

D RTE 27900

Erdungshandbuch

Dokumentation

Herausgeber VöV Erarbeitet durch Arbeitsgruppe VöV	Ausgabedatum 01.11.2008 Inkrafttreten XX.XX.2009 Genehmigung PL RTE	Ersatz für – Erdungshandbuch, SBB-Version 2.2.2 vom 12.10.2006 und frühere Versionen – SBB-I-FW-FS 0560.0507 Farbliche Kennzeichnung von Erdleitern in der Bahnstromversorgung vom 01.07.2005 – VöV-Richtlinie für Erdungen von Sicherungsanlagen bei Gleichstrombahnen, VöV-TkS/SST vom 18.04.2001 – VöV-Richtlinie für Erdungen von Sicherungsanlagen bei Wechselstrombahnen, VöV-TkS/SST vom 12.04.2001
Verteiler Bahnunternehmen des VöV Bundesamt für Verkehr BAV VöV Extranet VSS E-Shop	Sprachfassungen d, f Anzahl Seiten 229 Zuordnung keine	

Erdungshandbuch

Dokumentation



Anwendungsbedingungen für das Regelwerk Technik der schweizerischen Eisenbahnen (RTE)

Bei der Anwendung der Dokumente ist zu beachten, dass sie ausschliesslich für die Bedürfnisse der Eisenbahnen verfasst und für diesen Gebrauch bestimmt sind. Eine korrekte Anwendung setzt somit eine entsprechende Ausbildung und Praxis voraus.

Personenbezeichnung

Zum Vermeiden von schwerfälligen Formulierungen sind alle Personenbezeichnungen in der männlichen Form gehalten und gelten für die eine Funktion ausübende Person, ungeachtet ihres Geschlechts.

Arbeitsgruppe VöV

Leitung

Peter Scholl, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern

Mitglieder

Stefan Bangerter, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern, (bis 2007)

Thomas Berger, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern

Maurus Cotti, Rhätische Bahn (RhB), Landquart

MarkusENZler, Regionalverkehr Bern-Solothurn (RBS), Worblaufen

Rolf Fankhauser, BLS AG, Bern

Markus Graf, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern, (ab 2008)

Peter Moser, Transport en commun de Neuchâtel et environs (TN), Neuchâtel

Roland Moser †, BLS AG, Bern

Pierre Rossire, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern, (bis 2007)

Herausgeber

Verband öffentlicher Verkehr

Technik Bahn

Dählhölzliweg 12, CH-3000 Bern 6

www.voev.ch, info@voev.ch

Tel. +41 31 359 23 23, Fax +41 31 359 23 10

Bezugsquelle

VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

Sihlquai 255, CH-8005 Zürich

www.vss.ch, info@vss.ch

Tel. +41 44 269 40 20, Fax +41 44 252 31 30

Vorwort

Im Kloster Einsiedeln werden Postkarten verkauft, auf denen steht „die zehn Gebote sind deshalb so kurz und verständlich, weil sie ohne Mitwirkung einer Sachverständigen-Kommission entstanden sind.“

Wenn wir das Kapitel Erdungen in der Verordnung über Elektrische Anlagen von Bahnen mit dem Erdungshandbuch vergleichen, stellen wir fest, dass aus den beiden Abschnitten Traktionsstromrückleitung und Erdung mit ihren 7 Artikeln und 436 Wörtern ein Buch mit über zweihundert Seiten entstanden ist. Und wenn wir gar die vielen im Bereich der Rückleitung und Erdung ebenfalls geltenden Normen einschliessen, wird die Liste der zur Wahl stehenden Lösungen so lang, dass sie ein Einzelner für einen bestimmten Anwendungsfall gar nicht mehr durcharbeiten könnte. Also braucht es Fachleute, die sich in der Thematik auskennen. Und selbst für diese Fachleute wird es angesichts der sich immer rascher folgenden Revisionen immer schwieriger, die Übersicht zu behalten.

Hier will das Erdungshandbuch helfen. Aus den vielen Rezepten, die auch „satt machen“ würden, wählt es die besten aus und erspart einem so die Qual der Wahl.

Im Bestreben, das ursprünglich für die SBB verfasste Erdungshandbuch für alle Bahnen anwendbar zu machen, kamen zur währschaften „SBB-Kost“ noch die delikatsten Gleichstrombahnen dazu, und ein wahrer Glaubenskrieg über die richtige Farbe der Erdungs- und Rückleitungsbezeichnung drohte auszubrechen.

Inzwischen ist auch dieses Problem gelöst, und das grosse Werk liegt druckfrisch vor uns, beziehungsweise downloadbereit auf dem Internet.

Den vielen Fachexperten, die das Projekt diesmal „gerettet“ haben, sei hier herzlich gedankt. Das vor zehn Jahren begonnene Werk ist vollendet – sofern man so etwas in der heutigen Zeit der explosiven technischen Evolution überhaupt sagen darf.

Urs Wili, dipl. El. Ing. ETHZ, Muri b. Bern

1	Allgemeines	10
1.1	Einführung.....	10
1.2	Zweck des Erdungshandbuchs	10
1.3	Gültigkeit	11
1.4	Übergangsbestimmungen	11
1.5	Anwendung des Erdungshandbuchs.....	11
2	Grundlagen	13
2.1	Hoheitliche und fachspezifische Regelungen.....	14
2.2	Normen	16
2.3	Regelwerk Technik Eisenbahn.....	17
3	Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	18
3.1	Begriffe.....	18
3.2	Abkürzungen	27
3.3	Symbole	30
3.4	Kennzeichnung von Erdleitern	31
4	Grundsätze	35
4.1	Physikalische und technische Grundsätze	35
4.2	Schutzmassnahmen.....	37
4.3	Personenschutz	37
4.4	Kurzschlüsse	42
4.5	Zonen der Bahnerde	45
4.6	Traktionsstrom-Rückleitung.....	51
4.7	Traktionsstrom-Rückleiter	58
4.8	Kopplungsmechanismen	60
4.9	Magnetische Felder.....	66
4.10	Verschleppen des Potentials der Bahnerde	69
4.11	Rückstromführung AC/DC.....	70
4.12	Gemeinschaftsbahnhöfe AC und DC	71
4.13	AC und DC auf dem gleichen Gleis.....	71
5	Dokumentation	72
5.1	Erdungskonzept	72
5.2	Erdungsplan	73
5.3	Standortdatenblatt gemäss NISV	76
6	Schutz- und Erdungsmassnahmen	77
6.1	Schutz gegen elektrischen Schlag	77
6.2	Potentialausgleich	78
6.3	Haupterdungsschiene (HES).....	80
6.4	Schutzsysteme.....	82
6.5	Trennung von Bahn- und EW-Erde	87
6.6	Sonderisolierung	89
6.7	Schutz durch nichtleitende Räume.....	89
6.8	Erdfreier örtlicher Potentialausgleich.....	89

6.9	Schutztrennung	89
6.10	Zusatzschutz	89
6.11	Erder	90
6.12	Erdungsanlage	92
7	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	94
7.1	Definition zur EMV	94
7.2	EMV für die Anlagen zur Bahnerdung und Traktionsstrom-	95
7.3	EMV-Schutzmassnahmen und EMV-Konzept.....	96
7.4	Das EMV-Konzept für die Zugkontroll-Einrichtungen der SBB.....	97
8	Blitzschutz	99
8.1	Geltungsbereich (Blitzschutzpflicht)	99
8.2	Ausführung.....	99
8.3	Erdung und Blitzschutz von Antennenanlagen.....	100
8.4	Kontrolle	102
9	Kabelanlagen	103
9.1	Grundsätze.....	103
9.2	Kabelschutzanlagen aus Metall.....	103
9.3	Fernmelde-Kabelanlagen	104
9.4	Stellwerk-Kabelanlagen	104
9.5	Niederspannungs-Kabelanlagen	105
9.6	Hochspannungs-Kabelanlagen 16,7 Hz.....	105
9.7	Kabelanlagen bei Gleichstrombahnen	107
10	Fahrleitungsanlagen.....	108
10.1	Fahrleitungs-Tragwerke	108
10.2	Die Traktionsstrom-Rückleitung der Wechselstrombahnen	109
10.3	Schienen	112
10.4	Erdseile (Rückleitungsseile) und Erdleiter.....	115
10.5	Anbindung des Unterwerks	132
10.6	Transformatoren und Messwandler auf Masten	134
10.7	Schaltanlagen und Schaltposten.....	137
10.8	Die Traktionsstrom-Rückleitung der Gleichstrombahnen	141
11	Bauten.....	142
11.1	Kunstabauten: Brücken, Tunnel, Stützmauern.....	142
11.2	Lärmschutzwände, Leitplanken, Zäune.....	159
11.3	Perrondächer	163
11.4	Hohlboden.....	168
11.5	Steigzonen in Gebäuden.....	170
11.6	Gemeinsame Leitungs-Einführung (SPE, single point of entry)	174
12	Sicherungsanlagen.....	175
12.1	Allgemeines.....	175
12.2	Innenanlage	176
12.3	Aussenanlage	179
13	Telecom-Anlagen.....	187

13.1	Grundsatz	187
13.2	Stromversorgungen.....	188
13.3	Datenübertragungssysteme	189
13.4	Übrige Telecom-Anlagen	190
14	Besondere Anlagen	191
14.1	Zugvorklimatisierungsanlagen ZVA.....	191
14.2	Depot-Steckvorrichtung.....	194
14.3	USV-Anlagen	196
14.4	Baustromversorgungen.....	197
14.5	Mobile Baumaschinen.....	201
14.6	Brückenwaagen	202
14.7	Elektro-Weichenheizungen	205
14.8	Tankanlagen	206
14.9	Gas-Weichenheizungen.....	207
14.10	Benzin- und Dieselöltankstellen	209
14.11	Erden von Schnellfahrweichen.....	210
15	Bahnobjekte und Bahnerde	212
15.1	Tabelle «Bahnerden».....	212
16	Ausführungsbeispiel	218
16.1	Erdungs- und Stromrückführungsprinzip der Glattalbahn	218
17	Literaturverzeichnis und Bezugsquellen.....	224
17.1	Literaturverzeichnis	224
17.2	Bezugsquellen.....	226
18	Stichwortverzeichnis	227
A	Anhang SBB	228
A1	Codeliste der Querschnitte für SBB	228
B	Anhang Bahnunternehmen (ohne SBB).....	229
B1	Codeliste der Querschnitte für Bahnunternehmen (ohne SBB).....	229

Allgemeines	1 01.11.2008
-------------	-----------------

1 Allgemeines

1.1 Einführung

Das Erdungshandbuch richtet sich an sachverständige Personen, also an Personen mit elektrotechnischer Grundausbildung (Lehre, gleichwertige betriebsinterne Ausbildung oder Studium im Bereich der Elektrotechnik) und mit Erfahrung im Umgang mit elektrotechnischen Einrichtungen.

Zielpublikum sind somit Fachpersonen, die sich mit der Planung, der Ausführung und den Kontrollen im Bereich der Bahnerdung befassen.

Das Erdungshandbuch beginnt mit allgemeinen Ausführungen, in denen unter anderem die rechtlichen Grundlagen umfassend dargestellt werden. Anschliessend werden die Grundsätze der Bahnerde und der Bahnrückstromführung erläutert. Schliesslich folgen zahlreiche Fachabschnitte mit detaillierten Angaben zu einzelnen Erdungsmassnahmen.

In Form einer Sammlung von Beiträgen zu verschiedenen Themen der Erdung und der Rückstromführung bei Gleich- und Wechselstrombahnen beschreibt es im hinteren Teil Lösungen, wie sie heute bei den Schweizer Bahnen angewendet werden.

Das Autorenteam besteht aus anerkannten Experten der Schweizer Bahnen. Es ist über den VöV jederzeit für Anregungen für die Weiterentwicklung des Erdungshandbuchs offen.

1.2 Zweck des Erdungshandbuchs

Die Eisenbahnen mit elektrischer Traktion und ihre bahneigenen Elektrosysteme wachsen immer enger mit anderen elektrischen Systemen zusammen. Mit der Nähe und Vernetzung steigt die gegenseitige Beeinflussbarkeit und Beeinflussung.

Auf der Basis der hoheitlichen und fachtechnischen Vorschriften und der einschlägigen Normen präsentiert die vorliegende Regelung «Erdungshandbuch» (EHB) eine konzentrierte Übersicht der zentralen Aspekte und der praxiserprobten Lösungskonzepte.

Wo mehrere Konzepte seit Jahren erfolgreich zum Ziel führen, sind sie nebeneinander dargestellt.

Allgemeines	1 01.11.2008
-------------	-----------------

Das Erdungshandbuch ist als Basisregelung für Planer bestimmt. Es liefert keine technischen Details für Konstruktions-, Montage- oder Installationsfragen. Damit kann es Ausführungsunterlagen nicht ersetzen.

Das Erdungshandbuch verfolgt folgende Ziele:

- Zusammenfassende Darstellung der rechtlichen Grundlagen und Begriffe
- Festlegen von einfachen und einheitlichen Erdungsmassnahmen für die verschiedenen elektrischen Dienste der Bahnen im Bereich der Bahnerde und Rückstromführung
- Einführen einheitlicher Erdungskonzepte (Vorprojekt) und einheitlicher Erdungspläne (für Bauprojekt, Ausführung und spätere Kontrollen)
- Vereinfachen der späteren Kontrollen der getroffenen Erdungsmassnahmen.

1.3 Gültigkeit

Das Erdungshandbuch ist Teil des Regelwerks Technik Eisenbahn (RTE) des Verbands öffentlicher Verkehr. Es ersetzt die folgenden vier Regelungen per XX.XX.2009 vollständig:

- Erdungshandbuch, SBB-Version 2.2.2, D-Regelung von SBB-I-FW-AR LC Integ 09 (Stand 12.10.2006 und frühere)
- SBB «Farbliche Kennzeichnung von Erdleitern in der Bahnstromversorgung» von SBB-I-FW-FS 0560.0507, 01.07.2005
- VöV «Richtlinie für Erdungen von Sicherungsanlagen bei Gleichstrombahnen», VöV-TkS/SST, 18.04.2001
- VöV «Richtlinie für Erdungen von Sicherungsanlagen bei Wechselstrombahnen», VöV-TkS/SST, 12.04.2001.

Alle vier Regelungen sind ab sofort nicht mehr gültig und nicht mehr einzusetzen.

1.4 Übergangsbestimmungen

Im Vergleich zu den oben aufgeführten Vorgänger-Regelungen bringt das neue Erdungshandbuch EHB wenig inhaltliche Änderungen. Deshalb gilt für den Übergang auf diese neue RTE-Regelung:

1. *Gemäss EHB D RTE 27900 werden geplant, gebaut und geprüft:* Bauvorhaben, deren Vorprojekte am **XX.XX.2009** noch nicht abgeschlossen sind. Die entsprechenden Projektunterlagen sind gemäss D RTE 27900 auszuführen.

Allgemeines	1 01.11.2008
-------------	-----------------

2. *Gemäss den Vorgänger-Regelungen (SBB oder VöV) werden gebaut:*
Alle Bauvorhaben, deren Vorprojekte am **XX.XX.2009** abgeschlossen sind oder die sich bereits in einem fortgeschritteneren Stadium befinden.
3. *Anlagenänderungen:*
 - Werden kleine Teile einer Gesamtanlage ergänzt, kann dies nach alter Vorschrift erfolgen. Dieses Vorgehen ist in den Anlagendokumenten deutlich zu vermerken.
 - Sind grössere Teile einer Anlage anzupassen oder zu ersetzen, so sind diese Anlagenteile wo immer möglich nach D RTE 27900 zu planen und zu bauen.

Wichtig:

In den Projektunterlagen bzw. Unterlagen der Ergänzungsvorhaben ist deutlich zu vermerken, ob die Anlage bzw. der Anlagenteil nach neuem EHB D RTE 27900 oder früheren Vorgängerregelungen (SBB oder VöV) geplant und gebaut ist.

1.5 Anwendung des Erdungshandbuchs

Die Regelung ist als Unterstützung für Elektrofachleute konzipiert und zeigt ihnen Lösungskonzepte und eine Vielfalt von weiteren Faktoren auf.

Das Erdungshandbuch wird mit maximalem Erfolg eingesetzt, wenn der Anwender die drei folgenden Anforderungen erfüllt:

- Er verfügt über eine abgeschlossene Fachausbildung im Bereich der Elektrotechnik oder der Elektronik.
- Der Kurs «Stromrückleitungen und Erdungen für Projektleiter» (S+E Kurs) ist absolviert.
- Unmittelbar vor der Konsultation des EHB hat der Anwender die neuste Version des EHB von der Homepage VSS oder vom VöV-Extranet geladen.

2 Grundlagen

Das Erdungshandbuch (EHB) ist eine D-Regelung aus dem Regelwerk Technik Eisenbahn (RTE).

Integration RTE in Normen/Vorschriften

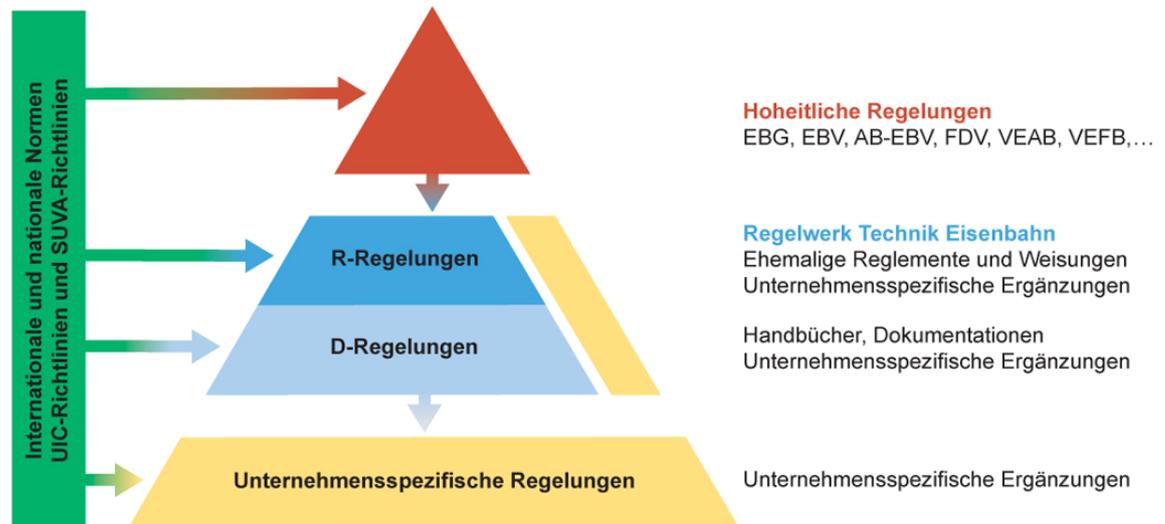


Bild 2.1
Struktur des Regelwerks Technik Eisenbahn (RTE)

Grundlagen	2 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

2.1 Hoheitliche und fachspezifische Regelungen

Das Erdungshandbuch ist auf folgenden Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien und Ausführungsbestimmungen aufgebaut.

RVOG	Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetz (SR 172.010)
EleG	Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen «Elektrizitätsgesetz» (SR 734.0)
SchV	Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen «Schwachstromverordnung» (SR 734.1)
StV	Verordnung über elektrische Starkstromanlagen «Starkstromverordnung» (SR 734.2)
NEV	Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (SR 734.26)
NIV	Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (SR 734.27)
LeV	Verordnung über elektrische Leitungen (SR 734.31)
VEAB	Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen (SR 734.42)
AB-VEAB	Ausführungsbestimmungen zur VEAB
Kom-VEAB	Kommentar (Erläuterungen zur VEAB)
VEMV	Verordnung über elektromagnetische Verträglichkeit (SR 734.5)
VPVE	Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen (SR 742.142.1)
Richtlinie	des BAV zu VPVE Art. 3: Anforderungen an Planvorlagen
NISV	Verordnung über nichtionisierende Strahlung (SR 814.710)
ArG	Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (SR 822.11)

Grundlagen	2 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

ArGV3	Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz (Gesundheitsvorsorge) (SR 822.113)
UVG	Bundesgesetz über die Unfallverhütung (SR 832.20)
VUV	Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (SR 832.30)
INFO-Ordner des ESTI	Zusammenfassung der TKI-Entscheidungen
STI 407.1199	Erläuterung: Sicherer Betrieb von elektrischen Anlagen (ESTI)
STI 503.0703	Weisungen für Schutzmassnahmen gegen gefährdende Wirkungen des elektrischen Stromes in Tankanlagen mit und ohne Bahnanschluss (WeT)
STI 503.0782	Weisungen für Schutzmassnahmen gegen gefährdende Wirkungen des elektrischen Stromes in autonomen Tankanlagen sowie in allen Tankanlagen mit Bahnanschluss (WeT)
STI 507.1087	Weisungen für Schutzmassnahmen gegen gefährdende Wirkungen des elektrischen Stromes an Rohrleitungsanlagen (WeR)
STI 606.0593	Sichere elektrische Installationen bei den Tankstellen-Anlagen
Richtlinie	Massnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit von Spanngliedern in Kunstbauten (Bundesamt für Strassen / SBB)
C3-Richtlinie	Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen (Korrosionskommission der SGK)
SEV 3755	Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen

Grundlagen	2 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

2.2 Normen

SN SEV 1000	Niederspannungsinstallationen (NIN)
SN SEV 1122	Massnahmen in den Niederspannungsinstallationen zum Schutz vor nichtelektrischen Gefahren produktions- und betriebstechnischer Anlagen
SN SEV 4022	Leitsätze des SEV; Blitzschutzanlagen
EN 50110	Betrieb von Starkstromanlagen
EN 50122-1	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Teil 1: Schutzmassnahmen in Bezug auf elektrische Sicherheit und Erdung
EN 50122-2	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Teil 2: Schutzmassnahmen gegen die Auswirkungen von Streuströmen verursacht durch Gleichstrombahnen
prEN 50122-1,2,3	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Teile 1–3 Nachfolgeregelungen für die EN 50122-1,2,3. Sie sind noch nicht veröffentlicht.
EN 50160	Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen
EN 50388	Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität
EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen (Teil 1: Allgemeine Anforderungen)
EN 60439-1/(2/3/4/5)	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen; Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen Teil 2: Besondere Anforderungen an Schienenverteiler Teil 3: Besondere Anforderungen an Niederspannungsschaltgerätekombinationen, zu deren Bedienung Laien Zutritt haben – Installationsverteiler Teil 4: Besondere Anforderungen an Baustromverteiler

Grundlagen	2 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

Teil 5: Besondere Anforderungen an Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, die im Freien an öffentlich zugänglichen Plätzen aufgestellt werden; Kabelverteilschränke (KVS) in Energieversorgungsnetzen

EN 60529

Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)

EN 61000-6-3

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6–3: Fachgrundnormen; Fachgrundnorm Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-3:1996, modifiziert)

EN 61000-6-4

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6–4: Fachgrundnormen; Fachgrundnorm Störaussendung für Industriebereich (IEC 61000-6-4:1997, modifiziert)

2.3 Regelwerk Technik Eisenbahn

R RTE 20012

Lichtraumprofil

R RTE 20100

Sicherheit bei Arbeiten im Gleisbereich

R RTE 25000-25063

Kompendium Sicherungsanlagen

D RTE 20150

Betrieb und Instandhaltung elektrischer Anlagen

Hinweis: Im Zweifelsfall hat die R-Regelung Vorrang vor der D-Regelung. Das EHB ist eine Dokumentation und ist hierarchisch den R-Regelungen unterstellt. Siehe dazu Kapitel 2 Grundlagen, Bild 2.1.

