung / Erdungssammelleiter Cu blank 50 mm²
- 2 mind. 2 Erdungstrennstellen für Kontrolle, jederzeit, auch im Betrieb gefahrlos zugänglich (nicht im Kabelkeller)
- 4 --
- 5 Fundament-Armierungen mit sichtbarem Anschluss bzw. nach Trennstelle 2) geführt
- 6 MS-Kabelleitungen
 - a) Typ TT mit Endgamitur
 - b) Typ TT-F mit Endgamitur
 - c) Typ PPb-... mit Endverschluss
- 7 NS-Kabelleitungen
 - a) PPb-... mit Endverschluss
 - b) TT-F oder TT-CLT
 - c) Ceander

- 8 Erdung des Sternpunktes (isoliert, ab Trafo bzw. zur PEN-Schiene in Hauptverteilung),
 Querschnitt entsprechend Aussenleiter (Polleiter)
- 9 Transformatorgehäuse Cu-Litze 50 mm²
- 10 Niederspannungs-Hauptverteilung Cu-Litze 50 mm²
- 11 HS-Zellengerüste Cu-Litze 50 mm²
- 12 metallische Türrahmen, Lüftungsgitter usw. Cu-Litze 10 mm²
- 13 metallische Türrahmen, Lüftungsgitter usw. Cu-Litze 10 mm²
- 14 MS-Überspannungsableiter Cu-Seil isoliert 50 mm²
- 15
- 16 NS-Überspannungsableiter, Querschnitt entsprechend Anschlussleitung
- 17 Erder für Sondererdung (falls notwendig)
- 18 Falls Sondererdung notwendig, Verbindung weglassen
- 19 Potenzialausgleichsleiter

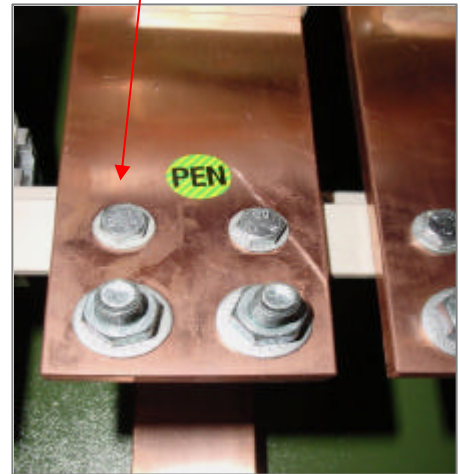
3.1.5.4 NS-Hauptverteilung



Die Verteilungen müssen ab der Einspeisung in die Trafostation die Anforderungen eines TN-S - Systems erfüllen. In den Gebäuden darf kein PEN-Leiter vorhanden sein. Die PEN-Leiterschiene / Anschlusspunkt muss isoliert montiert werden.



Die PEN-Leiter-Schiene ist im Einspeisefeld auf einer isolierten Montageschiene befestigt.

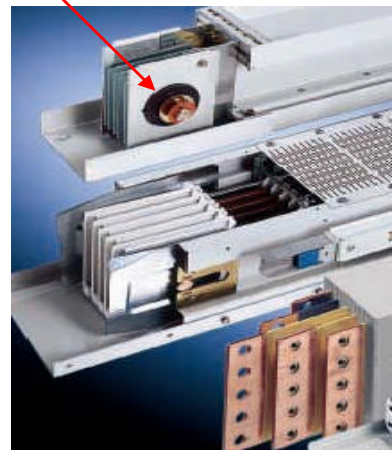


3.1.5.5 Stromschienensysteme als Verbindung zwischen Trafo und NS HV

Der PEN-Leiter des Stromschienensystems darf keine leitenden Verbindungen mit dem Metallgehäuse aufweisen. Das Metallgehäuse ist mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.



An den Verbindungsstellen dürfen keine leitenden Verbindungsplatten eingesetzt werden.



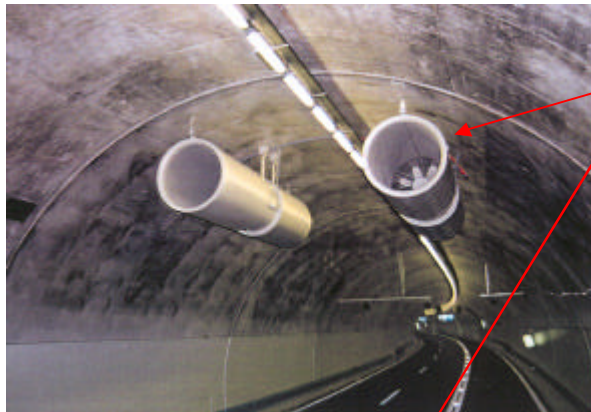
3.1.5.6 Vernetzung des Potenzialausgleichs

Die Vernetzung des Potenzialausgleichs wird durch den Elektrofachplaner konzipiert. Das Konzept und die Ausführungspläne sind dem TBA-VM zur Genehmigung vorzulegen. Es muss eine möglichst hohe Vermaschungsdichte erreicht werden.

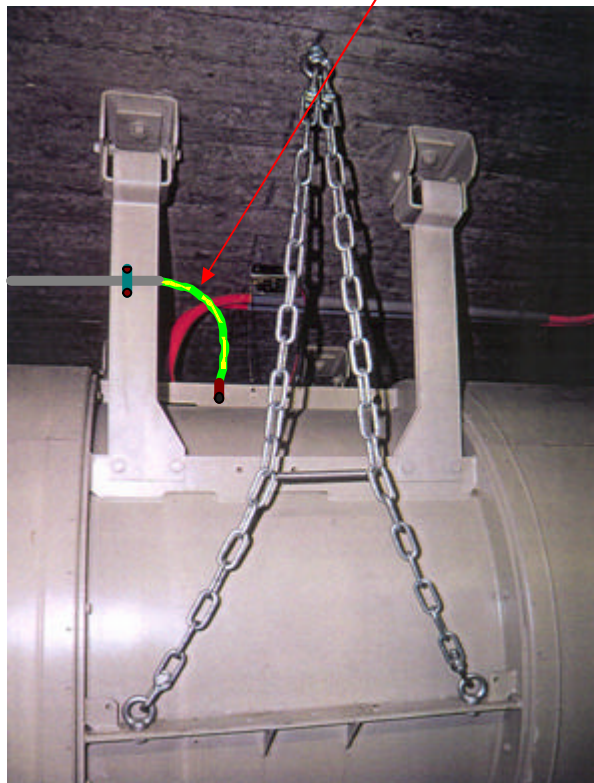
3.1.5.7 Tunnellüftung

Strahl- und Axialventilatoren

Strahlventilatoren



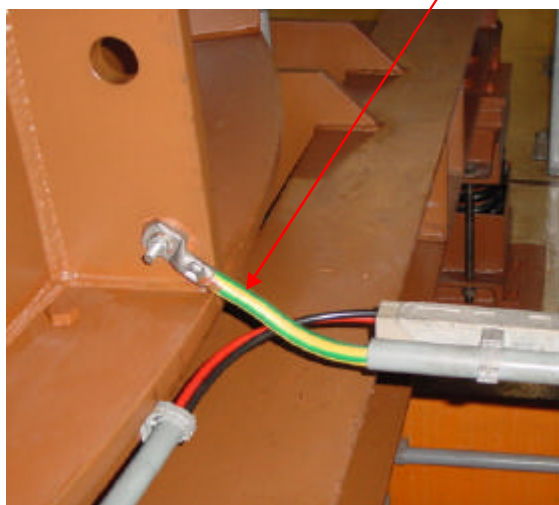
- Wegen der herrschenden Fibrationen sind die Verbindungen mit Cu-Litze oder -Band auszuführen. (kein Seil oder Draht!)
- Mindestquerschnitt Cu 25 mm²



Axialventilatoren



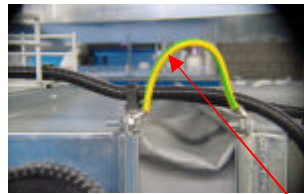
- Wegen der herrschenden Fibrationen sind die Verbindungen mit Cu-Litze oder -Band auszuführen. (kein Seil oder Draht!)
- Querschnitt 50 mm²
- Ist der Ventilator auf Schienen montiert, sind sämtliche Schienen zu verbinden.



3.1.5.8 Raumlüftung



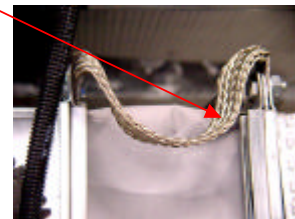
- Wegen den herrschenden Fibrationen sind die Verbindungen mit Cu-Litze oder -Band auszuführen. (kein Seil oder Draht!)
- Mindestquerschnitt Cu 25 mm²



Potenzialausgleichsverbindungen bei isolierten Lüftungsübergängen vom Register zum Kanal:



- Wegen der vorhandenen Fibrationen sind die Verbindungen mit Cu-Litze oder -Band auszuführen. (kein Seil oder Draht!)
- Mindestquerschnitt Cu 25 mm²



3.1.5.9

Hohlböden

Ausführung von Erdung / Potenzialausgleich für Hohlböden:
siehe 3.4.1 „Hohlböden: Einbindung in den Potenzialausgleich“

3.1.5.10 Offene Trassierung

Ausführung von Erdung / Potentialausgleich für Trassees:
siehe 3.3.2 „Offene Trassierung“

3.1.5.11 USV-Anlagen

USV-Anlagen sind an den Potenzialausgleich anzuschliessen.

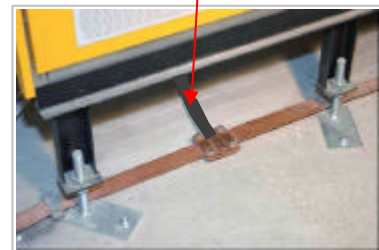
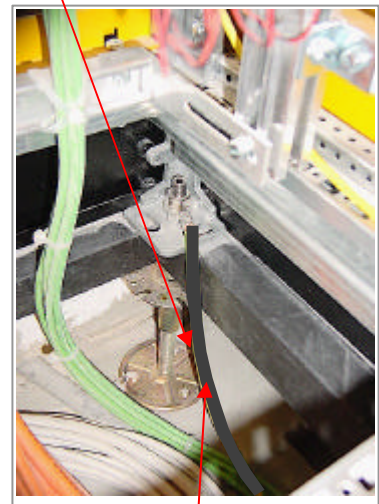
Weil der Aufbau der USV-Anlagen je nach Lieferant unterschiedlich ist, wird die Anschlussart an den Potenzialausgleich von Fall zu Fall vom Fachplaner gemeinsam mit dem Lieferanten festgelegt.

3.1.5.12 Schaltgerätekombinationen SK

Jede Schaltgerätekombination ist mit dem Potenzialausgleich zu verbinden. Bei Verteilanlagen mit mehreren Feldern, ist jedes Feld separat an den Potenzialausgleich anzuschliessen.



- Verbindungen mit Cu-Band oder Cu-Geflecht auszuführen.
 - Mindestquerschnitt Cu-Band oder Cu-Geflecht 20 x 2 mm
- siehe auch nächste Seite



Ausführung von Masseverbindungen in Schaltgeräteverbindungen:



SK-Anschluss pro Feld:
Türkontaktierung:

mind. 20 x 2 mm
mind. 10 x 1.5 mm

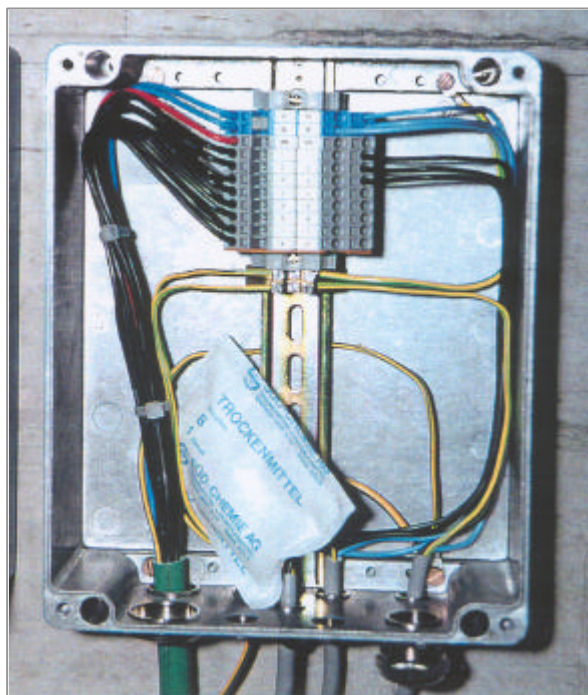
3.1.5.13 ---

Abschnitt ohne Inhalt (Platzhalter für Teil 4)

3.1.5.14 Elektrokasten und Metall-Verteildosen

Elektrokasten und Metall-Verteildosen mit einer von Oberfläche kleiner 0.5 m^2 (einseitig gemessen) sind mit dem PE-Leiter zu verbinden.

Elektrokasten und Metall-Verteildosen mit einer von Oberfläche grösser 0.5 m^2 (einseitig gemessen) sind mit dem PE-Leiter zu verbinden und werden zusätzlich mit mindestens $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ an den Potenzialausgleich angeschlossen.

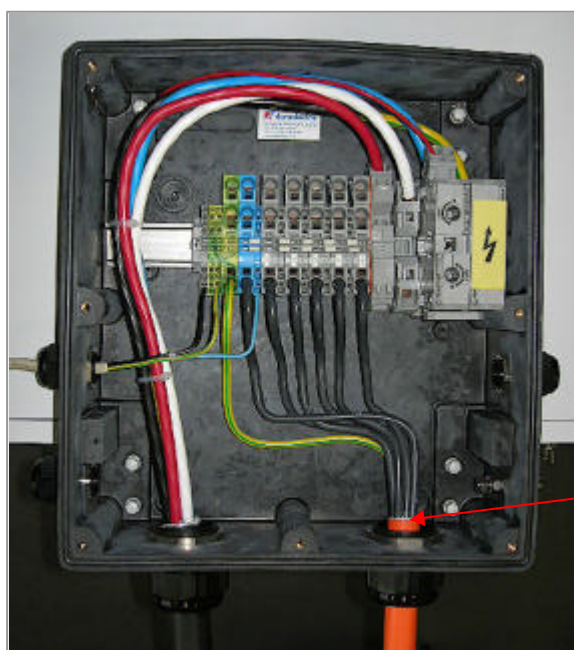


- Die Abschirmung oder der metallische Nagetierschutz ist direkt, so kurz wie möglich, auf die metallische Klemmschiene des Verteilkastens zu führen und dort grossflächig zu befestigen.

Der korrekte Anschluss der Abschirmung ist detailliert unter 0 beschrieben.

Kunststoffverteilkasten

Verteilkasten beliebiger Grösse aus Kunststoff werden nicht an den Potenzialausgleich angeschlossen.



- Die Schutzleiter sind einzeln auf separate blanke Erdklemmen zu führen.
- Der korrekte Anschluss der Abschirmung ist detailliert unter 0 beschrieben.

3.1.5.15 ---

Abschnitt ohne Inhalt (Platzhalter für Teil 4)

3.1.5.16 Beleuchtung in Tunnels



Metallisch leitende Leuchtenkonstruktionen sind mit dem Potenzialausgleich zu verbinden:

- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 25 mm²
- Die Verbindung mit dem Potenzialausgleich ist bei jedem Rundschlag vorzunehmen.

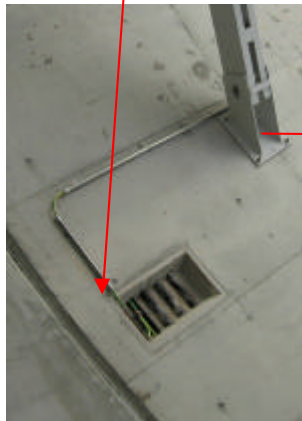


3.1.5.17 Signalisation in Tunnels



Metallisch leitende Signalisationskonstruktionen sind mit dem Potenzialausgleich zu verbinden:

Die Trägerkonstruktion wird ab der nächstgelegenen Rundschlag-Aufstiegsleitung mit dem Potenzialausgleich verbunden.



- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt Cu 25 mm²

3.1.5.18 ---
Abschnitt ohne Inhalt (Platzhalter für Teil 4)

3.1.5.19 ---
Abschnitt ohne Inhalt (Platzhalter für Teil 4)

3.1.5.20 ---
Abschnitt ohne Inhalt (Platzhalter für Teil 4)

3.1.5.21 Leitplanken, Zäune, Geländer im Fahrbahnbereich

Leitplanken, Zäune, Geländer im Fahrbahnbereich von Tunnels müssen nicht mit dem Potenzialausgleich verbunden werden. Sind jedoch grössere elektrische Installationen in unmittelbarer Nähe, so sind mit dem TBA-VM entsprechende Abklärungen vorzunehmen.



Nicht an den Potenzialausgleich anschliessen!

3.1.5.22 Bautechnische Komponenten in Zentralen und Nebenräumen

Sämtliche „ausgedehnten“ elektrisch leitenden Anlageteile wie Türen, Fenster, Gitter, Krananlagen, Treppengeländer, Liftanlagen usw. sind mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.

Türen

Metallene Türen und Rahmen sind dort zu verbinden, wo gleichzeitig weitere elektrisch leitende Anlageteile berührt werden können.



- Verbindungen mit Cu-Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 10 mm²



Fenster / Entlüftungsgitter

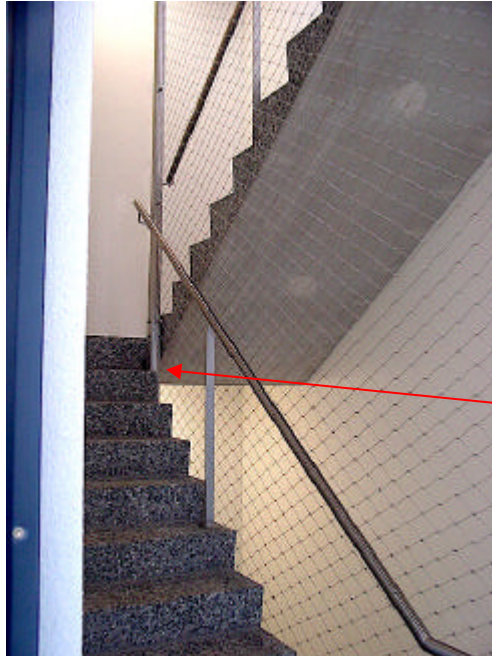
Bei Metallfenstern gilt wie bei Metalltüren: nur dort verbinden wo gleichzeitig weitere elektrisch leitende Anlageteile berührt werden können.



- Verbindungen mit Cu-Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 10 mm²

Geländer

Alle durchgehend verbundenen Geländer sind ebenfalls mit dem Potenzialausgleich zu verbinden. Einzelgeländer bis zu 4 m Länge brauchen nicht an den Potenzialausgleich angeschlossen zu werden.



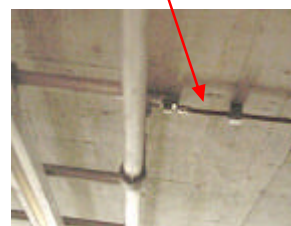
- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt: 25 mm²

Personen-Aufstiegsleitern

Sämtliche metallenen Auf- und Ausstiegsleitern sind mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.



- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 25 mm²



3.1.5.23 Nebeneinrichtungen Krananlagen, Hebezeuge



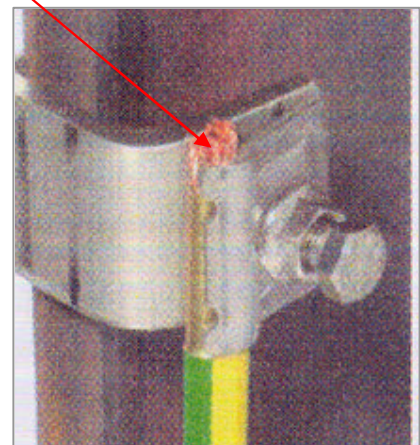
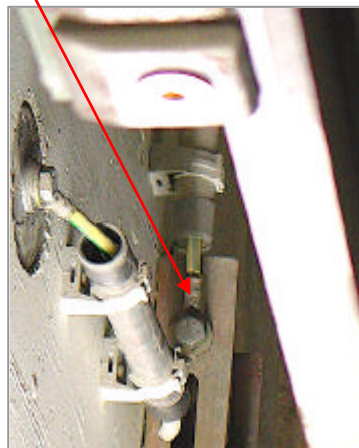
- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 25 mm²
- Beide Schienen verbinden.



Liftnanlagen



- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 25 mm²
- Sämtliche Schienen verbinden.



Luken



Der Metallrahmen von Luken ist mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.

- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 25 mm²



Akkumulatorengeestelle USV-Anlage



Nur unbeschichtete Metallrahmen von Akkumulatorengestellern sind an den lokalen Potenzialausgleich anzuschliessen.



Plastfizierte Metallrahmen von Akkumulatorenstellen sind nicht an den lokalen Potenzialausgleich anzuschliessen.

Akkumulatoren-sicherungskasten



Wird ein Metallschrank verwendet, so ist dieser mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.

- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 25 mm²

Türen von SOS-Nischen und Querschlag-Zugängen



SOS-Nische

Der Metalltürrahmen sowie die Türflügel sind mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.



- Verbindungen mit Cu-Seil, oder Cu-Litze ausführen. Querschnitt 25 mm²



- Verbindungen mit Cu-Litze oder Cu-Geflecht ausführen. Querschnitt 25 mm²



Querschlagszugang:
gleiche Ausführung wie bei den SOS-Nischen (siehe oben)



Wasserversorgung

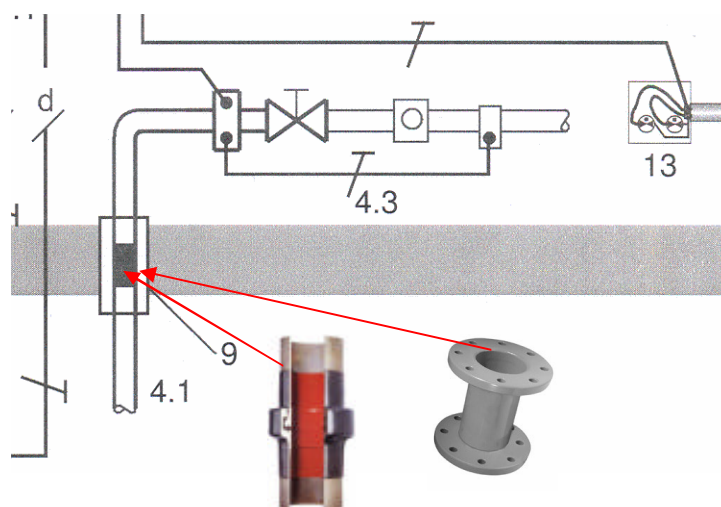
Die Zuständigkeit für die Planung der Erdung der Wasserversorgung ist im Teil 2 Kapitel 2.1.3.1 ‚Single Point Entry in Gebäude und Erdung der Wasserversorgung‘ erläutert.

Hydranten müssen separat mit 25 mm² Cu an den Potenzialausgleich angeschlossen werden. Die Verschraubung mit der metallenen Wasserzuleitung - die ihrerseits alle 50 m mit dem Potenzialausgleich verbunden ist - genügt in der Regel nicht. Die Schutzbeschichtungen der einzelnen Rohre sind derart kompakt aufgetragen, dass eine durchgehende, elektrisch gut leitende Verbindung nicht gewährleistet ist.



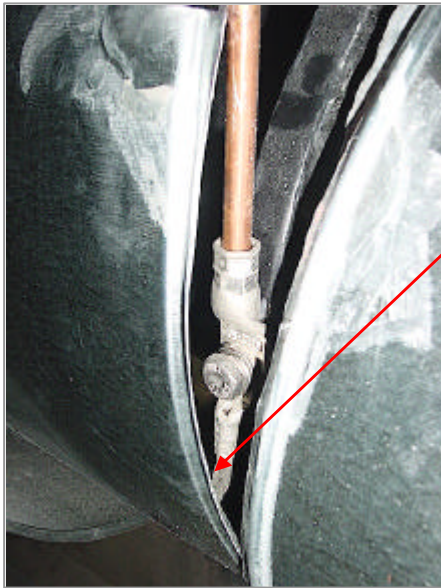
Hydranten an den Potenzialausgleich anschliessen!

Der Anschluss des Potenzialausgleichs hat am Hydranten selbst oder unmittelbar am letzten Leitungsstück vor dem Hydranten zu erfolgen.



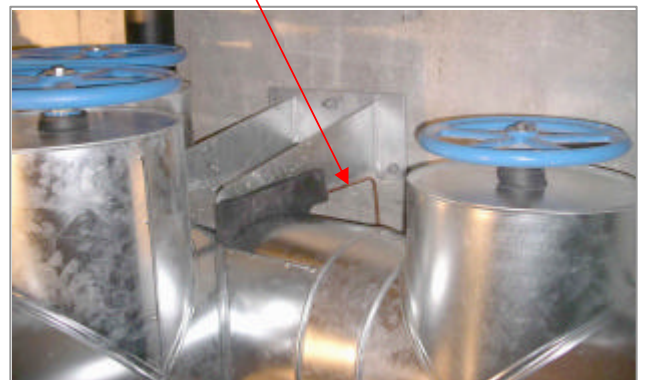
Die Wasserrohrführung erfolgt isoliert. Unmittelbar beim Eintritt der Hydrantenleitungen in den Portalzentralen (nach dem Isolierstück) werden die Hydrantenleitungen mit dem Potenzialausgleich verbunden.

Sämtliche Ventile, Schieber, T-Stücke usw. werden leitend überbrückt.



- Überbrückung der Ventile, Abzweigungen usw. Querschnitt Cu 25 mm²

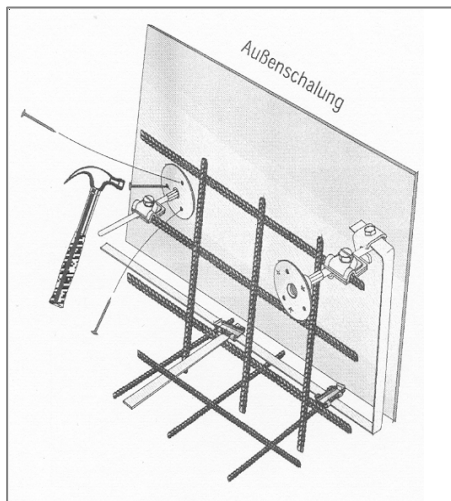
Die Aufhängekonstruktionen werden alle 50 m an den Potenzialausgleich angeschlossen. Die Metallumhüllungen sind ebenfalls mindestens alle 10 m an den Potenzialausgleich anzuschliessen. Querschnitt Cu 10 mm².



- Anschluss der Aufhängekonstruktionen Querschnitt 25 mm²

3.1.6 Vorkehren für Messungen und Nachweis

Für Messzwecke werden an bestimmten Stellen lösbare Verbindungen einerseits zwischen der Bewehrung und dem Potenzialausgleich und andererseits innerhalb des Hauptpotenzialausgleichsleiters vorgesehen. (Die Anordnung dieser Trennmessstellen ist im Erdungs-Prinzipschema des Fachplaners samt der AKS-Bezeichnung aufgeführt.) Dadurch wird eine vollständige Trennung ermöglicht, womit die Voraussetzungen für Kontrollmessungen des Erdwiderstandes oder für Messungen allfälliger Erdausgleichsströme gegeben sind.



Trennmessstelle Erdung/Potenzialausgleich:

Für die Messtrennung wird an der Erdungsplatte der Anschluss des Potentialausgleichs an die Fundamenterdung gelöst. Die Trennmessstelle ist so auszuführen, dass sie für Messungen problemlos getrennt werden kann.

- Anschlussleiter an Erdungsplatte Cu 120 mm² (Seil oder Band); gut trennbar für Messzwecke



Trennmessstelle innerhalb des Hauptpotenzialausgleichsleiters:

Die Trennmessstelle ist so auszuführen, dass sie für Messungen problemlos getrennt werden kann.

- Hauptpotenzialausgleichsleiter Cu 120 mm² Seil; Trennstelle gut trennbar für Messzwecke
- Kennzeichnung nach den TBA-Normalien „Kennzeichnungen und Beschriftungen“ auf Basis des AKS ZH-Codes

Die Platzierung der Trennmessstellen und die Durchführung der Erdungsmessungen werden im Kapitel 3.9 „Prüfungen und Nachweise“ beschrieben.

3.2 Äusserer Blitzschutz

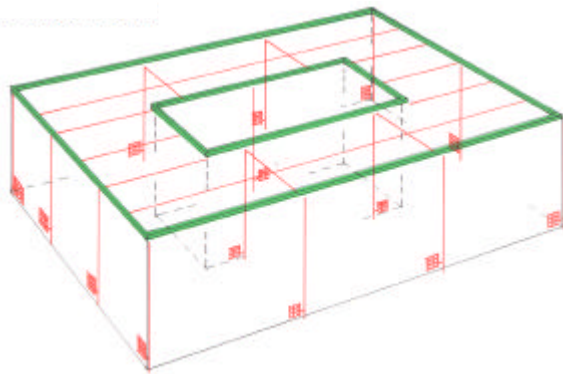
Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

Die Ausführung erfolgt nach den aktuellen Leitsätzen SEV 4022.

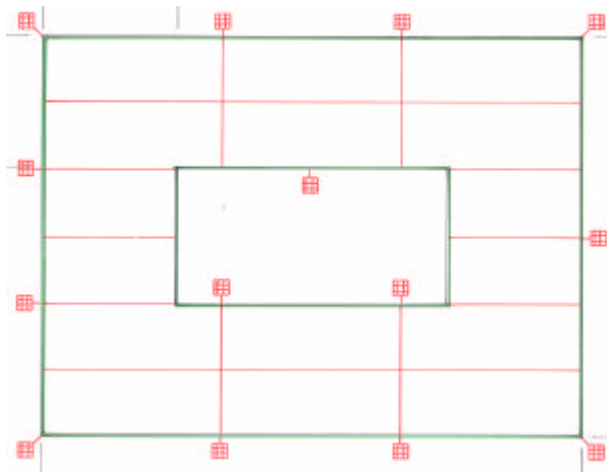
Der Äussere Blitzschutz hat die Aufgabe, die Gebäudesubstanz der baulichen Anlage bei einem direkten Blitzeinschlag zu schützen, indem der Blitzstrom zur Erde geleitet wird.

Der Blitz muss dabei von der Fangeinrichtung „eingefangen“ werden. Diese besteht in der Regel aus maschenförmig verlegten Fangleitungen auf dem Dach eines Gebäudes.

Zur Planung der Fangeinrichtung steht die Maschenmethode zur Verfügung.

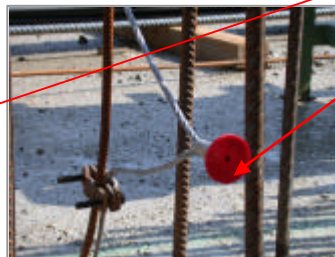
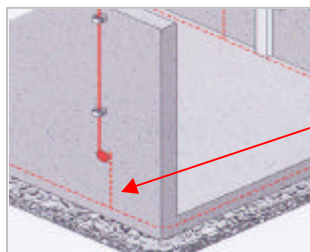


Über die Ableitungsanlage werden die Teilblitzströme zum Erdungssystem geleitet. Die Lage und Anzahl der Ableitungen muss so gewählt werden, dass der geforderte Sicherheitsabstand zur Vermeidung von Näherungen (Überschläge) eingehalten wird.



In der Regel werden die Ableitungen über Messstellen (Trennstellen) an den Erder angeschlossen. Wo immer möglich wird das Fundament als Erder verwendet.

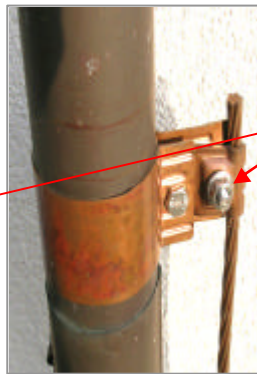
Bei Neuanlagen erfolgt der Anschluss immer über Erdungsfestpunkte.





Beispiele:

- oberirdische Zentralen von Tunnels
- Abluftkamine von Tunnels
- etc.



- Die Trennstellen in den Ableitungen müssen gut zugänglich sein.

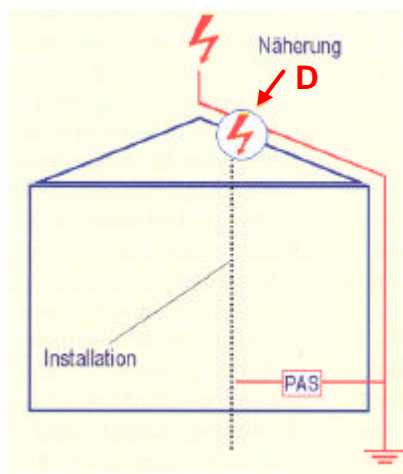
Man unterscheidet zwischen künstlichen und natürlichen Ableitungen:

- Künstliche Ableitungen sind speziell verlegte Leiter zur Blitzstromableitung.
- Natürliche Ableitungen sind elektrisch durchgehend verbundene Metallstrukturen des Gebäudes z.B. Dachrinnen.



Künstliche Ableiter in hinterlüfteten Fassaden

Minimalabstände zwischen Äusserem Blitzschutz und Installationen:



Entgegen den Leitsätzen des SEV 4022 müssen in allen Bauten Minimalabstände eingehalten werden. Diese werden folgendermassen berechnet:

$$D_{\min} = 0.1 * (n_0 / n) * A$$

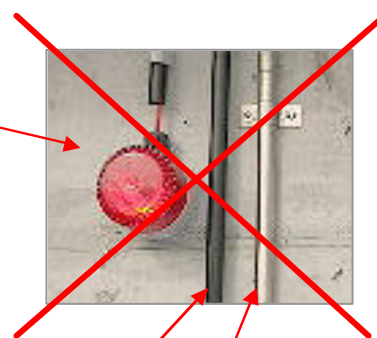
Ausnahmen müssen durch das TBA genehmigt werden.

Legende:

- D_{\min} minimaler Abstand zwischen Installation und äusserem Blitzschutz, an Näherungsstellen, in Metern
- n Anzahl der vorhandenen Ableitungen
- n_0 = Gebäudeumfang [m] / 20
- A Abstand (dem Blitzschutzleiter entlang gemessen) zwischen Näherungsstelle und der nächstgelegenen Verbindungsstelle mit dem Potenzialausgleich, in Metern

Achtung

Die minimalen Distanzen der Elektroinstallation zum Blitzschutz müssen unbedingt eingehalten werden.



Ableitung Blitzschutz
Elektroinstallation

3.3 Trassierung

Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

3.3.1 Ordnungstrennung

Spannungsebenen:

Innerhalb von Tunnelanlagen sind die Kabel in nachstehende Spannungsebenen einzuteilen und, wenn immer möglich, auf separaten Kabeltrassen und bei Rohrbündeln oder Rohrblöcken in separaten Rohren zu verlegen:

- Lichtwellenleiter (faseroptische / fiberoptische Kabel)
- Signal-, Steuer- und Messwertkabel 0 – 50 V (Kleinspannung)
- Niederspannungs-Kabel 50 – 1000 V
- USV- Speisekabel 50 – 1000 V
- Mittelspannungs-Kabel 1 – 50 kV
- Hochspannungs-Kabel 50 – 150 kV
- Höchstspannungs-Kabel 150 – 400 kV

Ordnungstrennung

Der Abstand von Schwachstrom und Niederspannungskabel zu Mittelspannungs- und Einleiterenergiekabeln soll mindestens dem Pritschenabstand von 290 mm entsprechen. Kann dieser Abstand aus baulichen Gründen nicht eingehalten werden, so ist ein Separieren der Fernmelde- und Leittechnikkabel durch Einlegen in Metallwannen, Einlegen von Trennstegen in Kabelkanälen oder Einziehen in spezielle Metallschläuche vorzusehen. Dies gilt insbesondere für Werkleitungs Kanäle, Rundschläge, Steigtrassees, Rohrblöcke und Kabelkeller. In Doppelböden ist eine Ordnungstrennung ausnahmslos vorzunehmen.

Die Transit-Hochspannungskabel (50 - 150 kV) und -Höchstspannungskabel (150 - 400 kV) werden über die gesamte Länge baulich abgetrennt (ausserhalb der Werkleitungs Kanäle) geführt, d.h. ohne jeglichen Verbund zum Strassen- und Tunnel-Erdungssystem.

Die Vorteile der elektrisch nicht beeinflussbaren faseroptischen Kabel sind auszunützen.

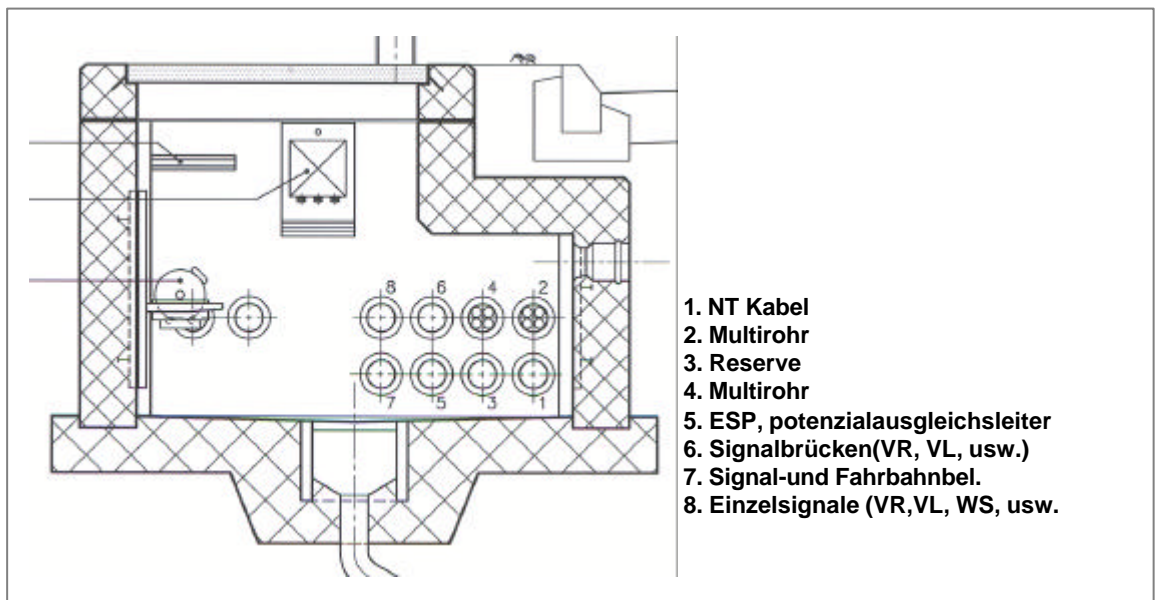
Ordnungstrennung bei Rohrblöcken



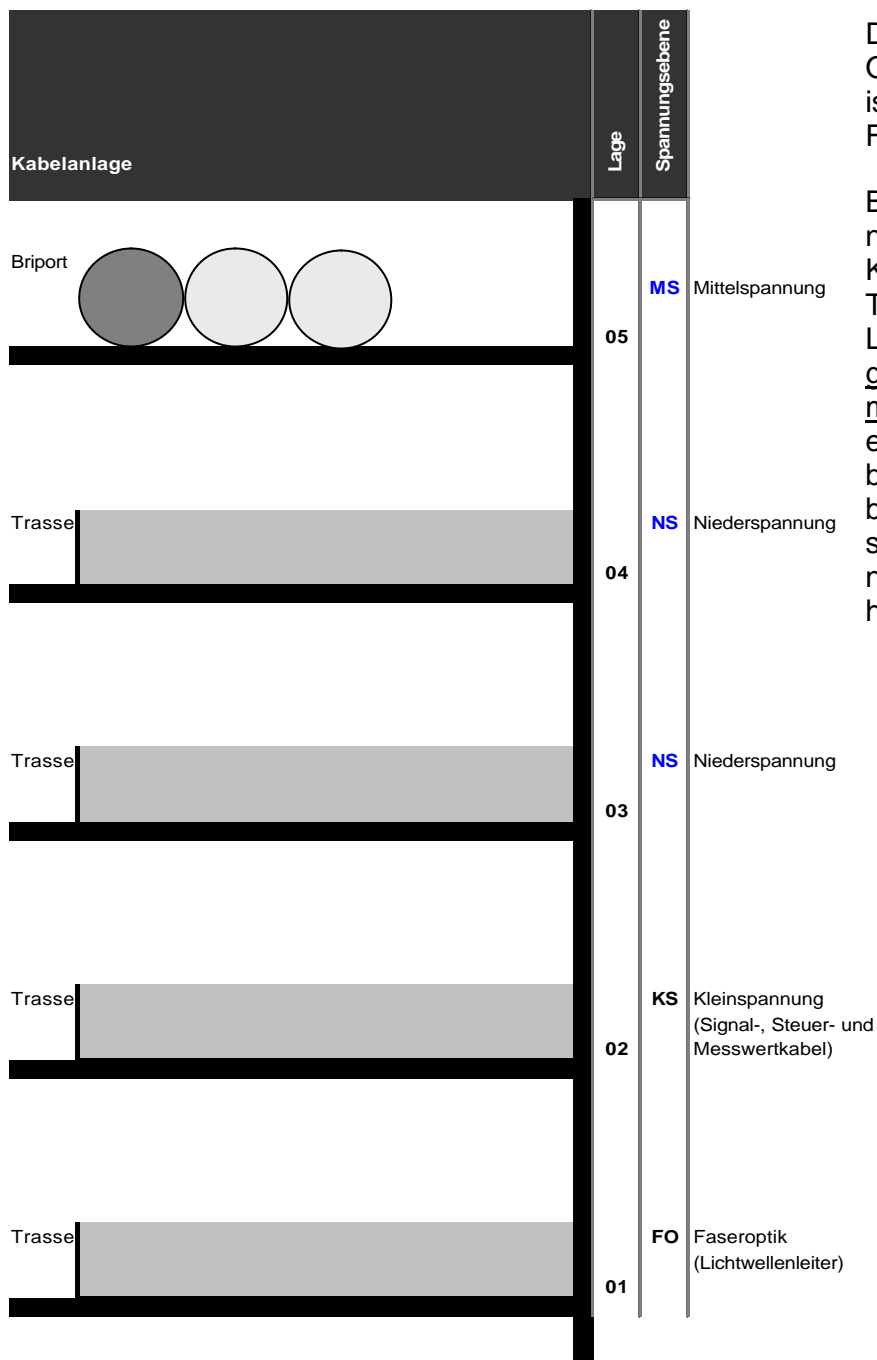
Bei Rohrblöcken sind folgende Kabel je in separaten Rohren zu verlegen:

- Lichtwellenleiter (faseroptische Kabel)
- Signal-, Steuer- und Messwert kabel, Kleinspannungs-Kabel
- Niederspannungs-Kabel
- Mittelspannungs-Kabel

Die Planung der Rohrzuteilungen ist Aufgabe des Fachplaners.



Ordnungstrennung bei Kabeltrassen



Die Planung der Ordnungstrennung ist Aufgabe des Fachplaners.

Bei der Planung von neuen - Kabeltrassen-Trassees ist pro Lage eine Belegungsreserve von mindestens 50% einzuplanen, damit bei späteren Ausbauten die ursprüngliche Ordnungstrennung erhalten bleibt.

Schaltgerätekombinationen und Geräte:

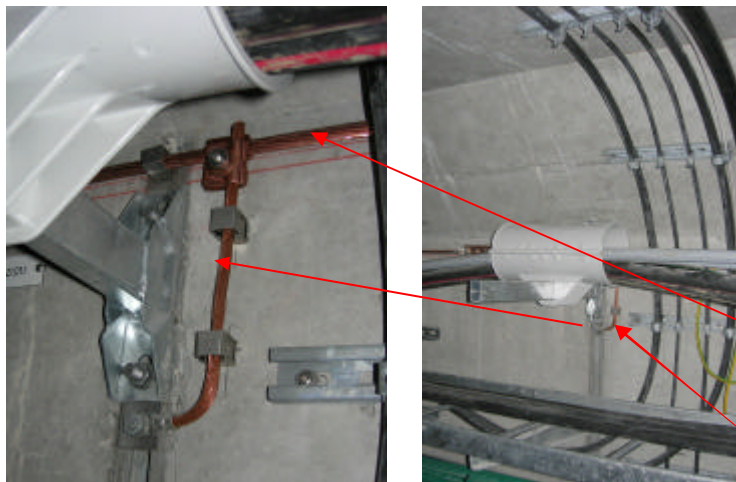
Schaltgerätekombinationen und Geräte mit elektronischen Einrichtungen sind konsequent in einen geschützten und einen ungeschützten Bereich zu unterteilen.

Vermaschte Erder oder Zweiterder im geschützten Bereich sind verboten.

Leitungseinführungen sind bei jeder Geräte- oder Schrankgruppe an einem Punkt vorzunehmen (Single Point Entry). Durch die Installation gebildete Schleifen, z.B. im Doppelboden, können induktive Einkopplungen ungünstig beeinflussen und sind zu vermeiden.

3.3.2 Offene Trassierung

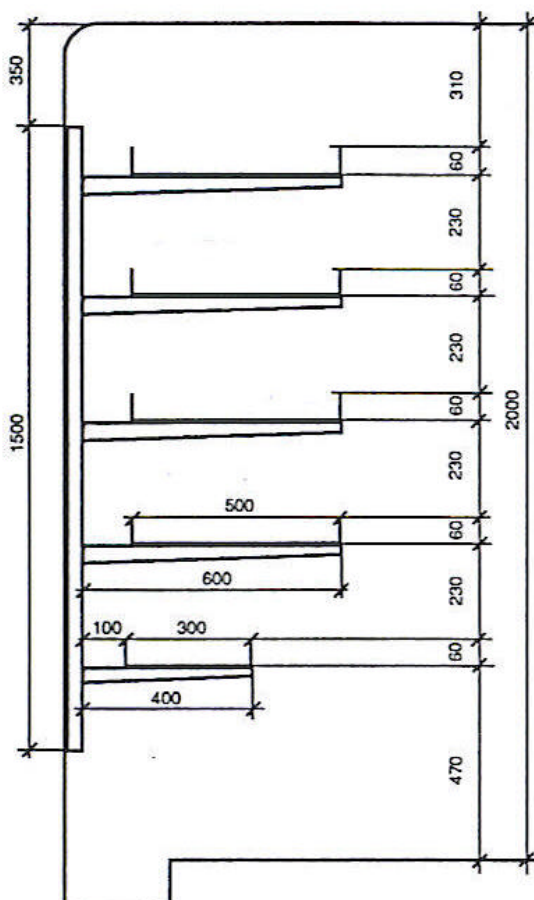
Kabelverlege- und Aufhängesystem „BRIPORT“



Jeder Ausleger ist mit 25 mm² Cu entweder direkt an den Hauptpotenzialleiter oder an den Längsverbindungsleiter 50 mm² Cu anzuschliessen.

- Längsverbindungsleiter 50 mm² Cu
- Anschlussleiter 25 mm² Cu

Kabelpritschen



Ausführung Kabelpritschen:

- Abstand der Ausleger max. 2.5 m; Pritschenabstand 290 mm; Abstand von Leitungskanalwand zum Kabelleiter 100 mm
- Jede Ankerschiene ist mit 25 mm² Cu entweder direkt an den Hauptpotenzialleiter oder an den Längsverbindungsleiter 50 mm² Cu anzuschliessen.
- Wenn die Ausleger nicht schon über die Ankerschiene metallisch mit dem Potenzialausgleich verbunden sind, sind die Ausleger mit 25 mm² Cu entweder direkt an den Hauptpotenzialleiter oder an den Längsverbindungsleiter 50 mm² Cu anzuschliessen.

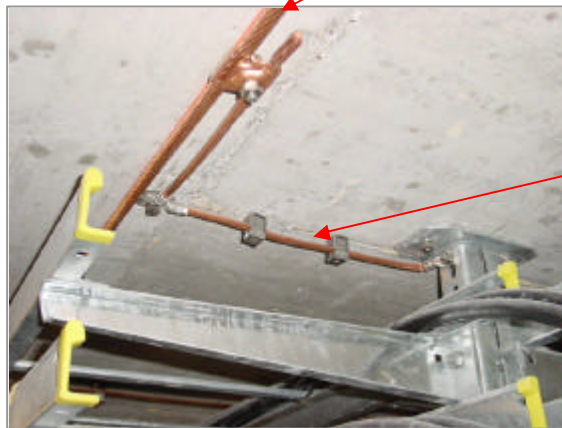
Ordnungstrennung siehe 3.3.1.

Bei Bögen im Trasseverlauf sind für die Kabelpritschen Bogenelemente zu verwenden, um eine grossflächige Erdverbindung sicher zu stellen.





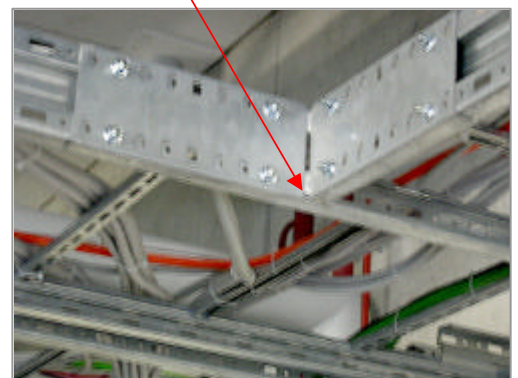
Längsverbindungsleiter 50 mm² Cu



Anschlussleiter 25 mm² Cu

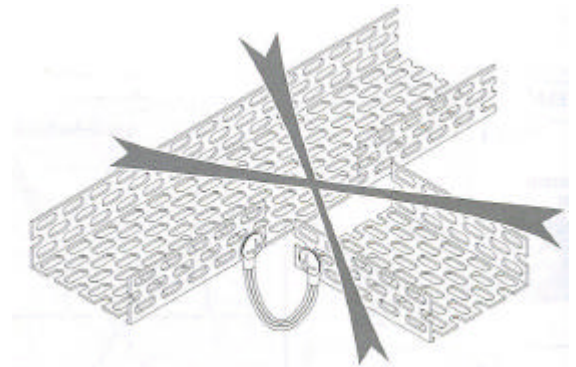
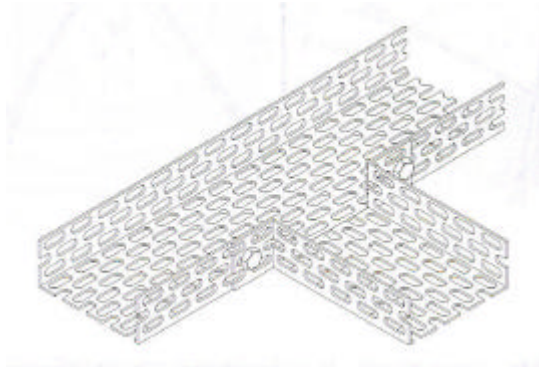


Kabelpritschen sind an den Abzweigstellen mit der Konstruktion durchgehend leitend zu verbinden.