Bei den nachfolgenden Dokumenten und anderen adäquaten, bahnspezifischen Regelungen ist die volle Kompatibilität mit dem EHB noch nicht gewährleistet. Die D RTE 20150 ist bei den SBB ungültig. Gültig für die SBB sind die R SBB 323.1 bis R SBB 323.3.

R SBB 220.4

Handbuch für den Bau und Unterhalt der Fahrbahn

R SBB 323.1

Verhalten des Personals gegenüber den Gefahren des elektrischen Stromes

R SBB 323.2

Fahrleitungsanlagen, Sicherstellen der Verfügbarkeit, Vorgehen bei Störungen

R SBB 323.3

Bedienung der Schalteinrichtungen für die Fahrleitungen in den Lokremisen.



3 Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung

3.1 Begriffe

Die rechtlichen Grundlagen für die Fragen der Erdung und Rückstromführung im Zusammenhang mit elektrischen Eisenbahnen finden sich unter dem Elektrizitätsgesetz (EleG) in verschiedenen Verordnungen. Die wichtigste davon ist die Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen (VEAB) und die zugehörigen, ebenfalls verbindlich anzuwendenden Ausführungsbestimmungen (AB-VEAB).

Nachstehend sind alle zum Thema Erdung und Rückstromführung relevanten Begriffe alphabetisch geordnet aufgeführt. Mit erklärenden Anmerkungen werden Zusammenhänge aufgezeigt und die Verständlichkeit verbessert.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Anlageerdung

(SR 734.1, SchV, Art. 3, Begriffe und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Erdung einer Hochspannungsanlage.

Anmerkung: Anlageerdung bei der elektrischen Bahn bildet die **Bahnerde**.

Bei der elektrifizierten Bahn dient die **Erdungsanlage** (als **Summe aller Anlageerdungen**) immer auch der Traktionsstrom-Rückleitung und ist Teil der Traktionsstromversorgung.

Die VEAB verwendet den umfassenden Begriff Erdungssysteme, wenn auch Armierungen von Bauten, metallische, geerdete (Wasser-) Leitungsnetze oder Ähnliches einbezogen sind.

Bahnerde (SR 734.42, VEAB, Art. 3, Begriffe)

Die als Fahrstromleiter dienenden Fahrschienen und mit ihnen verbundene Leiter, Anlageteile und Fahrzeuge. (prise de terre-rail; terra della ferrovia).

Anmerkung: Die gesamte Anlageerdung der Fahrleitungsanlagen einer elektrifizierten Bahn bildet die Bahnerde.

Die Bahnerde sollte nicht aus der Zone 1 (Bahnerdezone) gemäss AB-VEAB, AB 40.1 verschleppt werden.

Schienen und Erdseile sind bei Wechselstrombahnen über die Fahrleitungs-Mastfundamente und den Gleiskörper als Erder elektrisch mit dem Erdreich gekoppelt.

Aus Gründen des Korrosionsschutzes muss bei Gleichstrombahnen die Bahnerde vom Erdreich mit einem möglichst hohen Ableitwiderstand isoliert werden.

Bahnnetz (SR 734.42, VEAB, Art. 3, Begriffe)

Die zum Betrieb einer elektrischen Eisenbahn notwendigen, miteinander metallisch verbundenen Leitungen und Anlageteile. Zum Bahnnetz gehören auch nichtelektrifizierte Gleise, sofern sie nicht von elektrifizierten Gleisen durch Isolationen elektrisch abgetrennt sind. (réseau ferroviaire; rete della ferrovia).

Bahnrückstrom

Alle Ströme, die zur Stromquelle des Unterwerks oder bei Netzbremung zum Triebfahrzeug über den Rückstromkreis zurück fließen.

Bahnspannungsbereich (SR 734.42, VEAB, Art. 3, Begriffe)

Elektrischer Beeinflussungsbereich einer Eisenbahn. Der Bahnspannungsbereich entspricht, unabhängig von Fahrdrahtspannung und Stromart, dem Betriebsbereich. (zone de tension ferroviaire; zona della tensione ferroviaria).

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Bauwerkserde (BWE) (Richtlinie C3, Absatz 13 130.3)

Die durchverbundenen Bewehrungen, Metallkonstruktionen von Tunnels und anderen Bauwerken, wie zum Beispiel: Galerien, Stützmauern, Brücken und Gebäuden, sowie mit diesen metallisch verbundenen Anlagenteile. Die Bauwerkserdung bildet ein von BE und EWE metallisch getrenntes System.

Berührungsspannung (SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Teil der Erdungsspannung über den menschlichen Körper zwischen Hand und Fuss (horizontaler Abstand vom Berührungspunkt: 1 m).

Betriebsbereich (SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Bereich in einer elektrischen Anlage mit erhöhter Gefährdung.

Betriebserdung (SR 734.1, SchV, Art. 3, Begriffe)

Die für den Betrieb einer Schwachstromanlage erforderliche Erdung.

Betriebsinhaber (SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Verantwortlicher Betreiber (Eigentümer, Pächter, Mieter usw.) einer elektrischen Anlage.

Bettungswiderstand (Richtlinie C3, Absatz 13 300.6)

Der elektrische Widerstand zwischen den Fahrschienen und der Erde.

Bezugserde (SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Teil des Erdreiches, der so weit ausserhalb des Einflussbereiches der Erder liegt, dass zwischen zwei beliebigen Punkten keine erheblichen, vom Erdungsstrom herrührende Spannungen auftreten können.

Elektromagnetische Verträglichkeit (SR 734.5, VEMV, Art. 3)

Geräte dürfen bei bestimmungsgemäsem und möglichst auch bei voraussehbarem unsachgemäßem Betrieb oder Gebrauch sowie in voraussehbaren Störfällen andere Geräte elektromagnetisch nicht stören.

Sie müssen eine angemessene Festigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen.

Anmerkung 1: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.

(Definition gemäss Richtlinie 89/336/EWG des Rates vom 3.5.1989)

Erde (IEV 826-04-01)

Das leitfähige Erdreich, dessen elektrisches Potential an jedem Punkt vereinbarungsgemäss gleich null gesetzt wird.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Erder (IEV 826-04-02)

Ein leitfähiges Teil oder mehrere leitfähige Teile, die in gutem Kontakt mit Erde sind und mit dieser eine elektrische Verbindung bilden.

Anmerkung: Der Erder der einphasigen (Wechselstrom-) Traktionsstromversorgung ist in erster Linie die Summe aller Fahrleitungs-Mastfundamente und weiteren mit dem Erdreich in leitendem Kontakt stehenden und zudem bahngeerdeten Strukturen wie Fundamente von Bahnbrücken, technische Räume, bahngeerdete Geländer, Lärmschutzwände, Beleuchtungskandelaber etc.

Erdschluss (SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Durch einen Fehler oder über einen Lichtbogen entstandene Verbindung eines aktiven Anlageteils des Betriebsstromkreises mit Erde oder einem geerdeten Teil.

Erdseil (Rückleitungsseil) (AB-VEAB, AB 33.2)

Erdseile sind längs dem Gleis, an Masten oder kontrollierbar am Boden verlaufende, mit diesem und den Fahrleitungsmasten verbundene Leiter.

Anmerkung: Sie dienen dem Personenschutz und sind gleichzeitig auch Traktionsstrom-Rückleitungsseile in Ergänzung zum Schienenquerschnitt.

Erdseile verhindern das Auftreten von gefährlichen Berührungsspannungen, wenn das Gleis, z.B. bei Bauarbeiten, unterbrochen ist.

Bei Wechselstrombahnen: Je näher die Erdseile (Rückleitungsseile) zu den Traktionsstrom führenden Hinleitern der Fahrleitungsanlage (Fahrdraht, Tragseil, Feederleiter, auf Stationen Umgehungsleitung) verlegt sind, umso grösser ist dank deren guten elektromagnetischen Kopplung der Anteil Traktionsrückstrom den sie führen. Umso kleiner ist dann der Anteil Traktionsrückstrom, der über das Erdreich unkontrolliert und bahnfremde Anlagen störend den Weg zurück zum speisenden Unterwerkstrafo sucht.

Im englischen Sprachraum ist der Begriff «Return Collector» genormt, frei ins Deutsche übersetzt «Rückleitungsseil». Ebenfalls im deutschen Sprachraum ist der Begriff «Rückleitungsseil» gebräuchlicher als die schweizerische Bezeichnung «Erdseil».

Erdung (SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Die Gesamtheit aller miteinander verbundenen Erder und Erdungsleitungen, einschliesslich metallene Wasserleitungen, Fundamentarmierungen, metallene Umhüllungen von Kabeln, Erdseile und andere metallene Leitungen.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Erdungsleiter oder Erdleiter

(SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Der von den zu erdenden Teilen mittelbar oder unmittelbar zu Erden führende Leiter.

(SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Mit der Erde verbundener Leiter zur Ableitung von Blitzströmen und zur Rückführung von Erdschlussströmen.

EW-Erde (EWE) (C3-Richtlinie, Absatz 13 130.4)

Das metallisch durchverbundene, noch vorhandene Orts-Wasserleitungsnetz, Erder wie Bänderer, Tiefenerder, Fundamenterder oder eine Kombination dieser Erder. Sie wird im Werkbereich als Teil der Hochspannungserdung allein oder in Verbindung mit der Niederspannungserdung benutzt. Im Niederspannungsbereich dient sie als Erdung des Niederspannungsnetzes.

Fahrdraht/Stromschiene (SR 734.42, VEAB, Art. 3, Begriffe)

Abnutzbarer Leiter, welcher der Stromübertragung zwischen Fahrleitungsanlage und Fahrzeugen dient. (fil de contact/rail de contact; filo/rotaia di contatto).

Fahrleitungsanlage

(SR 734.31, LeV, Anhang 1; SR 734.42, VEAB, Art. 3 Begriffe)

Fahrdrähte, Tragseile, Tragwerke, Schaltposten und unter Spannung stehende Teile mit $U \leq 2U_{\text{Fahrdraht}}$ auf dem Bahnkörper oder in dessen unmittelbarer Nähe. Stromschiene zur Speisung der Triebfahrzeuge von Bahnen gelten ebenfalls als Fahrleitungsanlagen.

Freileitung (SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Elektrische Leitung, die oberirdisch im Freien verlegt ist und deren Leiter zwischen den Stützpunkten frei hängen.

Anmerkung: Teile einer Fahrleitungsanlage, die sich von den Gleisen entfernen und deren Stützpunkte/Tragwerke nicht mehr unmittelbar am Gleis bahngeerdet werden können, gelten als Freileitungen.

Gleis (SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Schienen, Befestigungsmittel, Schwellen und darunterliegender Schotter- oder Betonkörper. Der Betontrog einer Brücke gehört nicht zum Gleis.

Gleisstromkreis (IEV 821-03-01)

Elektrischer Stromkreis, bei dem die Schienen eines Gleisabschnitts Bestandteil des Stromkreises sind, wobei gewöhnlich eine Stromquelle an einem Ende und ein Empfangsgerät am anderen Ende angeschlossen ist, um anzuzeigen, ob der Gleisabschnitt frei oder durch ein Fahrzeug besetzt ist.

Hochspannungsanlage (SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Elektrische Anlage mit einer Nennspannung von mehr als 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Kabel (SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Ein oder mehrere isolierte Leiter, die von schützenden Umhüllungen umgeben sind.

Kabelleitung (SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Elektrische Leitung, die aus Kabeln oder Netzkabeln, Kabelarmaturen und Kabelzubehör besteht.

Korrosion (Richtlinie C3, Absatz 13 510.1)

Elektrochemische Reaktion eines Metalls und dessen Umgebung, die schrittweise zu seinem Abbau oder zu seiner Zerstörung führt.

Kurzschluss (IEV 195-04-11)

Zufällig oder absichtlich entstandener Strompfad zwischen zwei oder mehr leitfähigen Teilen, durch den die elektrischen Potentialdifferenzen zwischen diesen leitfähigen Teilen auf einen Wert gleich null oder nahezu null abfallen.

Kurzschluss (SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Durch einen Fehler oder über einen Lichtbogen entstandene Verbindung zwischen aktiven Anlageteilen, wenn im Fehlerstromkreis kein Nutzwiderstand liegt.

Kurzschlussfest (SR 734.1, StV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Eigenschaft eines Betriebsmittels, bei Kurzschluss den höchsten dynamischen und thermischen Beanspruchungen an seinem Einbauort ohne Beeinträchtigung seiner Funktionsfähigkeit standzuhalten.

Leiter (SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Blanke oder isolierte Werkstoffe, die der Uebertragung des elektrischen Stroms dienen.

Lichtwellenleiter (SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Dielektrischer Wellenleiter zur Übertragung von Signalen mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen im Bereich optischer Frequenzen.

Nennspannung (NIN 2.1.2.1, EN 50163)

Spannung, durch die eine Anlage oder ein Teil einer Anlage gekennzeichnet ist.

Anmerkung: Die tatsächliche Spannung kann innerhalb der zulässigen Toleranzen von der Nennspannung abweichen.

Neutralleiter (Symbol N) (IEV 826-01-03)

Ein Leiter, der mit dem Neutralpunkt eines Netzes elektrisch verbunden und in der Lage ist, zur Übertragung elektrischer Energie beizutragen.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Niederspannung (IEC 61140:2001, Anwendungsbereich)

Für die Anwendung dieser Norm ist Niederspannung eine Bemessungsspannung bis einschliesslich 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung.

Niederspannungsanlage (SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Starkstromanlage mit einer Nennspannung von höchstens 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung.

PEN-Leiter (IEV 826-04-06)

Ein geerdeter Leiter, der zugleich die Funktionen des Schutzleiters und des Neutralleiters erfüllt.

Potentialausgleich (IEV 826-04-09)

Eine elektrische Verbindung, die unterschiedliche Körper elektrischer Betriebsmittel und fremde leitfähige Teile auf ein annähernd gleiches Potential bringt.

Rückleiter siehe Erdseil

Schaltanlage

Allgemeine Benennung, die Schaltgeräte und deren Kombination mit zugeordneten Regel-, Steuer-, Mess- und Schutz-Einrichtungen umfasst, und die auch Kombinationen solcher Geräte und Einrichtungen mit zugeordneten Schaltverbindungen, Zubehörteilen, Kapselungen und tragenden Konstruktionen enthält.

Schaltposten (R SBB 323.2)

Schaltposten sind Hochspannungs-Schaltanlagen mit folgenden Hauptelementen:

- Hörnerschalter
- Lastschalter
- Leistungsschalter
- Transformatoren

Schienenpotential (Richtlinie C3, Absatz 13 300.10)

Die Spannung zwischen den Fahrschienen und Erde, die im Betrieb durch den Bahnrückstrom in den Fahrschienen oder im Fehlerfall auftritt.

Schienenrückleitung (IEV 811-35-02)

System, bei dem die Fahrschienen einen Teil des Rückstromkreises für den Fahrstrom bilden.

Schrittspannung (SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Teil der Erdungsspannung, welchem man sich mit einem Schritt von 1 m aussetzen kann.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Schutzleiter (Symbol PE) (IEV 826-04-05)

Ein Leiter, der für einige Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag erforderlich ist, um die elektrische Verbindung zu einem der nachfolgenden Teile herzustellen:

- Körper eines elektrischen Betriebsmittels
- Fremde leitfähige Teile
- Haupterdungsklemme
- Erder
- Geerdeter Punkt der Stromquelle oder künstlicher Neutralpunkt.

Schwachstromanlage (SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Nach Artikel 2 Absatz 1 EleG eine elektrische Anlage, die normalerweise keine Ströme führt, welche Personen gefährden oder Sachbeschädigungen verursachen können. Lichtwellenleiter mit elektrisch leitender Umhüllung gelten als Schwachstromanlagen.

(SR 734.27, NIV Art.1, Gegenstand und Geltungsbereich, Abs.3)

Für elektrische Installationen mit einer maximalen Betriebsspannung von 50 V Wechselspannung oder 120 V Gleichspannung und einem maximalen Betriebsstrom von 2 A gelten nur die allgemeinen Bestimmungen (Art. 1–5) dieser Verordnung. Können solche Installationen Personen oder Sachen gefährden, gilt die Verordnung im vollen Umfang.

Seil (SR 734.31, LeV, Anhang 1)

Leiter aus verdrehten Drähten.

Starkstromanlage (SR 734.1, SchV und SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)

Nach Artikel 2 Absatz 2 Elektrizitätsgesetz eine elektrische Anlage zur Erzeugung, Transformierung, Umformung, Fortleitung, Verteilung und Gebrauch der Elektrizität, die mit Strömen betrieben wird oder bei der in voraussehbaren Störfällen Ströme auftreten, die Personen gefährden oder Sachbeschädigungen verursachen können.

Stationsanlage (SR 734.42, VEAB, Art. 3, Begriffe)

Innerhalb der Einfahrtsignale vorhandene Gleisanlage und daran angeschlossene übrige Gleise. Fehlen Einfahrtsignale, so bilden die Einfahrweichen die Grenzen. (gare; impianto di stazione)

Anmerkung: Die Begrenzungen der Fahrleitungsanlagen einer Stationsanlage bilden die Streckentrennungen zwischen Stations- und Streckenfahrleitungen.

Strecke (SR 734.42, VEAB, Art. 3, Begriffe)

Gleise und Weichen zwischen den Stationsanlagen. (pleine voie; tratta).

Streustrom (Richtlinie C3 Absatz 13 530.2)

Der unbeabsichtigt aus stromführenden Leitern elektrischer Anlagen in den Erdboden übertretende Strom.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

Stützpunkte (in Bahnenergieversorgungsanlagen) (IEV 811-33-19)
Teile, welche die Leiter und die zugehörigen Isolatoren einer Oberleitung tragen.

TT-System (Schutzerdung) (SR 734.2, StV, Art. 3, Begriffe)
Schutzmassnahme, bei welcher Fehlerströme über einen örtlichen Erder und das Erdreich an die Speisestelle zurückfliessen.

Traktionsstrom-Rückleitung (AB-VEAB)
Vom Unterwerkstrafo über die Fahrleitung als Traktionsstromleitung zum Stromabnehmer wird den Triebfahrzeugen der Strom für Traktion und weitere Verbraucher wie Licht, Heizung, Klima etc. zugeführt. Um den Kreis zu schliessen, muss dieser Strom über die Bahnerde als Traktionsstrom-Rückleitung wieder zum speisenden Unterwerkstrafo zurückfliessen können.

Anmerkung: Sämtliche parallel dem Gleis, im Gleisbereich verlaufenden, geerdeten Leiter dienen der Traktionsstrom-Rückleitung und führen – entsprechend ihrer Längsimpedanz und (bei Wechselstrombahnen) elektromagnetischen Kopplung – Traktionsrückstrom.

Übertragungsleitung (SR 734.42, VEAB, Art. 3, Begriffe)
Leitungsanlage des Bahnstromversorgungsnetzes (= Sondernetz), hauptsächlich zur Übertragung von Traktionsenergie von der Produktionsebene zu den Unterwerken. (ligne de transport; linea di trasporto).

Unabhängiger Bahnkörper (SR 734.31, LeV, Anhang 1)
Bahnkörper, welcher nur von Schienenfahrzeugen befahren werden kann.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

3.2 Abkürzungen

Alphabetische Liste der im EHB erscheinenden Abkürzungen:

Abkürzung:	bedeutet:
AB-VEAB	Ausführungsbestimmungen zur VEAB
AC	Wechselstrom
ArG	Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (SR 822.11)
ArGV3	Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz (Gesundheitsvorsorge) (SR 822.113)
BAFU	Bundesamt für Umwelt (das frühere BUWAL)
BAV	Bundesamt für Verkehr
BE	Bahnerde
BWE	Bauwerkserde
CENELEC	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
CES	Schweizerisches Elektrotechnisches Komitee
DC	Gleichstrom
EKAS	Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit
EHB	Erdungshandbuch
EleG	Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen «Elektrizitätsgesetz» (SR 734.0)
Electrosuisse	SEV Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
EN	Euronorm
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat
ES	Erdungsschiene
ETG	Energietechnische Gesellschaft von Electrosuisse

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

EWE	EW-Erde
FL	Fahrleitung
HAK	Hausanschlusskasten
HES	Haupterdungsschiene
IEC	International Electrotechnical Commission
IEV	International Electrotechnical Vocabulary Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch. Wird herausgegeben als IEC 60050
KES	Kabelmantel-Erdungsschiene
Kom-VEAB	Kommentar zur VEAB
LCC	Life Cicle Costs (über die Lebensdauer anfallende Kosten)
LeV	Verordnung über elektrische Leitungen (SR 734.31)
NEV	Verordnung über elektrische Niederspannungser- zeugnisse (SR 734.26)
NIN	Niederspannungs-Installationsnorm des SEV
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (SR 814.710)
NIV	Verordnung über elektrische Niederspannungsinstal- lationen (SR 734.27)
R	Regelung oder Reglement
RTE	Regelwerk Technik Eisenbahn
SchV	Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen «Schwachstromverordnung» (SR 734.1)
SEV	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein (heute: Electrosuisse)
SGK	Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz
SN	Schweizer Norm
SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
StV	Verordnung über elektrische Starkstromanlagen «Starkstromverordnung» (SR 734.2)

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
TK	Technische Kommission
UGV	Überholt für: UKV
UKV	Universelle Kommunikationsverkabelung
UVG	Bundesgesetz über die Unfallverhütung (SR 832.20)
VEAB	Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen (SR 734.42)
VEMV	Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit (SR 734.5)
VPVE	Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen (SR 742.142.1)
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
VUV	Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (SR 832.30)
WeT	Weisungen für Schutzmassnahmen gegen gefährdende Wirkungen des elektrischen Stroms in Tankanlagen mit und ohne Bahnanschluss des ESTI.

3.3 Symbole

Die Symbole entsprechen dem Dokument «Symbole für die Elektrotechnik» von electrosuisse.

Alt	Neu	
—————	—————	Polleiter (L)
- - - - -	————— /	Neutralleiter (N)
- - - - -	————— /	Schutzleiter (PE)
- - - - -	————— /	Neutralleiter mit Schutzfunktion (PEN)
		Erdleiter (Bahnerde)
		Erde, allgemeines Symbol
		Erdschiene (isoliert montiert)
		Masterdungsschild

Bild 3.1
Liste der Symbole

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
---	-----------------

3.4 Kennzeichnung von Erdleitern

Traktionsstrom-Rückleiter, Betriebserdleiter und Schutzerdleiter müssen sowohl in bestehenden als auch bei Neuanlagen korrekt ausgeführt und gekennzeichnet sein. Mit Hilfe der eindeutigen und vorschriftskonformen Kennzeichnung werden die Betriebssicherheit und der Personenschutz gewährleistet.

Im Bereich von einphasigen Traktionsstromanlagen gelten prioritär die Bestimmungen der AB-VEAB, welche über diejenigen der Niederspannungs-Installations-Normen (NIN) stehen. Die untenstehenden Ausführungen sind als Erläuterungen und Ergänzungen zu AB-VEAB, AB 34 zu verstehen.

3.4.1 Grundsatz für die farbliche Kennzeichnung von Erdleitern im Bahnerdungsbereich von Wechselstrombahnen

- Im Normalfall **stromführende Erdleiter**, in Funktion eines **Betriebserdleiters**, sind grundsätzlich **blank** oder **gelb** zu führen bzw. zu kennzeichnen.
- Im Normalfall **stromlose Erdleiter**, in der Funktion eines **Schutzerdleiters**, sind grundsätzlich **blank** oder **gelb-grün** zu führen bzw. zu kennzeichnen.

Allfällige Potentialausgleichsleiter sind in Bezug auf die Farbgebung als stromlos, d.h. wie Schutzerdleiter zu betrachten und entsprechend zu kennzeichnen.

Dieser Grundsatz gilt für alle Stromkreise der Bahnstromversorgung (Stromkreise für Traktionsstrom-, Hilfsstrom- und Sicherungsanlagen), nicht jedoch für die Stromkreise der Ortsnetzversorgung.

3.4.2 Grundsatz für die farbliche Kennzeichnung von Erdleitern im Bahnerdungsbereich von Gleichstrombahnen

Um vagabundierende Traktionsrückströme zu vermeiden, müssen alle Erdleiter isoliert geführt werden. Für die Kennzeichnung gelten die gleichen Isolationsfarben wie bei Wechselstrombahnen.

3.4.3 Zusammentreffen von Bahnerde und Ortsnetzerde

Hier ist eine korrekte Kennzeichnung der Erdleiter für das Unterscheiden besonders wichtig. Führen Erdleiter von Bahnstrom und Ortsnetz zu einem gemeinsamen Punkt (z.B. Erdsammelschiene), so können die Erdleiter der Bahnerde entweder blank, gelb, oder gelb-grün sein, währenddem diejenigen der Ortsnetzerde gemäss NIN immer gelb-grün sind. Zumindest sind die Betriebserdleiter der Bahnerde, falls diese nicht gelb isoliert sind, an den Anschlüssen dauerhaft gelb zu kennzeichnen.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

3.4.4 Blanke oder isolierte Leiterführung

3.4.4.1 Bei Wechselstrombahnen

Die **fachspezifischen Regelungen** entscheiden darüber, ob die Leiterführung blank oder isoliert zu erfolgen hat.

Im **Gleisbereich verlegte Erdleiter** können grundsätzlich **blank**, d.h. ohne Isolierung ausgeführt werden, sofern diese nicht in der Nähe von spannungsführenden Teilen oder von Erdsystemen anderer Stromversorgungen verlaufen.

Erdverbindungen, welche in **Kabelkanälen** verlaufen oder in **Kabelrohren** eingezogen sind, müssen immer isoliert ausgeführt werden.

3.4.4.2 Bei Gleichstrombahnen

Im **Gleisbereich verlegte Erdleiter** werden aus Gründen des Korrosionsschutzes grundsätzlich **isoliert** ausgeführt. Für die Kennzeichnung gelten die gleichen Isolationsfarben wie bei Wechselstrombahnen.

Hinweis:

- In den Schemata des Erdungshandbuchs werden alle **Betriebs- und Schutzerdleiter der Traktionsstromversorgung**, unabhängig ob blank oder isoliert, immer **rot dargestellt**.
- Pläne und Schemata des Erdungshandbuchs dürfen nicht als Montageunterlagen kopiert und angewendet werden.

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
---	-----------------

3.4.5 Ausführung und Kennzeichnung von Erdleitern

	Bestehende Anlagen	Neue Anlagen
Anschlüsse der Gleisfreimeldeeinrichtungen an die Schienen	falls Rückleiter gelb-grün, Ersatz durch gelben Leiter oder dauerhafte gelbe Kennzeichnung	Zuleitung: farbig (z.B. rot) Rückleiter: blau, gelb oder blank mit dauerhafter gelber Kennzeichnung
Betriebserdleiter im Gleisbereich (z.B. Querverbindungen, Z-Verbinder, Anschlüsse von Drosseln, Kabelarmierungen etc.)	falls gelb-grün, dauerhafte gelbe Kennzeichnung	blank oder gelb
Schutzerdleiter im Gleisbereich (z.B. Weichenantriebe, Qc-Gehäuse, Erdung von FL-Masten ohne Erdseil etc.)	falls gelb, Ersatz durch blanken oder gelb-grünen Leiter	blank oder gelb-grün
Parallele Rückleiter bei 11/15 kV Hochspannungskabeln mit geerdetem Kabelschirm	falls gelb-grün oder blank, dauerhafte gelbe Kennzeichnung	gelb oder blank mit dauerhafter gelber Kennzeichnung
Gebäudeerdleiter oder Perronhaupterdleiter oder Tunnelhaupterdleiter	falls blank oder gelb-grün, dauerhafte gelbe Kennzeichnung	gelb oder blank mit dauerhafter gelber Kennzeichnung
Anschlüsse an Perronhaupterdleiter oder Tunnelhaupterdleiter oder Gebäudeerdleiter	siehe unter Betriebserdleiter im Gleisbereich bzw. Schutzerdleiter im Gleisbereich	siehe unter Betriebserdleiter im Gleisbereich bzw. Schutzerdleiter im Gleisbereich
Rückstromführung bei Unterwerken, Transformatoren oder Spannungswandlern	falls gelb-grün oder blank, dauerhafte gelbe Kennzeichnung	gelb oder blank mit dauerhafter gelber Kennzeichnung

Begriffe, Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnung	3 01.11.2008
--	-------------------------------

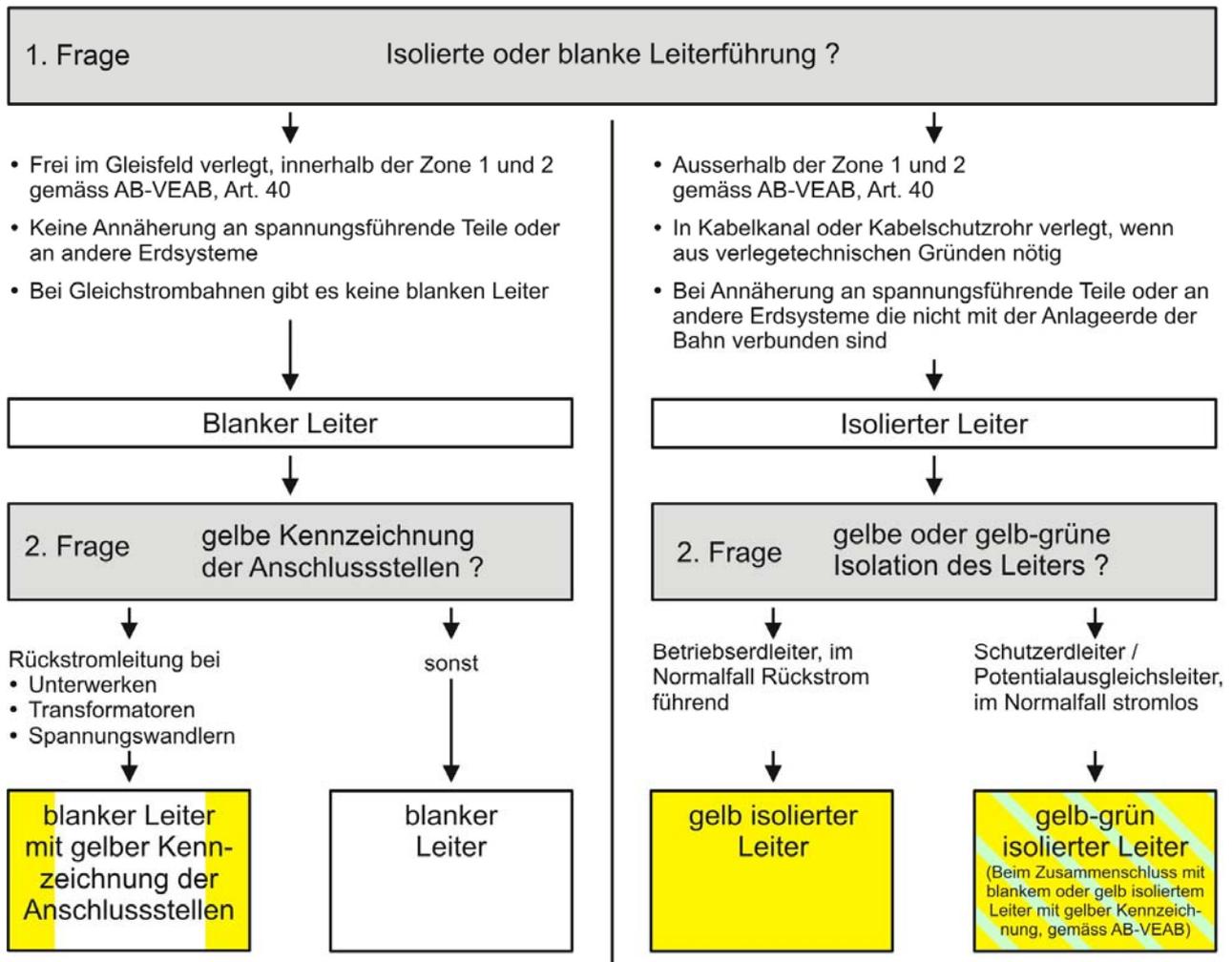
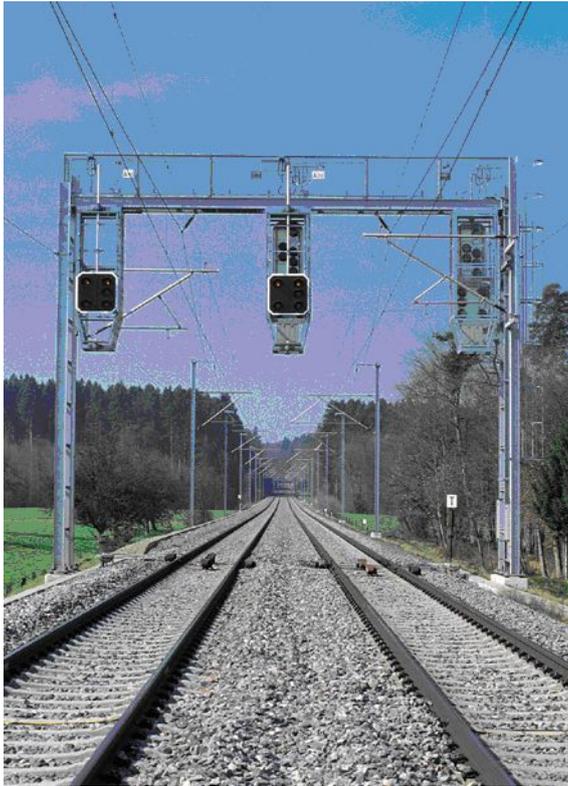


Bild 3.2
 Flussdiagramm als Entscheidungshilfe bei Wechselstrombahnen zu den Fragen: «Welche Leiterfarbe?» und «Leiterisolation Ja oder Nein?»



4 Grundsätze

4.1 Physikalische und technische Grundsätze

4.1.1 Wozu Erden?

Wechselstrombahnen sind wegen der Verlegung der Gleiskörper im Erdreich und der grossen Ausdehnung des Schienennetzes immer mehr oder weniger gut geerdet. Oft müssen diese schon bestehenden Erdungen aus Gründen des Personen- und Sachenschutzes weiter verbessert werden. Verschiedene nationale und internationale Organisationen wie IEC, CENELEC, CES legen in Zusammenarbeit mit dem TK Erdung der Electrosuisse die Vorschriften über die Erdung fest, um den Schutz von Personen und Sachen sicherzustellen.

Die SGK hat Richtlinien für Gleichstromanlagen zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme erarbeitet.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

4.1.2 Das Prinzip der Erdung

Eine Erdungsanlage muss so erstellt und ausgeführt sein, dass die Anforderungen an den Personen- und Sachenschutz sowie die einwandfreie Funktion einer elektrischen Anlage im Normal- wie im Schadenfall sichergestellt sind.

Erdungsanlagen

Erdungsanlagen dürfen gemeinsam oder getrennt für Schutz- oder Funktionszwecke je nach Erfordernissen einer elektrischen Anlage benützt werden.

Die Erdungsanlagen müssen übersichtlich ausgeführt sein und die Erdleiter sind eindeutig und dauerhaft zu bezeichnen (Start- bzw. Ziel-Objekt). Die Erdleiter sind gegen Selbstlockerung zu schützen.

Hinweis:

Erder von Starkstromanlagen dürfen auch zur Erdung von Schwachstromanlagen benützt werden. Die Auswahl der Betriebsmittel und das Errichten der Erdungsanlage muss sicherstellen, dass:

- Der Wert des Ausbreitungswiderstands der Erder den Erfordernissen entspricht.
- Man erwarten kann, dass die Funktion des Erkers beibehalten bleibt.
- Erdfehlerströme und Erdableitströme ohne Gefährdung durch thermische, thermo-mechanische oder elektrodynamische Beanspruchung abgeleitet werden können.
- Die Betriebsmittel ausreichend widerstandsfähig oder mit zusätzlichem mechanischem Schutz versehen sind, damit sie den zu erwartenden äusseren Einflüssen standhalten.
- Vorkehrungen getroffen werden gegen voraussehbare Schädigung anderer Metallteile durch elektrochemische Einflüsse.

Die **Erdungsanlagen der elektrifizierten Bahnen** haben zwei Grundfunktionen nach den gesetzlichen Vorschriften und den Regeln der Technik zu erfüllen:

- **Anlageerdung der Fahrleitungsanlage (Hochspannungsanlage)**
- **Traktionsstrom-Rückleitung der einphasigen Traktionsstromversorgung.**

Neben den unten aufgeführten bahnspezifischen Regeln gelten grundsätzlich auch alle für 50 Hz-Starkstromanlagen gültigen Vorschriften. Diese werden in den «Regeln des SEV»: «Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen» detailliert erläutert.

Grundsätze	4 01.11.2008
------------	-----------------

4.2 Schutzmassnahmen

Bahnstromanlagen müssen wie alle Anlagen der elektrischen Energieversorgung gegen die thermischen und dynamischen Wirkungen auftretender Fehler sowie gegen die Wirkungen elektrischer Durchschläge geschützt werden, um die Zerstörungen so klein wie möglich und die Versorgung mit elektrischer Energie so zuverlässig wie möglich zu halten. Ausserdem muss verhindert werden, dass Menschen und Tiere durch Berührungsspannungen und Lichtbögen Schaden erleiden.

In den elektrischen Installationen der Bahnstromversorgung existieren, wie auch entsprechend in den NIN, folgende Schutzziele:

- Personenschutz
- Sachenschutz
- Brandschutz
- Überstromschutz
- Überspannungsschutz
- Hochspannungsschutz
- Mechanischer Schutz

Von diesen Schutzzielen wird im folgenden Abschnitt der Personenschutz, ergänzend und erläuternd zu den AB-VEAB behandelt.

4.3 Personenschutz

Der Personenschutz muss jederzeit, also sowohl im Betriebszustand als auch in Störfällen gewährleistet sein.

Strom ist für den Menschen ab 50 Milliampère als gefährlich zu betrachten. Der Körperwiderstand beträgt 1'000 Ω , daraus resultiert eine maximal zulässige Dauerspannung von 50 Volt.

Merke:

Ein für den Menschen gefährlicher Strom ab 50 mA bei 1'000 Ω Körperwiderstand fliesst ab einer Spannung von 50 Volt.

Bei der Nennspannung der Fahrleitung von 15 kV fliesst bei Berührung durch den Körperwiderstand von 1'000 Ω ein Strom von 15 A. Dies ist 300-mal mehr als die 50 mA!

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

0.5 Milliampère		Nicht spürbar
3 Milliampère		„Ameisenlaufen“
15 Milliampère		Loslassgrenze
40 Milliampère		Muskelkrampf
50 Milliampère		Herzkammerflimmern, Tod

Bild 4.1

Wirkung des elektrischen Stroms auf den Menschen

Es muss in jedem Fall verhindert werden, dass auf dem Bahnareal befindliche Personen unzulässig hohen Berührungs- und Schrittspannungen ausgesetzt werden.

Die Berührungsspannung ist diejenige Spannung, die von Mensch und Tier überbrückt werden kann, wobei der Stromweg über den menschlichen Körper von Hand zu Fuss oder von Hand zu Hand verlaufen kann. Sie bewirkt, dass elektrischer Strom durch den Körper fließt, der lebensgefährlich sein kann.

Das Messen möglicher Berührungsspannungen erfolgt mit Spannungsmessgeräten, deren Innenwiderstand der Körperimpedanz des Menschen, ca. 1'000 Ω bzw. von Nutztieren, ca. 500 Ω entspricht.

Berührungsspannungen können nicht nur mit den Händen, sondern auch mit anderen Körperteilen abgegriffen werden. Wenn eine Berührungsspannung mit den gespreizten Beinen am Boden – bei Personen mit einem Schritt von 1 m Länge – abgegriffen wird, spricht man von Schrittspannung.

Beispiele:**Zwischen Körper und Erde:**

Eine Person steht auf dem Boden und berührt mit dem Körper ein metallisches Objekt

→ gefährlicher Fehlerstrom über die Füße in den Boden.

Zwischen zwei Punkten des Körpers:

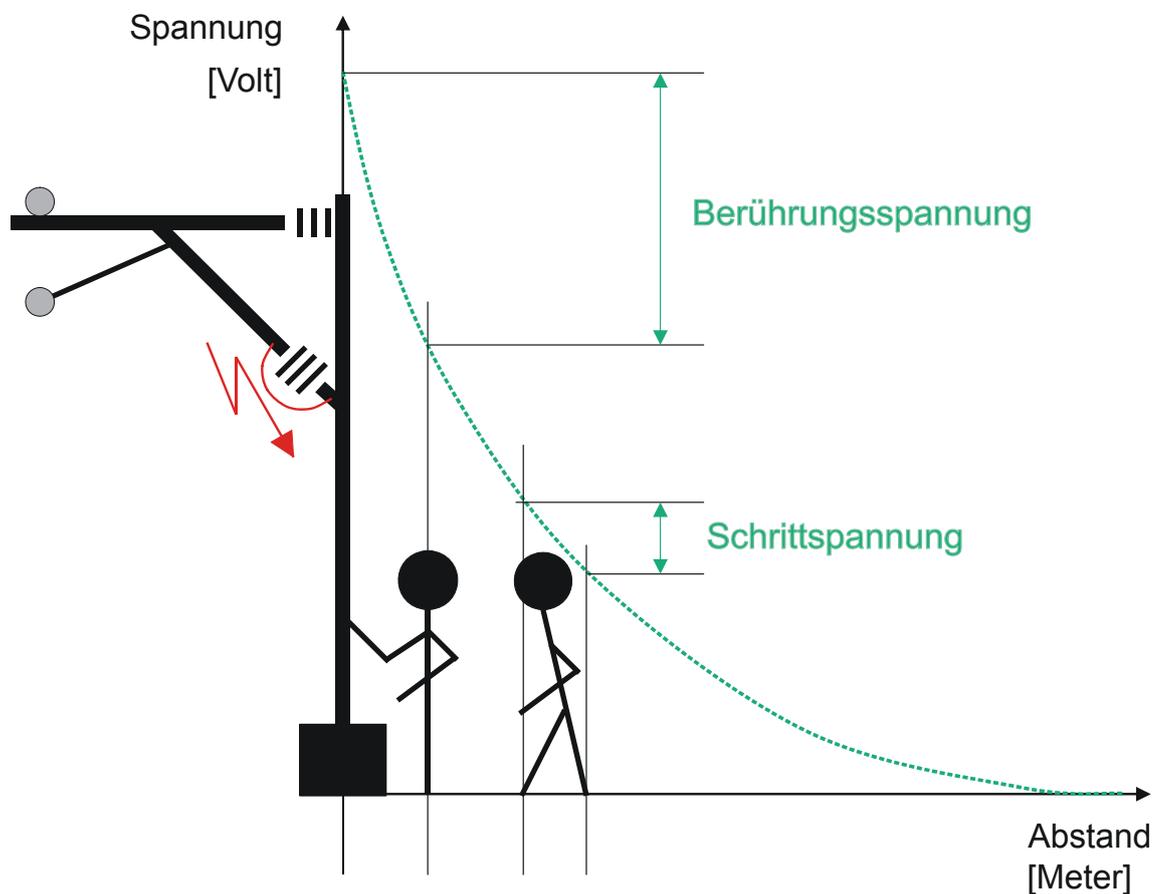
Eine Person berührt mit dem Körper zwei metallische Objekte unterschiedlichen Potentials

→ gefährlicher Fehlerstrom von der einen Hand zur anderen.

Zwischen zwei Punkten des Körpers:

Eine Person steht auf dem Boden und greift beim Gehen zwei Punkte unterschiedlichen Potentials ab

→ gefährlicher Fehlerstrom von einem Fuss zum anderen.