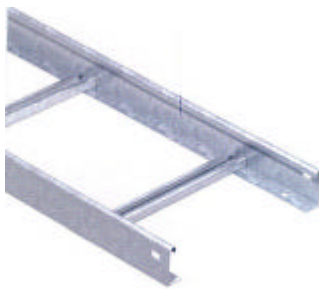


Für Werkleitungen in allen Objektzonen sind als Pritschen vorzugsweise Metallkanäle gelocht (mit Korrosionsschutz) zu verwenden. Sie sind durchgehend grossflächig zu verbinden, und bei jedem Rundschlag mit dem Potenzialausgleich mittels 25 mm² Cu zu verbinden.

Die Verwendung von Glasfaserkanälen muss durch das TBA genehmigt werden.

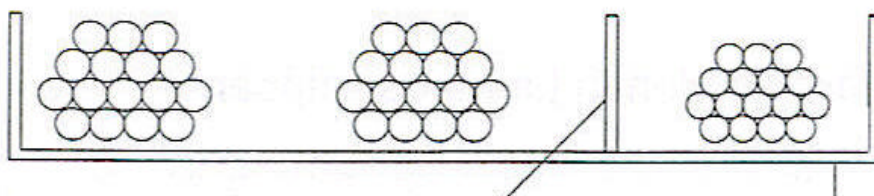


Metallkanäle gelocht: Vorzugsausführung für alle Werkleitungen.



Kabelleitern:
für Steigleitungen in Objektzonen
exklusive Fahrbereich

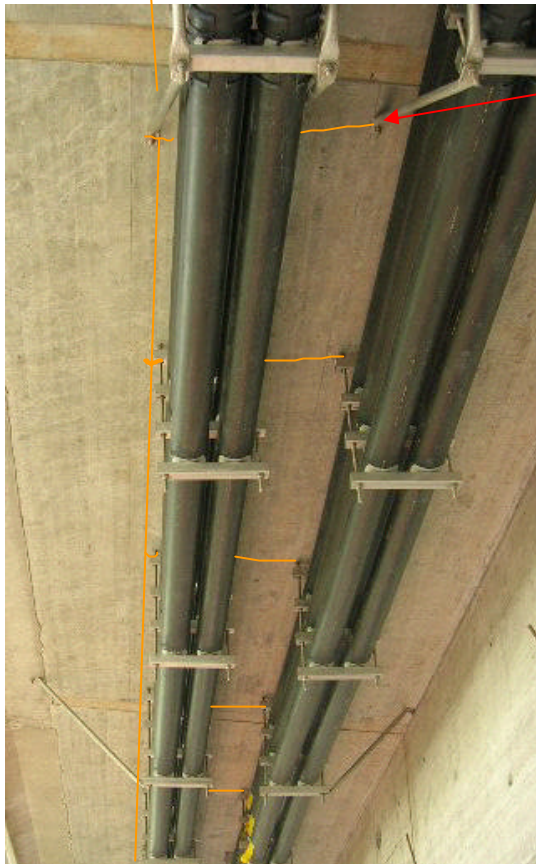
Gitterkanäle:
für Portalgebäude, Zentralen,
Hohlböden



Werden Kabeltrassen für Starkstromleitungen und Signalleitungen verwendet, so sind sie mit einem **ungelochten metallenen Trennsteg** zu trennen

Das Kabeltrasse sowie das Trennblech müssen grossflächig leitend miteinander verbunden werden.

3.3.3 Rohrbündel



Jeder Ausleger ist mit 25 mm² Cu entweder direkt an den Hauptpotenzialleiter oder an den Längsverbindungsleiter 50 mm² Cu anzuschliessen.

Ordnungstrennung siehe 3.3.1.

3.3.4 Rohrblöcke



Als Potenzialausgleichs-Leiter wird ein Kupfer-Draht, -Band oder TT-Seil, von mindestens 120 mm² verwendet. Dieser Leiter wird in den Rohranlagen der gesamten Strecke verlegt.

Ordnungstrennung siehe 3.3.1.

3.3.5 Kabelschächte



In den Kabelschächten sind die Erdleiterverbindungen so auszuführen, dass sie für Messungen problemlos getrennt werden können.



Die Erderabgänge sind auf den Leitern zu beschriften.

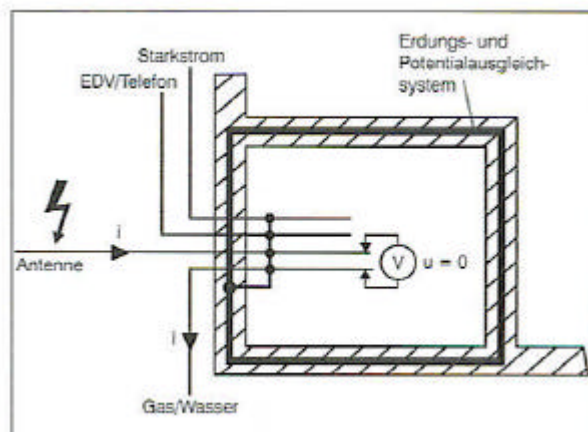


3.3.6 Single Point Entry

Alle leitenden Verbindungen (Metallrohre, Kabelabschirmungen, elektrische Leitungen) müssen möglichst an der gleichen Stelle in das Gebäude eingeführt werden, um das Fließen externer Blitzströme durch die Struktur und die elektrische Installation des Gebäudes zu verhindern.

Abweichungen von diesem Konzept des Single Point Entry müssen mit dem TBA-VM besprochen und vereinbart werden.

So nahe wie möglich bei diesem Eintrittspunkt wird die Hauptpotenzialausgleichschiene installiert, welche auf dem kürzestmöglichen Weg mit dem Fundamente der des Gebäudes verbunden wird. Alle in das Gebäude eingeführten leitenden Strukturen müssen mit dem der Hauptpotenzialausgleichschiene verbunden werden. Die Hauptpotenzialausgleichschiene ist aus messtechnischen Gründen isoliert zu montieren.

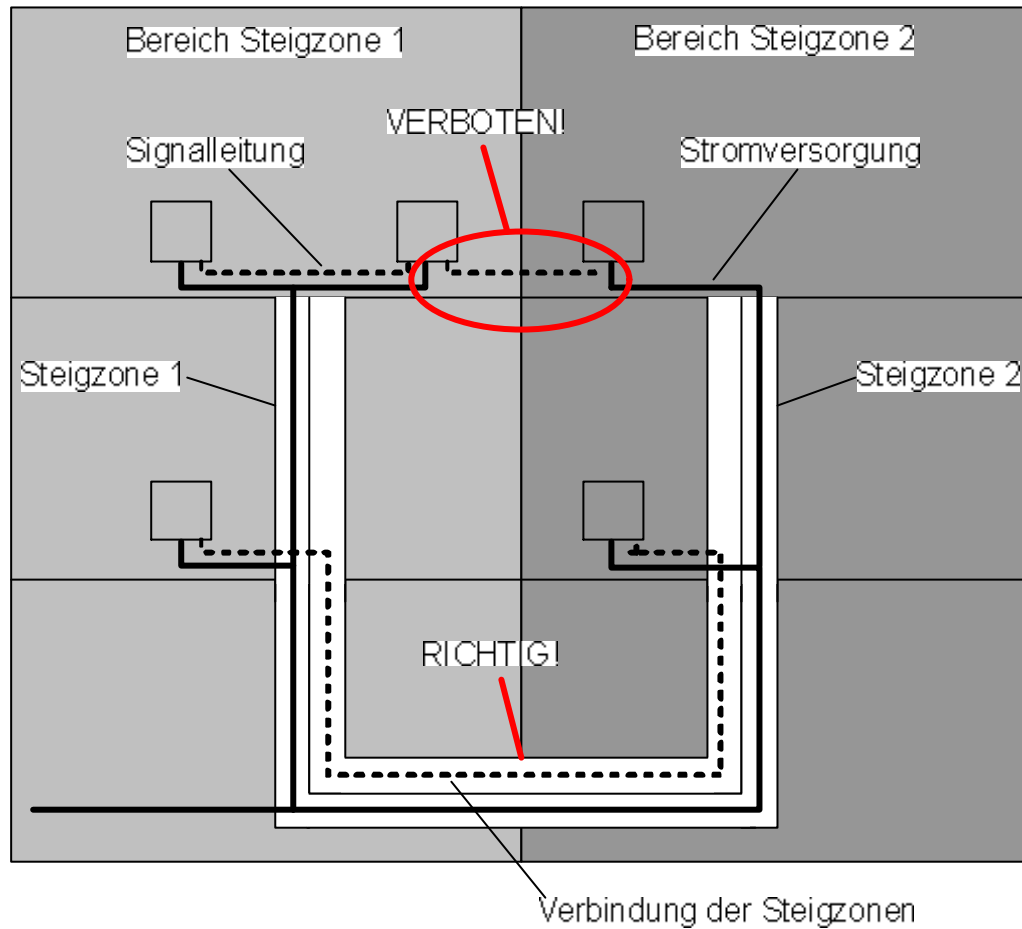


Einführung von Kabel- und Leitungssystemen an einer Stelle in das Gebäude.

Weitere Details und Informationen finden sich im Teil 2 „Planungsrichtlinien“ Kapitel 2.1.3.1 „Single Point Entry in Gebäude und Erdung von Gas-/Wasserversorgung“ und Kapitel 2.3 „Verkabelung“.

3.3.7 Steigzonen

Zur Anordnung von Steigzonen siehe Teil 2 Kapitel 2.1.3.5 „Steigzonenanordnung“.



Innerhalb jeder Steigzone müssen getrennte Bereiche für Leistungskabel und EMV-empfindliche Signalkabel geschaffen werden.

Die Struktur der Energieversorgungs- und Signalleitungen ist baumförmig anzulegen. Schleifen müssen vermieden werden.



Innerhalb jeder Steigzone müssen für Leistungskabel und EMV-empfindliche Signalkabel (wie 0-10 V-Leitungen, Pt100 etc.) getrennte Bereiche geschaffen werden. Abstand mindestens 0.3 m und maximal 2 m.

Werden Kanäle mit Trennwand verwendet, müssen die Trennwände regelmässig und grossflächig verbunden werden.

Bei Kunststoffkanälen sind die Verbindungen mittels mitgeführtem Metallband oder Masseband sicherzustellen.

Die Kabelkanäle sind auf allen Geschossen mit dem Potenzialausgleich zu verbinden. (Armierung, Metallstruktur des Gebäudes)

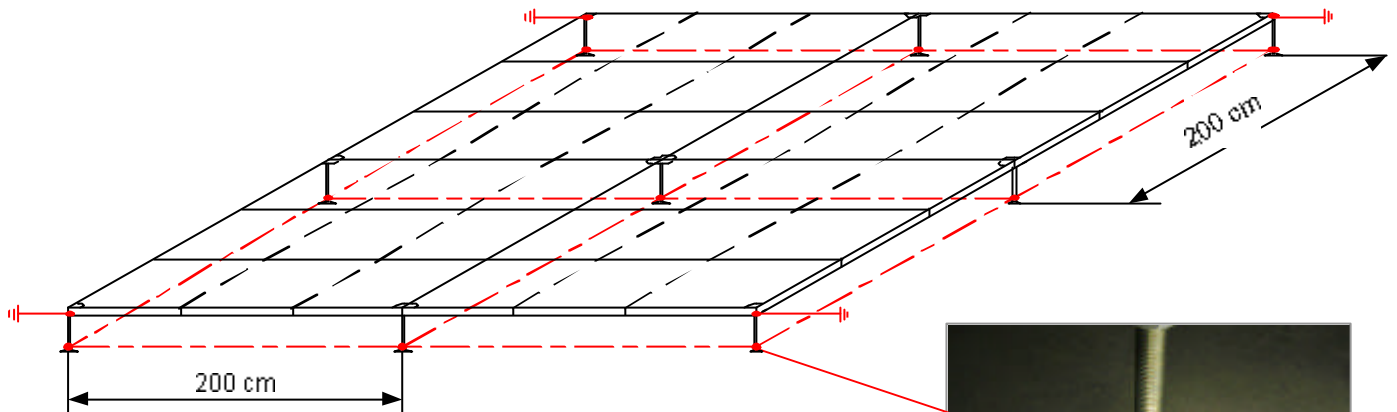


3.4 Hohlböden

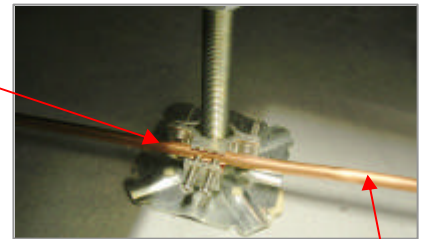
Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

3.4.1 Einbindung in den Potenzialausgleich

Hohlbodenausführung für Räume der Klasse A und B (siehe dazu Teil 2 Kapitel 2.7.2 „Klassierung und Ausstattung von Räume gemäss SN 429001“).

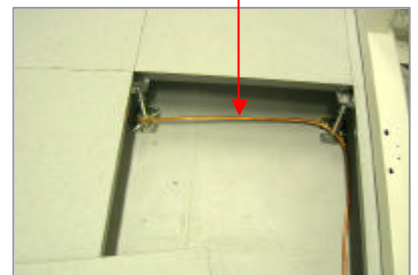
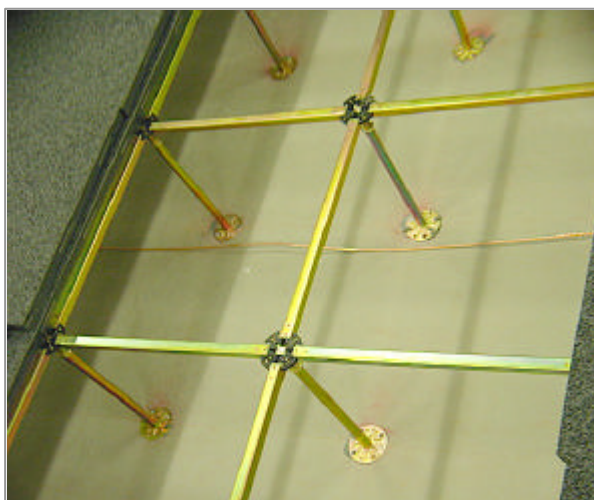


- Erdungsband gelocht oder Seil
- Leitende Verbindungsstelle von Erdungsband und Doppelbodenstützen



Hohlböden sind in den Potenzialausgleich einzubinden, indem die Stützen mittels Schienen und Litzen untereinander verbunden werden. Die Doppelbodenstützen sind dazu min. alle 2 m an das Erdungssystem anzuschliessen und untereinander zu verbinden.

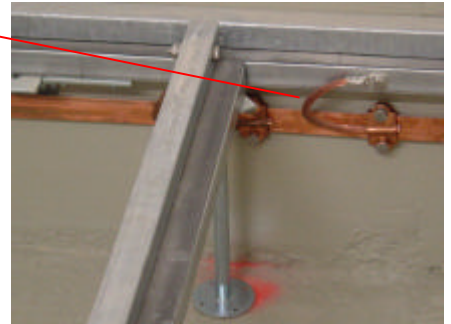
- Cu-Draht blank Ø 8 mm
- Klemme für Erddraht mit Innengewinde M6
- T-Verbinder konzentrisch, Messing vernickelt
- vorzugsweise 16 mm² Erdungsband gelocht



Die Trassees im Hohlboden sowie die Anschlusskästen für die Energieversorgung, die MRS- und Kommunikationsnetzwerke werden über ein Cu-Band 20 x 2 mm mit dem Potenzialausgleich verbunden.



Anschluss an den Potenzialausgleich
vorzugsweise mit Cu 16 mm²



3.4.2 **Kabelführung: Ordnungstrennung und Vermeidung von Schlaufen**

Bei der Kabelführung unter Hohlböden sind Schlaufen zu vermeiden, ebenso sind die Ordnungstrennungen nach Spannungsebenen einzuhalten.



3.4.3 **Ableitfähigkeit von Bodenbelägen und Bodenplatten**

Die Ableitfähigkeit der Bodenplatten von Hohlböden ist von der Raumklassierung abhängig. Siehe dazu:

- Raumklassierung: Teil 2 Kapitel 2.7.2 „Klassierung und Ausstattung von Räume gemäss SN 429001“.
- Ableitfähigkeit: Teil 2 Kapitel 2.7.3 „Ableitfähigkeit von Bodenbelägen und Bodenplatten“.

3.5 Kabel

Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

3.5.1 Fiberoptik-Kabel / Lichtwellenleiter

3.5.1.1 Kabeltypen

Massgebend für die Auslegung der Kabel sind die TBA Grundlagen „Spezifikation der Kabel im Tunnel“. Im vorliegenden Kapitel 3.5 sind nur EMV-Aspekte behandelt.

Anforderungen: halogenfrei, schwer brennbar
Für USV Kabel und im Fahrraum sind generell FE180-Kabel zu verwenden.

Kabeltypen: zum Beispiel: A-(ZG) DH72E9/125HBd
 zum Beispiel: A-(ZG) DH144E9/125HBd

Hinweis: Im Teil 5 ‚Beilagen‘ ist eine Übersicht der Kurzzeichen für normalisierte Kabel und Leitungen enthalten.

3.5.1.2 Kabelverlegung

In erdverlegten Kabelanlagen sind die Kabel mit Nagetierschutz auszuführen. (Der korrekte Anschluss von metallischen Kabelabschirmungen ist im Teil 2 in den Kapiteln 2.3.7.4/2.3.7.5 sowie im Teil 3 unter Kapitel 0 beschrieben.) Aus EMV-Schutzgründen wäre ein nichtmetallischer Nagetierschutz vorzuziehen.

Die Ordnungstrennung zwischen Starkstromkabeln und Signalkabeln ist einzuhalten (siehe Kapitel 3.3.1 „Trassierung: Ordnungstrennung“).

3.5.1.3 Kabeleinführung und -Anschluss

Grundsätzlich sind bei der Auslegung der Verbindungen und dem Anschluss von Kabelabschirmungen die **Angaben der Systemlieferanten zu berücksichtigen**.

Metallische Kabelmäntel sind beidseitig zu erden und so kurz wie möglich mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.

In Muffen werden alle metallischen Kabelmäntel untereinander und in Längsrichtung verbunden.

3.5.2 Steuer-, Signal- und Telekommunikationskabel aus Cu

3.5.2.1 Kabeltypen

Massgebend für die Auslegung der Kabel sind die TBA Grundlagen „Spezifikation der Kabel im Tunnel“. Im vorliegenden Kapitel 3.5 sind nur EMV-Aspekte behandelt.

Anforderungen: halogenfrei, schwer brennbar, paarweise verdreht
Für USV Kabel und im Fahrraum sind generell FE180-Kabel zu verwenden.

Kabeltypen: zum Beispiel: PE-ALT-CLT 30x4/0.8 mm
zum Beispiel: HF-4252-U 2x4x0.53 mm

Hinweis: Im Teil 5 ‚Beilagen‘ ist eine Übersicht der Kurzzeichen für normalisierte Kabel und Leitungen enthalten.

3.5.2.2 Kabelverlegung

In erdverlegten Kabelanlagen sind die Kabel mit Nagetierschutz auszuführen. (Der korrekte Anschluss von metallischen Kabelabschirmungen ist im Teil 2 in den Kapiteln 2.3.7.4/2.3.7.5 sowie im Teil 3 unter Kapitel 0 beschrieben.) Aus EMV-Schutzgründen wäre ein nichtmetallischer Nagetierschutz vorzuziehen.

Die Ordnungstrennung zwischen Starkstromkabeln und Signalkabeln ist einzuhalten (siehe Kapitel 3.3.1 „Trassierung: Ordnungstrennung“).

Verlegung von Stromschlaufen 0-20 mA / 4-20 mA

Werden mehrere 0-20 mA bzw. 4-20 mA - Signale in einem Stammkabel zusammengefasst, so ist **für jede Verbindung (also pro Wert) ein verdrehtes Paar** zu verwenden. Eine äussere Abschirmung des Stammkabels genügt, wenn nur 0-20 mA / 4-20 mA - Signale in diesem Kabel geführt werden. Auf diese Abschirmung ist jedoch nicht zu verzichten.

Digitale Signale sind vorzugsweise in separaten, aussen abgeschirmten Kabeln zu führen.

Falls im *gleichen* Stammkabel digitale und analoge Signale geführt werden, sind die 0-20 mA / 4-20 mA - Signale gegen Einkopplungen der digitalen Signale abzuschirmen.

Werden Reserveadern eines Signalkabels mit (langsamen) Analogsignalen zur Übertragung (schneller) digitaler Signale eingesetzt, so bedingt dies gegebenenfalls gute Festigkeit der Analog-Geräte gegen schnelle ‚Bursts‘.“

3.5.2.3 Kabeleinführung und -Anschluss von Telekommunikationskabeln

Metallische Kabelmäntel sind beidseitig zu erden und so kurz wie möglich mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.

In Muffen werden alle metallischen Kabelmäntel untereinander und in Längsrichtung verbunden.

Einführung und Anschluss von Telekommunikationskabeln haben gemäss den Weisungen / Richtlinien der Netzbetreibers/Providers zu erfolgen.

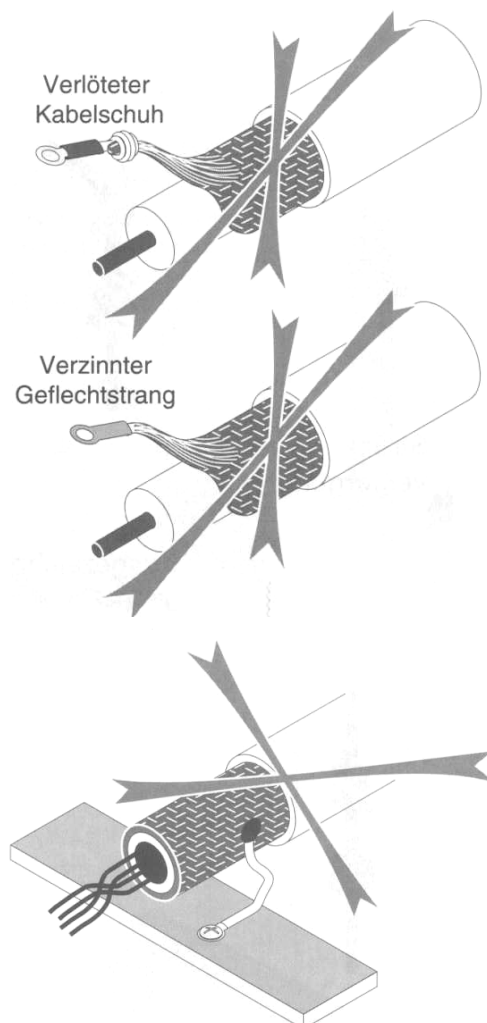
3.5.2.4 Kabeleinführung und -Anschluss von Steuer- und Signalkabeln

Anschluss der Abschirmung

Grundsätzlich sind bei der Auslegung der Verbindungen und beim Anschluss von Kabelabschirmungen die **Angaben der Systemlieferanten zu berücksichtigen**. Wenn keine Angaben gemacht sind, ist von Fall zu Fall mit dem Systemlieferanten abzuklären, ob und wie abgeschirmt werden muss. Erst wenn auf dieser Basis keine Einigung erzielt werden kann, muss nach folgenden Grundsätzen angeschlossen werden:

Ebenso wichtig wie die Verwendung von abgeschirmten Kabeln ist der Anschluss der Abschirmung an das Gehäuse respektive an den Potenzialausgleich. Wird diese Verbindung nicht richtig gemacht, so kann die Schirmwirkung eines teuren Kabels vollständig aufgehoben werden.

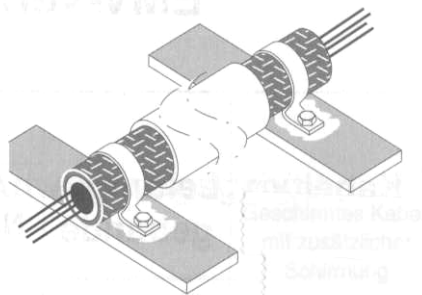
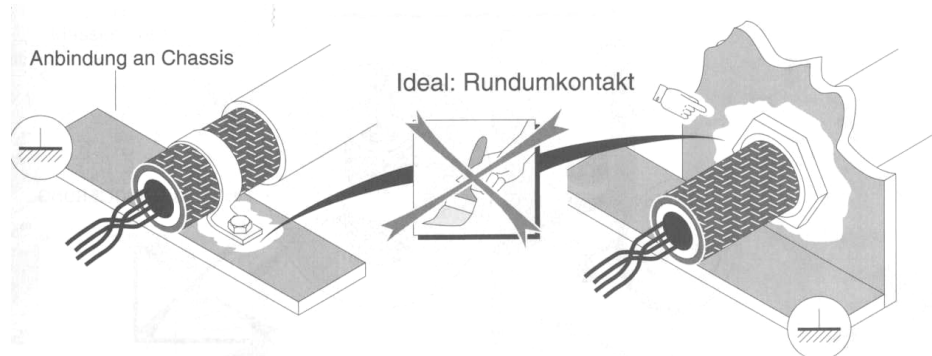
Eine Methode welche in der Praxis leider viel zu häufig für den Schirmanschluss verwendet wird, ist der so genannte „Sauschwanz“ (siehe Abbildung). Das Schirmgeflecht wird verdreht und auf einen Anschluss des Steckers geführt, oder ein Draht wird an den Schirm gelötet und irgendwo mit dem Potenzialausgleich verbunden.



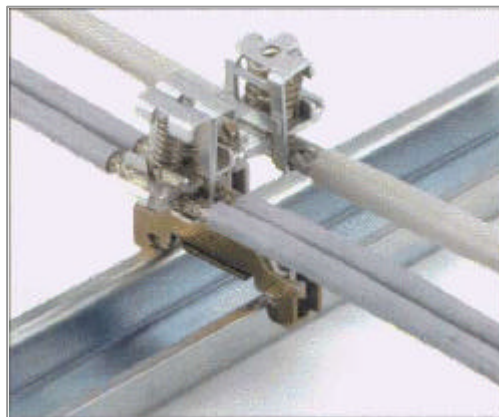
Diese Methode darf nicht angewendet werden. Die Abschirmung verliert ihre Wirkung, wenn sie so angeschlossen wird und kann genauso gut weggelassen werden. Die Impedanz (Induktivität) des „Sauschwanzes“ ist in dem Frequenzbereich, in welchem die Abschirmung ihre Wirkung haben muss zu hoch. Dies trifft auch zu, wenn die Länge nur einige cm oder weniger beträgt.