**Bild 4.2**

Darstellung der Begriffe «Berührungsspannung» und «Schrittspannung»

4.3.1 Der Grundsatz für den Personenschutz

Die Anforderungen an den Personenschutz sind in der SR 734.2, StV, Art. 54 beschrieben:

Bei einem Erdschluss in einer Starkstromanlage dürfen die Berührungsspannungen unter Berücksichtigung des höchstmöglichen einpoligen Erdschlussstromes dauernd 50 V Wechselspannung bzw. 120 V Gleichspannung nicht überschreiten. Für Einwirkungszeiten unter fünf Sekunden gelten die Werte nach Anhang 4. (siehe Bild 4.3)

Prinzip: Je höher die Fehlerspannung, desto grösser die Gefährdung des Menschen, umso schneller muss abgeschaltet werden.

Der Personenschutz muss sowohl im Betriebszustand als auch in Störfällen jederzeit gewährleistet sein.

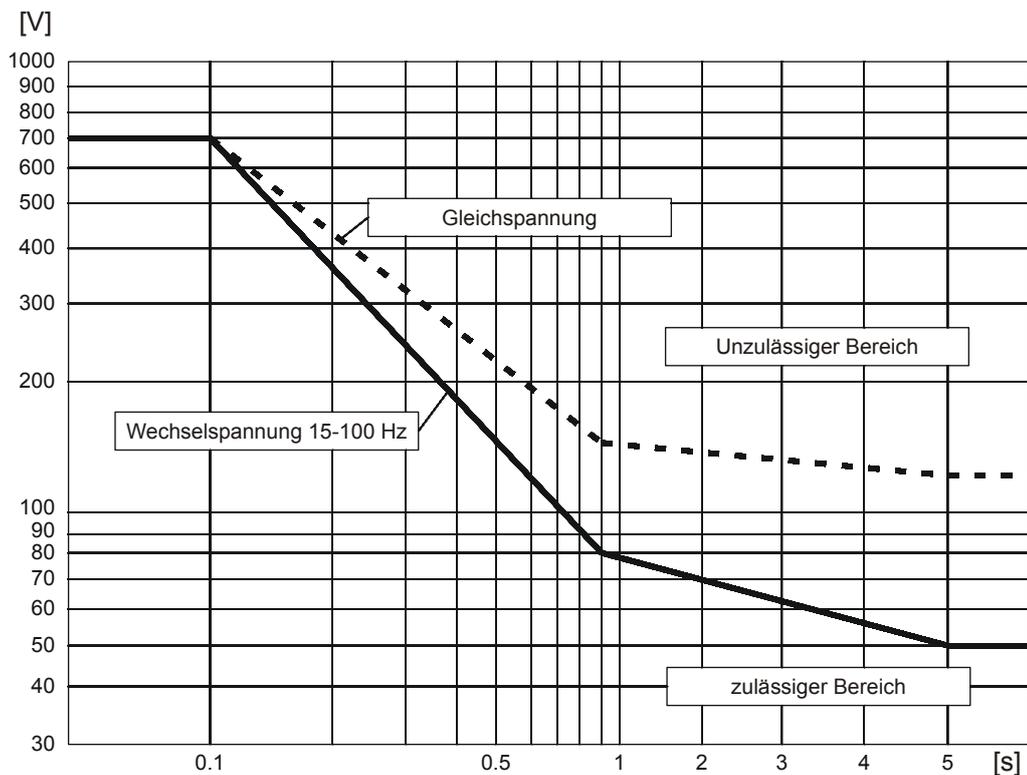


Bild 4.3

Zulässige Berührungsspannungen in Funktion der Zeit (SR 734.2, StV, Anhang 4)

Nachfolgend sind bezüglich des Personenschutzes fünf Massnahmen aufgeführt. Sie werden meistens kombiniert angewendet.

4.3.1.1 Berührungsschutz durch Isolierung oder isolierten Standort

Schutz vor gefährlichen Berührungsspannungen durch geeigneten isolierenden Berührungsschutz oder durch Isolieren des Standorts.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

4.3.1.2 Erdung zum Personenschutz

Ein zu schützendes Objekt wird durch einen Schutzerdleiter mit der Bahnerde verbunden. Tritt ein Fehlerstrom auf, so wird dieser über den Schutzerdleiter in die Bahnerde abgeleitet und fließt zurück zum speisenden Transformator. Dadurch kann das Auftreten gefährlicher Berührungs- oder Schrittspannungen verhindert werden.

4.3.1.3 Schutzschaltung

Geeignete Schutzeinrichtung, welche im Fehlerfall den betroffenen Stromkreis genügend schnell, selektiv und sicher abschaltet.

4.3.1.4 Schutztrennung

Mit einem Trenntrafo kann ein Stromkreis vom Erdpotential potentialfrei geschaltet werden. Das heisst, eine mit der Erde verbundene Person kann die spannungsführenden Teile dieses Stromkreises berühren, ohne dass dabei ein Fehlerstrom durch den Körper gegen Erde fließen kann. Doch diese Schutzmassnahme wirkt nicht vollständig; berührt die Person mit je einer Hand die zwei verschiedenen Potentiale dieses Stromkreises, so fließt ebenfalls ein gefährlicher Fehlerstrom.

4.3.1.5 Potentialausgleich

Durch Potentialausgleichsleiter können gefährliche Potentialdifferenzen zwischen benachbarten Standorten auf ein ungefährliches Mass reduziert werden. Längs dem Gleis wirken Erdseile und Schienen als Potentialausgleichsleiter.

Die Potentialverteilung im Erdreich lässt sich durch eine räumlich verteilte Anordnung von Erdelektroden so beeinflussen, dass gefährliche Potentialdifferenzen an der Erdoberfläche vermieden werden können.

Bei Wechselstrombahnen bilden die Fahrleitungs-Mastfundamente die Erdelektroden für den Potentialausgleich. Die Erdseile und die Schienen dienen als Potentialausgleichsleiter längs dem Gleis.

Wenn die Bahnerdungsanlage mit benachbarten Erdungsanlagen der Ortsnetze (Hochspannungsanlagen) oder anderen Erdungssystemen nahe zusammentreffen, sind sie mit einem Potentialausgleichsleiter zu verbinden (siehe AB-EBV, zu Art. 40), wenn dies die Gewährleistung des Personenschutzes erfordert.

Bei Gleichstrombahnen ist ein Potentialausgleich quer zum Verlauf der Gleisanlage aus Gründen des Korrosionsschutzes zu vermeiden.

Grundsätze	4 01.11.2008
------------	-----------------

4.4 Kurzschlüsse

4.4.1 Einleitung

Dieser Abschnitt beschreibt die Zusammenhänge in dem von der SBB gespeisten 15 kV-Fahrleitungsnetz. In anderen Fahrleitungsnetzen sind die Zusammenhänge ähnlich.

Fahrleitungsanlagen sind recht häufig von Kurzschlüssen betroffen. Ein Kurzschluss entsteht bei einer niederohmigen Verbindung von unter Spannung stehenden Fahrleitungsteilen mit der Bahnerde.

Durch die hohen Kurzschlussströme (bis zu 40 kA) kann ein Erdleiter entweder durch die dabei auftretenden magnetischen Kräfte mechanisch oder thermisch zerstört werden. Dies bedeutet, dass Erdleiter immer so dimensioniert, montiert und geführt werden müssen, dass sie einen Kurzschluss ohne bleibenden Schaden überstehen können.

4.4.2 Momentane und dauernde Kurzschlüsse

Bei einem **momentanen Kurzschluss** ist die Verbindung von unter Spannung stehenden Fahrleitungsteilen mit der Erde nur von kurzer Dauer, das heisst, die Störungsursache verschwindet wieder.

Beispiele:

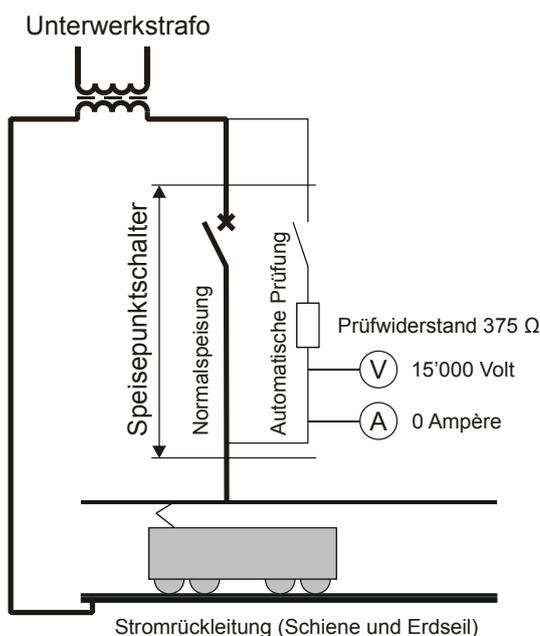
- Einfahrt von elektrischen Triebfahrzeugen in geerdete Sektoren
- Erden unter Spannung (Berühren der Leitung mit der Erdungsstange)
- Störungen auf Triebfahrzeugen
- Blitzschlag
- Überbrückung durch Tiere (Vögel usw.)
- Berührung durch Äste
- Starkstromunfälle.

Bei einem **dauernden Kurzschluss** bleibt die Fahrleitung mit der Bahnerde niederohmig verbunden, so dass die Störungsursache nach dem Abschalten nicht verschwindet und zuerst an Ort und Stelle behoben werden muss, bevor die Fahrleitung wieder eingeschaltet werden kann.

Beispiele:

- Fahrleitungsdrahtwerk heruntergerissen
- Umstürzen von Fahrleitungsmasten
- Sturz von Bäumen in die Fahrleitung
- Isolatorenbruch
- Einschalten von geerdeten Sektoren (durch Verschweissen des Schalters).

Momentaner Kurzschluss



Dauernder Kurzschluss

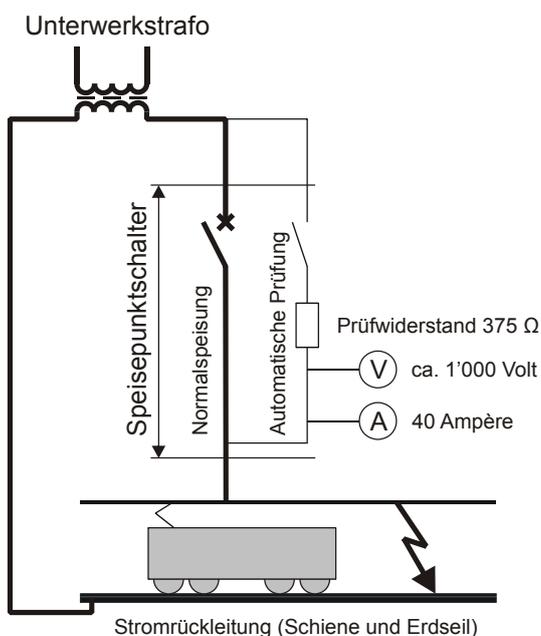


Bild 4.4

Automatischer Prüfvorgang nach einer Auslösung

Ein Kurzschluss wird von der Schutzeinrichtung automatisch festgestellt und spätestens innert 100 ms abgeschaltet. Einige Sekunden später wird dann die Spannung von 15 kV über einen Strom begrenzenden Widerstand von 375 Ω wieder zugeschaltet, sodass sich ein Prüfstrom von 40 A ergibt. Hatte es sich um einen momentanen Kurzschluss gehandelt, z.B. Vogel, Ast in Fahrleitung etc., so wird die Fahrleitungsspannung wieder voll zugeschaltet. Bei einem dauernden Kurzschluss wird nach etwa 10 s definitiv abgeschaltet.

Bei **momentanen Kurzschlüssen** ist zur Zeit des automatischen Prüfvorgangs die Störung, welche den Kurzschluss ausgelöst hat, bereits wieder verschwunden. Das Prüfergebn ist gut (Prüfstrom = 0 A), der Speisepunktschalter wird

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

durch die Automatik wieder eingeschaltet. Dadurch kann erreicht werden, dass bei momentanen Kurzschlüssen kein Betriebsunterbruch entsteht.

Bei **dauernden Kurzschlüssen** besteht die Störungsursache zur Zeit der Prüfung immer noch. Das Prüfergebn ist schlecht (Prüfstrom = 40 A), die Automatik verhindert eine Wiedereinschaltung des Speisepunktschalters, es entsteht ein Betriebsunterbruch.

Achtung:

Während des automatischen Prüfvorgangs steht die Fahrleitung – auch wenn diese dabei nicht direkt, sondern über den Prüf Widerstand zugeschaltet wird – unter lebensgefährlicher Spannung.

4.4.3 Höhe des Kurzschlussstroms

Der Kurzschlussstrom ist an der sekundärseitigen Sammelschiene im Unterwerk am höchsten, also direkt am Trafo bzw. Gleichrichter. Er nimmt mit zunehmender Entfernung ab.

Die Traktionsstromversorgung muss gemäss EN 50388 so dimensioniert sein, dass der auftretende Kurzschlussstrom an der Unterwerksammelschiene bei 15 kV maximal 40 kA beträgt.

4.4.4 Wärmewirkung des Kurzschlussstroms

Ein durch einen Leiter fließender Strom erzeugt Wärme und kann diesen dadurch überlasten und zerstören, falls der Strom zu gross wird und eine zu lange Zeit durch den Leiter fließt.

Im Kurzschlussfall erwärmt sich der Leiter in Abhängigkeit des Kurzschlussstroms und der Zeitdauer vom Eintritt bis zur Abschaltung. Überschreitet diese Endtemperatur die maximal zulässige Temperatur des Leitermaterials oder des Isolationsmaterials, so wird der Leiter dabei bleibend zerstört. Liegt jedoch die Endtemperatur unter dem maximal zulässigen Wert, so kann der Leiter weiter mit diesem Strom betrieben werden. Dieser Strom wird dann als Nennstrom, oder als zulässiger Dauerstrom bezeichnet.

Achtung:

Die Abhängigkeit der thermischen Beanspruchung eines Leiters vom Kurzschlussstrom ist quadratisch, dies bedeutet, bei einer Verdoppelung des Kurzschlussstroms vervierfacht sich die thermische Wirkung, bei einer Verdreifung des Kurzschlussstroms nimmt die thermische Wirkung den neunfachen Wert an.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

4.4.5 Magnetische Kraftwirkung des Kurzschlussstroms

Fliesst durch zwei parallele Leiter ein Strom, so wirkt auf jeden der beiden Leiter eine magnetische Kraft. Tritt beispielsweise bei einem Kurzschluss ein hoher Strom sowohl im Hinleiter (Fahrdraht) als auch in einem dazu parallel in einem gewissen Abstand geführten Stromrückleiter oder Erdleiter auf, so entsteht eine magnetische Kraft, welche die Leiter voneinander abstösst.

Diese elektromagnetischen Kräfte können bei hohen Kurzschlussströmen sehr gross werden. Dadurch können die Leiter aus ihren Halterungen gerissen und beschädigt werden. Schutz- und Erdleiter müssen so geführt und befestigt werden, dass sie diesen magnetischen Kräften standhalten.

Achtung:

Die Abhängigkeit der elektromagnetischen Kräfte vom Kurzschlussstrom ist quadratisch, dies bedeutet, bei einer Verdoppelung des Kurzschlussstroms vervierfachen sich die Kräfte, bei einer Verdreifachung des Kurzschlussstroms nehmen die Kräfte den neunfachen Wert an.

4.5 Zonen der Bahnerde

Bei der Frage, ob ein Objekt im Bereich des Bahntrasses mit der Bahnerde verbunden werden muss oder nicht, ist massgebend, innerhalb welcher der folgenden Zonen sich dieses befindet. Zur korrekten Anwendung der Artikel 39 und 40 der AB-VEAB dienen folgende Erläuterungen:

Zone 1 (Bahnerdezone)

Als Zone 1 wird das Gebiet bezeichnet, auf welches der Fahrdraht herunterfallen kann. Metallische Objekte in Zone 1 sind mit der Bahnerde zu verbinden. Die Erdverbindung muss in der Lage sein, einen grösstmöglichen Kurzschlussstrom bis zur Abschaltung sicher zu führen.

Die Ausnahmen gemäss EN 50122 sind im Kapitel 4.5.3.1 beschrieben..

Zone 2 (Näherungszone)

In Zone 2 können Personen durch das mögliche Auftreten von Potentialdifferenzen durch unzulässige Berührungs- oder Schrittspannungen gefährdet werden.

Ausserhalb der Zone 1 sollte auf die Verbindung mit der Bahnerde verzichtet werden, wenn eine Bahnerdung nicht aus Gründen des Personenschutzes unumgänglich ist.

Falls nicht nachgewiesen werden kann, dass keine unzulässigen Berührungsspannungen auftreten können, müssen metallische Objekte auch in der Zone 2 bahngeerdet werden.

Grundsätze	4 01.11.2008
------------	-----------------

Als alternative Lösung kann ein Berührungsschutz, z.B. mit Isolierabdeckung, in Erwägung gezogen werden. Eine solche Lösung ist einer Bahnerdung vorzuziehen.

Bahnobjekte sind gemäss Erdungshandbuch, Kapitel 15, zu behandeln.

Zu diesem Thema siehe auch AB-VEAB, AB 39, Zeichnungen 1 und 2 und zu AB 40.1, Zeichnung 1.

Es wird darauf hingewiesen, dass für Bahnen, die mit einer Spannung kleiner 1'500 V DC bzw. kleiner 1'000 V AC elektrifiziert sind, ein kleinerer Sicherheitsabstand X_{FL} von 1,5 m statt 2,5 m gilt.

(Siehe Tabelle in AB-VEAB, AB 39, Zeichnung 1.)

4.5.1 Definition des Bahnspannungsbereichs

Leitfähige Anlageteile im Bahnspannungsbereich, die normalerweise nicht unter Spannung stehen, müssen bahngeerdet werden, um die Gefährdung von Personen durch Berührungs- oder Schrittspannungen und von Sachen durch Fehler- oder Erdschlussströme zu vermindern.

Der Bahnspannungsbereich ist für jede elektrifizierte Bahnanlage gemäss AB-VEAB, AB 39, Zeichnung 1 festzulegen:

Die Ausdehnung des Bahnspannungsbereichs ist abhängig von der Fahrleitungsspannung, von der Fahrleitungskonstruktion sowie von den Grenzlinien der festen Anlagen und der spannungsführenden Fahrzeugteile.

Wenn die Fahrleitungsspannung höher als 1'000 V AC beziehungsweise 1'500 V DC beträgt, entspricht der Bahnspannungsbereich dem Betriebsbereich einer Hochspannungsanlage gemäss StV.

Die Bestimmungen der StV gelten auch für Traktionsstromversorgungen, soweit sie nicht im Widerspruch zur VEAB stehen.

Für den Bahnspannungsbereich von mit niedrigeren Spannungen elektrifizierten Bahnen gelten analog auch die Bestimmungen der NIV.

4.5.2 Definition des Bahnerdungsbereichs

Leitfähige Teile im Bahnerdungsbereich, die normalerweise nicht unter Spannung stehen, müssen bahngeerdet werden, um die Gefährdung von Personen durch Berührungs- oder Schrittspannungen und von Sachen durch Fehler- oder Erdschlussströme zu vermindern.

Bahnfremde Erdungssysteme im Bahnerdungsbereich sind gemäss VEAB, Art. 40 so mit der Bahnerde zusammenzuschliessen oder galvanisch so von ihr zu trennen, dass keine unzulässigen Berührungs- oder Schrittspannungen auftreten können. Einerseits sind gefährliche Potentialdifferenzen zu vermeiden, andererseits Störungen durch Bahnrückströme zu verhindern.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

Hinweis: Bei den SBB wird das Bahnerdungssystem grundsätzlich von fremden Erdungssystemen galvanisch getrennt geplant.

Falls bei einer galvanischen Trennung unzulässige Berührungs- oder Schrittspannungen auftreten können, sind deren gefährliche Auswirkungen mit Hilfe von Isolierabdeckungen zu verhindern. Zur Vermeidung grosser Spannungsdifferenzen sind nötigenfalls Kurzschliesser einzubauen.

Die **Bahnerde von Gleichstrombahnen** ist von anderen Erdungssystemen zu trennen. Zur Vermeidung grosser Spannungsdifferenzen sind nötigenfalls Kurzschliesser einzubauen. Ist eine Trennung nicht oder nur mit unverhältnismässigem Aufwand möglich, sind geeignete Massnahmen gemäss den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3

zu treffen.

Achtung:

Die Wirksamkeit einer Trennung der verschiedenen Erdsysteme muss jederzeit während der ganzen Lebensdauer der Anlagen gewährleistet und überprüft werden können. Ist dies nicht möglich, ist ein Zusammenschluss der Erdsysteme gemäss AB-VEAB, AB 40.1 die Lösung.

Bei Gleichstrombahnen muss dann das Fliesen von vagabundierenden Strömen mit anderen Schutzmassnahmen verhindert werden. Die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C3, Absatz 13 700

sind zu beachten.

Beim Zusammentreffen von Erdungssystemen vereinbaren die beteiligten Betriebsinhaber schriftlich die zu treffenden Massnahmen. Im gleichen Einflussbereich der Erdungssysteme ist überall das gleiche Massnahmenkonzept anzuwenden.

Grundsätze	4 01.11.2008
------------	-----------------

4.5.3 Bereich gleichzeitiger Berührbarkeit zweier Erdungssysteme

4.5.3.1 Zone 1 (Bahnerdezone)

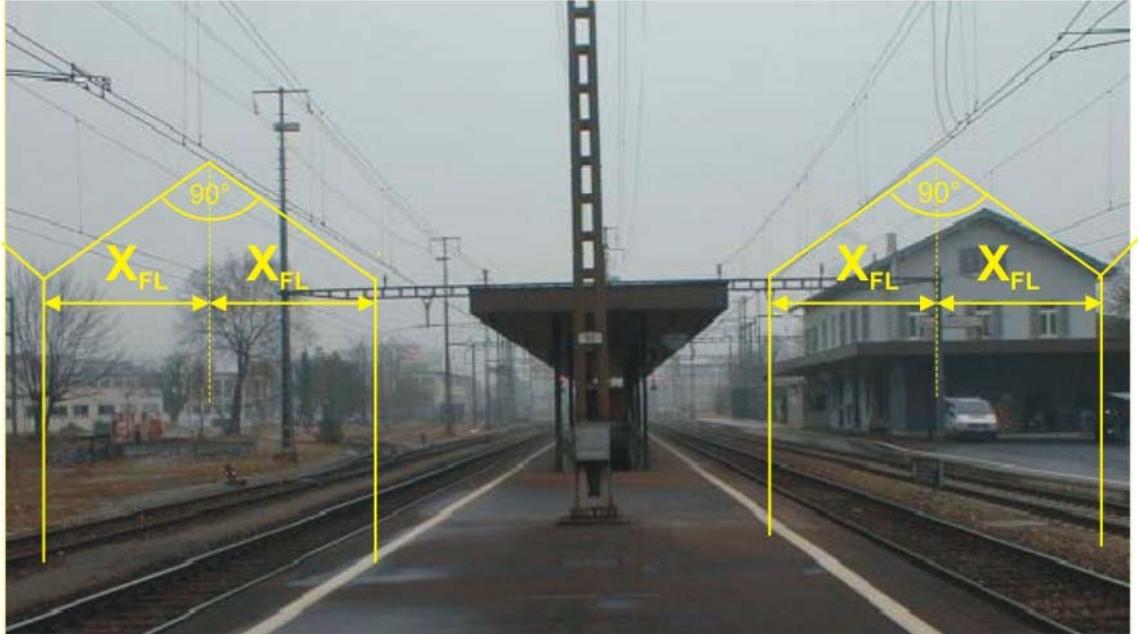


Bild 4.5

Metallische Objekte in Zone 1 sind mit Ausnahmen mit der Bahnerde zu verbinden.

Begrenzung der Bahnerdezone:

X_{FL} gleich oder kleiner Grenzwert gemäss AB-VEAB, AB 39, Zeichnung 1

X_{FL} ist angemessen zu vergrössern:

- Im Innern von Kurven bei aussen stehenden Tragwerken, wenn der Fahrdrabt seitwärts ausweichen kann.
- Wenn bei Wechselstrom gefährliche Induktionswirkungen auftreten können.

Ausnahmen:

**Nicht bahngeerdet werden müssen kleine metallische Objekte mit einer:
Länge < 3m, parallel zum Gleis verlaufend
Länge < 2m, horizontal und rechtwinklig zum Gleis stehend.**

Immer bahnzuerden sind beispielsweise:

- Schutzgerüste aus elektrisch leitendem Material. Bei Arbeiten mit erhöhtem Risiko, z.B. mit Armierungseisen, muss das Schutzgerüst bzw. das Schutznetz aus elektrisch leitendem Material bestehen, z.B. Armierungsnetz oder Maschengitter und an bahngeerdeten Seilen aufgehängt werden.
- Schutzdächer bei Strassenüberführungen
- Achtung: Im Bereich von Gleichstrombahnen sind die bahngeerdeten Schutzdächer von der Bauwerkserde zu isolieren.
- Barrieren mit Metall-Schlagbäumen.

Ausserhalb der Zone 1 ist auf die Bahnerdung zu verzichten, wenn nicht aus Gründen anderer Vorschriften eine Bahnerdung trotzdem notwendig ist. Das Bahnpotential ist möglichst nicht aus der Zone 1 zu verschleppen!

Der Entscheid «bahnerden» oder «nicht bahnerden» muss durch den für die Bahnerdung und Traktionsstrom-Rückleitung verantwortlichen Fachdienst erfolgen.

Hinweis:

Für die betroffenen Bahnobjekte siehe die Stichwortliste im Kapitel 15.1.

Spezialfälle:

Baugerüste oder Kandelaber neben Strassen, welche allenfalls beim Umstürzen unter Spannung geraten können, sind auch ausserhalb der Zone 1 bahnzuerden.

Beim Zusammentreffen von Orts- und Bahnerde (z.B. Kandelaber) ist der je verantwortliche Fachdienst 50/16,7 Hz beizuziehen (Entscheid: Trennung von oder Zusammenschluss mit der EW-Erde).

Grundsätze	4 01.11.2008
------------	-----------------

4.5.3.2 Zone 2 (Näherungszone)

Bereich gleichzeitiger Berührbarkeit von bahngeerdeten und ortsnetzgeerdeten metallischen Teilen.

Metallische Gegenstände wie Zäune, Leitplanken, Lärmschutzwände und Produkteleitungen:

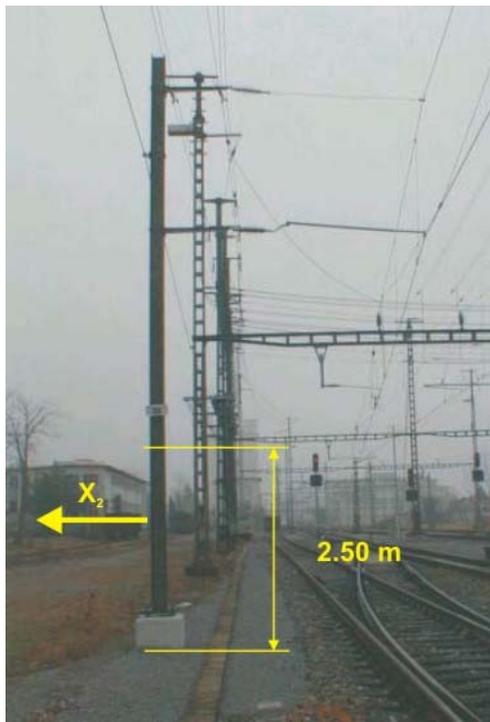


Bild 4.6
Querprofil zu 4.5.3.2

Falls unzulässige Berührungs- und Schrittspannungen auftreten, sind metallische Gegenstände entweder bahnzuerden oder gegen gleichzeitige Berührung mit bahngeerdeten Gegenständen zu schützen (z.B. isolierende Trennwand oder Beschichtung).

Die Distanz X_2 von einem bahngeerdeten Objekt bis zum nächsten fremdgeerdeten Objekt muss mindestens 1.75 m betragen oder durch eine isolierende Trennwand oder Isolierauftrag geschützt sein und dies bis zu einer Höhe von 2.50 m über der Standfläche.

Mehr zum Thema parallel und quer zur Bahn verlaufender metallischer Gegenstände wie Zäune, Leitplanken, Lärmschutzwände und Produkteleitungen etc. siehe AB-VEAB, AB 40.1, Blatt 7 und Kapitel 11.2 des Erdungshandbuchs.

Hinweis:

Bahnobjekte innerhalb der Zonen 1 und 2 sowie ausserhalb denselben sind gemäss AB-VEAB, AB 39 und Stichwortliste im Kapitel 15.1 des Erdungshandbuchs zu behandeln.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

4.6 Traktionsstrom-Rückleitung

Die Traktionsstromversorgung unterscheidet sich bei der Rückstromleitung wesentlich von der Drehstromversorgung. Beim dreiphasigen Ortsnetz addieren sich für den symmetrischen Fall die Phasenströme geometrisch zu Null, so dass im Normalbetrieb gar keine Rückströme auftreten. Nur bei unsymmetrischer Belastung der einzelnen Phasen oder in Fehlerfällen (ein- und zweipolige Kurzschlüsse) können Rückströme entstehen. In Hochspannungsnetzen ist dafür kein Rückleiter vorgesehen. Falls durch Belastungs-Unsymmetrien oder Fehler Rückströme auftreten, finden diese ihren Weg über das Erdreich. Lediglich in den Niederspannungsnetzen ist ein Rückstromleiter vorgesehen, welcher den Rückstrom zum Sternpunkt des speisenden Transformators zurückführt.

Ortsnetzversorgung 50 Hz	Bahnstromversorgung 16.7 Hz
Hochspannungsnetz, z.B. 380 / 220 / 150 kV Dreiphasensystem (symmetrisch, keine Rückleiter)	Übertragungsleitungen 132 kV Zweiphasensystem (symmetrisch, keine Rückleiter)
Hochspannungsnetz, z.B. 16 kV Dreiphasensystem (symmetrisch, keine Rückleiter)	Fahrleitung 15 kV oder 11 kV Einphasensystem (Rückleiter sind Schienen, Erdseil und Erdreich)
Niederspannungsnetz, 400 / 230 V Kombiniertes Dreiphasen-, Einphasensystem (Rückleiter N oder PEN)	

Tabelle 4.1

Vergleich der Ortsnetzversorgung 50 Hz mit einer Bahnstromversorgung 16.7 Hz

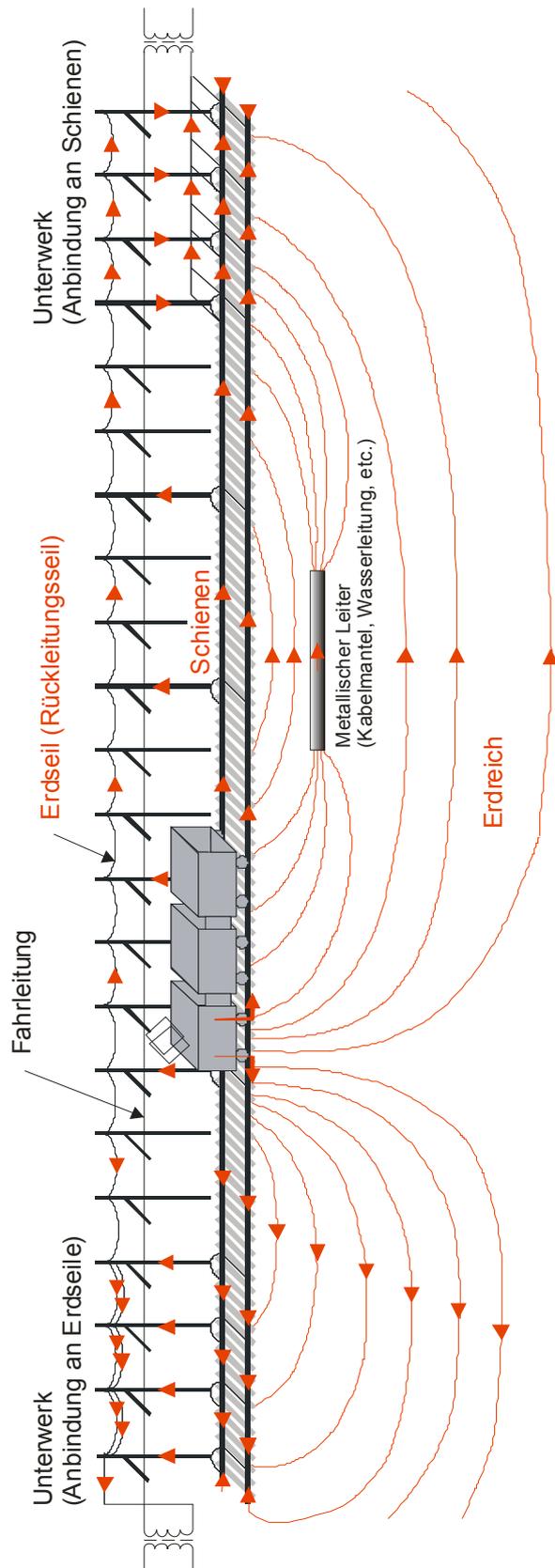
Bei der einphasigen Traktionsstromversorgung – sowohl bei Gleichstrom als auch bei Wechselstrom – wird die elektrische Energie den Triebfahrzeugen über die Fahrleitung und die Stromabnehmer zugeführt. Der Traktionsrückstrom fließt dann zunächst durch die Räder in die Schienen. Er teilt sich entsprechend den vorhandenen Impedanzen – bei den Wechselstrombahnen auch beeinflusst durch die elektromagnetischen Kopplungen mit der Fahrleitung – auf alle parallel zum Gleis verlaufenden, erdfühiligen Leiter auf. Es sind dies die Schienen, das Erdreich, die Erdseile (Rückleitungsseile), die Kabelschirme und Kabelarmierungen und falls vorhanden, andere parallel zum Gleis bzw. zur

Fahrleitung verlaufenden elektrisch leitenden Gegenstände wie Zäune, Wasserleitungen etc.

Wie diese Aufteilung anteilmässig zwischen Schienen, Erdseilen (Rückleitungsseilen), anderen parallel verlaufenden metallischen Leitern und Erdreich geschieht, ist von den Impedanzverhältnissen abhängig. Einzig die Leitfähigkeit des Bodens ist vorgegeben, alle anderen Parameter können beim Projektieren festgelegt bzw. beeinflusst werden.

Bei den Wechselstrombahnen spielt die Lage der Rückleiter (Erdseile, Schienen) zueinander und zur Fahrleitung (Fahrdrähte, Tragseile, Feederseile) wegen der elektromagnetischen Kopplung ebenfalls eine grosse Rolle. Je näher die Leiter beieinander liegen, das heisst je besser sie elektromagnetisch gekoppelt sind, umso kleiner ist deren Längsimpedanz.

Ebenfalls ist das Erdreich im Bereich des Bahntrasses mit der Fahrleitung elektromagnetisch gekoppelt. Dies verhindert – im Gegensatz zu Gleichstrombahnen – ein Vagabundieren des im Erdreich fliessenden Rückstromanteils weitab von der Bahntrasse.

**Bild 4.7**

Traktionsstromkreis mit der Hinleitung über die Fahrleitungsanlage und Rückleitung über die Schienen, die Erdseile (Rückleitungsseile) und das Erdreich. Parallel zur Bahn verlaufende und mit der Fahrleitung elektromagnetisch gekoppelte metallische Leiter führen auch Rückströme.

4.6.1 Zusammenhang Traktionsstrom – Traktionsrückstrom

Auch zu definieren und abzugrenzen ist der Begriff des Traktionsstroms. Dieser umfasst sowohl die Energieaufnahme eines Fahrzeuges als auch dessen Abgabe beim elektrischen Bremsen, der Rekuperation.

Zudem wird die Energie in Zügen nicht nur für die Traktion verwendet, sondern auch für die Beleuchtung, die Heizung, die Lüftung und für das Klimatisieren etc. Die Speisung dieser über die einzelnen Wagen verteilten Verbraucher erfolgt über die Zugsammelschiene.

Bei der Verwendung des Begriffs «Traktionsstrom» ist immer anzugeben, ob dies mit oder ohne Zugsammelschiene gemeint ist.

Nicht mit dem Begriff «Traktionsstrom» erfasst werden die Ströme der mit 16,7 Hz betriebenen ortsfesten Verbraucher wie Weichenheizungen, Depotsteckvorrichtungen, Zugvorheizanlagen etc. Auch sie bewirken jedoch einen Anteil des Traktionsrückstroms.

Das Traktionsstrom-Rückleitungssystem ist somit Teil von drei Stromkreisen:

- Stromkreis «Traktion»: Rückstromführung von der Lokomotive zu den Unterwerken.
- Stromkreis «Zugsammelschiene»: Rückstromführung von den Reisezugwagen zur Lokomotive.
- Stromkreis «ortsfeste Verbraucher»: Rückstromführung von den Transformatoren zu den Unterwerken.

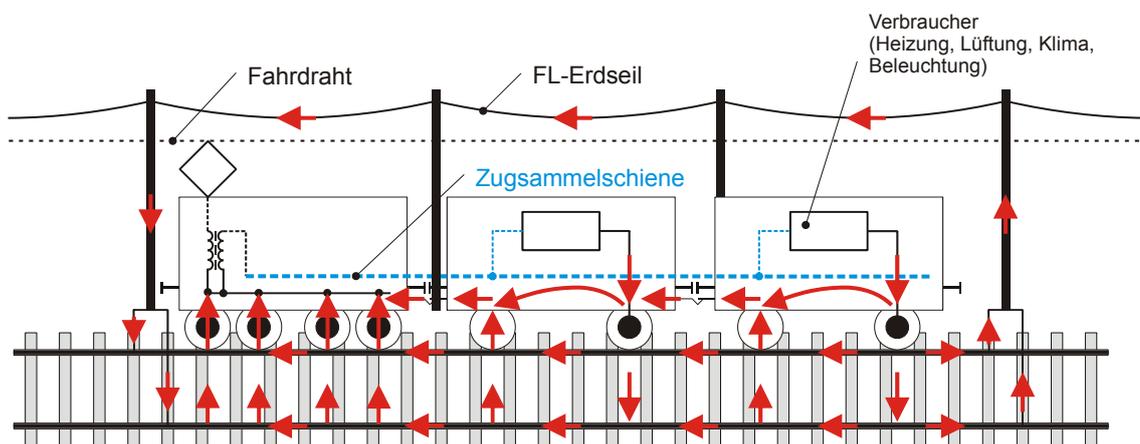


Bild 4.8
Stromkreis «Zugsammelschiene»

Der Rückstrom fließt bei lokbespannten Zügen mit Wagen grösstenteils über das Gleis zum Speisepunkt auf der Lok zurück. Bei Triebwagenzügen erfolgt die Rückstromführung oft nicht über die Schienen, sondern mit einem Rückleiter innerhalb des Zugs. Güterzüge haben keine Zugsammelschiene.

Der Rückführung des Traktionsstroms muss bei der Projektierung von Anlagen der Bahnstromversorgung dieselbe Aufmerksamkeit zukommen wie der

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

Hinstromführung. Die Projektierung der Fahrleitungsanlage muss mit der Projektierung der Traktionsstrom-Rückleitung abgestimmt werden. Hinleiter (Fahrleitungsanlage) und Rückleiter (Traktionsstrom-Rückleitung) bilden zusammen den Stromkreis gemäss dem Prinzipschema im Bild 4.8.

Die Dimensionierung der Traktionsstrom-Rückleitung muss unbedingt mit der Dimensionierung der Fahrleitung koordiniert werden. Die für die jeweilige Impedanz massgebenden Querschnittsäquivalente von Schienen und Erdseilen der Traktionsstrom-Rückleitung bzw. der Fahrleitungsanlage als zugehörige Hinleitung müssen miteinander in Einklang stehen.

Empfehlung: Minimaler Erdseilquerschnitt pro (Strecken-)Gleis:

- Bei Wechselstrombahnen 95 mm^2 , Cu
(Anforderung gemäss AB-VEAB, AB 33.2 als unabhängiger Rückleiter)
- Bei Gleichstrombahnen gleicher Querschnitt wie die Fahrleitung.

Siehe zu diesem Thema auch Kapitel 10 Fahrleitungsanlagen, Abschnitt 10.8.1.

4.6.2 Traktionsstrom-Rückleitungs- und Erdungskonzept

Bei der Projektierung von Fahrleitungsanlagen ist ein Traktionsstrom-Rückleitungs- und Erdungskonzept zu erstellen. Was dieses enthalten muss, ist im Kapitel 5 «Dokumentation» beschrieben. Mit diesem wird gegenüber der Aufsichtsbehörde BAV aufgezeigt und nachgewiesen, dass die Verfügbarkeit und Sicherheit zu jedem Zeitpunkt und in jedem Betriebs- und Störfall gewährleistet ist und auch die elektromagnetische Verträglichkeit den einschlägigen gesetzlichen Vorschriften (NISV) entspricht.

Die Erstellung eines Erdungskonzepts bedingt sorgfältige Koordination zwischen allen Betreibern von elektrischen Anlagen im Bahnbereich wie Fahrstrom-, Sicherungs-, Telecom-, Niederspannungs- und Kabelanlagen. Ebenfalls mit an den Bahnbereich angrenzenden Anlagenbetreibern, wie Elektrizitätswerken, Leitungsnetzbetreibern etc. ist zu koordinieren.

Alles oben Gesagte gilt prinzipiell für die Wechselstrombahnen. Bei den Gleichstrombahnen muss, aus Gründen des Korrosionsschutzes, das Bahntrasse möglichst gut gegen das Erdreich isoliert werden und kann, wegen der drohenden Gleichstrom-Korrosion durch Streuströme, nicht zur Rückstromführung beigezogen werden.

Durch die räumliche Nähe von Gleich- und Wechselstrombahnen, z.B. in Gemeinschafts- und Grenzbahnhöfen oder Strassenbahnen in Stadtgebieten, fliessen oft Rückströme der Gleichstrombahnen über die Rückleitung der Wechselstrombahnen. Aufgrund der Gefährdung durch Streustromkorrosion müssen dann die Wechselstrombahnen wie eine Gleichstrombahn betrachtet werden.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

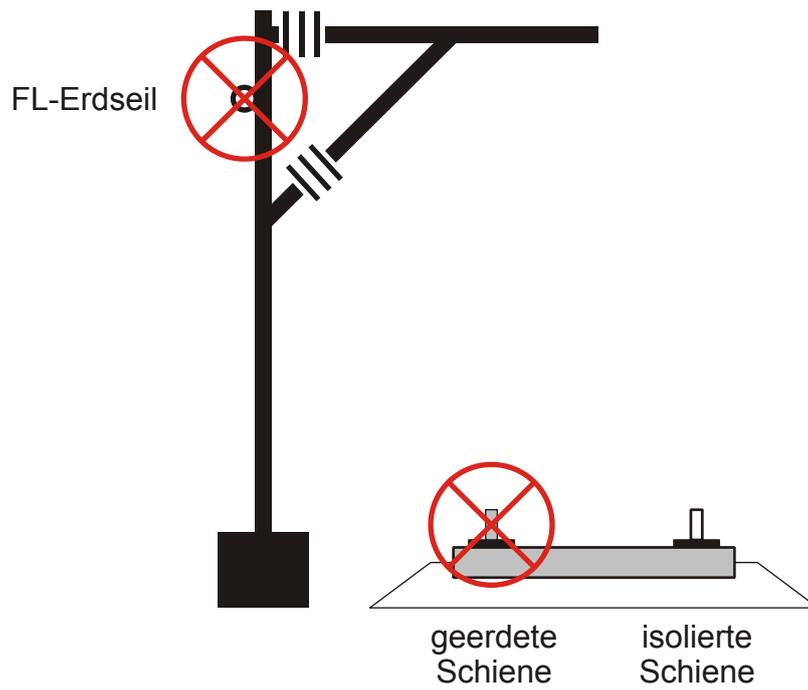
Es sind die Bestimmungen der

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3

anzuwenden.

4.6.2.1 Grundsätze für ein optimales Traktionsstrom-Rückleitungskonzept:

- Ein möglichst grosser Anteil des Traktionsrückstroms soll kontrolliert in Schienen und Erdseilen geführt werden. Damit dies auch bei Strecken mit hohen Traktionsströmen gelingt, ist alles daran zu setzen, die Rückleitungsimpedanzen zu minimieren.
- Für den Traktionsrückstrom müssen gemäss SR 734.42, VEAB, Art. 33 immer mindestens zwei voneinander unabhängige Strompfade zur Verfügung stehen. Unter unabhängigem Strompfad ist zu verstehen: Zwei Schienen oder eine Schiene und ein Erdseil. Die beiden Schienen eines zweischienig isolierten Gleises gelten nur als ein Rückleiter. Diese Vorgaben sind auch während Bauprovisorien zu erfüllen.
- Den kupferäquivalenten Querschnitt aller Traktionsstrom-Rückleiter (Erdseile, Schienen) so dimensionieren, dass er dem Kupferquerschnitt der Fahrleitungsanlage angepasst ist. Dieser Grundsatz ist nicht nur bei den Gleichstrombahnen mit gegenüber dem Erdreich isoliertem Traktionsstrom-Rückleiter, sondern auch bei den Einphasen-Wechselstrombahnen anzuwenden, speziell wenn die Leitfähigkeit des Erdreichs schlecht ist.
- Erdungssysteme und erdfühlige Leiter anderer elektrischer Anlagen sind nicht in die Bemessung der Traktionsstrom-Rückleitung einzubeziehen.
- Bei den Einphasen-Wechselstrombahnen ist der optimalen «Erdfähigkeit» der Erdungsanlagen mit blanken Leitern und den Fahrleitungs-Mastfundamenten als Erder besondere Beachtung zu schenken.
Empfehlung: Mindestens alle 250 m sind Erdseile und geerdete Schienen niederohmig miteinander zu verbinden (Querverbindungen).
- Bei den Einphasen-Wechselstrombahnen sind Traktionsstrom- Hin- und Rückleiter im Interesse einer guten elektromagnetischen Kopplung möglichst nahe beieinander zu führen. Siehe dazu die Beispiele im Kapitel 10, Fahrleitungsanlagen.