Die gleiche Feststellung gilt für den Anschluss mittels Beilaufdraht; dessen Induktivität ist ebenfalls zu hoch.

Um **bestmögliche Schirmwirkung eines Kabelschirms zu erreichen, muss er konzentrisch und grossflächig mit dem Potentialausgleich verbunden** werden, so dass die Impedanz auf ein Minimum reduziert wird. Lösungsmöglichkeiten für den richtigen Anschluss der Kabelabschirmungen sind anschliessend aufgeführt.

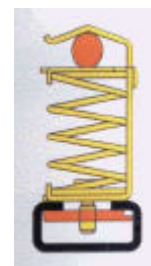


Konzentrische und grossflächige Kontaktierung kann mit **Kabelbriden** erreicht werden, wie es in der nebenstehenden Abbildung gezeigt wird. Eine Kabelbrücke, auf Schiene montiert, klemmt die Abschirmung konzentrisch fest. Die Schiene muss mittels Schrauben oder Klemmen niederimpedant mit dem Gehäuse (Potentialausgleich) verbunden sein.



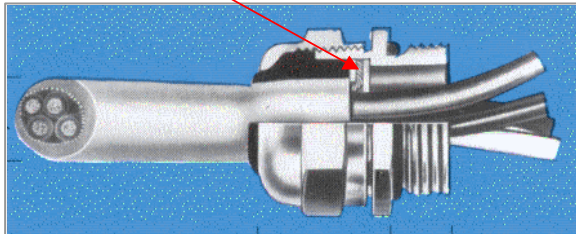
Vorzug: Die beste Möglichkeit für den grossflächigen und kontaktsicheren Anschluss von Kabelabschirmung auf den Potentialausgleich sind **Schirmanschlussklemmen (Klemmbügel)**.

Zu beachten: Schirmanschlussklemmen sind keine Zugentlastung! Diese muss separat vorgesehen werden.



Für viele Geräte (vor allem Sensoren, Motoren etc.) werden Stopfbüchsen (PG-Verschlüsse) für die Einführung der Kabel ins Gehäuse verwendet.

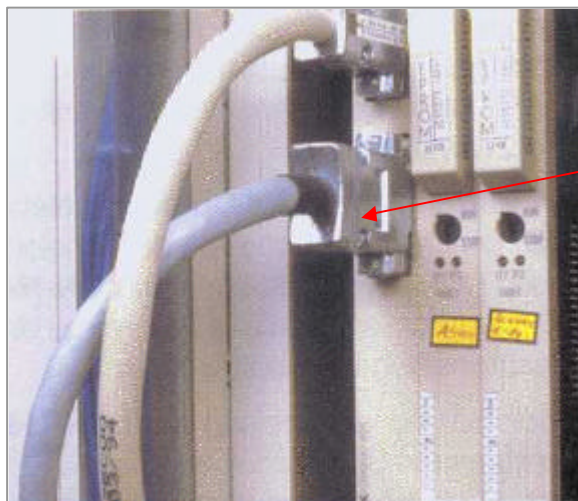
Kabelschirm



Auf dem Markt existieren spezielle **HF- oder EMV-Stopfbüchsen**, welche gleichzeitig die Wasserdichtheit sowie den konzentrischen Anschluss der Abschirmung gewährleisten. Die Kabelabschirmung wird zwischen den beiden Scheiben eingeklemmt. Diese werden gegen das Gehäuse der Stopfbüchse gedrückt. Es muss darauf geachtet werden, dass der elektrische Kontakt zwischen der Mutter und dem Gerätegehäuse sichergestellt ist. Die Dichtungen sorgen für die Wasserdichtheit.

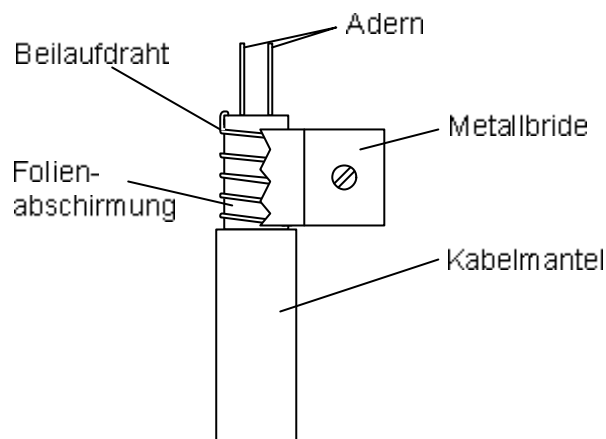
Zu beachten: Stopfbüchsen sind keine Zugsentlastung! Diese muss separat vorgesehen werden.

Stopfbüchsen können verwendet werden, wenn das entsprechende Gehäuse aus Metall ist.



Bei mehradrigen Signalkabeln kann der korrekte Anschluss der Abschirmung durch **metallische, abgeschirmte Steckverbindungen** erreicht werden. Die Abschirmung ist im Stecker mit einer Bride an der metallischen oder metallisierten Steckerhaube festgeklemmt. Auf der andern Steckerseite wird mittels einer Art Kontaktfeder eine niederimpedante Verbindung hergestellt (häufig anzutreffen bei D-Sub - Steckern).

Anschluss von Folienschirmen (nur bei bestehenden Anlagen zugelassen)



Folienschirme sind möglichst zu vermeiden. Wird trotzdem ein solches Kabel verwendet, so erfolgt der Anschluss des Schirms in dem der Beilaufdraht um den freigelegten Schirm gewickelt wird. Dieser Wickel wird mit einer Brücke auf die geerdete Referenz geklemmt.

1-seitiger oder 2-seitiger Anschluss der Abschirmung

Generell werden die besten Ergebnisse erzielt, wenn die Abschirmung auf beiden Seiten des Kabels mit dem Potenzialausgleich verbunden wird (Regelfall). Die galvanische, induktive und die Strahlungskopplung werden dadurch reduziert.

Wenn innerhalb eines Bauwerks ein guter Potenzialausgleich besteht und die durch abgeschirmte Kabel verbundenen Geräte gut an den Potenzialausgleich angeschlossen sind, fließen keine Ausgleichsströme über die Kabelabschirmung.

Dies ist der Fall bei der Netzform (Erdungssystem) TN-S, d.h. mit getrennten Null- und Schutzleitern in der gesamten Niederspannungsverteilung. Das beidseitige Erden der Kabelschirme stellt in diesem Fall kein Problem dar.

Es gibt jedoch in der Praxis einige Fälle, wo dies nicht möglich ist. Dies kann der Fall sein bei der Übertragung von kleinen Analogsignalen, wenn ein niederfrequenter Ausgleichstrom (z.B. bei TN-C - Netzen) Messfehler hervorrufen kann. Anschliessend werden verschiedene alternative Möglichkeiten aufgezeigt, wenn ein beidseitiger Schirmanchluss nicht möglich ist.

Bei allen Fragen und Problemen mit dem Anschluss von abgeschirmten Kabeln, sind in jedem Fall die **Installationsanweisungen des Systemlieferanten** zu beachten. Die Systemhersteller übernehmen in der Regel keine Garantien, wenn die Installation nicht nach ihren Angaben erfolgt. Bei Unklarheiten ist es in jedem Fall sinnvoll mit dem Hersteller Rücksprache zu nehmen und für den konkreten Fall Lösungen zu finden, die vom Lieferanten und Betreiber akzeptiert werden können.

Es gibt drei Möglichkeiten, um eine gute HF-Schirmwirkung zu erzielen und gleichzeitig die niederfrequenten Ausgleichströme zu unterbinden:

1. Die Abschirmung wird einseitig mit dem Potenzialausgleich verbunden. Auf der andern Seite wird die Verbindung mit einem Kondensator (1-10 nF) hergestellt. Für niederfrequente Ströme ist damit keine Verbindung vorhanden. Für einen hochfrequenten Störstrom ist hingegen die Impedanz des Kondensators so niedrig, dass der Strom über die Abschirmung fließen. Parallel zum Keramik Kondensator sollte eine Gasentladungsstrecke geschaltet werden, damit allfällig auftretende Stossströme am Kondensator vorbei geleitet werden (Kapazität in Abhängigkeit der Störgrösse ca. 10-100 nF).
2. Man verwendet ein Kabel mit zweifacher Abschirmung (voneinander isolierte Abschirmungen). Die eine Abschirmung wird auf der einen Seite des Kabels angeschlossen, die andere auf der andern Seite. Für niederfrequente Ströme besteht keine Verbindung. Für hochfrequente Störströme existiert eine kapazitive Kopplung zwischen den beiden Abschirmungen und der Strom kann über die Abschirmung fließen. Diese Lösung ist relativ teuer.
3. Das metallische Gehäuse des Fühlers bleibt vom Potentialausgleich isoliert. Die Abschirmung des Kabels ist im Steuerschrank oder im Verteilerkasten mit dem Potenzialausgleich verbunden. Die andere Seite der Abschirmung ist mit dem Metallgehäuse des Fühlers verbunden.

3.5.3 Niederspannungskabel

3.5.3.1 Kabeltypen

Massgebend für die Auslegung der Kabel sind die TBA Grundlagen „Spezifikation der Kabel im Tunnel“. Im vorliegenden Kapitel 3.5 sind nur EMV-Aspekte behandelt.

Anforderungen: halogenfrei, schwer brennbar

Für USV Kabel und im Fahrraum sind generell FE180-Kabel zu verwenden.

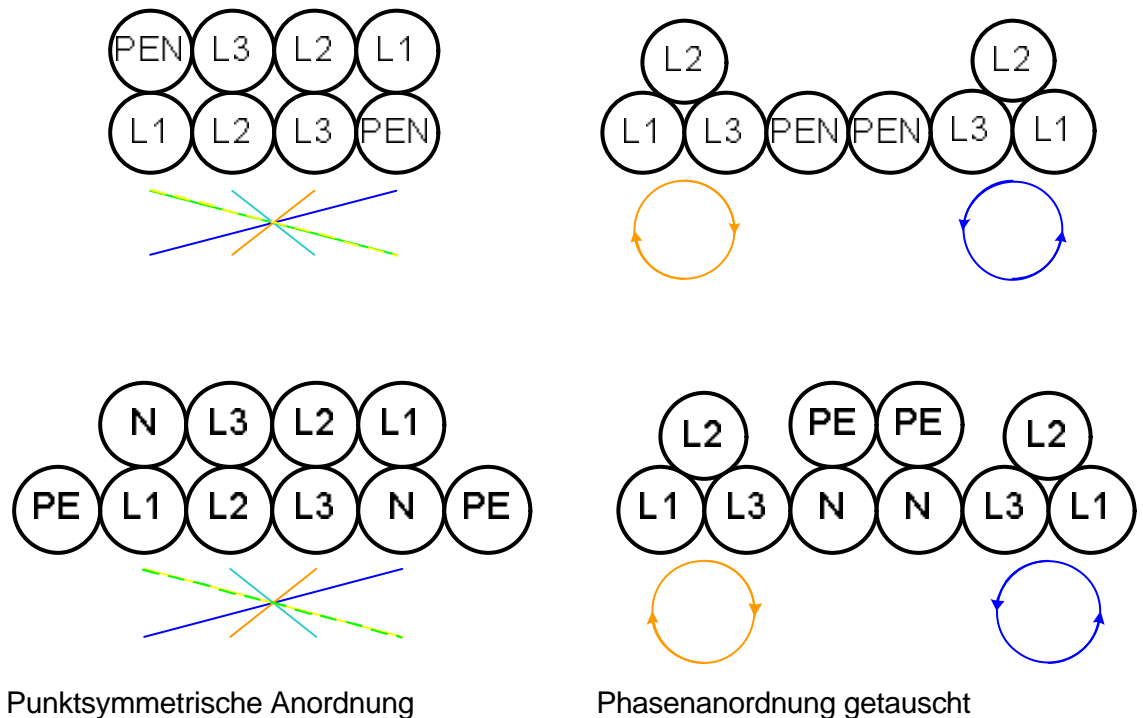
Kabeltypen: zum Beispiel: FE180/E30 5x10 mm²
 zum Beispiel: FE0-CLE 3x240/240 mm²

Der Querschnitt der PE- und N-Leiter haben dem Querschnitt der Phasenleiter zu entsprechen (100%).

Hinweis: Im Teil 5 ‚Beilagen‘ ist eine Übersicht der Kurzzeichen für normalisierte Kabel und Leitungen enthalten.

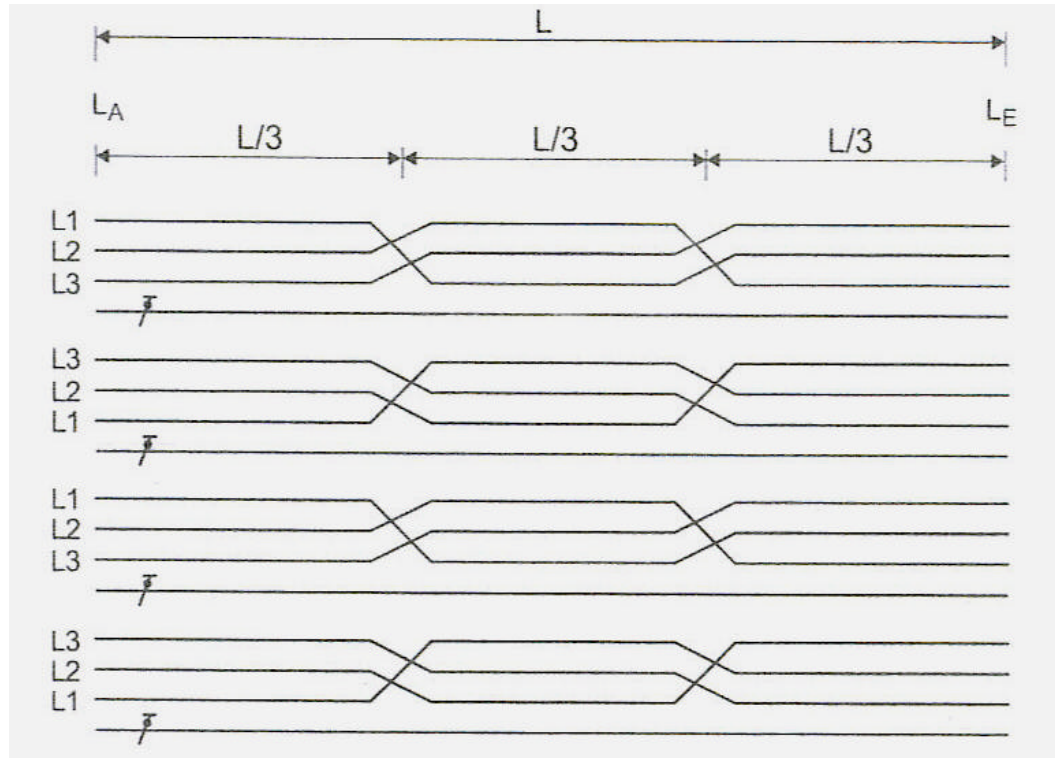
3.5.3.2 Kabelverlegung

Werden einzelne Leiter parallel geschaltet, sind immer drei Polleiter (L1, L2, L3) zu einer Leitung zusammenzufassen. Es ist darauf zu achten, dass die Polleiter der einzelnen Leiter gleiche Querschnitte und gleiche Längen aufweisen. Die Anforderungen bezüglich geometrischer Anordnung und magnetischer Beeinflussung lassen sich durch folgende Anordnung erfüllen. (Keine Reduktion des PEN Querschnittes)



Bei Anordnung der Leiter in einer Ebene sind die Leiter der einzelnen Leitungen in Abständen von $1/3$ der Leitungslänge L auszukreuzen.

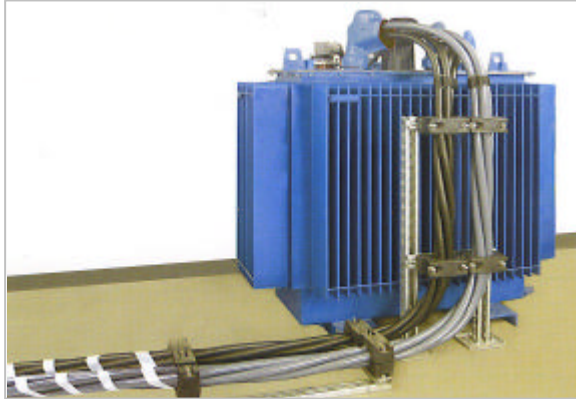
Für Leitungen kürzer als ca. 20 m ist diese Massnahme nicht erforderlich.



In erdverlegten Kabelanlagen sind die Kabel mit Nagetierschutz auszuführen. (Der korrekte Anschluss von metallischen Kabelabschirmungen ist im Teil 2 in den Kapiteln 2.3.7.4/2.3.7.5 sowie im Teil 3 unter Kapitel 0 beschrieben.) Aus EMV-Schutzgründen wäre ein nichtmetallischer Nagetierschutz vorzuziehen.

3.5.3.3 Kabelanschluss

Der Trafoanschluss hat mit punktsymmetrisch ausgekreuzten Phasenleitern zu erfolgen. (Siehe vorheriges Kapitel 3.5.3.2.)



Die Kabelanschlüsse sind berührungssicher auszuführen.



Der korrekte Anschluss von Kabelabschirmungen ist im Teil 2 in den Kapiteln 2.3.7.4/2.3.7.5 sowie im Teil 3 unter Kapitel 0 beschrieben.

3.5.4 Mittelspannungskabel (1 - 50 kV)

3.5.4.1 Kabeltypen

Massgebend für die Auslegung der Kabel sind die TBA Grundlagen „Spezifikation der Kabel im Tunnel“. Im vorliegenden Kapitel 3.5 sind nur EMV-Aspekte behandelt.

Anforderungen: halogenfrei, schwer brennbar

Kabeltypen: zum Beispiel: XKDN 1x240 mm² (Einleiterkabel)
 zum Beispiel: XKDT 3x25 mm² (Dreileiterkabel)

Hinweis: Im Teil 5 ‚Beilagen‘ ist eine Übersicht der Kurzzeichen für normalisierte Kabel und Leitungen enthalten.

3.5.4.2 Kabelverlegung

Siehe Kapitel 3.3.1 „Trassierung: Ordnungstrennung“

3.5.4.3 Kabelanschluss



Die Anschlüsse sind mit isolierten Steckverbindungen auszuführen.

3.5.5 Hoch- und Höchstspannungskabel (50kV - 150 kV resp. 150 - 400 kV))

3.5.5.1 Kabelverlegung

Die Transit-Hochspannungskabel (50 - 150 kV) und -Höchstspannungskabel (150 - 400 kV) werden über die gesamte Länge baulich abgetrennt (ausserhalb der Werkleitungskanäle) geführt, d.h. ohne jegliche Verbindung zum Strassen- und Tunnel-Erdungssystem.

3.6 Schaltgerätekombinationen SK

Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

Hinweis: EN 60439 und EN 62204 sind anzuwenden.

3.6.1 EMV-Richtlinien für die Schrankauslegung

Die EMV-gerechte Auslegung von Schaltgerätekombinationen ist im Teil 2 „Planungsrichtlinien“ im Kapitel 2.4 „Schaltgerätekombinationen SK“ definiert. Die Auslegung von Verteilkabinen und Verteilkästen (Wandverteilern) erfolgt nach den gleichen Grundsätzen.

Die Hersteller-Spezifikationen bezüglich der Verwendung und des Einbaus von Komponenten/Apparaten sind zwingend einzuhalten.

Separierung von Steuerung und Leistungsteil

Bei Systemen/Anlagen mit einem Steuerungs- und Leistungsteil sind die Steuerung und der Leistungsteil je in einer separaten Schaltgerätekombination unterzubringen. Ausnahmen von dieser Regel müssen durch das TBA genehmigt werden.

Trennung der verschiedenen Leitungsgruppen

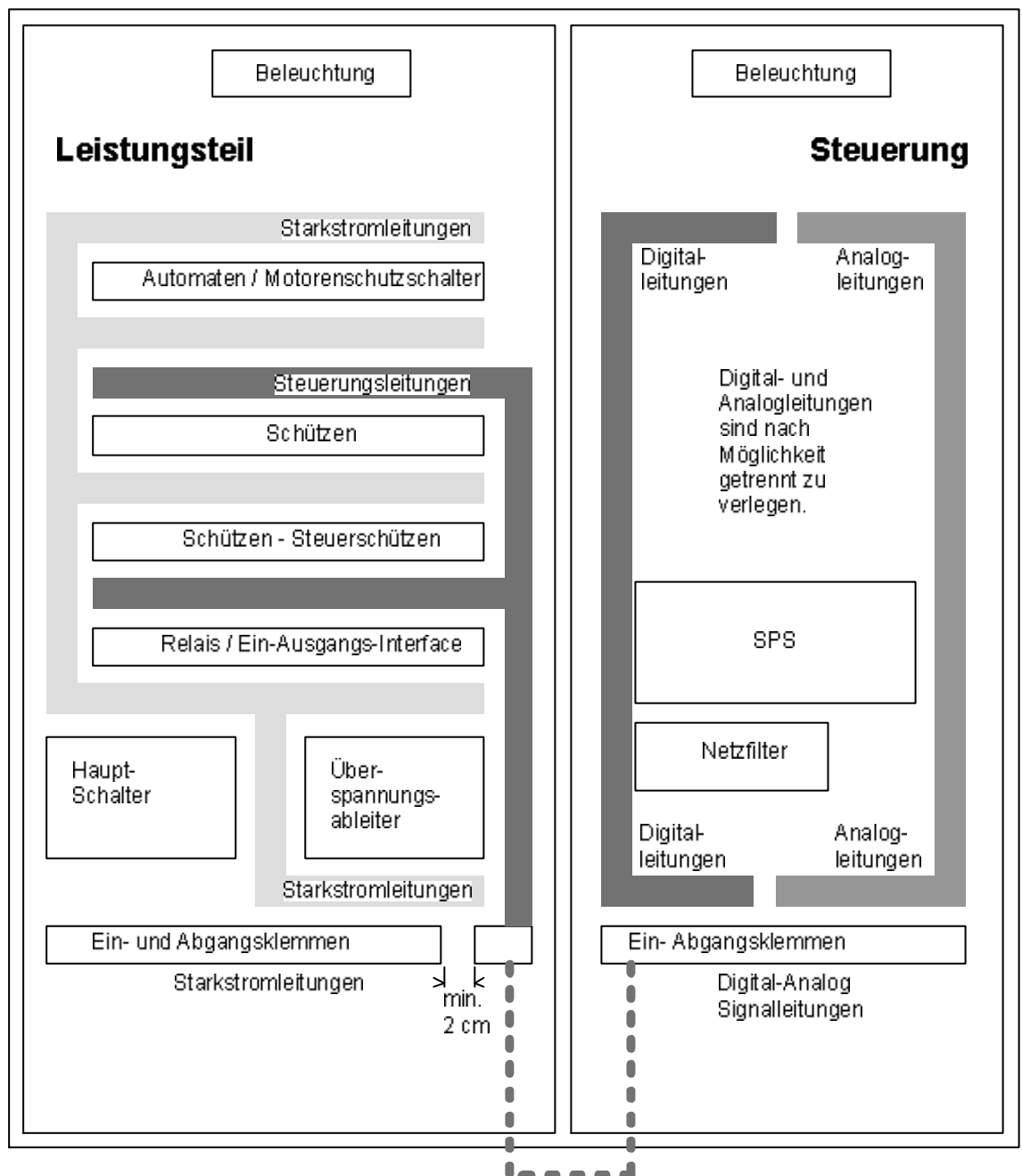
- Starkstromkabel sind von den übrigen Leitungsgruppen getrennt zu verlegen. Bei getrennten Kabelkanälen ist eine Distanzierung von min. 2 cm einzuhalten. Diese Trennung ist auch bei den Abgangsklemmen erforderlich (siehe Layout-Beispiel nächste Seite).
- Geschirmte Analog-Signalleitungen dürfen mit den Digital-Signalleitungen und den Datenübertragungskabeln zusammen verlegt werden. Ungeschirmte Analog-Signalleitungen und Digital-Signalleitungen sind nach Möglichkeit getrennt zu verlegen (siehe auch dazu Layout-Beispiel nächste Seite).

Ausbaureserve

Um den EMV-gerechten Schrankaufbau auch nach späteren Ergänzungen sicherzustellen, ist pro Schrank eine Ausbaureserve von mindestens 30% einzuhalten.

Abbildung siehe nächste Seite.

Schaltschrankaufbau-Beispiel für störsichere Verdrahtung



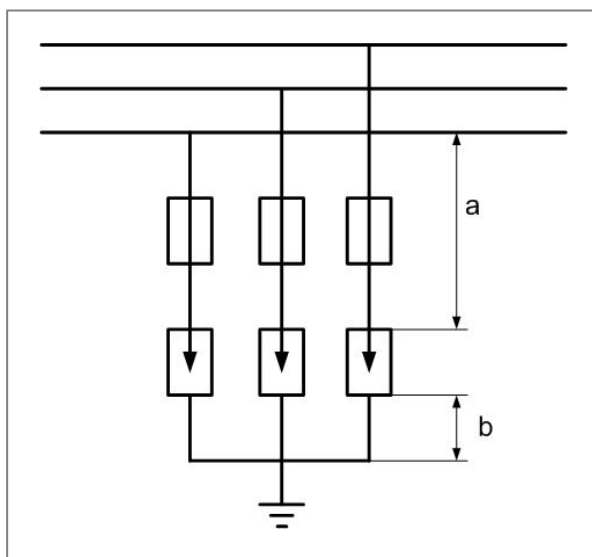
Single Point Entry in Schaltgerätekombinationen:
Leitungseinführungen sind bei jeder Schaltgerätekombination nur an einem Punkt (unten oder oben oder auf einer der Seiten) vorzunehmen.