**Bild 4.9**

2 unabhängige Strompfade

- FL-Erdseil
- Schienenstrang durchgehend verschweisst oder mit Schienenverbindern oder
- zweischienig isoliertes Gleis

Grundsätze	4 01.11.2008
------------	-----------------

4.7 Traktionsstrom-Rückleiter

4.7.1 Schienenimpedanzen

Gleichstrombahnen:

	Profil 46E1	Profil 54E2	Profil 60E2
1 Schiene	0.039 Ω /km	0.034 Ω /km	0.030 Ω /km
2 Schienen	0.019 Ω /km	0.017 Ω /km	0.015 Ω /km

Tabelle 4.2

46E1 = Profil I 54E2 = Profil IV 60E2 = Profil VI

Wechselstrombahnen 16,7 Hz:

Die spezifischen Impedanzen sind sowohl von der Frequenz wie auch vom fließenden Strom abhängig.

Die Schienen sind aus Stahl, einem ferromagnetischen Material. Fließt Wechselstrom durch die Schienen, entsteht ein Stromverdrängungseffekt («Skin-Effekt»). Aus diesem Grund nimmt die Schienenimpedanz mit steigender Frequenz und grösserem Strom zu.

Die unten stehenden Werte sind nur ungefähre Richtwerte bei einem hohen, in der Schiene fließenden 16,7 Hz-Wechselstrom.

	Profile 46E1, 54E2, 60E2
1 Schiene	0.200 Ω /km
2 Schienen	0.100 Ω /km

Tabelle 4.3

46E1 = Profil I 54E2 = Profil IV 60E2 = Profil VI

4.7.2 Widerstand des Erdseils (Rückleitungsseils)

1 Erdseil 95 mm ² , Cu	0.184 Ω /km
1 Erdseil 150 mm ² , Cu	0.119 Ω /km

Tabelle 4.4

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

4.7.3 Erdwiderstand

Wie aus nachfolgenden Werten zu entnehmen ist, kann der spezifische Erdwiderstand bis um den Faktor 1'000 variieren.

Bodenart	spezifischer Widerstand
Moor	5 ... 40 Ωm
Lehm, Ton, Humus	20 ... 200 Ωm
Sand	200 ... 2'500 Ωm
Kies, Granit	2'000 ... 3'000 Ωm
Verwittertes Gestein	1'000 ... 3'000 Ωm

Tabelle 4.5

In der Literatur wird als Mittelwert für Mitteleuropa 25 ... 27 Ωm genannt.

Weiter gilt es zu beachten, dass Erdwiderstände bei gefrorenen oder ausgetrockneten Böden im Bereich der Erdoberfläche (0.5 – 1 m) auch höher sein können. In der Regel sind die spezifischen Erdwiderstände in grösseren Tiefen wesentlich grösser als in unmittelbarer Nähe des Gleisbetts.

Im Schweizer Mittelland verläuft ein Bahntrasse grossenteils in der Ebene oder in einem Talboden. Wenige Meter unter der Erdoberfläche befinden sich Grundwasserströme. In solchen Fällen wird die Erdleitfähigkeit mehr von der Leitfähigkeit des mit Mineralien angereicherten Wassers als von der Gesteinsart bestimmt.

Grundsätze	4 01.11.2008
------------	-----------------

4.8 Kopplungsmechanismen

Bei einer (Wechselstrom-)Bahnanlage verlaufen die Stromkreise von Fahrstrom-, Sicherungs-, Telecom-, Niederspannungs- und Kabelanlagen in teils nur geringen Abständen parallel dem Bahntrasse und können sich gegenseitig beeinflussen. Eine erfolgreiche Projektierung von Traktionsstrom- und Erdungsanlagen setzt die Kenntnis und die Berücksichtigung der Mechanismen dieser gegenseitig möglichen Beeinflussungen voraus.

4.8.1 Ohmsche Kopplung (galvanisch)

Zwei Stromkreise sind dann galvanisch gekoppelt, wenn über einen ohmschen Widerstand Strom vom einen in den anderen Stromkreis fließen kann.

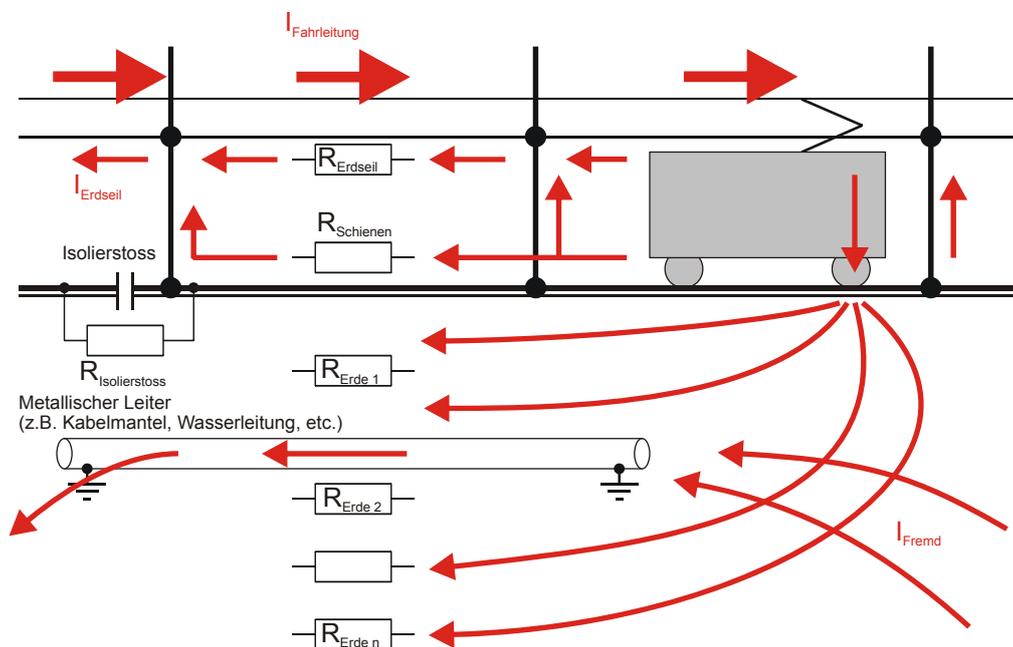


Bild 4.10
Ohmsche Kopplung (galvanisch)

4.8.1.1 Einkopplung von Traktionsrückstrom

Der Traktionsrückstrom teilt sich auf das Erdseil, die Schienen und das Erdreich auf. Wie jeder Strom geht auch der Teil im Erdreich den Weg des geringsten Widerstands. Sind im Erdreich metallische Leiter vorhanden, so leiten diese den Strom bedeutend besser als das umliegende Erdreich, d.h. ein Teil des Traktionsrückstroms wird dem metallischen Leiter eingekoppelt.

4.8.1.2 Einkopplung von Erdrückströmen fremder elektrischer Systeme

Dem Anteil des im Erdreich fließenden Traktionsrückstroms können sich allenfalls noch Erdrückströme anderer elektrischer Systeme überlagern (z.B. vom 50 Hz Drehstromnetz), von einer anderen (Gleichstrom-)Bahn etc., d.h. neben dem Teil des Traktionsrückstroms wird dem metallischen Leiter noch ein Fremdstrom galvanisch eingekoppelt.

Es gilt zu beachten, dass fremde Erdströme wegen der fehlenden elektromagnetischen Kopplung über beachtliche räumliche Distanzen störend wirken können.

4.8.2 Induktive Kopplung (Induktion)

Werden mehrere von Wechselströmen durchflossene Leiterschleifen parallel nebeneinander geführt, so wird in jeder Leiterschleife eine Spannung induziert, die sich aus einer Selbstinduktionsspannung und einer Gegeninduktionsspannung zusammensetzt. Für eine allfällige induktive Kopplung massgebend ist die Gegeninduktivität (M_{12}).

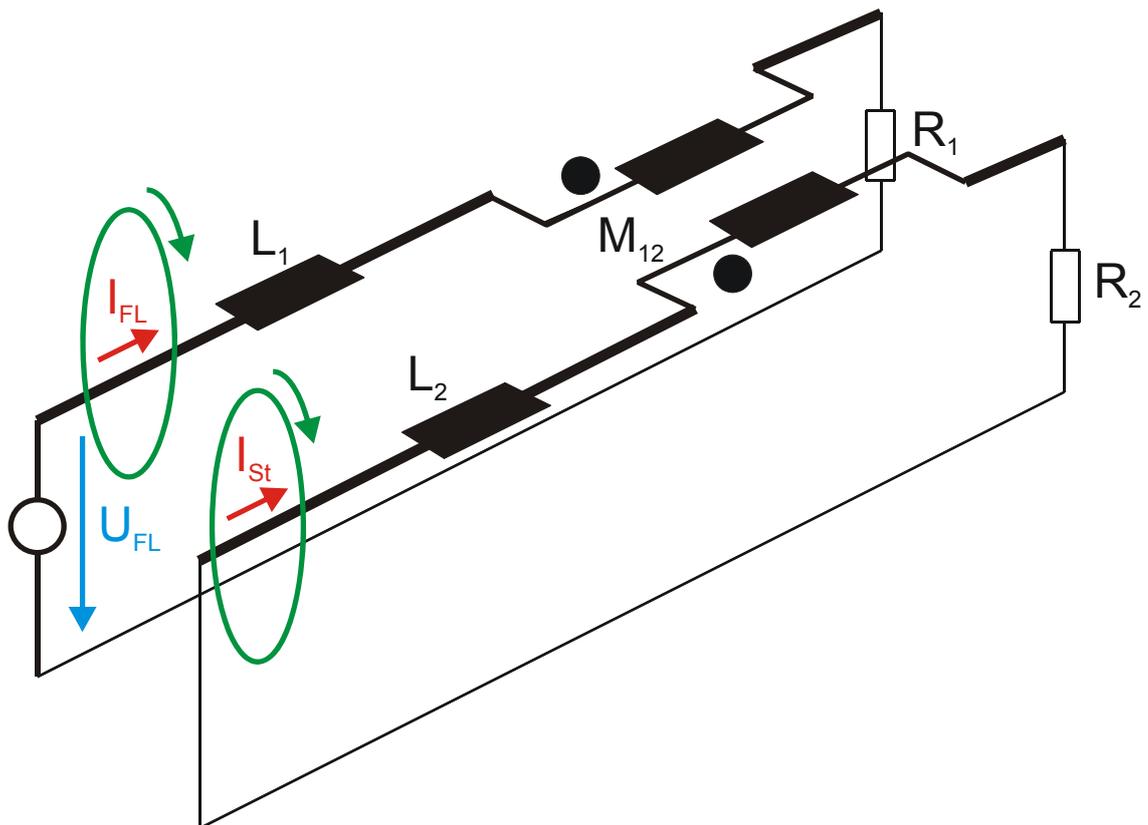


Bild 4.11
Prinzip induktive Kopplung.

Induktive Kopplung bedeutet, dass ein Strom, welcher in einem Stromkreis fließt, durch das **magnetische Feld** auf einen anderen, sich in der Nähe befindlichen Stromkreis übertragen werden kann.

Voraussetzungen für die induktive Kopplung sind:

- Vorhandensein eines beeinflussenden und eines beeinflussten Stromkreises.
- Beide Stromkreise müssen geschlossen sein.
- Im beeinflussenden Stromkreis muss Strom fließen.
- Die beiden Stromkreise müssen gegeneinander eine Lage einnehmen, dass das Magnetfeld, verursacht durch den Strom im beeinflussenden Stromkreis, die aufgespannte Fläche des beeinflussten Stromkreises durchdringen kann.

Die induktive Kopplung ist umso grösser, je länger und je näher beeinflussender und beeinflusster Stromkreis parallel verlaufen und je mehr die aufgespannte Fläche des beeinflussten Stromkreises vom magnetischen Feld des beeinflussten Stromkreises durchdrungen werden kann.

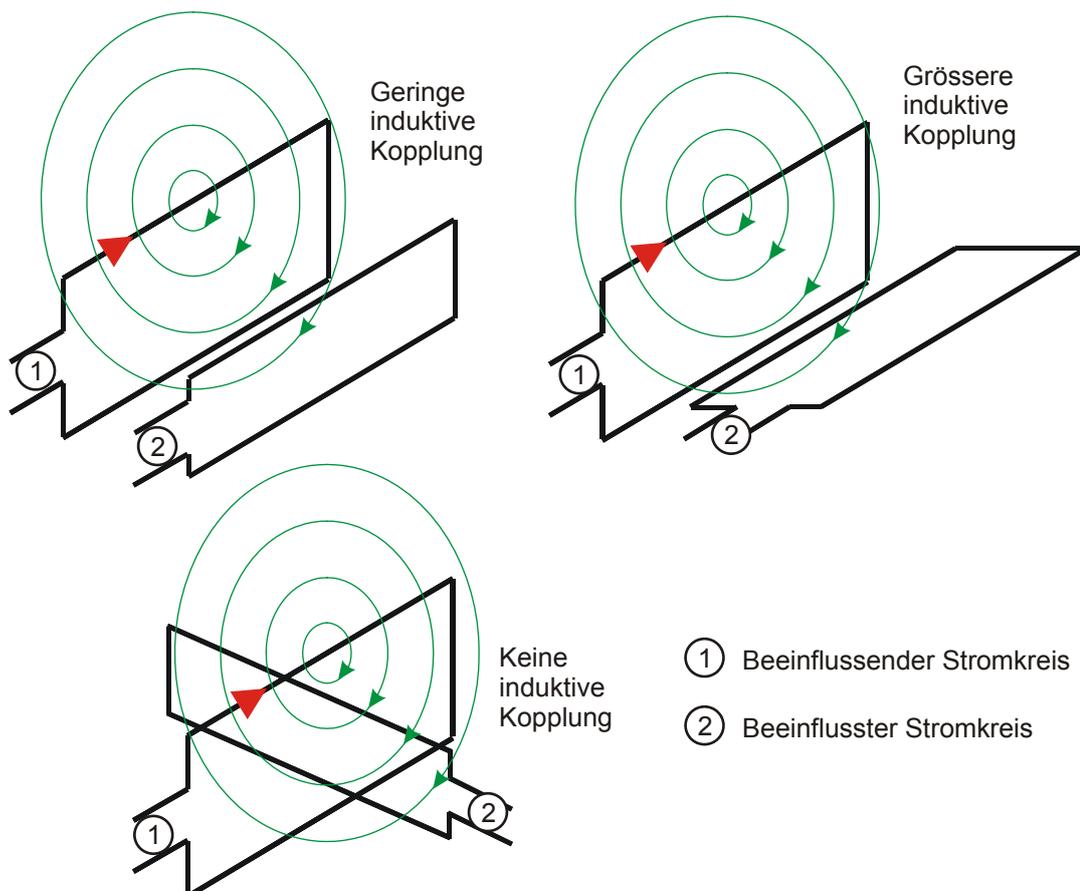


Bild 4.12
Einfluss der Lage der Leiterschleifen auf die induktive Kopplung

Alle stromführenden Leiter einer Wechselstrom-Traktionsversorgung sind miteinander induktiv gekoppelt. Fahrdrabt und Erdseil, Fahrdrabt und Schiene plus Erdreich und auch Schiene und Erdreich bilden jeweils Leiterschleifen. Zwischen diesen Leiterschleifen besteht somit immer auch eine induktive Kopplung.

Auch alle Leiter anderer elektrischer Systeme, die im Bahnbereich verlaufen, sind dem resultierenden magnetischen Feld der Wechselstrom-Traktionsversorgung ausgesetzt.

Durch das Einhalten der Grundsätze gemäss Abschnitt 4.6.2.1 kann die magnetische Kopplung der Traktionsstromkreise der Wechselstrombahnen so optimiert werden, dass:

- Andere elektrische Systeme im Bahnbereich möglichst wenig beeinflusst werden.
- Die NISV eingehalten wird.
- Ein möglichst grosser Anteil des Traktionsrückstroms in den dafür geplanten Leitern (Rückleiterseile) fliesst.
- Die gesetzlichen Anforderungen an den Personenschutz sicher und dauerhaft gewährleistet werden können.
- Die Voraussetzungen geschaffen werden, dass bei Wechselstrombahnen die Bahnerde mit der EW-Erde (Anlageerdung Hochspannungsanlage 50 Hz) zwecks Potentialausgleichs gefahrlos gemäss AB-VEAB, AB 40.1 zusammengeschaltet werden kann.

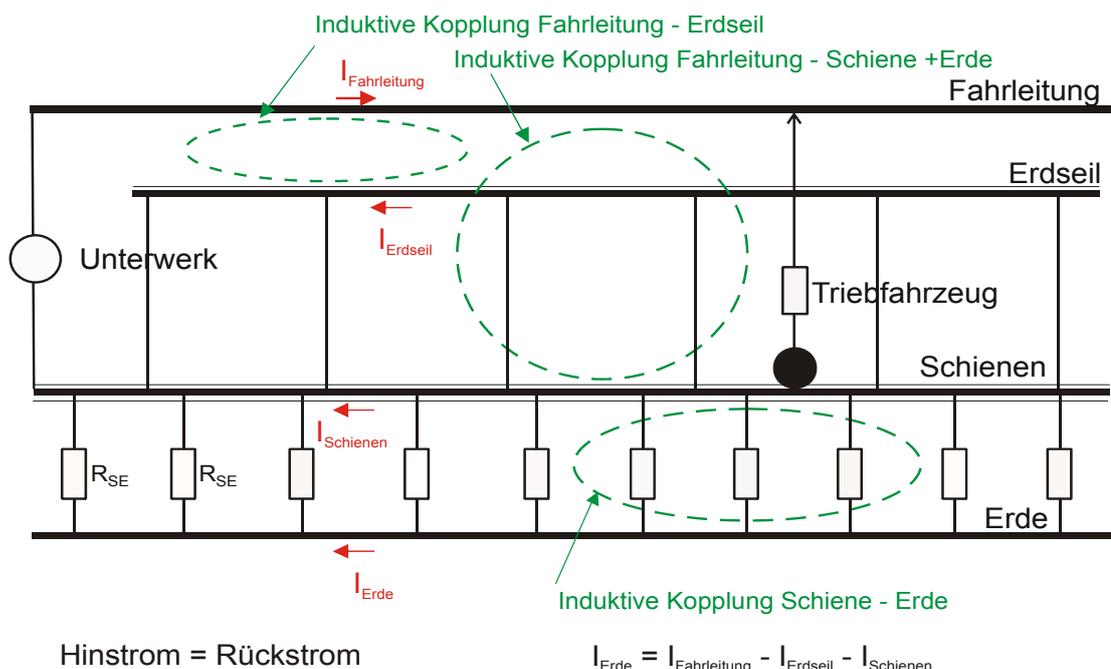


Bild 4.13

Stromkreis einer einphasigen Wechselstrom-Bahnstromversorgung, dargestellt mit den wichtigsten induktiven Kopplungen (in Wirklichkeit ist jeder stromführende Leiter mit allen anderen stromführenden Leitern gekoppelt).

4.8.3 Kapazitive Kopplung (Influenz)

Zwischen zwei parallel geführten elektrischen Leitern besteht eine elektrische Kapazität. Durch diese Kopplungskapazität kann eine elektrische Spannung von einem auf den anderen Leiter übertragen werden.

Beispiel: Nichtgeerdete, abgeschaltete Fahrleitung eines Nebengleises, welches parallel zu einem Hauptgleis liegt.

Die Fahrleitung als beeinflussender Leiter bildet gegenüber Erde eine elektrische Kapazität (C_1). Auch ein beeinflusster Leiter verfügt über eine elektrische Kapazität (C_2). Verläuft dieser parallel und genügend nahe einer Fahrleitung, so besteht zwischen diesen eine elektrische Kopplungskapazität (C_{12}) → kapazitiver Spannungsteiler.

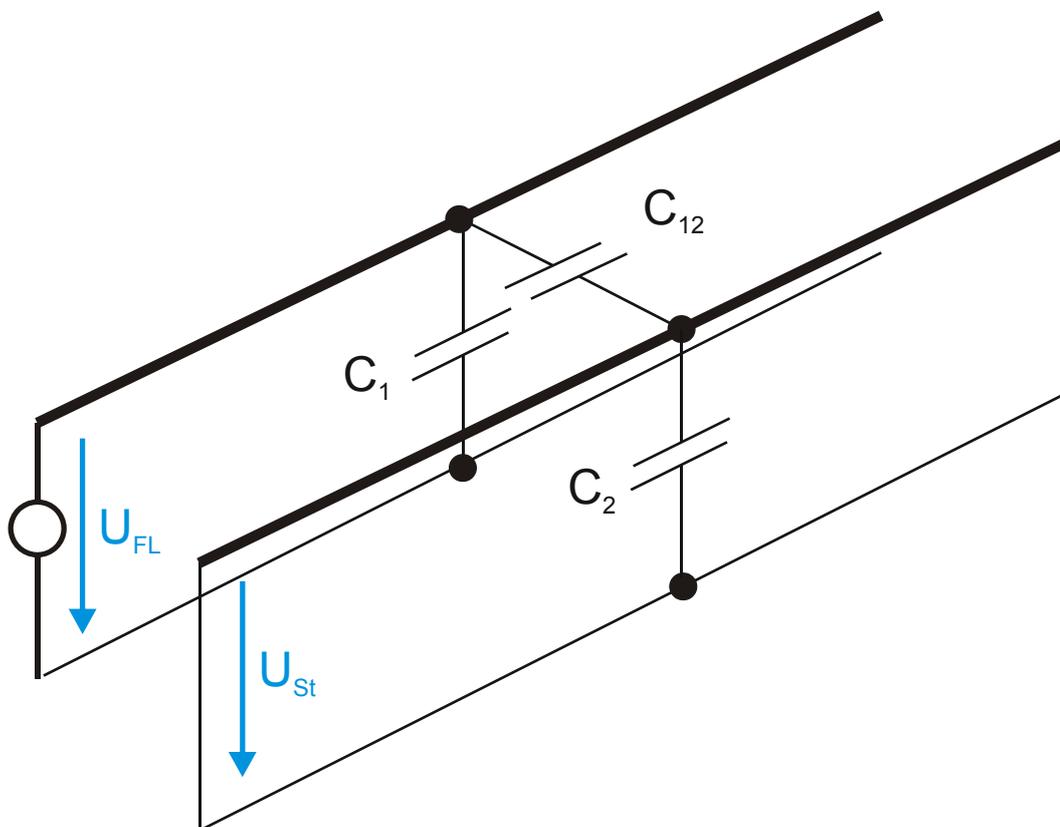


Bild 4.14
Prinzip kapazitive Kopplung

Kapazitive Kopplung bedeutet, dass eine **Spannung**, welche an einem eingeschalteten elektrischen Leiter anliegt, durch das **elektrische Feld** auf einen anderen, sich in der Nähe befindlichen Leiter übertragen werden kann.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

Voraussetzungen für die kapazitive Kopplung sind:

- Vorhandensein eines beeinflussenden und eines beeinflussten Leiters.
- Der beeinflussende Leiter muss eingeschaltet sein, d.h. es muss Spannung anstehen.
- Die beiden Leiter müssen gegeneinander eine Lage einnehmen, dass das elektrische Feld, verursacht durch die Spannung im beeinflussenden Leiter, den beeinflussten Leiter durchdringen kann.