3.6.2 Einbindung in den Potenzialausgleich

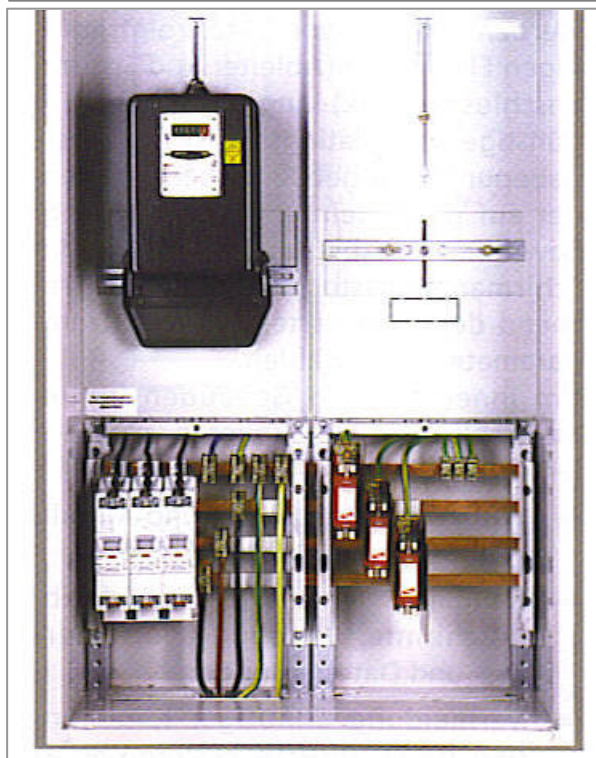
Details über den Anschluss der Schaltgerätekombination an den Potenzialausgleich siehe 3.1.5.12 „Ausführung Erdung / Potenzialausgleich: Schaltgerätekombinationen SK“.

Siehe auch Teil 2 „Planungsrichtlinien“ im Kapitel 2.4.2 „Schaltgerätekombinationen: Anschluss der Komponenten in der SK an den Potenzialausgleich“.

3.6.3 Überspannungsschutz



- Die Notwendigkeit von Überspannungsschutzmassnahmen und deren Ausführung sind im Teil 2 Kapitel 2.1.2 „Schutzonen-Konzept“ spezifiziert.
- Die Ausfallsignalisierung der Überspannungsschutzelemente ist auf das Übergeordnete Leitsystem (ÜLS) des TBA Kt. Zürich aufzuschalten.
- Die Abstände a und b der Verdrahtung sind unbedingt möglichst kurz d. h. = 50 cm auszuführen.



3.6.4 Detailmassnahmen

3.6.4.1 Schutz gegen elektrostatische Entladung

Zum Schutz von Geräten und Baugruppen gegen elektrostatische Entladung sollten allseitig geschlossene Metallgehäuse oder -schränke verwendet werden, die niederimpedant gut leitend mit dem Erdungspunkt am Aufstellungsort verbunden sind.

Für kleinere Anschlusskästen sind Guss- oder Blechgehäuse den Kunststoffgehäusen vorzuziehen.

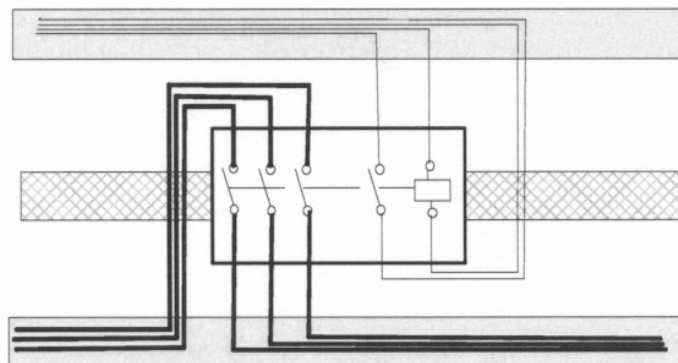
Türen von Schaltgerätekombinationen müssen durch möglichst kurze Verbindungen mit dem geerdeten Gehäusekörper verbunden sein.



- Verbindungen mit Cu-Seil, -Litze oder -Band ausführen.
- Querschnitt 10 mm^2

3.6.4.2 Trennung der Leitungsgruppen bei Relais oder Schützen

Starkstromkabel sind von den übrigen Leitungsgruppen getrennt zu verlegen. Bei getrennten Kabelkanälen ist eine Distanzierung von min. 2 cm einzuhalten. Diese Trennung ist auch bei den Abgangsklemmen erforderlich.

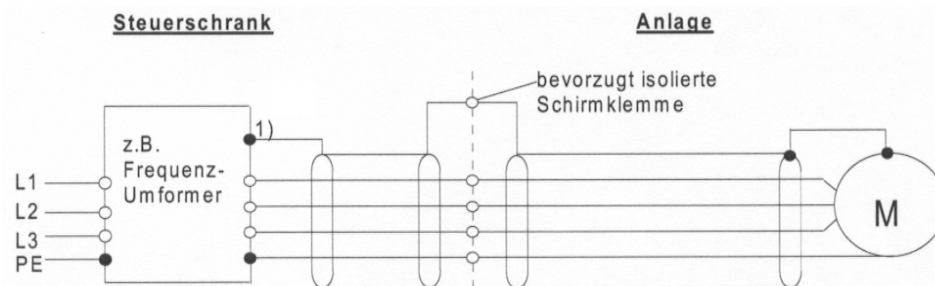


3.6.4.3 Leitungsführung bei Motoren mit Leistungselektronik

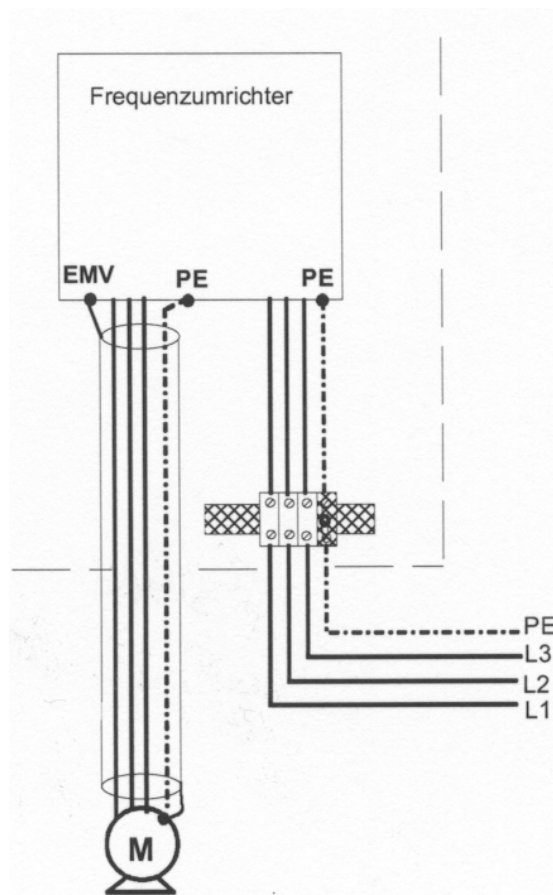
Motorenleitungen mit hohem Störpegel, wie z.B. bei **Frequenzumformerantrieben** müssen geschirmt geführt werden. Der Schirm muss beidseitig möglichst kurz auf Erde gelegt werden.

Um die Emissionswerte im erlaubten Bereich zu halten, muss der Schirm auch moto-
renseitig auf das Gehäuse aufgelegt werden.

Alle Schirmanschlüsse sind bevorzugt mit EMV-Stopfbüchsen oder Schirmanschluss-
klemmen / Klemmbügel vorzunehmen.



Ist der Schirmanschluss am Frequenzumformer nicht vorgesehen, ist dieser in der Nähe des Frequenzumformers oder nötigenfalls bei der Abgangsklemmenschiene anzubringen.



Der Kabelschirm von Motorleitungen sollte, wenn immer möglich, ohne Unterbruch vom Stellglied (Frequenzumformer) zum Motor geführt werden. Die Anschlüsse auf das Erdungssystem müssen auch hier so niederimpedant wie möglich sein. Ist eine Trennung der Abschirmung unumgänglich, sollte der Schirm nicht über isolierte Klemmen verbunden werden. Die Abschirmung solcher Kabel kann beispielsweise über Schirmanschlussklemmen auf einer Schirmschiene beim Eintritt in die Schaltgerätekombination erfolgen. Bei Trennungen durch Schützen werden so die Schirmenden auf dem Frequenzumrichter, der Abgriff am Eingang in die Schaltgerätekombination und das Schirmende an der Asynchronmaschine niederimpedant geerdet.

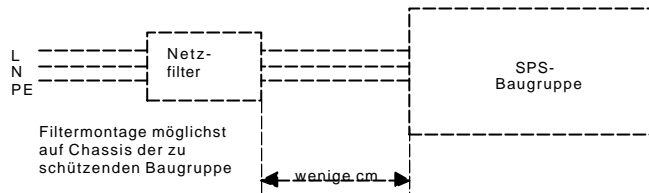
Der Anschluss der Maschine kann in den meisten Fällen durch geeignete metrische EMV-Kabelverschraubungen grossflächig kontaktiert werden. Bei Schirmüberführungen durch Steckverbinder können metallische Steckergehäuse die Schirmung grossflächig und systemumschliessend verbinden.

Die Installationsvorschriften des Frequenzumrichter-Hersteller sind einzuhalten.

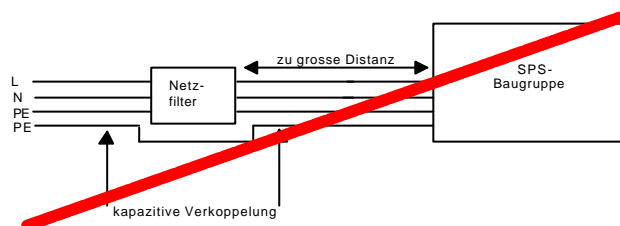
3.6.4.4 Leitungsführung bei Netzfiltern

Verschiedene Komponentenhersteller z.B. SPS-Lieferanten empfehlen den Einsatz von Netzfiltern. Diese Empfehlung ist einzuhalten. Bei falscher Verdrahtung von Netzfiltern ist deren Einsatz jedoch wirkungslos. Folgendes ist zu berücksichtigen:

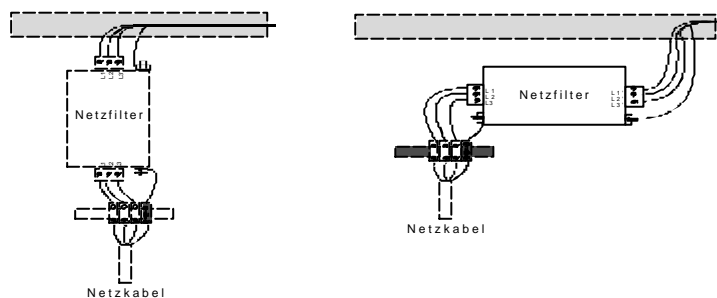
- Der Netzfilter ist so nahe wie möglich bei der zu schützenden Baugruppe zu montieren.
- Die Ein- und -Ausgänge der Netzfilter dürfen auf keinen Fall parallel geführt werden.
- Auch Erdleitungen dürfen vor und nach dem Filter nicht parallel geführt werden.



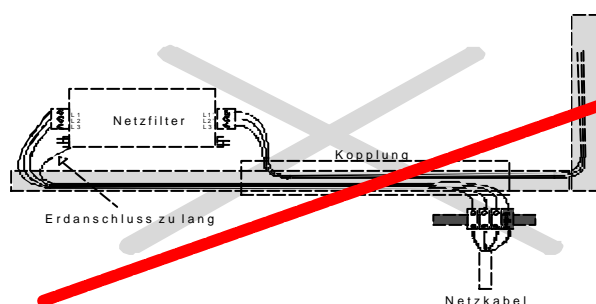
korrekter
Aufbau



falscher
Aufbau

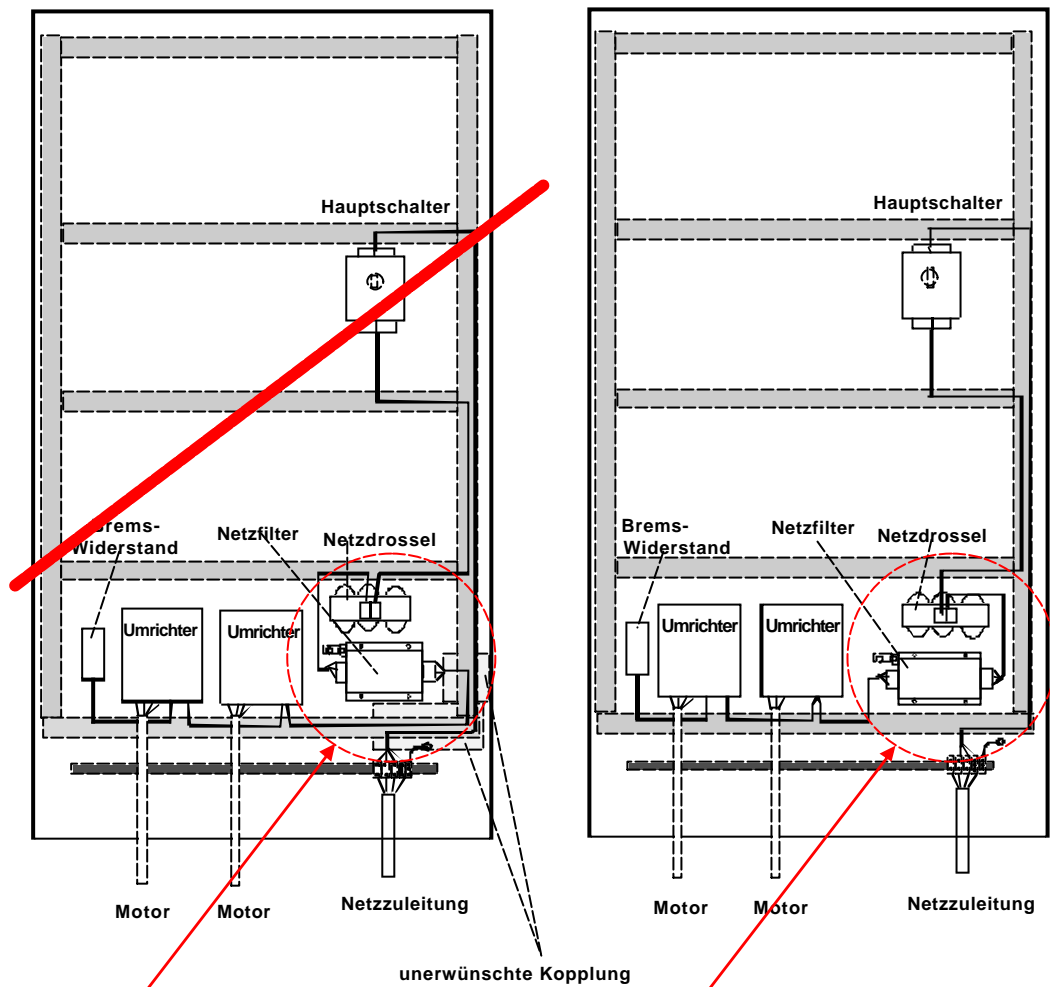


korrekte
Verkabelung



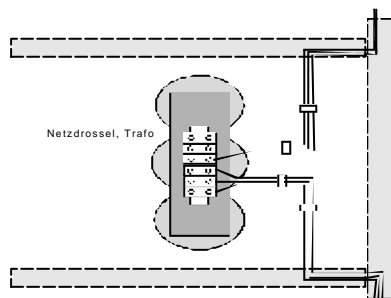
falsche
Verkabelung

3.6.4.5 Leitungsführung bei Netzdrosseln

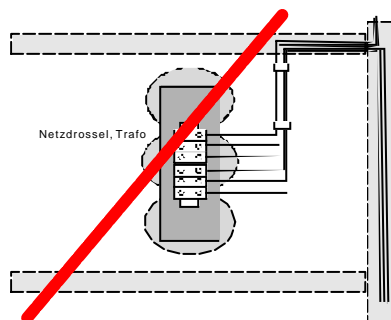


Ungünstig:
 Kopplung der Umrichterzuleitung
 auf die gefilterte Netzleitung

Richtig:
 Gefilterte und ungefilterte
 Leitungen mit Abstand entkoppelt



korrekte
 Verdrahtung

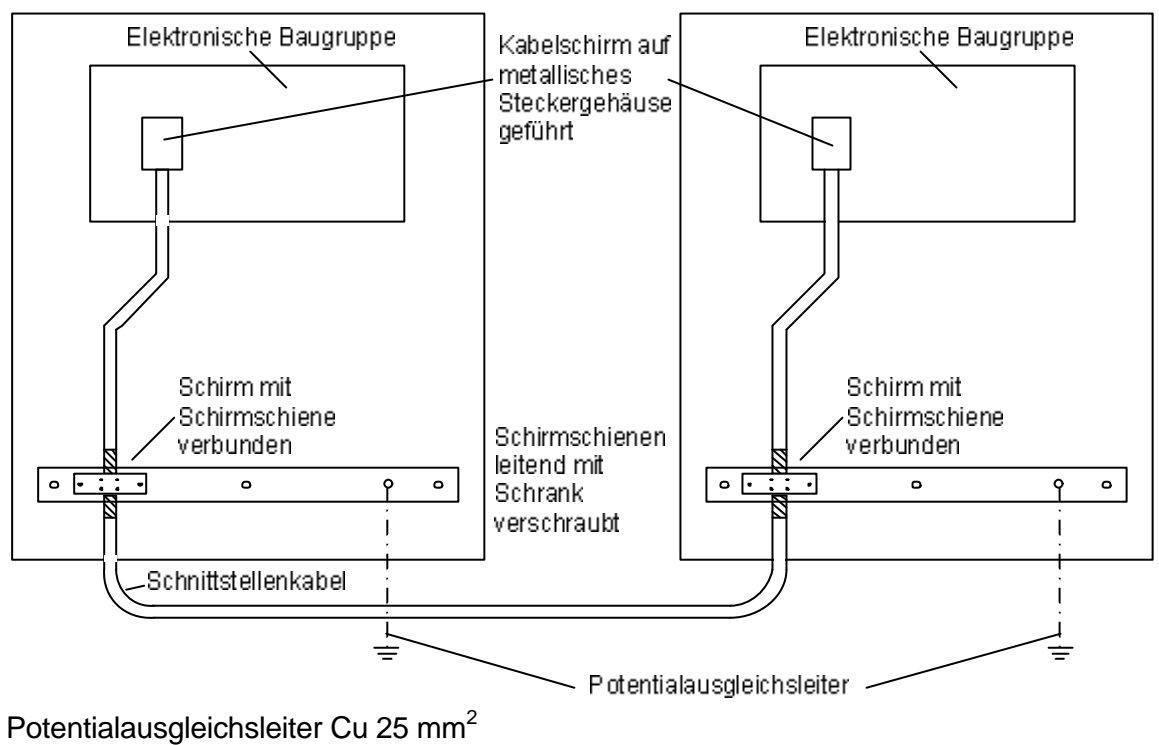


falsche
 Verdrahtung

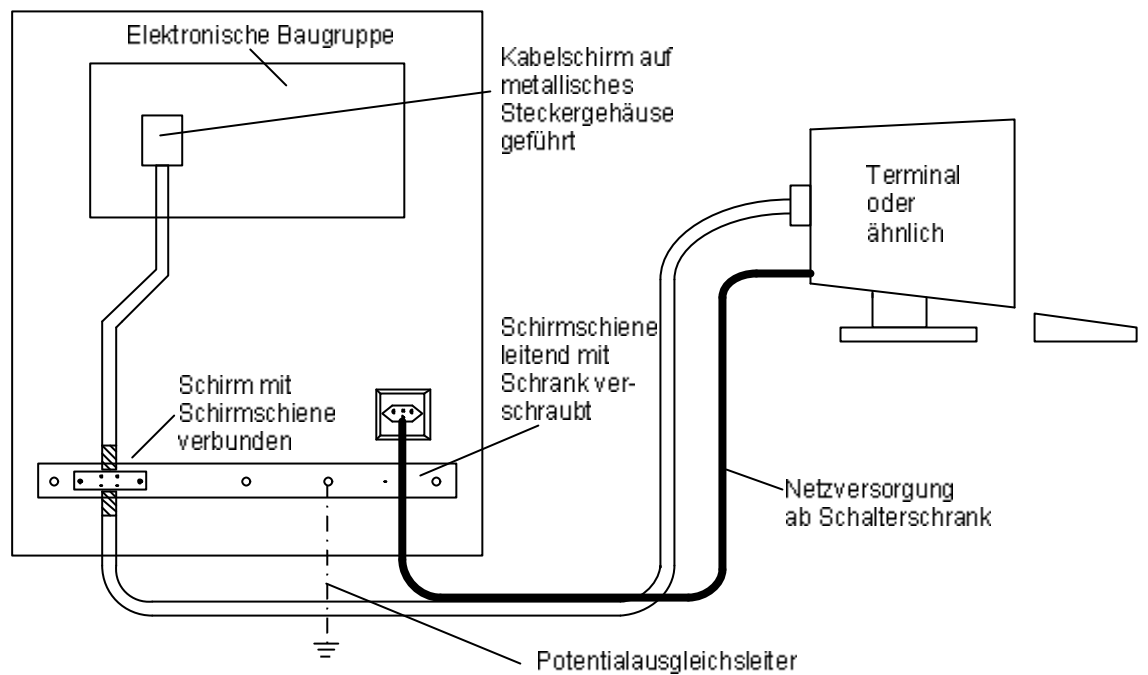
3.6.4.6 Leuchtstofflampen

Bei der Verwendung von Leuchtstofflampen für die Schrankinnenbeleuchtung dürfen nur Vorschaltgeräte mit eingebautem Netzfilter verwendet werden.

3.6.4.7 Verkabelung Schaltschrank - Schaltschrank



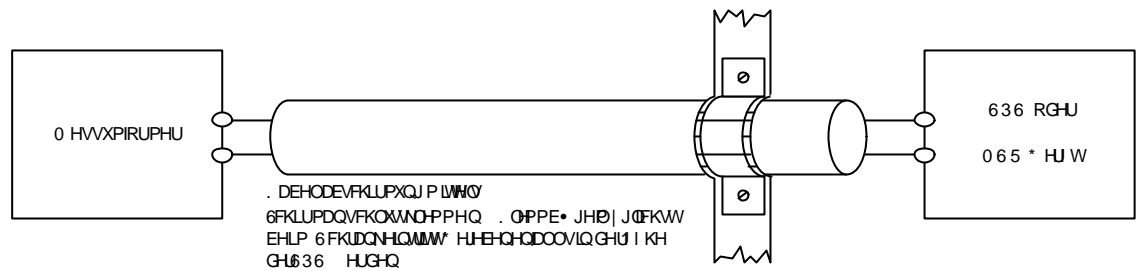
3.6.4.8 Verkabelung Schaltschrank - Terminal



Potentialausgleichsleiter Cu 25 mm²

Das Terminal soll ab dem gleichen Netz gespeist werden, wie die Elektronik-Baugruppe.

3.6.4.9 Analoge Ein- /Ausgabe-Baugruppen



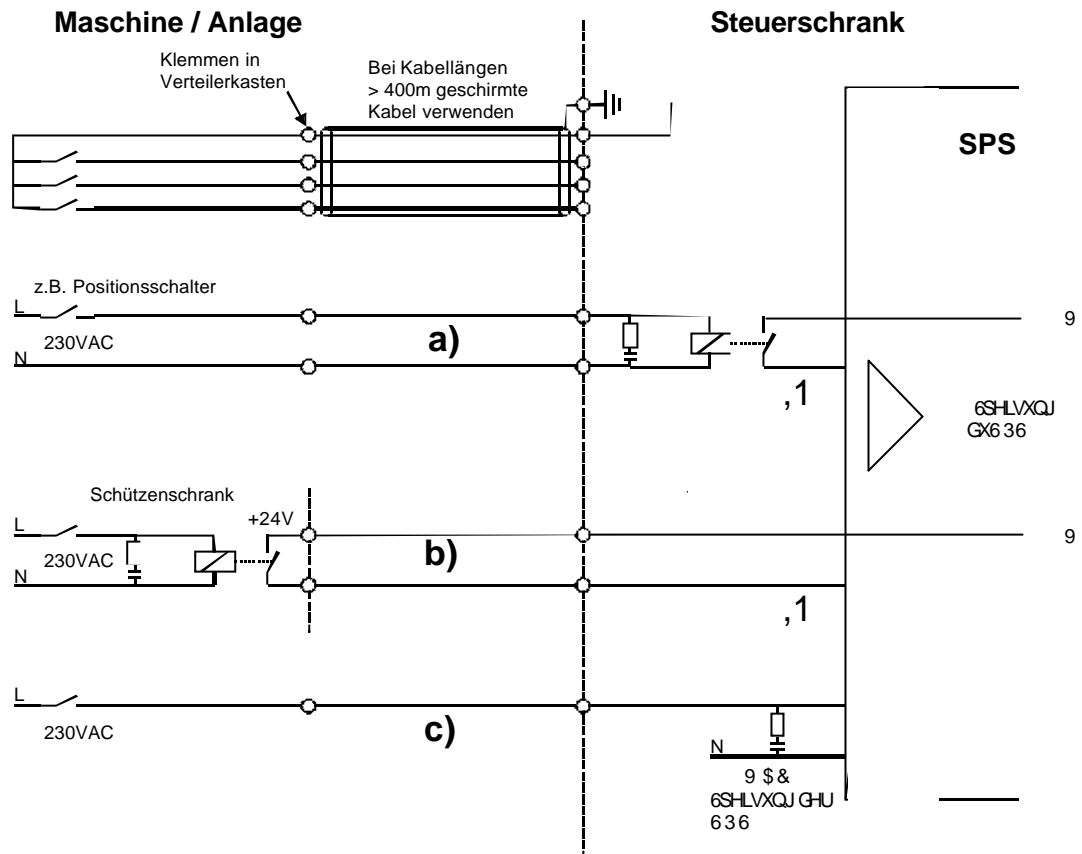
Grundsätzlich sind bei der Auslegung der Verbindungen und beim Anschluss von Kabelabschirmungen die **Angaben der Systemlieferanten** zu berücksichtigen. Wenn keine Angaben gemacht sind, ist von Fall zu Fall mit dem Systemlieferanten abzuklären ob und wie abgeschirmt werden muss. Erst wenn diese Abklärungen nicht gelingen, muss nach folgenden Grundsätzen verkabelt werden:

- Die Abschirmungen müssen grossflächig und niederimpedant mit dem Potenzialausgleich verbunden werden. „Sauschwänze“ als Schirmanschluss werden nicht akzeptiert.
- Der Regelfall ist der beidseitige Anschluss der Abschirmung
- Bei nur einseitigem Anschluss sind spezielle Vorkehrungen zu treffen

Im Kapitel 0, „Steuer- Signal- und Telekommunikationskabelkabel in Cu; Kabeleinführung und -Anschluss von Steuer- und Signalkabeln“ sind detaillierte Richtlinien für den Anschluss der Abschirmungen aufgeführt.

3.6.4.10 Digitaleingänge

Digitaleingänge sind je nach Anlagenkonfiguration mit RC-Gliedern zu beschalten. Dimensionierung der RC-Glieder durch den Anlagenlieferanten.

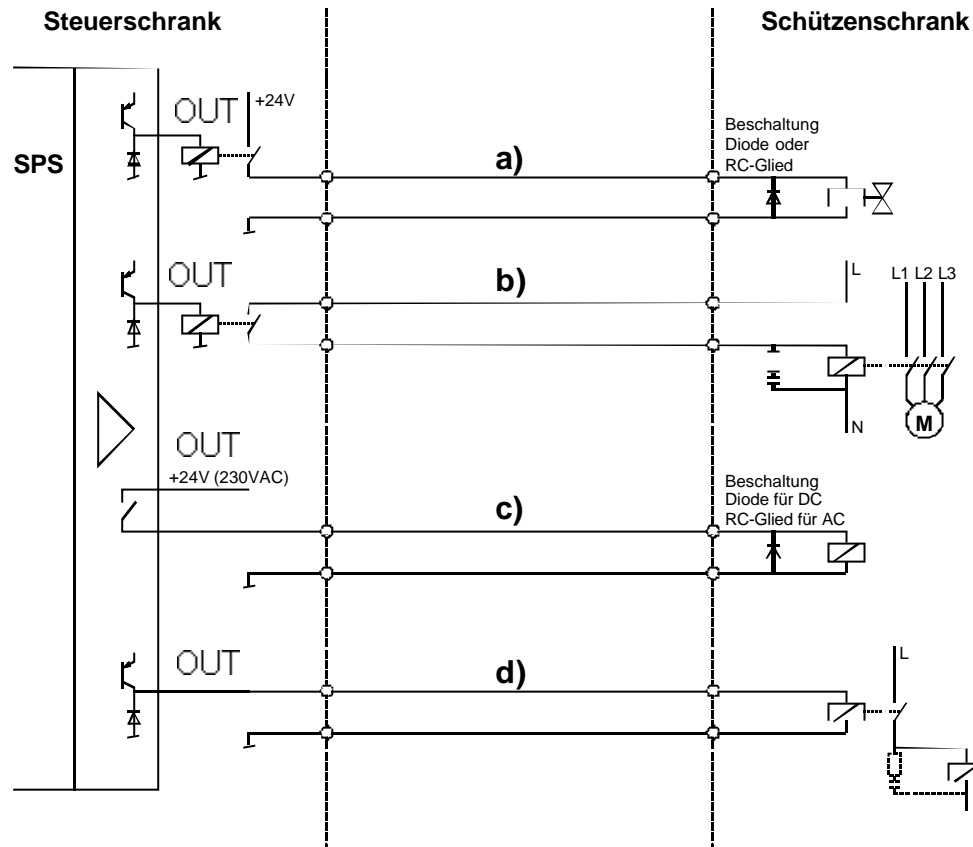


- Beschaltung erforderlich wegen der geschalteten Induktivität im Steuerschrank. Relais- oder Schützen-Verdrahtung muss von der Verdrahtung der elektronischen Steuerung getrennt werden. Siehe dazu Kapitel 3.6.4.2 „Trennung der Leitungsgruppen bei Relais und Schützen“.
- Beschaltung nicht erforderlich wegen der Induktivität im Schützenschrank. Die Relais- / Schützenverdrahtung muss jedoch von der SPS-Eingangsverdrahtung getrennt werden. Ist dies nicht möglich, müssen auch in diesem Fall Relais oder Schützen beschaltet werden. Siehe dazu Kapitel 3.6.4.2 „Trennung der Leitungsgruppen bei Relais und Schützen“.
- Wegen der geringen Belastung der elektronischen Steuerschaltung, kann es bei längeren parallel verlaufenden Wechselspannungsleitungen (je nach der elektronischen Steuerschaltung) zu Fehlschaltungen in der Steuerung kommen. Es ist deshalb bei langen Leitungen ein RC-Glied zum Eingang parallel zu schalten.

Auch wegen der geringen Belastung des externen Kontakts bei elektronischen Steuerungen ist bei ungeeigneten Kontakten am Eingang ein RC-Glied parallel zu schalten, welches eine zusätzliche Belastung des Kontakts von ca. 40 mA ergibt (typisch $0,5 \mu\text{F}/100\Omega$). Speziell beim Umbau alter Anlagen sind diese Massnahmen zwingend vorzusehen.

3.6.4.11 Digitalausgänge

Digitalausgänge sind je nach Anlagenkonfiguration mit RC-Gliedern zu beschalten. Dimensionierung der Beschaltung durch den Anlagelieferanten.



- Werden Induktivitäten (z.B. Ventile) über Zwischenrelais geschaltet, sind diese Induktivitäten in jedem Fall zu beschalten. Dies ist unabhängig davon, ob die Induktivität mit + 24 VDC oder mit z.B. 230 VAC betrieben wird. Die Beschaltung kann im Steuerschrank oder bei der induktiven Last vor Ort, zum Beispiel als Ventilbeschaltungseinheit im Stecker beim Ventil erfolgen.
- Die Schützenbeschaltung ist notwendig, da die Ansteuerung aus dem Steuerschrank erfolgt. Die Relais-Verdrahtung ist von der Verdrahtung zum Schützenschrank zu trennen! Siehe dazu Kapitel 3.6.4.2 „Trennung der Leitungsgruppen bei Relais und Schützen“.
- Werden Induktivitäten über Kontakte der Ausgangsschaltungen elektronischer Steuerungen angesteuert, sind diese Induktivitäten in jedem Fall zu beschalten.
- Beschaltung von extern über Zwischenrelais angesteuerter induktiver Last (z.B. Schütz, Bremsmagnet oder Ventil) ist nicht notwendig, da das Schalten der Induktiven Last im Schützenschrank erfolgt.

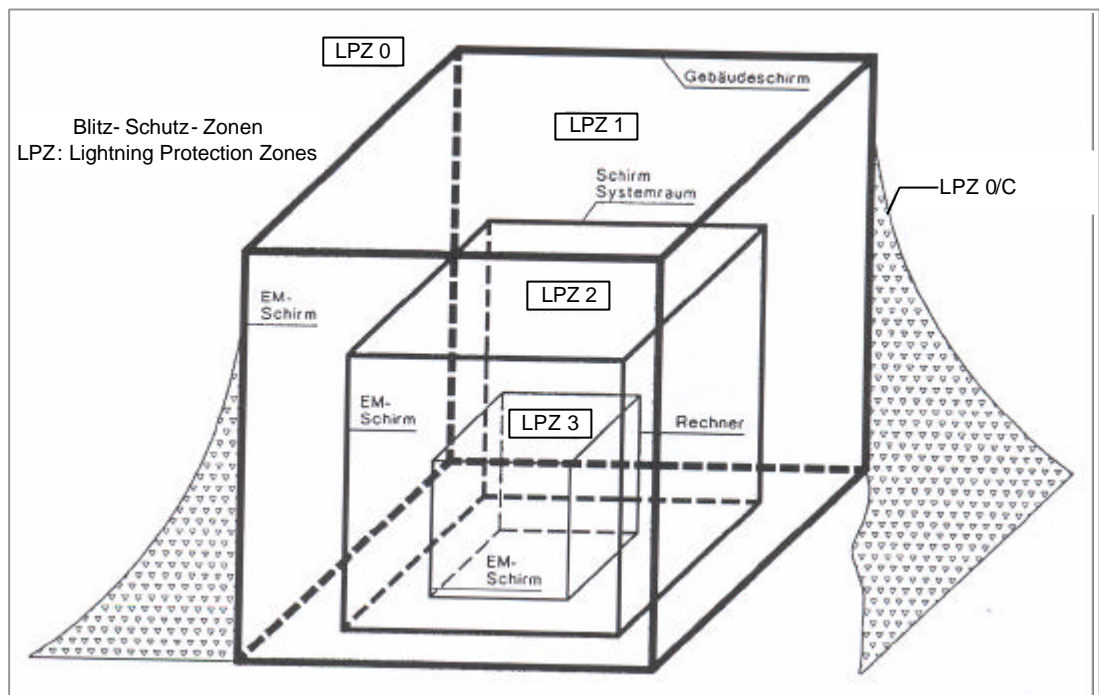
Bei der Verdrahtung der elektronischen Steuerung ist die getrennte Verdrahtung von geschalteten externen Lasten eine Voraussetzung, andernfalls ist die Beschaltung der externen induktiven Lasten zwingend vorzusehen.

3.7 Überspannungsschutz der Elektromechanischen Einrichtungen

Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

Der Überspannungsschutz bezweckt den systematischen Schutz von Bauten mit ausgedehnten elektronischen Anlagen.

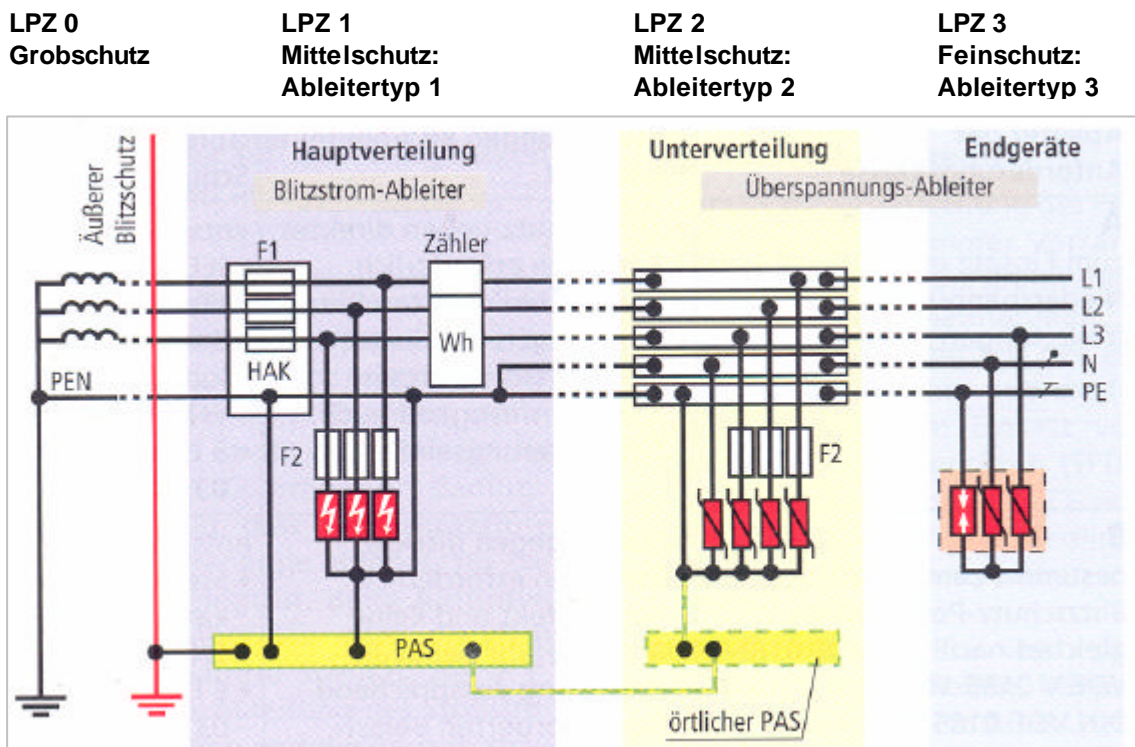
Die Schutzeinrichtungen müssen die zu erwartenden Überspannungsspitzen für die nachfolgenden Installationen auf einen zulässigen Wert begrenzen. Für Einbau und Überwachung sind die Angaben des Herstellers zu beachten.



Es werden 4 Blitz- oder EMV-Schutzonen unterschieden: Siehe Teil 2 Kapitel 2.1.2.1 „Blitzschutzonen 0 - 3“ und 2.1.2.3 „Selektivität des Blitz- und Überspannungsschutzes“.

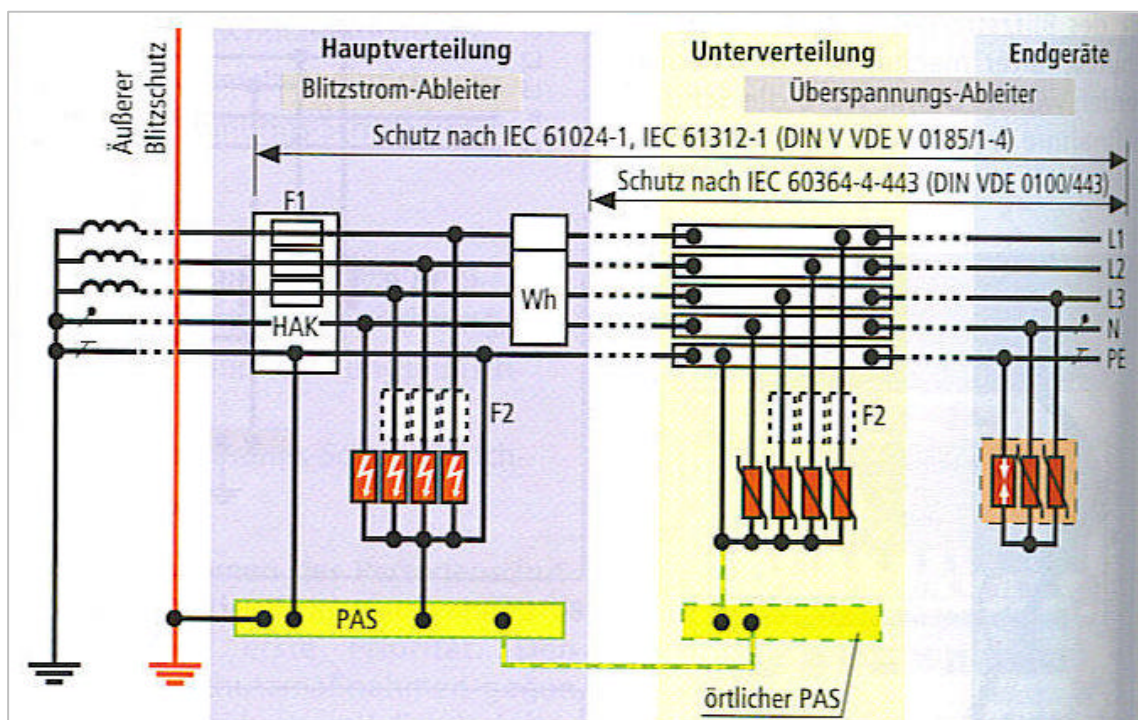
3.7.1 Energieversorgung

Gemäss ASTRA-Kontenplan gehören zu diesen elektromechanischen Einrichtungen: Transformatoren, Hochspannungs- und Niederspannungsteil, Mess-, Schutz- und Steuereinrichtungen, Notstromanlagen



**TN-C-S
Netz**

LPZ – Lightning Protection Zones

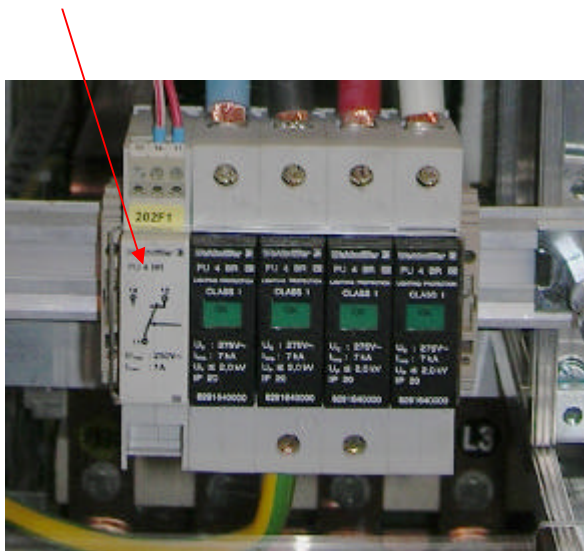


TN-S Netz

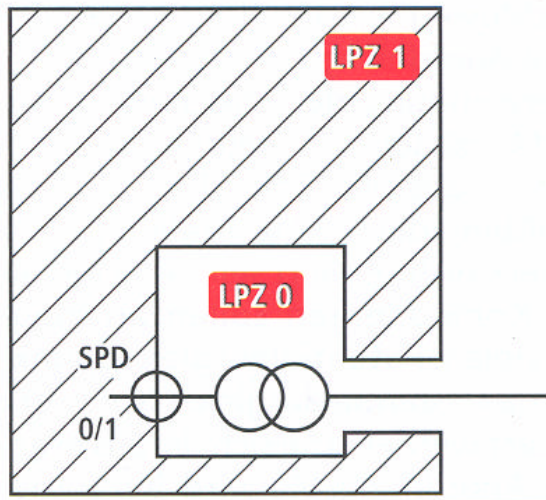
In Schaltgerätekombinationen werden nur Ableiter der Typen 1 und 2 eingesetzt. Diesen Ableitern dürfen aus Gründen der hohen Dynamik des Blitzstromes keine Fehlerstromschutzschalter vorgeschaltet werden. Die Ableiter könnten beschädigt werden.

Typ/ Bezeichnung	EN 61643-11:2001	Einsatzort
Blitzstrom-Ableiter	SPD Typ 1	NS-Hauptverteilung
Überspannungs- Ableiter	SPD Typ 2	Unterverteilung
Überspannungs- Ableiter	SPD Typ 3	Steckdosen/ Endgeräte

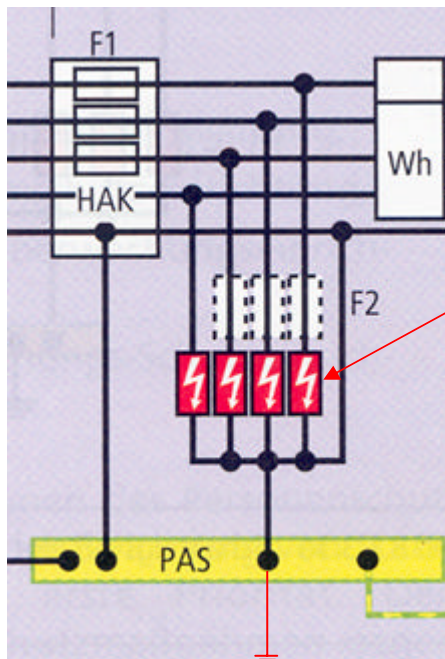
Die Ausfallsignalisierung der Überspannungsschutzelemente ist auf das Übergeordnete Leitsystem (ÜLS) des TBA Kt. Zürich aufzuschalten. Siehe auch Teil 2 Kapitel 2.1.2.6 „Überwachung der Blitzstrom- und Überspannungsschutzelemente“.



NS-Hauptverteilung mit TS innerhalb der baulichen Anlage



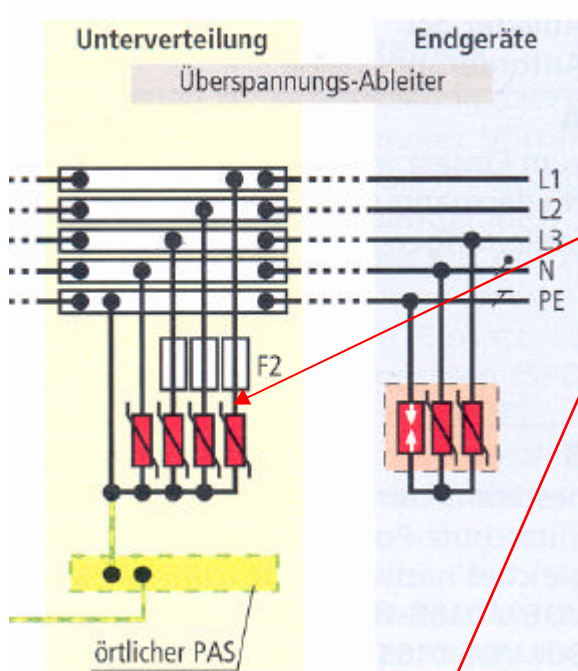
Unmittelbar bei der Einspeisestelle der NS-Hauptverteilung (nach dem Trafo) befindet sich die Schutzzone 1. Die höchsten Anforderungen hinsichtlich ihres Ableitvermögens werden an diese Blitzstrom-Schutzgeräte vom Typ 1 gestellt. Sie müssen in der Lage sein, Blitzteilströme der Wellenform 10/350 μ s mehrmals störungsfrei zu führen.



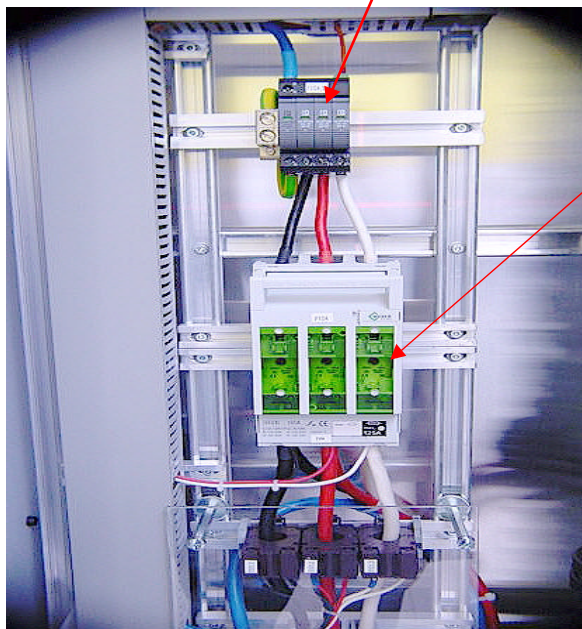
Blitzstrom-Schutzgeräte vom Typ 1 unmittelbar bei der Einspeisung



Unterverteilungen

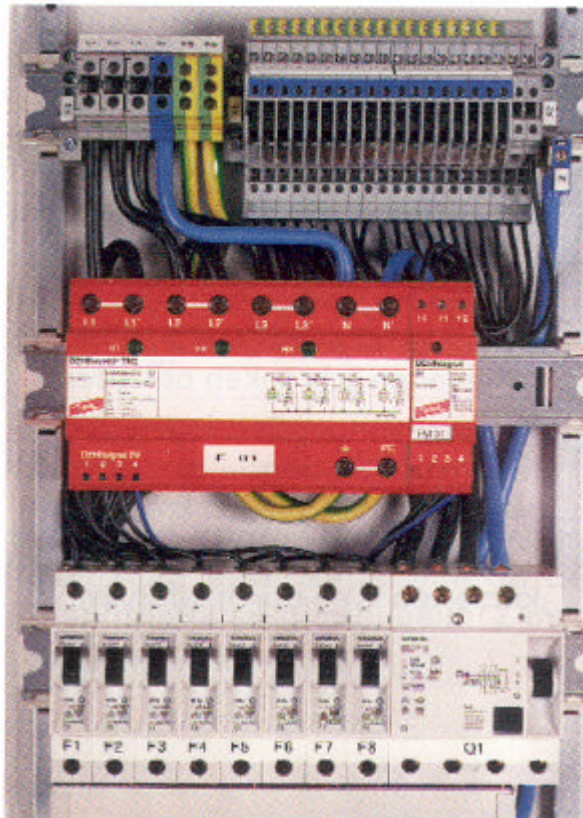


Unmittelbar nach der Einspeisestelle der NS-Unterverteilung befindet sich der Übergang von der Schutzzone 1 auf die Schutzzone 2. Die Überspannungs-Ableiter haben die Aufgabe, die Restgrößen des vorgelagerten Überspannungsschutzes weiter zu minimieren. Ihr Ableitvermögen liegt im Bereich von einigen 10kA (8/20 μ s).



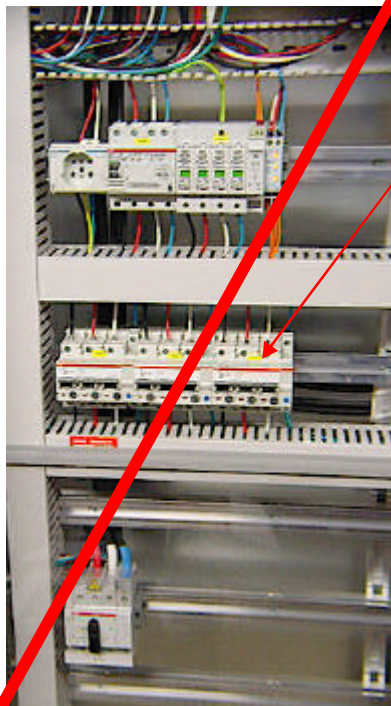
Wenn vom Hersteller für einen bestimmten Typ von Überspannungsableitern eine Überstromschiebung verlangt wird, so sind Überstromunterbrecher mit Schmelzeinsatz einzusetzen. Leitungsschutzschalter dürfen nicht verwendet werden.

(Fortsetzung nächste Seite)



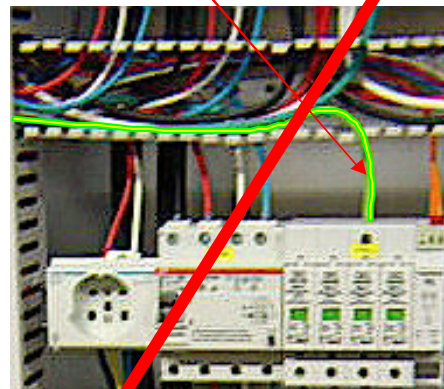
Nur in Ausnahmefällen darf der Übergang von der Zone 0 auf die Zone 2 in einem Schritt realisiert werden. Dies kann bei speziellen baulichen Gegebenheiten z.B. bei kompakten kleineren Anlagen der Fall sein.

In diesem Fall sind Kombiableiter einzusetzen. Sie ermöglichen Blitzschutz und koordinierten Endgeräteschutz mit nur einem Gerät.

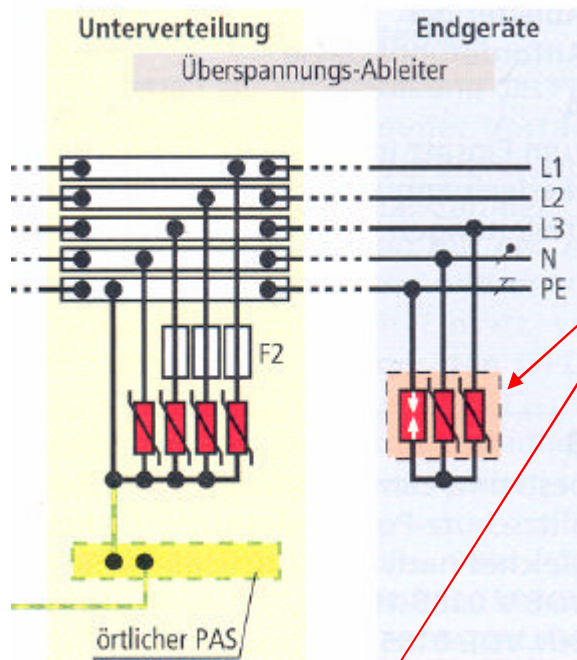


Nicht erlaubt sind Leitungsschutzschalter als vorgeschaltete Überstromunterbrecher.

Der Erdleiter darf nicht in die geschützte Installation eingeschleift werden.



Steckdosen/ Endgeräte



Der Einsatz von SPD Typ 3 dient primär zum Schutz von Quer-Überspannungen. Sie sind für ein Nennableitvermögen von 1.5 kA ausgelegt. Die Ableitung energiereicher Impulse müssen die vorgelagerten Schutzstufen der SPDs Typ 1 und 2 übernehmen.

In der Regel wird der Einsatz von SPD Typ 3 durch den ProduktHersteller des zu schützenden Gerätes vorgeschrieben.

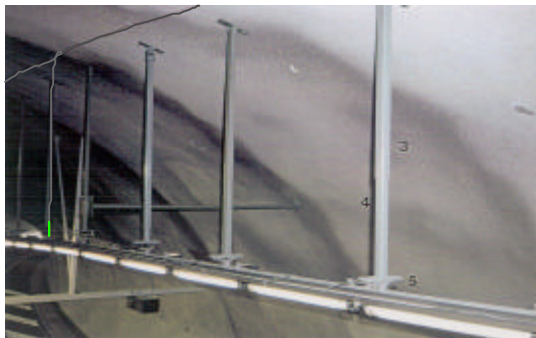


3.7.2 Beleuchtung

Gemäss ASTRA-Kontenplan gehören zu diesen elektromechanischen Einrichtungen: Beleuchtungsarmaturen inkl. Zuleitungen, Lampen, Brandnotleuchten, Aufhängungen, Mess-, Steuer-, Regel- und Kontrolleinrichtungen

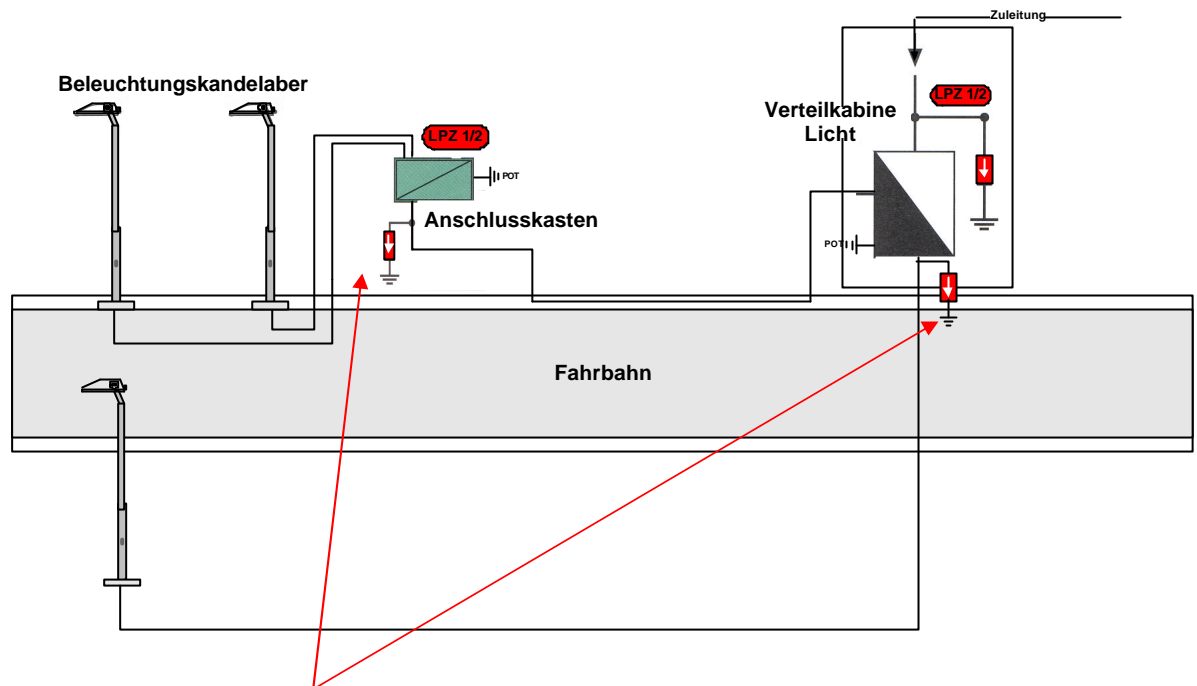


Die Beleuchtungsarmaturen inkl. Zuleitungen, Lampen, Brandnotleuchten befinden sich in der **Schutzzone 2**. Die Schutzeinrichtung ist bereits in der SK (Unterverteilung) eingebaut und bedarf keines zusätzlichen Schutzes (siehe Kapitel 3.7.1 „Energieversorgung“).



Anschluss an den Potenzialausgleich: siehe 3.1.5.16 “Ausführung Erdung / Potenzialausgleich: Beleuchtung in Tunnels“

Durchgehende Beleuchtungsanlagen, die vom Tunnelinnern nach aussen vor das Tunnelportal führen, sind besonders zu schützen.



In diesem Fall sind Kombiableiter einzusetzen. Sie ermöglichen Blitzschutz und koordinierten Endgeräteschutz mit nur einem Schutzelement.

Die Verbindungsleitung zwischen Anschlusskasten und Leuchte sollte in metallenen Masten resp. unter Flur verlegt werden.

3.7.3 Lüftung

Gemäss ASTRA-Kontenplan gehören zu diesen elektromechanischen Einrichtungen: Ventilatoren, Antriebsmotoren, Hilfsbetriebsaggregate, Abschlussorgane, Überwachungsanlagen, Schalldämpfer, Aufhängungen, Ventilationssteuerung und -Regelung

Lüftungsanlagen und dergleichen befinden sich in **der Schutzzone 2**. Die Schutzeinrichtung ist bereits in der SK (Unterverteilung) eingebaut und bedarf keines zusätzlichen Schutzes (siehe Kapitel 3.7.1 ‚Energieversorgung‘).

Hinweis:

Antriebe mit Frequenzumformer sind möglichst zu vermeiden und bedürfen einer separaten Bewilligung des TBA-VM. Bei einer allfälligen Verwendung ist zu beachten:

- Immer mit Netzfilter vor dem Frequenzumrichter (oder im Frequenzumrichter bereits eingebaut).
- Leitung Frequenzumrichter – Motor abgeschirmt und beidseitig grossflächig und niederimpedant aufgeschaltet. (Beispiele siehe 3.6.4.3 ‚Leitungsführung bei Motoren mit Leistungselektronik‘)
- Der Gesamtantrieb muss den EMV-Normen entsprechen und entsprechend zertifiziert sein (u.a. FU-Gerätenorm).

3.7.4 Signalisationsmittel

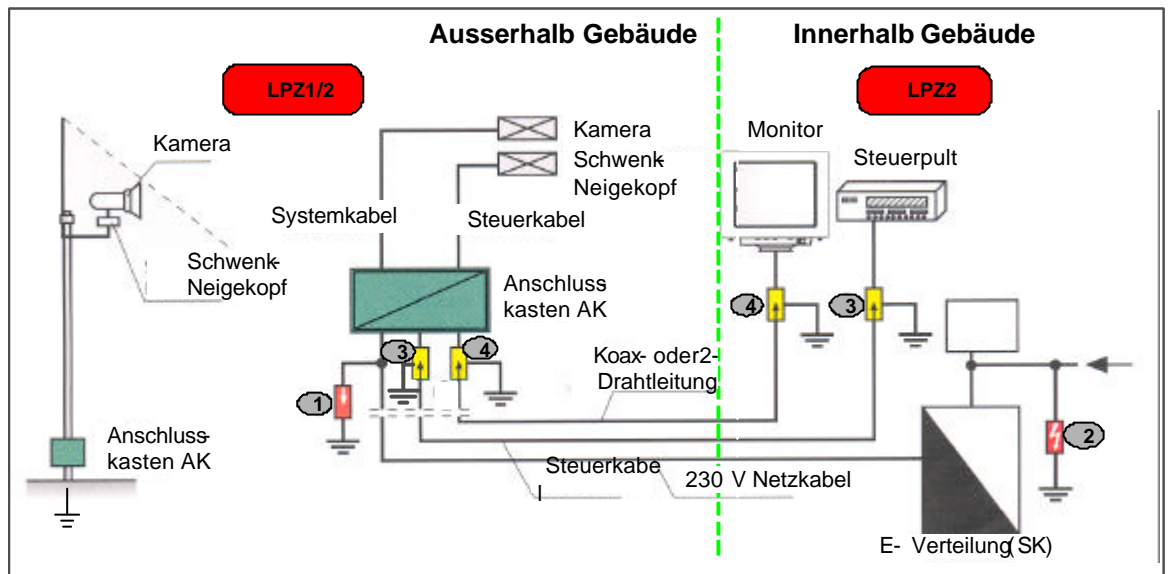
Gemäss ASTRA-Kontenplan gehören zu diesen elektromechanischen Einrichtungen: Portale, Standrohre, Aufhängungen, Ampeln, Fahrstreifensignalisation, feste Signale, Wegweiser, Barrieren, Hinweisschilder, Wechselsignale, Antriebe, Steuergeräte



Für Signalisationsmittel gilt der gleiche Schutz wie für Beleuchtungsanlagen (siehe Kapitel 3.7.2 'Beleuchtung').

3.7.5 Mess- und Überwachungsanlagen

Gemäss ASTRA-Kontenplan gehören zu diesen elektromechanischen Einrichtungen: Notrufsäulen und Alarmkasten, Eiswarnanlagen, Brandmeldeanlagen, Schadstoffmessanlagen (Sichttrübung, CO), Verkehrserfassung, Steinschlag-, Lawinenwarnanlagen, Meteoanlagen, Videoüberwachung (exkl. Zentrale im Werkhof)



Legende zum Prinzipschema:

1. Blitzschutzableiter SPD Typ 1
2. Überspannungsableiter SPD Typ 2
3. Kombiableiter (Blitzstrom und Überspannung)
4. Kombiableiter (Blitzstrom und Überspannung)

3.7.6 --

Abschnitt ohne Inhalt (Platzhalter für Teil 4)

3.7.7 Kabelanlagen

Gemäss ASTRA-Kontenplan gehören zu diesen elektromechanischen Einrichtungen: Kabelrohranlagen, Kabelkanäle (inkl. Aufhängung), Hoch- und Niederspannungskabel, Steuer-, Signal- und Telefonkabel, Erdungsanlagen, Kabinen, Schalttafeln, Elektro-schränke, Masten

Kabelanlagen sind im Kapitel 3.5detailliert beschrieben

3.7.8 Nebeneinrichtungen

Gemäss ASTRA-Kontenplan gehören zu diesen elektromechanischen Einrichtungen: Heizungs-, Klima- und Raumbelüftungsanlagen, elektrische Hausinstallation (z.B. in den Tunnelzentralen), Schachtbahnen, Lifte, Krananlagen, Hebezeuge, Wasserversorgung

Es gelten die Ausführungen unter Kapitel 3.7.5 „Mess- und Überwachungsanlagen“.

3.8 Spezialfälle

Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

3.8.1 Antennenanlagen

Technische Anforderungen:

Bei einer möglichen Blitzeinwirkung auf die Antennenanlage oder in den Niederspannungsteil der Sende/Empfangsanlage sind die Folgeschäden in Grenzen zu halten.



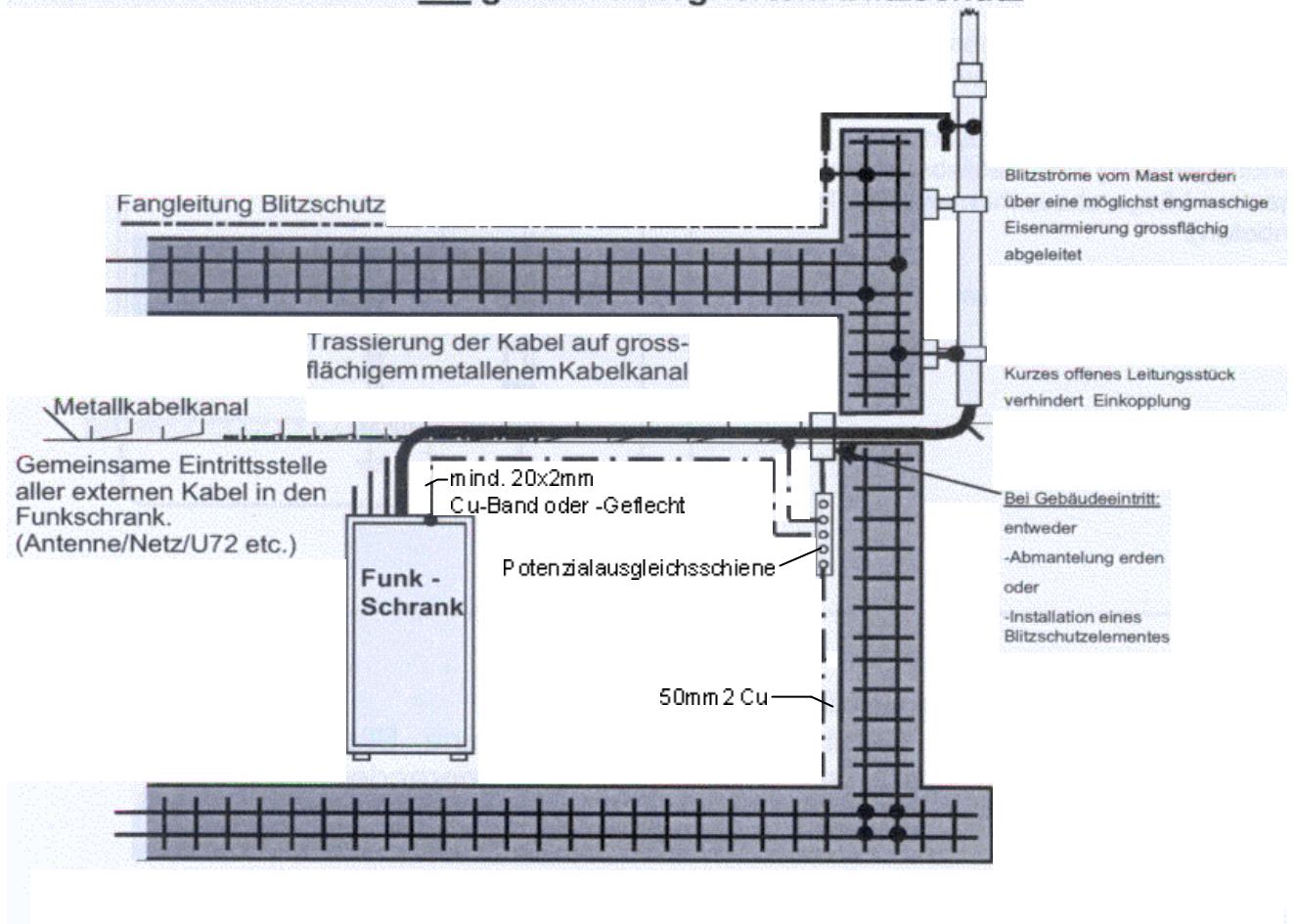
Antennenmasten:

Der Äussere Blitzschutz von Masten für Mobilfunktelefonie und anderen Funkanlagen sowie die Auslegung des Überspannungsschutzes sind nach den Leitsätzen/Angaben der Provider resp. Systemlieferanten zu erstellen.

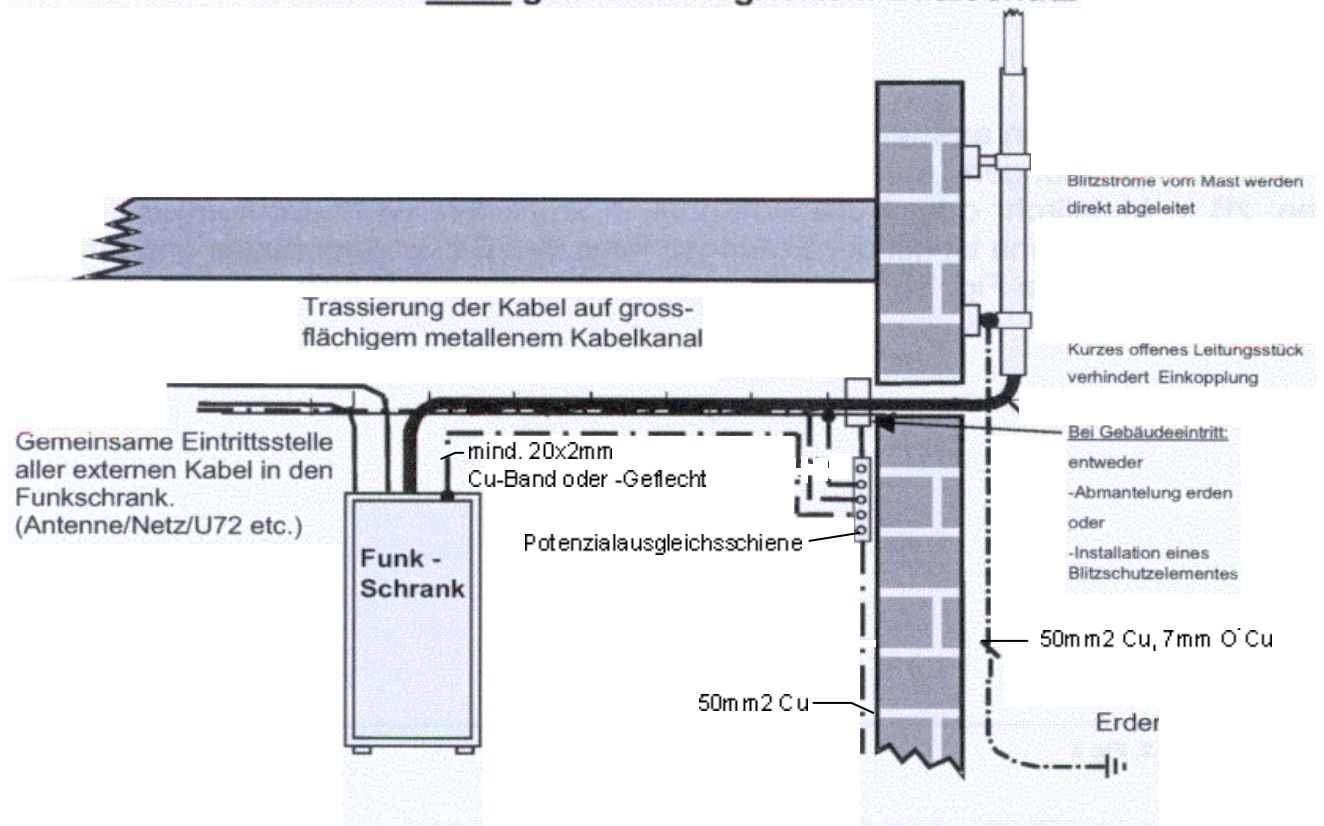
Antennenleitungen sind beim Gebäudeeintritt mit Schutzelementen zu versehen.



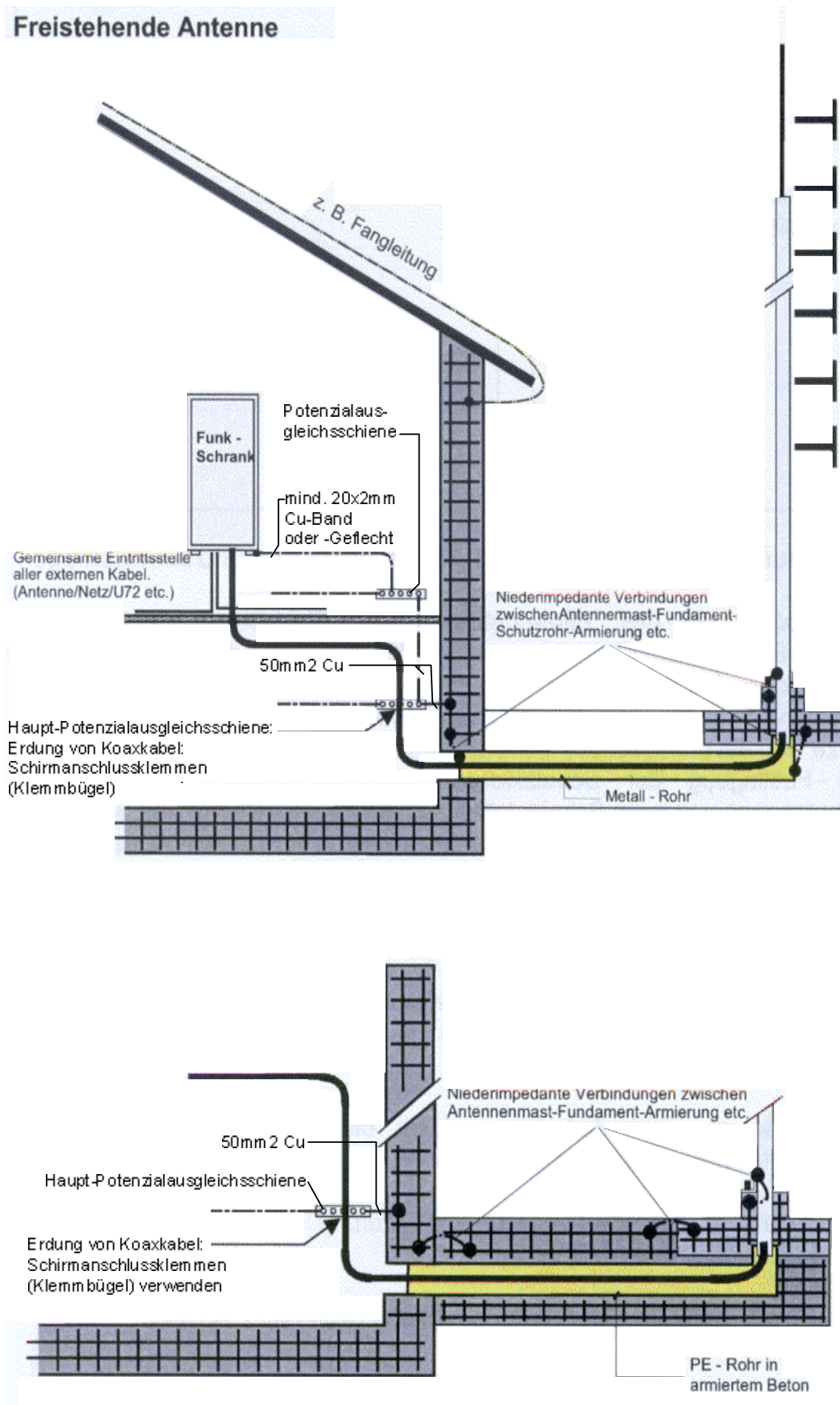
Antennen an Gebäuden mit gebäudeintegriertem Blitzschutz



Antennen an Gebäuden ohne gebäudeintegriertem Blitzschutz



Freistehende Antenne

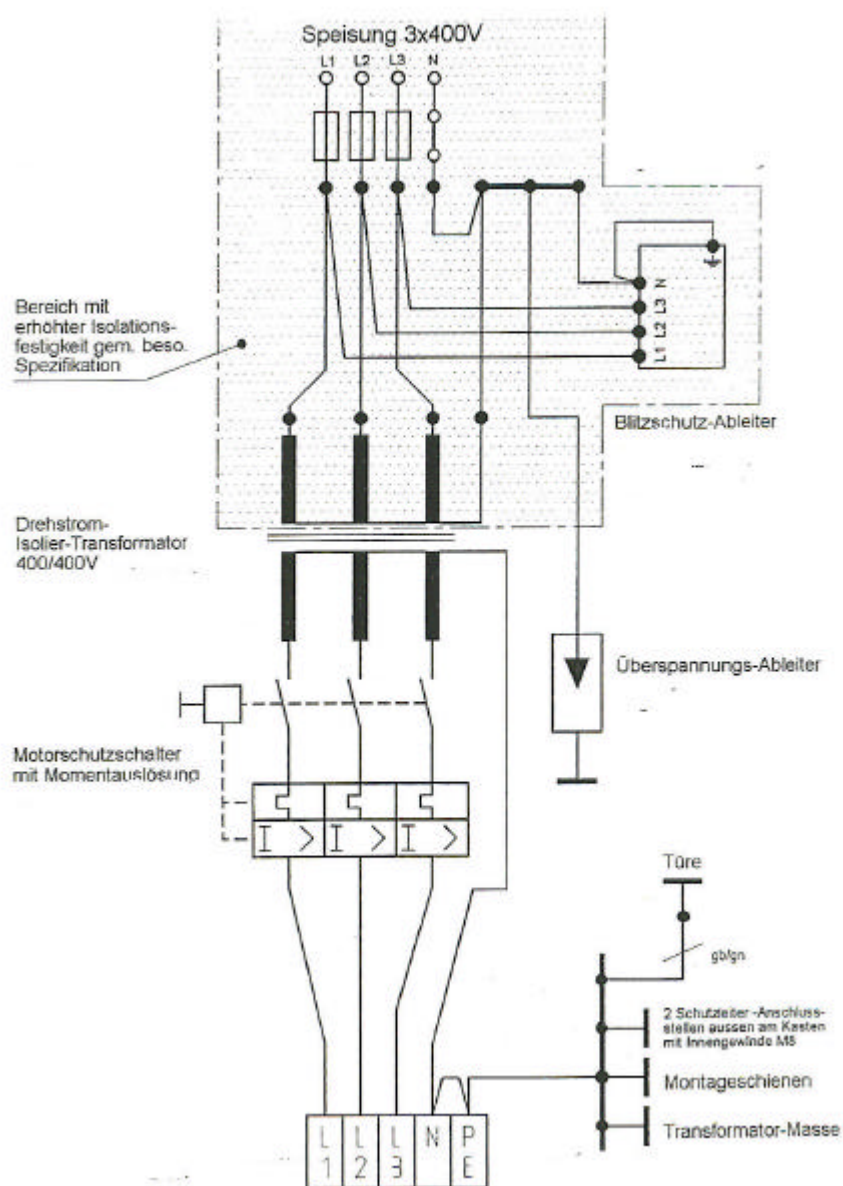


Stromversorgung von Sende/Empfangsstationen

Im Umfeld von Hochleistungsstrassen sind Sende/Empfangsstationen über Trenntransformatoren zu speisen.

Durch einen Kurzschluss in der technischen Ausrüstung von Mobilfunktelefonie und andern Funkanlagen dürfen keine unzulässigen Berührungsspannungen auftreten. Der Trenntransformator muss mindestens für eine Spannungsfestigkeit zwischen Primär und Sekundär von der 1.3-fachen einpoligen Erdschlussspannung und einer Stosshaltespannung von $1.2 / 50\mu s > 125 \text{ kV}$ ausgelegt sein. Um den Transformator gegen diese Beanspruchung zu schützen, ist ein Überspannungsableiter vorzusehen.

Die Einführung der Zuleitung ist mit gleicher Isolationsfestigkeit auszuführen.



3.8.2 Nicht-ionisierende Strahlung

Die Verordnung über Nicht-ionisierende Strahlen NISV ist einzuhalten.

Weitere Informationen siehe Teil 2 Kapitel 2.8.1 „Nicht-ionisierende Strahlung“

3.8.3 Drahtlose Kommunikation

Die Auswirkungen des Betriebs von Funkgeräten und Mobiltelefonen in der Nähe von elektronischen Systemen sind im Teil 2 Kapitel 2.8.2 „Drahtlose Kommunikation“ erläutert.

3.8.4 Elektrische Schweissarbeiten

In der direkten Nähe von Schalt- und Steuerschränken, Sensoren und andern elektronischen Geräten sollte elektrisches Schweissen vermieden werden.

Wenn geschweisst wird, ist nach Möglichkeit der entsprechende Anlageteil ausser Betrieb zu setzen. Die Masseelektrode muss so nahe wie möglich an der Schweissstelle angebracht werden. Beim Zusammenschweissen von zwei Komponenten ist auf beiden Seiten der Schweissstelle ein Masseanschluss anzulegen. Zwischen sämtlichen metallischen Armaturen in der Umgebung der Schweissstelle muss ein guter, niederimpedanter (Flachleiter) Potenzialausgleich geschaffen werden, in den auch die Masseelektrode einbezogen wird. Die Schleifenfläche zwischen den Kabeln der Masse- und Schweisselektrode ist so gering wie möglich zu halten.

Elektrische Anlagekomponenten sind erst nach vollständiger Beendigung der Schweissarbeiten anzuschliessen.

3.8.5 Eisenbahnen

Bei Hochleistungsstrassen im elektrischen Einflussbereich von Eisenbahnen bestimmt der Elektroplaner - in Zusammenarbeit mit entsprechenden Spezialisten - die zusätzlichen Massnahmen für den Personen- und Güterschutz bei Erdung, Potenzialausgleich und EMV-Vorkehrungen. Die Bahn und das Tiefbauamt müssen diese Spezialmassnahmen genehmigen. Sie werden von den Elektrounternehmern sowie Anlagen- und Systemlieferanten umgesetzt.

Grundlegende Überlegungen zu den Auswirkungen von Eisenbahnanlagen in der Nähe von Hochleistungsstrassen finden sich im Teil 2 „Planungsrichtlinien Überspannungsschutz und EMV“ Kapitel 2.8.4 „Schutz vor andern Störungen: Eisenbahn“.

3.9 Prüfungen und Nachweise

Diese Richtlinie ist bei Neubau und Ausbau verbindlich. Für Sanierungen sind allfällige Abweichungen von dieser Regel im Schlusskapitel 3.11 „Sanierungen“ aufgeführt.

3.9.1 Vor dem Betonieren der Bauwerke

Der Bauunternehmer hat den Elektroplaner rechtzeitig über den Zeitpunkt für die Prüfung vor dem Betonieren bzw. vor dem Zeitpunkt, wenn die Erdungsmassnahmen und Verbindungen vor dem Schalen nicht mehr einsehbar sind, zu benachrichtigen.

Vor den Betonierarbeiten der Bauwerke sind die erstellten Fundamente der, Verbindungen, Anschlusspunkte und alle Komponenten im Zusammenhang mit dem Potenzialausgleich zu überprüfen. Insbesondere sind zu kontrollieren:

- Material
- Querschnitte
- Verbindungen (Ausführung, Qualität)
- Richtigkeit des Gesamtsystems
- Platzierung der Anschlusspunkte

3.9.2 Prüfung und Überwachung des Potenzialausgleichs

Vor Inbetriebsetzung der elektrischen Anlagen sind die sichtbaren Verbindungen auf ihre einwandfreie Beschaffenheit in Augenschein zu nehmen und die Verbindungen zu prüfen. Die Wirksamkeit des Potenzialausgleichs ist durch Messungen nachzuweisen.

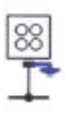
Die korrekte Ausführung von Erdung und Potenzialausgleich werden mit Abnahmemessungen im Bauablauf sichergestellt, die vom Elektroplaner organisiert und protokolliert werden.

Die Wirksamkeit der Erdung bei Mittelspannungsanlagen ist alle 10 Jahre zu überprüfen und zu protokollieren. (SEV 3755 Art. 12.1).

Für Messzwecke werden an bestimmten Stellen lösbar Verbindungen vorgesehen, einerseits zwischen der Erdung und dem Potenzialausgleich und andererseits innerhalb des Hauptpotenzialausgleichsleiters. (Die Anordnung dieser Trennstellen ist im Elektrokonzept des Fachplaners aufzuführen.) Dadurch wird eine Trennung ermöglicht, womit die Voraussetzungen für eine Kontrollmessung des Erdungswiderstandes oder für eine Messung eventueller Erdausgleichsströme gegeben sind. Für die Ausführung dieser Trennstellen siehe Kapitel 3.1.6 „Vorkehrungen für Messung und Nachweis“.

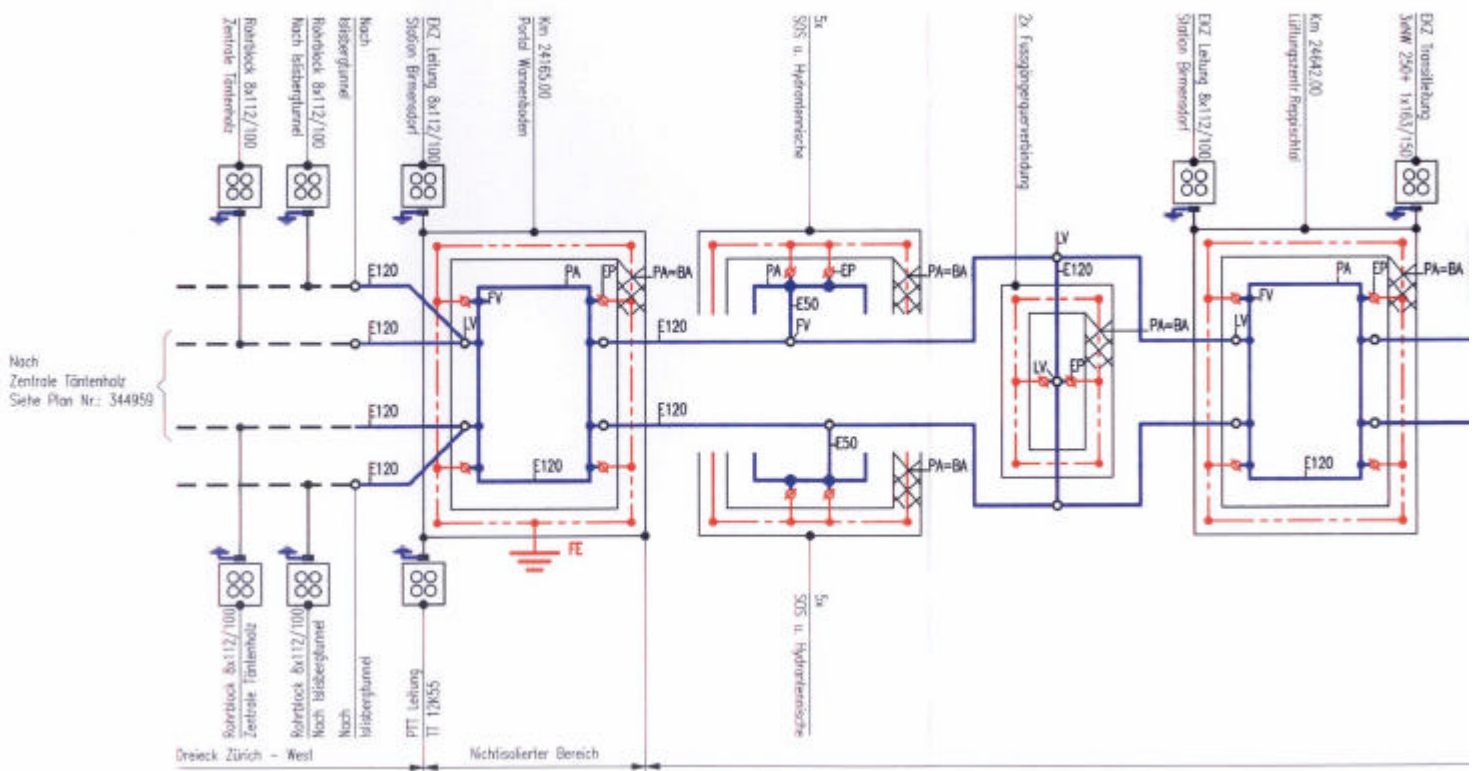
Beispiel Uetlibergtunnel mit Portalzone
 West (Wannenboden):
 (Ausschnitt aus Plan Pöyry Energy
 1-PLE_EWE-343918 vom 28.01.2003:
 Westumfahrung Zürich)

Legende

- Offene Strecke
- ⊗ EP Wand-Erdungsplatte
- LV Lösbare Verbindung (Messstelle)
- FV Feste Verbindung
- PA=BA Potentialausgleich = Betonarmierung
- E120 Erdung oder Potentialausgleich, Leitung aus Kupfer -Draht, -Seil oder -Band mind. 120 mm² verlegt in Werkleitungskanälen, in Brückenkasten, in den Zentralen und in Rohranlagen
- E50 An den Potentialausgleich angeschlossen, Kupfer-Draht oder -Seil mind. 50 mm²
- An den Potentialausgleich angeschlossen, Kupfer-Draht oder -Seil mind. 25mm²
- FE Fundamenterder, Armierungsseisen verwenden, die im Betonfundament eingebettet sind. Dieses Fundament ist auf einem grossflächigen Übergang, elektrisch leitend mit der Erde verbunden
- Armierungsseisen für die Erdung verwendet
-  Aussenanlagen-Rohrblock, pro Einheit: Je ein Erdband Cu 20x3mm in Erdrich verlegt und je ein Cu-Seil 120mm² im Rohrblock bis zum ersten Schicht mitgezogen, welches an dem Potentialausgleich angeschlossen ist

Alle nicht bezeichneten Leitungen sind mit mind. 25mm² an den Potentialausgleich angeschlossen

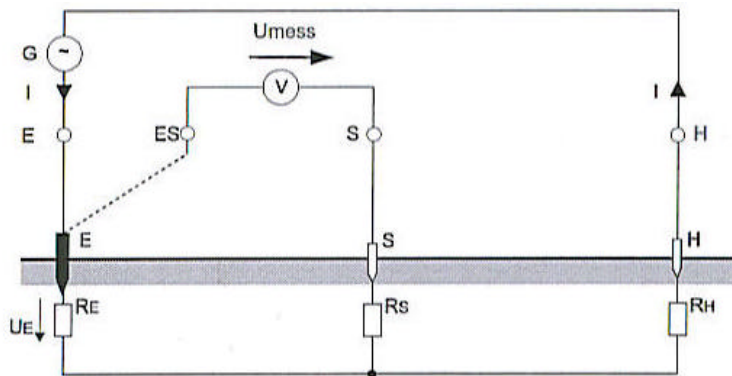
Zugehöriger Plan: Nr. 344959



Erdübergangswiderstand:

Die Messung des Erdübergangswiderstands im Bereich der Portalzonen erfolgt von einer zentralen, geöffneten Trennstelle Fundamenterder/Potentialausgleich gegen eine Bezugs Erde bzw. neutrale Erde die mit einem Messkabel vom Aussenbereich zur Messstelle geführt wird. Die Messung erfolgt nach nachstehendem Messprinzip.

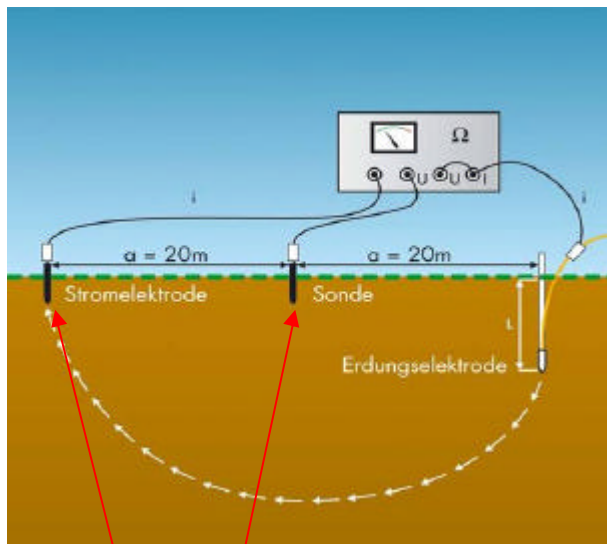
4-Leiter-Messung



- E, ES, S, H sind Display-symbole
- S = Sonde, H = Hilfserder

3-Leiter-Messung

Achtung: Der Widerstand der Leitung vom Messgerät zum Erder muss kompensiert werden.



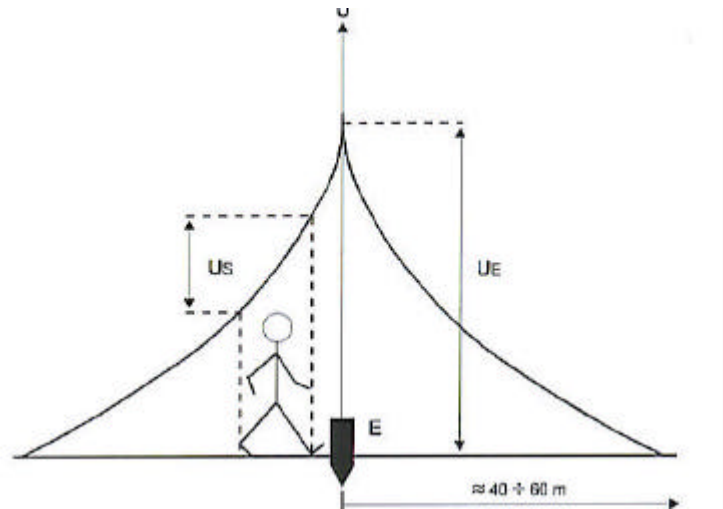
Erdungsmessung an der Wasserleitung



Sonde und Hilfserder werden im neutralen Erdreich gesetzt.

Spannungstrichter

Um jeden Erder bildet sich beim Fließen eines elektrischen Stromes ein so genannter Spannungstrichter.



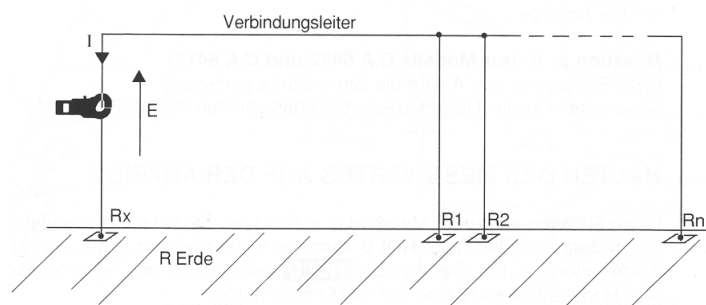
Misst man die Spannung zwischen dem Erder und einer Sonde im Abstand a vom Erder, so nimmt deren Betrag mit wachsender Entfernung immer mehr ab. Ändert sich die Spannung nicht mehr, befindet sich die Sonde auf Erdpotenzial ausserhalb des Spannungstrichters.

Für den Durchmesser des Spannungstrichters ist ausschliesslich der spezifische Erdwiderstand verantwortlich:

- Gut leitfähiger Boden (10 – 15 m)
- Schlecht leitfähiger Boden (30 – 60 m)

Spiesslose Erdungsmessung

Dort wo für Sonde und Hilfserder kein „neutraler Boden“ vorhanden ist bietet sich die spiesslose Erdungsmessung an. Die Messspannung wird durch einen 2-fachen Spannungswandler in die Erdungsschleife induziert. Als Spannungswandler wird ein Zangenstromwandler benutzt. Als grosser Vorteil bei dieser Methode muss kein Erdungsleiter abgetrennt werden, was bei in Betrieb befindlichen Anlagen nicht zulässig ist.



Der zweite Zangenstromwandler misst nur den Strom welcher durch die Schleife fliesst. Aus Spannung und Strom wird dann der Widerstand dieser Schleife gerechnet.

Es sind noch weitere Messmethoden möglich (z.B. Schleifenmessung). Da derartige Messungen sehr viel Erfahrung verlangen, sind die Messungen nur von ausgewiesenen Fachspezialisten durchzuführen.

Innenwiderstand des Erdungsnetzwerks:

Die unterirdischen Bauten im Portalbereich wie etwa die Tunnelzentralen sind von Betonarmierungen umgeben, die unter sich leitend verbunden sind und damit einen Faradayschen Käfig bilden. Die Messung des Innenwiderstands dieser vernetzten Erdung erfolgt auf zwei Arten:

- Messung des Erdungswiderstands innerhalb von Räumen die sicherheitstechnisch sensitiv sind (wie Trafo-, Mittelspannungs-, MSR- und Elektroräume) durch Messung des Erdungswiderstands diagonal durch den Raum von einer geöffneten Trennstelle Fundamenterder/Potentialausgleich zur gegenüber liegenden, geöffneten Trennstelle.
- Messung des Erdungswiderstands zwischen den Räumen durch Messung des Erdungswiderstands von je einer geöffneten Trennstelle Fundamenterder/Potentialausgleich pro Raum zu einer zentral gelegenen Trennstelle des Hauptpotentialausgleichsleiters im entsprechenden Tunnelbereich.

Instrumentierung

Messgerät „Saturn GEO X“ (oder gleichwertiges Messgerät)



Erdungsprüfzange CA 6415 (oder gleichwertiges Messgerät)



Die Messungen sind zu protokollieren. Neben dem eigentlichen **Protokoll** mit den Messdaten ist eine Skizze/Zeichnung zu erstellen, damit auch bei späteren Messungen durch anderes Personal mit den gleichen Messstellen und Erdungsbezugspunkten die Messungen wiederholt werden können. Beispiele solcher Protokolle finden sich im Teil 5 „Beilagen“, Kapitel 5.5 „Mess- und Prüfprotokolle“

3.10 Planungs- und Realisierungsablauf

Der verbindlich einzuhaltende Ablauf der Planungs- und Realisierungsphase ist im Teil 1 Kapitel 1.7 aufgeführt.

3.11 Sanierungen

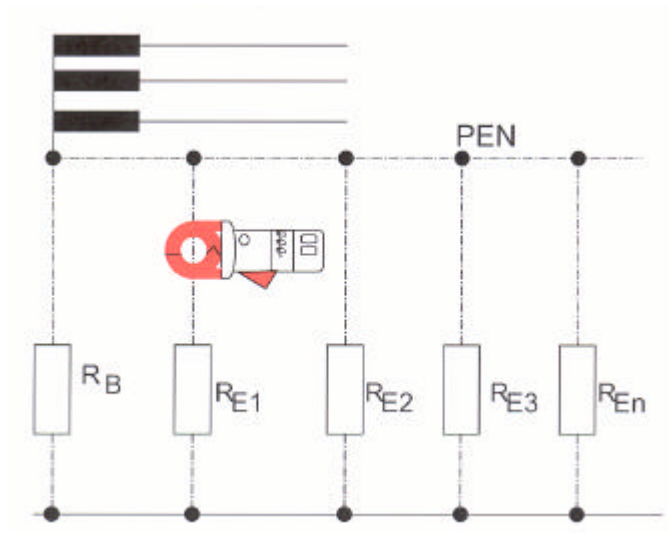
3.11.1 Vorgaben und Konzepte von Sanierungen

- Das Ziel einer Sanierung ist, dass während der nächsten 20-25 Jahre für den entsprechenden Strassenabschnitt keine weiteren umfassenden Revisionsarbeiten notwendig werden.
- Allgemein gültige Konzepte für Sanierungen bezüglich Erdung, Potenzialausgleich und EMV sind schwierig zu definieren, da alte (veraltete) Technik mit neuen Anlagen zusammentrifft und bei der Sanierung ein weiterentwickelter Stand der Technik und Vorschriften gilt.
- Der Maximalstandard einer Sanierung ist die vollständige Umsetzung der Richtlinie, wie sie für Neubau und Erweiterung gilt. Als Minimalmassnahmen bei Tunnelsanierungen sind der Potenzialausgleich und die Erdung auf den technischen Stand von Neubauten nach zu rüsten oder neu zu bauen.
- Für die Planung dieser Nachrüstungen müssen die alten Baupläne vorliegen und es sind Erdungsmessungen über den aktuellen Zustand vor zu nehmen. Darauf basierend ist für jede Sanierung eine komplette und detaillierte Liste über die umzusetzenden Massnahmen für EMV, Erdung und Blitzschutz auszuarbeiten. Das TBA muss diese Massnahmenliste genehmigen.
- Bei Systemen und Anlagen, die bei Sanierungen neu installiert werden, sind die in dieser Richtlinie beschriebenen Massnahmen bezüglich EMV, Erdung und Blitzschutz vollständig umzusetzen.

3.11.2 Erdung und Hauptpotenzialausgleich

Der Umfang der Sanierungsmassnahmen bezüglich Erdung und Potenzialausgleich ist stark von der Art und dem Zustand des jeweiligen Sanierungsobjekts abhängig. Vor der Sanierung ist es unumgänglich, den Ist-Zustand des Erdungskonzepts inklusive Potenzialausgleich aufzunehmen und dann die Massnahmen für die Nachbesserung auf den Soll-Zustand zu definieren. (Dabei darf die Verhältnismässigkeit nicht aus dem Auge verloren werden.)

Mit Messungen der Leitfähigkeit von Schleifen und mit dem Vergleich der Messresultate werden die Massnahmen für jede Sanierung individuell definiert. Die nachfolgende schematische Darstellung (nächste Seite) zeigt den allgemeinen Fall einer Schleifenwiderstandsmessung.



3.11.3 Vorhandener Netztyp TN-C

Ab der Hauptverteilung sind vorhandene Netze vom Typ TN-C auf TN-S umzurüsten.

Siehe auch Teil 2 Kapitel 2.2.2 „Netzformen und Erdungssysteme“.