Die kapazitive Kopplung ist umso grösser, je länger und je näher der beeinflussende und der beeinflusste Leiter parallel verlaufen.

Weitere mögliche Einflüsse auf Kopplungsparameter sind der Schaltzustand des Netzes, die Bodenbeschaffenheit, die Jahreszeit und die Witterung.

Damit gegen Erde isolierte Leiter nicht zur Gefahr für Mensch und Tier werden, sind diese zu erden, sobald die Sicherheitsabstände nicht eingehalten werden können.

Achtung Lebensgefahr!

Jede Leitung ist als unter (Influenz-)Spannung stehend zu betrachten, wenn sie nicht geerdet ist.

In der Praxis können Kombinationen von galvanischer, induktiver und kapazitiver Kopplung auftreten. Bei der Projektierung einer (Wechselstrom-) Fahrleitungs- und Erdungsanlage sind die möglichen Kopplungsarten galvanisch, induktiv und kapazitiv abzuschätzen und zu berücksichtigen.

4.9 Magnetische Felder

Der Hin- und Rückleiter eines Stromkreises bilden eine Leiterschleife. Diese verursacht ein Magnetfeld, das umso kleiner ist, je kleiner die aufgespannte Fläche zwischen diesen beiden Leitern ist. Je näher also der Hin- und Rückleiter beieinander liegen, desto mehr kompensieren sich die durch Hin- und Rückstrom verursachten Magnetfelder.

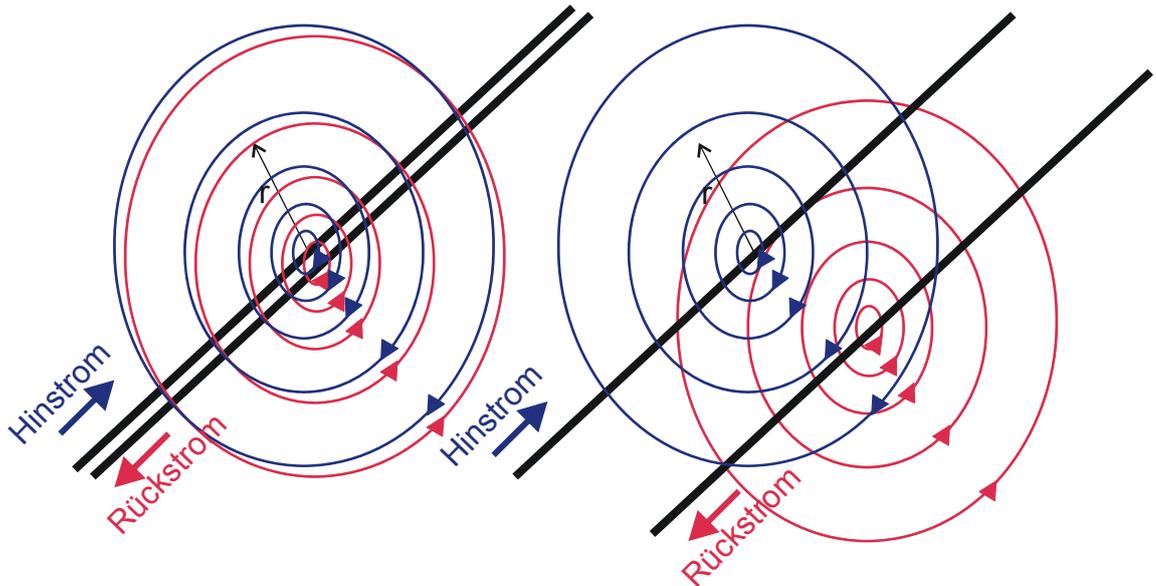


Bild 4.15

Beeinflussung der Stärke des resultierenden Magnetfeldes durch die Leiterdistanz

Empfehlung:

Jedes (Strecken-)Gleis muss mit einem Erdseilquerschnitt von mindestens 95 mm², Cu ausgerüstet sein.

Aussage: Je grösser der im Erdseil fließende Anteil des Rückstroms ist, desto kleiner wird das störende Magnetfeld. Idealfall: Der Hinstrom entspricht dem Rückstrom im nahen Erdseil.

Lösung: Grosser Querschnitt des Erdseils, mehrere Erdseile

Aussage: Je kleiner der Abstand zwischen dem Hin- und Rückleiter eines Stroms ist, desto kleiner wird das störende Magnetfeld.

Lösung: Erdseil in kleinstmöglichem Abstand zur Hinstrom führenden Fahrleitung, Hilfsleitung, Speiseleitung oder Umgehungsleitung führen.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

Der Rückstrom soll durch den Einsatz von Erdseilen immer möglichst nahe bei den Hinstrom führenden Leitern geführt werden. Der Fahrdraht ist jedoch oft nicht der stromführende Hinleiter. In Bahnhöfen sind es meist Speise- und Umgehungsleitungen die den Hauptanteil des Traktionsstroms führen.

Ein Betreiber einer elektrischen Anlage ist gesetzlich dazu verpflichtet, die im Bereich seiner Anlagen auftretenden Magnetfelder zu minimieren. Dies gilt ebenfalls für die Betreiber von Wechselstrombahnen.

Ein möglichst schwaches resultierendes magnetisches Feld der Traktionsstromversorgung ist die Grundvoraussetzung, dass die Anlagen elektromagnetisch verträglich sind. Siehe dazu auch EMV, Kapitel 7.

Die NISV definiert die Anforderungen an die Traktionsstromversorgung von Wechselstrombahnen bezüglich Emissionen durch magnetische Felder.

Das BAV hat diese Anforderungen in der «Checkliste Umwelt für nicht UVP-pflichtige Eisenbahn-Bauvorhaben» Kapitel 3.5, nichtionisierende Strahlung, vom August 2000 erläutert und zusammengefasst.

Nur wenn die Erdungs- und Traktionsstrom-Rückleitungsanlagen zusammen mit den Fahrleitungsanlagen konzipiert und geplant werden, können die magnetischen Felder minimiert und somit die Anforderungen der NISV erfüllt werden.

Dem BAV ist mit der Planvorlage ein NISV-Standort-Datenblatt einzureichen. Siehe auch Erdungshandbuch, Kapitel 5, «Dokumentation».

4.9.1 Grundsätze und Empfehlungen zum Minimieren der magnetischen Felder

Folgende Grundsätze sind bei der Planung zu berücksichtigen:

Erdseile als Traktionsstromrückleiter möglichst nahe den Strom führenden Leitern der Fahrleitungsanlage anordnen gemäss NISV, Anhang 1, Abschnitt 5.

Achtung: Je nach Disposition / Schema der Fahrleitung ist nicht der Fahrdraht, sondern eine Umgehungsleitung, ein Feederleiter, eine Verstärkungsleitung oder ein Kabelfeeder Traktionsstrom führend.

Rückleiter miteinander mit Querverbindungen koppeln gemäss AB-VEAB, AB 33.2.

Bei Wechselstrombahnen müssen die Schienen und die Erdseile miteinander und über die Mastfundamente als Erder mit dem Erdreich verbunden werden. Niederohmige (Kupfer-)Verbindungen mit einem minimalen Querschnitt von 50 mm^2 im Abstand von maximal 250 – 300 m anbringen.

Bei Gleichstrombahnen darf das Erdreich für einen guten Korrosionsschutz nicht einbezogen werden. Die Rückleiter Schienen und Erdseile müssen gegenüber dem Erdreich isoliert werden. Es sind die Bestimmungen der

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3

anzuwenden.

Erdseilquerschnitte genügend bemessen:

Je niederohmiger die Erdseile im Vergleich zu den Schienen und dem Erdreich sind, umso grösser ist der Rückstromanteil, der in den Erdseilen fliesst und gleichzeitig das resultierende Magnetfeld der Traktionsstromversorgung minimiert.

In den meisten Fällen, bei relativ guter Erdleitfähigkeit, muss jedes Streckengleis mindestens mit einem Erdseilquerschnitt von 95 mm^2 , Cu ausgerüstet sein. Bei Gleichstrombahnen und ebenfalls bei Wechselstrombahnen auf felsigem und schlecht leitendem Untergrund (z.B. Fels oder im Bereich von Kunstbauten) sind allenfalls grössere Erdseilquerschnitte (oder auch mehrere parallele Erdseile in optimiertem Abstand) zu wählen.

Erdseilquerschnitt pro (Strecken-)Gleis:

Bei Wechselstrombahnen mindestens 95 mm^2 , Cu.

Bei Gleichstrombahnen gleicher Querschnitt wie die Fahrleitung.

Bei Gleichstrombahnen darf für einen guten Korrosionsschutz das Erdreich nicht einbezogen werden. Die Rückleiter Schienen und Erdseile müssen gegenüber dem Erdreich isoliert werden.

Es sind die Bestimmungen der

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3

anzuwenden.

Gute Beispiele von ausgeführten Anlagen sind in den Fachartikeln im Kapitel 16.1 beschrieben.

4.10 Verschleppen des Potentials der Bahnerde

Rechtwinklig und beidseitig eines elektrifizierten Bahntrasses verläuft ein Potentialtrichter. Dieser zeigt, wie weit entfernt von der Bahntrasse der elektrische Einfluss der Bahnstromversorgung noch spürbar ist. Nahe der Trasse ist der Trichter steil, dort kann sich eine grosse Potentialdifferenz (elektrische Spannung) zwischen zwei nahe beieinander liegenden Punkten ergeben. Weiter aussen flacht der Potentialtrichter ab, d.h. die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten geht gegen Null, der Einfluss der Bahnstromversorgung ist dort nicht mehr existent.

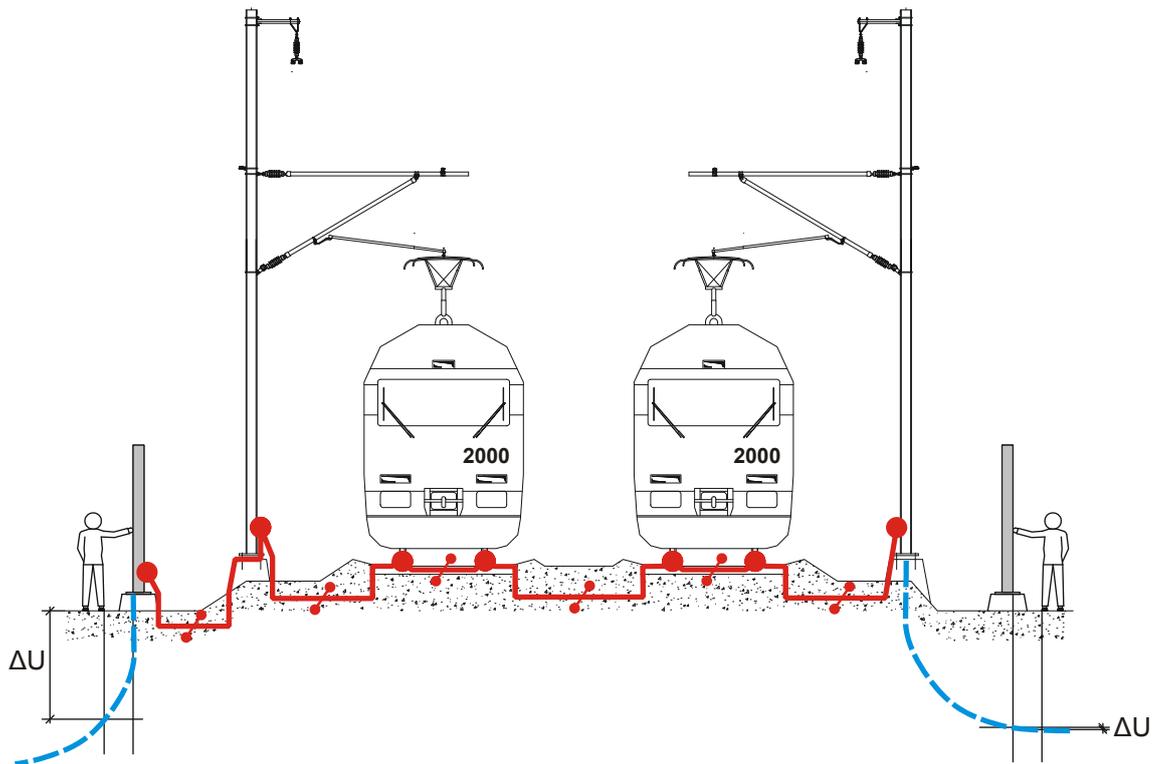


Bild 4.16
Bahnquerschnitt mit Potentialtrichter

Die Lärmschutzwand links ist mit Bahnerde verbunden, diejenige auf der rechten Seite nicht. Durch das Verbinden mit Bahnerde wird der Potentialtrichter nach aussen verschoben, d.h. die Bahnerde wird verschleppt.

Werden ausserhalb des Bahnareals liegende Objekte (z.B. metallische Zäune, Wasserleitungen etc.) mit Bahnerde verbunden, so wird dadurch der Potentialtrichter von der Bahntrasse weg nach aussen verschoben. Im Grenzbereich zur neutralen Erde und zu anderen, mit Bahnerde nicht verbundenen Erdungssystemen können gefährliche Potentialdifferenzen entstehen.

Grundsätzlich ist die Bahnerde innerhalb der Zone 1 zu begrenzen.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

Wenn möglich ist zu vermeiden, dass das Potential der Bahnerde in den Bereich ausserhalb der Zone 2 gebracht wird. Siehe dazu auch Kapitel 4.5, «Zonen der Bahnerde».

Schutzerdverbindungen sollten möglichst keine Traktions-Rückströme führen. Somit soll ein zu schützendes Objekt mit einer Stichleitung «quer zur Bahn» auf dem kürzesten Weg an die Bahnerde angeschlossen werden.

Die Bahnerde einer Gleichstrombahn ist von anderen Erdungssystemen grundsätzlich getrennt zu halten, damit vagabundierende Traktionsrückströme vermieden werden. Nur wenn eine Trennung nicht möglich ist, ist Potentialausgleich die Lösung zweiter Wahl. Es sind die Bestimmungen der

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3

anzuwenden.

4.10.1 Berührungsschutz statt Schutzerdung

Anstelle des Anschlusses an die Bahnerde kann der Personenschutz innerhalb und ausserhalb der Zone 2 auch mit Hilfe von Isolierabdeckungen sichergestellt werden.

4.10.2 Objekte mit doppeltem Anschluss an Bahnerde

Muss ein Objekt durch zwei unabhängige Anschlüsse an die Bahnerde geschützt werden, so sind diese an zwei nahe liegenden, möglichst potentialgleichen Punkten längs des Bahntrasses anzuschliessen.

4.11 Rückstromführung AC/DC

Beim Zusammentreffen von Wechsel- und Gleichstrom-Bahnanlagen sollte die erdungstechnische Betrachtungsweise der Gleichstrombahn im Vordergrund stehen, damit das Thema der Streustromschutzmassnahmen ausreichend behandelt werden kann.

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen bei Rückstromführung AC/DC sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3, Kapitel 13 700 und 22 310

zu entnehmen.

Grundsätze	4 01.11.2008
-------------------	-------------------------------

4.12 Gemeinschaftsbahnhöfe AC und DC

Neuanlagen sind mit dem Ziel auf Trennung der Erdungsanlagen zu planen.

In bestehenden Anlagen ist eine nachträgliche Trennung der Erdsysteme, wenn überhaupt, nur mit sehr grossem Aufwand möglich. Viele Anlagen wurden in den letzten Jahren mit aktiven Schutzmassnahmen saniert.

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen bei Gemeinschaftsbahnhöfen AC/DC sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3, Kapitel 13 700 und 22 310

zu entnehmen.

4.13 AC und DC auf dem gleichen Gleis

Die Erdungsanlage ist gemäss den Grundsätzen für Gleichstrombahnen auszuführen.

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen bei AC und DC auf dem gleichen Gleis sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Kommission der SGK, C 3, Kapitel 13 700 und 22 310

zu entnehmen.



5 Dokumentation

Die Dokumentation des Erdungskonzepts ist ein Bestandteil der in der Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen aufgeführten Unterlagen. Der VPVE, Art. 3 ist in der Richtlinie des BAV zu Art. 3 VPVE: «Anforderungen an Planvorlagen» detailliert erläutert.

5.1 Erdungskonzept

In einer Planvorlage an das BAV ist das Erdungskonzept einer Anlage zu dokumentieren. Das Erdungskonzept muss die gesetzlichen Vorschriften gemäss VEAB, Art. 40 erfüllen.

Als Checkliste für die Vollständigkeit des Erdungskonzepts dient AB-VEAB, AB 40.1. Für Gleichstrombahnen ist zusätzlich AB-VEAB, AB 40.2 zu beachten.

Das Erdungskonzept zeigt die geplanten Konzepte für Erdung, Traktionsstrom-Rückleitung und Potentialausgleich schematisch auf. Für das PGV genügen schematische Angaben nach Kapitel 5.2.1 und 5.2.2. Im späteren Projektverlauf können gegebenenfalls detailliertere Unterlagen und Nachweise nachgeliefert werden.

Dokumentation	5 01.11.2008
----------------------	-------------------------------

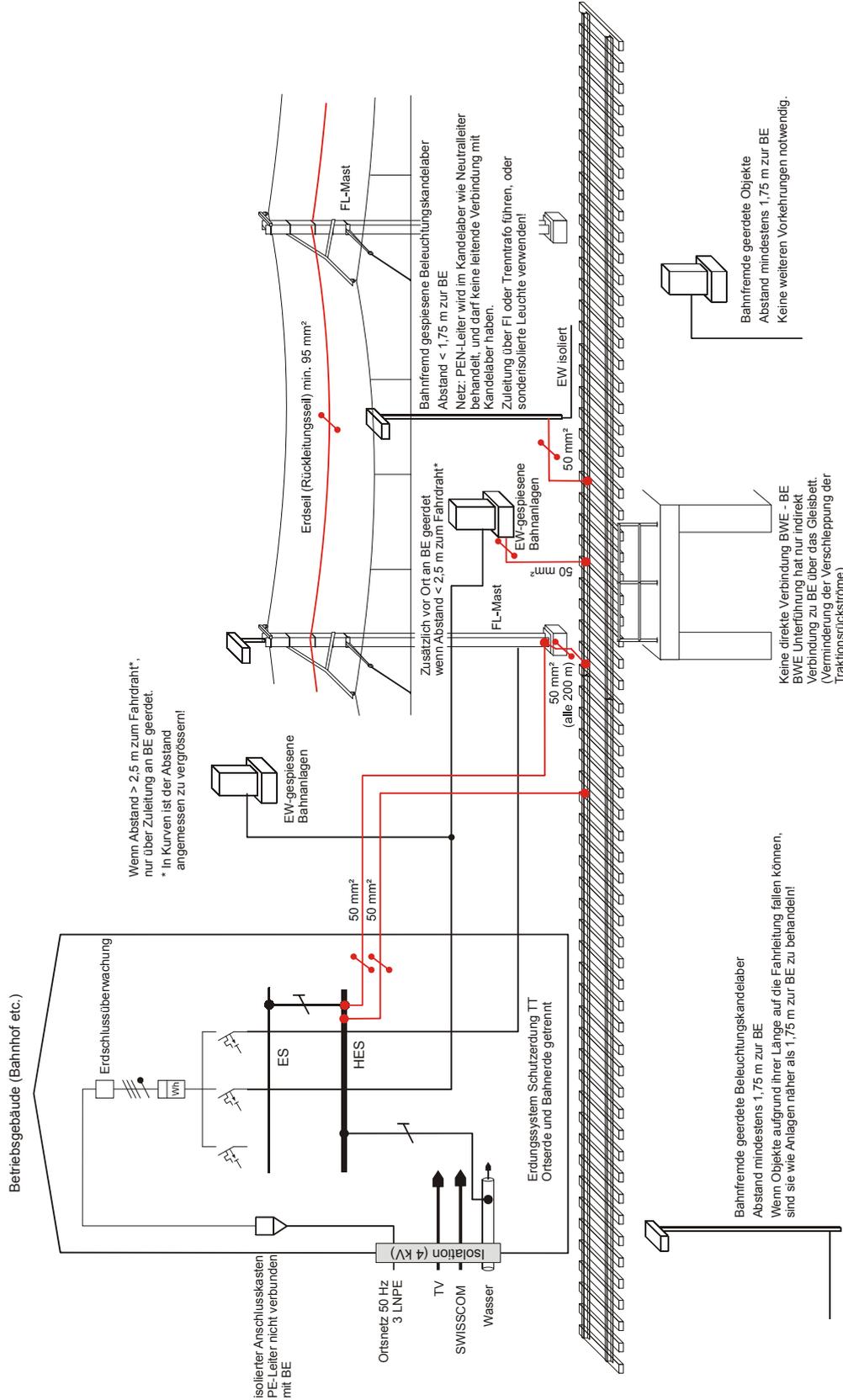
5.2 Erdungsplan

Es wird empfohlen, das Erdungskonzept in einem schematischen Erdungsplan darzustellen. Das Erdungskonzept muss für alle Anlageteile ersichtlich sein sowie alle Leiterquerschnitte und die Anordnung der Erdleiter und Traktionsstrom-Rückleiter zeigen. Nachstehend sind:

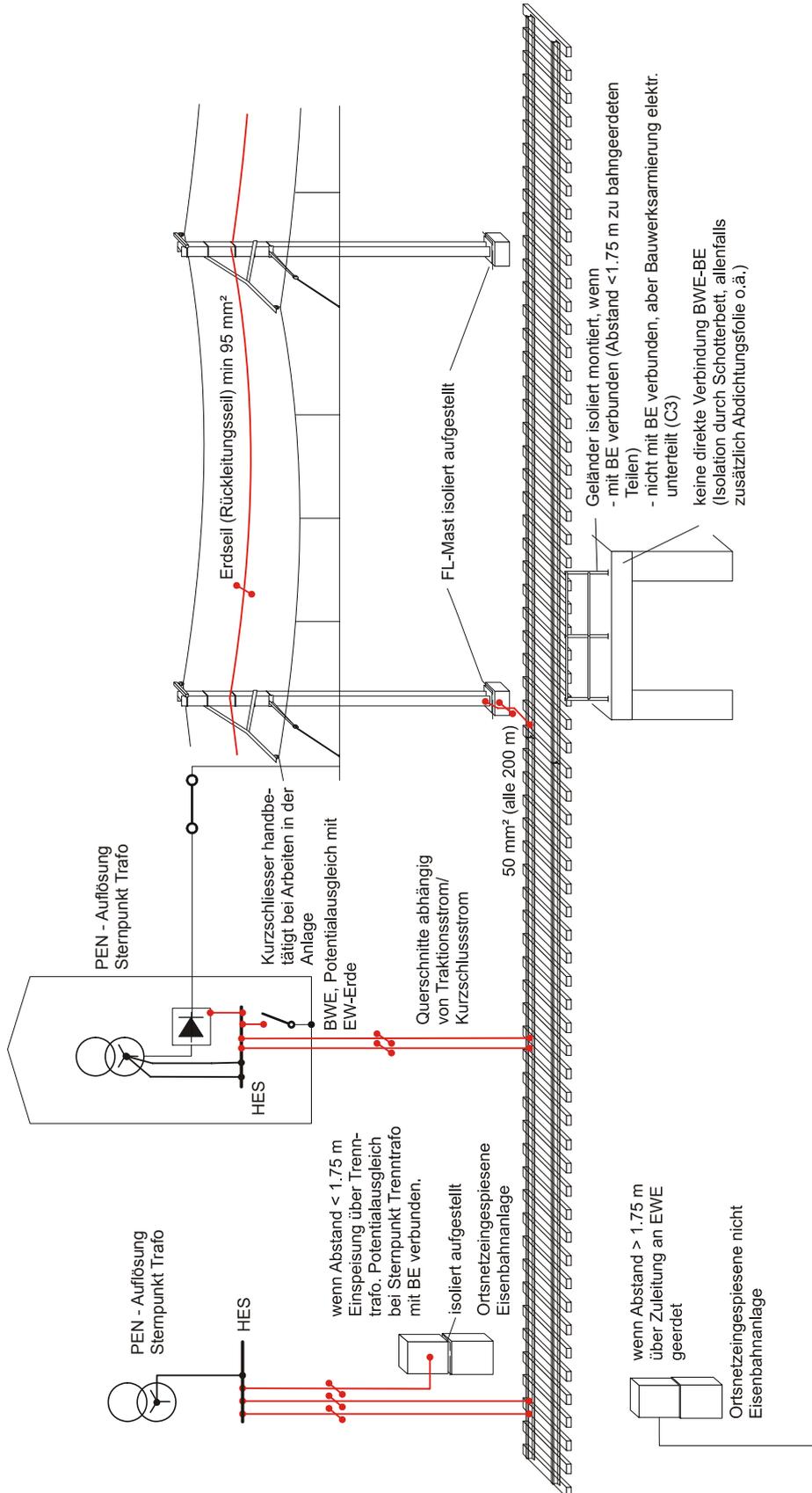
- ein schematischer Erdungsplan für eine Wechselstrom-Bahnanlage und
- ein schematischer Erdungsplan für eine Gleichstrom-Bahnanlage

als Muster dargestellt.

5.2.1 Schematischer Erdungsplan für eine Wechselstrom-Bahnanlage



5.2.2 Schematischer Erdungsplan für eine Gleichstrom-Bahnanlage



Dokumentation	5 01.11.2008
----------------------	-------------------------------

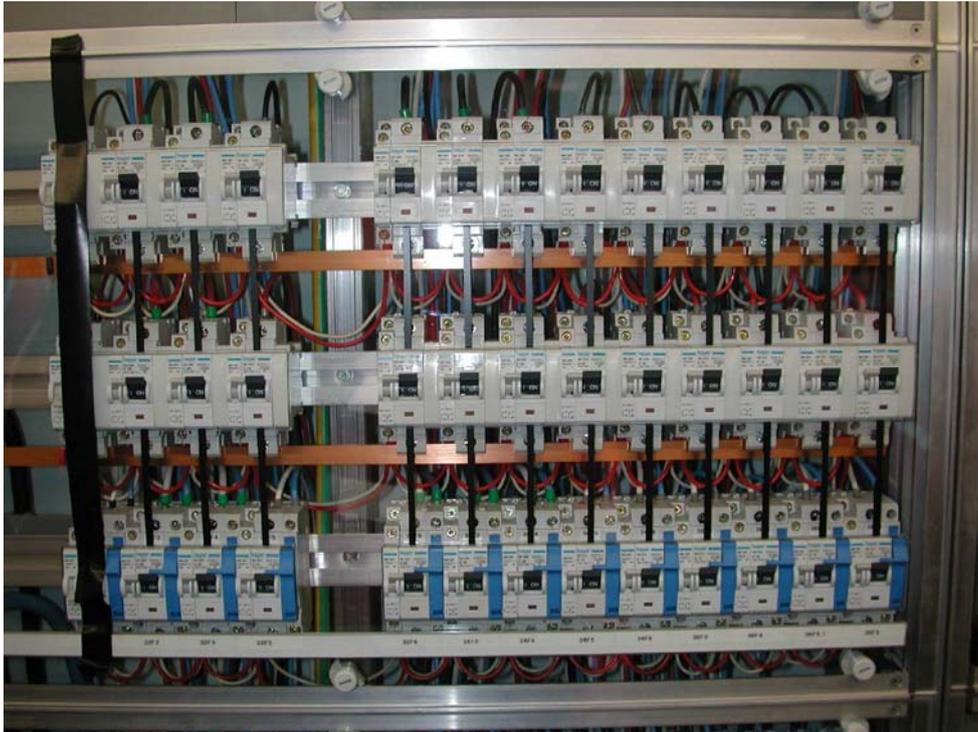
5.3 Standortdatenblatt gemäss NISV

Wenn eine Fahrleitungsanlage neu gebaut, verlegt oder auf mehrere Spuren ausgebaut wird, muss dem BAV ein Standortdatenblatt eingereicht werden. Was das Standortdatenblatt enthalten muss, ist in der NISV, Art. 11, Abs. 2 ausgeführt.

Bei kleineren Umbauten und Erneuerungen von Fahrleitungsanlagen genügt es, im Erdungskonzept Erdseile möglichst nahe den stromführenden Hinleitern (auf der Strecke meist Fahrdraht, in Stationsanlagen Umgehungsleitung) nachzuweisen.

Weitere Informationen zu diesem Themenkreis siehe Artikel [11] und [12] des Literaturverzeichnisses im Abschnitt 17.1 dieses Erdungshandbuchs.

Zu diesem Thema siehe auch die Website des BAFU: «Anforderungen nach NISV: Eisenbahnen». (Die URL siehe Kapitel 17.2).



6 Schutz- und Erdungsmassnahmen

6.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

6.1.1 Basisschutz

Mit dieser Massnahme wird der Schutz gegen direkten elektrischen Schlag im Normalbetrieb sichergestellt (Isolierung, Abdeckungen, Hindernisse und Abstand).

6.1.2 Fehlerschutz

Mit dieser Massnahme wird der Schutz gegen elektrischen Schlag im Fehlerfall sichergestellt.

6.1.2.1 Schutz durch automatische Abschaltung

Die Schutzeinrichtung für den Fehlerschutz muss die Stromversorgung des zu schützenden Stromkreises oder Betriebsmittels automatisch abschalten, damit im Fehlerfall keine höhere Berührungsspannung als 50 V AC oder 120 V DC entsteht. Wenn eine höhere Berührungsspannung auftritt, gelten die Spannungsgrenzen gemäss Bild 4.3.

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
--------------------------------------	-------------------------------

6.2 Potentialausgleich

6.2.1 Allgemeines

In jedem Gebäude ist ein Hauptpotentialausgleichsleiter zu verlegen. Dieser soll alle elektrisch leitfähigen Teile miteinander verbinden, damit Potentialdifferenzen zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen begrenzt werden können. Sollten die Bedingungen für Nullung oder Schutzerdung nicht eingehalten werden können, kann es zur Verminderung von Spannungsdifferenzen erforderlich sein, einen zusätzlichen Potentialausgleichsleiter zu verlegen.

Der Anschluss von Anlageteilen am Potentialausgleich ist seriell und mit möglichst kurzen Verbindungen auszuführen.

6.2.2 Hauptpotentialausgleich

Der Potentialausgleich ist grundsätzlich gemäss VEAB, unter Berücksichtigung der NIN zu erstellen und zu dimensionieren.

Folgende leitfähige Teile sind mit dem Hauptpotentialausgleich zu verbinden:

- Hauptleitungen von Wasser und Gas
- Andere metallene Rohr- und Kanalsysteme, z.B. Steigleitungen zentraler Heizungs- und Klimaanlage
- Haupterdungsleiter, Haupterdungsklemme oder Haupterdungsschiene
- PEN Leiter der Anschlussleitung
- Hauptschutzleiter
- Metallene Verstärkungen oder Bewehrungen der Gebäudekonstruktion soweit möglich
- Blitzschutzanlage (Achtung, der Hauptpotentialausgleich darf nicht als Erdungsleiter der Blitzschutzanlage dienen)
- Schienen von Aufzugsanlagen (beidseitig)
- Ausgedehnte berührbare und tragende Gebäudekonstruktionen (Stahlträger)
- Metallene Elektrokanäle
- Fernwärme-Anlagen
- Sprinkleranlagen
- Feuerlöschleitungen
- Hohlböden
- Apparateschränke

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
--------------------------------------	-------------------------------

6.2.2.1 Dimensionierung

Die Dimensionierung richtet sich nach den NIN 5.4.7.1. Aufgrund der Gefahr von vagabundierenden Traktionsströmen (16.7 Hz) wird empfohlen, den Hauptpotentialausgleich grundsätzlich mit einem Querschnitt von 25 mm², Cu auszuführen. In Steigzonen mit UKV und Datenübertragungseinrichtungen empfiehlt es sich, die Steigleitung mit einem Querschnitt von 95 mm², Cu auszuführen.

6.2.2.2 Verlegung

Siehe NIN 5.4.3.4 Anordnung der Schutzleiter.

6.3 Haupterdungsschiene (HES)

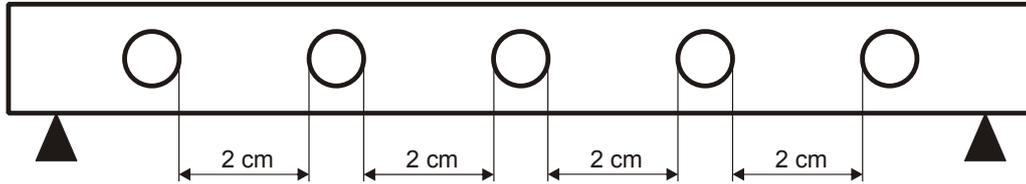


Bild 6.1

HES, Querschnitt minimal 120 mm^2 , Cu (AB-VEAB, AB 40)

Die HES muss jederzeit gut zugänglich sein. Dabei ist zu beachten, dass diese nicht in einem Hohlboden versteckt oder an einem schwer zugänglichen Ort angeordnet wird.

Damit die Messung der 16.7 Hz Ausgleichsströme mit einem Zangenampèremeter erfolgen kann, müssen die an der HES angeschlossenen Leiter einen Abstand von mindestens 2 cm voneinander aufweisen. Bei einer Neuinstallation ist zu beachten, dass mindestens 5 Reserveplätze vorgesehen werden.

Die angeschlossenen Hauptpotentialausgleichsleiter müssen mit dem Herkunftsort dauerhaft beschriftet werden.

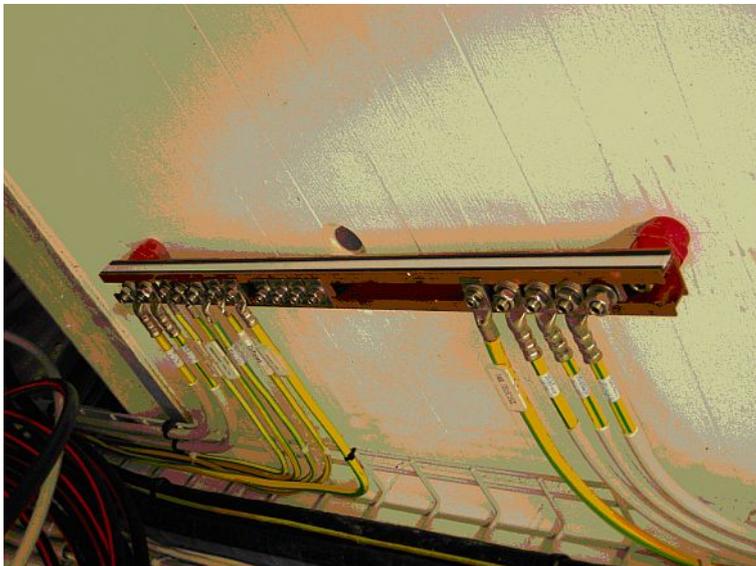


Bild 6.2

Pro Gebäude nur eine HES, Erdleiterführung sternförmig, ohne Schlaufenbildung, Prinzip «single point of entry» einhalten

HES und ES sind generell isoliert zu montieren.

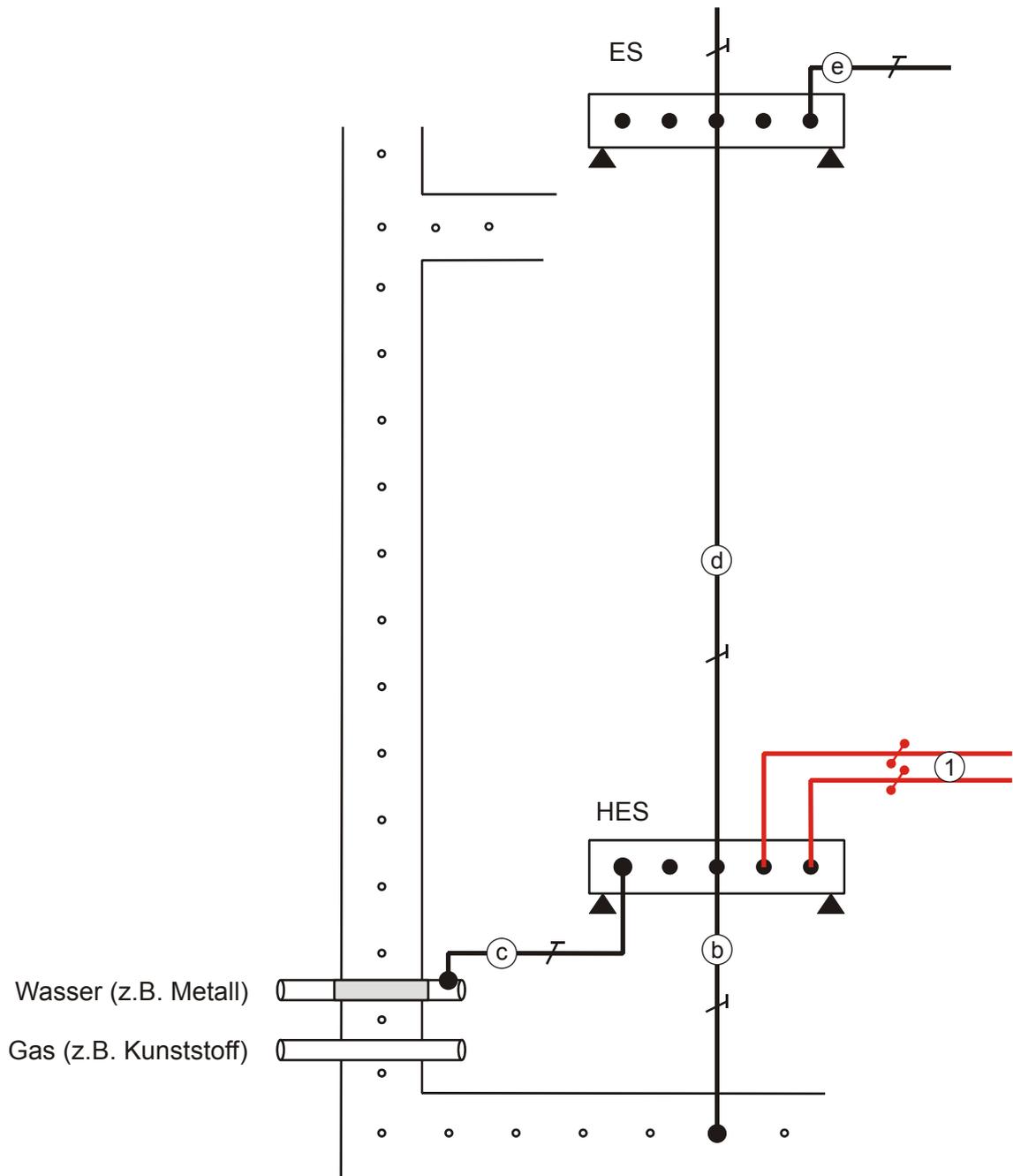


Bild 6.3
Prinzipschema Potentialausgleich in einem Gebäude (Code siehe Kapitel 6.12)

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
-------------------------------	-----------------

6.4 Schutzsysteme

Die Wahl des Schutzsystems richtet sich grundsätzlich nach den VEAB, unter Berücksichtigung der NIN.

Ursachen für das Auftreten von störenden 16.7 Hz-Strömen im Ortsnetz können sein:

- Unbewusster Zusammenschluss von Bahnerde und EW-Erde (Niederspannungsanlagen), ohne Konzept, mit zu kleinen Querschnitten.
- Niederspannungsanlagen der Bahn, insbesondere im Bereich von Bahnhofsgebäuden, werden mit 50 Hz vom lokalen Ortsnetz versorgt. Die 50 Hz-Schutzkonzepte verlangen hohe Auslöseströme. Um ausreichend hohe Auslöseströme zu erreichen, werden Bahnerde und EW-Erde miteinander verbunden, indem der PEN-Leiter im Hausanschlusskasten des Ortsnetzes mit der Bahnstrom-Haupterdungsschiene zusammengeschaltet wird.

Ob Bahnerde und EW-Erde verbunden werden sollen, vereinbaren die beteiligten Betriebsinhaber schriftlich. Normalerweise ist dies über die «Installationsanzeige» gemäss NIN gewährleistet.

Verschleppung des Potentials der Bahnerde

Insbesondere in dichter überbauten Gebieten mit niedrigen Erdimpedanzen besteht immer eine Kopplung der Erdungssysteme von 16.7 Hz-Bahnstrom- und 50 Hz-Ortsnetz und anderen erdfühligen, elektrisch leitfähigen Strukturen.

Werden ausserhalb des Bahnareals liegende Objekte mit Bahnerde verbunden, so wird das Potential der Bahnerde verschleppt und dadurch der Potentialtrichter vom Bahntrasse weg nach aussen verschoben.

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
--------------------------------------	-------------------------------

Das Verschleppen des Bahnpotentials kann durch das Beachten folgender Grundsätze vermieden werden:

- Keine Verbindung von Bahnerde und EW-Erde, es sei denn als Massnahme zum Potentialausgleich gemäss VEAB, Art. 40.
- Kein Verbindungsleiter zwischen Bahnerde und dem PEN-Leiter des Ortsnetzes bei der 50 Hz-Bahnhofversorgung. Diese Lösung muss jedoch in jedem Fall mit dem lokalen Elektrizitätswerk abgesprochen und schriftlich vereinbart werden.
- Trenntrafo: Anspeisung von 50 Hz-Verbrauchern über Trenntrafo.
- Keine unnötige Verschleppung des Potentials durch das Bahnerden von elektrisch leitenden Strukturen, die vom Bahntrasse wegführen (Zäune etc.)
- Möglichst keine längeren elektrisch leitenden Objekte parallel zum Bahntrasse verlegen, wie z.B. Kabelmäntel, Leitplanken, elektrisch leitende Lärmschutzwände, Gas- und Wasserleitungen etc.
- Falls längere elektrisch leitende Objekte neben dem Bahntrasse unvermeidlich sind, sollten diese durch Unterbrechungen oder Isolierungen in kürzere Abschnitte aufgeteilt werden.
- Berührungsschutz statt Schutzerdung
- Anstelle des Anschlusses an die Bahnerde kann der Personenschutz ausserhalb der Zone 2 auch mit Hilfe von Isolierabdeckungen ausgeführt werden.
- Sternpunktformige Schutzerdung
- Schutzerdverbindungen sollen möglichst keine Rückströme führen. Um dies zu erreichen, muss ein zu schützendes Objekt mit einer Stichleitung auf dem kürzesten Weg an die Bahnerde angeschlossen werden.
- Muss ein Objekt durch zwei unabhängige Anschlüsse an Bahnerde geschützt werden, so sind diese an zwei naheliegenden, möglichst potentialgleichen Punkten längs des Bahntrasses anzuschliessen.

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
--------------------------------------	------------------------

EW-Seite		Bahn-Seite	
Art der Speisung	Eigenschaften der Speisung	Anzuwendendes Schutzsystem	Notwendige Voraussetzung
Niederspannung	Erde und/oder Neutralleiter von EW-Seite	System TT	Überstromschutz oder falls Nullungsbedingungen nicht einzuhalten sind: Kombierter Überstrom-/ Fehlerstromschutz SBB-Standard
		System TN	Trenntransformator
Hochspannung	Erde und/oder Neutralleiter von EW-Seite	System TN	Transformatorstation Hochspannung / Niederspannung bahngeerdet
		System TT	Transformatorstation Hochspannung / Niederspannung nicht bahngeerdet; Fehlerstrom-Schutzschalter SBB-Standard
Speisung von Bahnanlagen	Neutralleiter mit Bahnerde verbunden	System TN	Transformatorstation ist bahngeerdet oder an DC/AC-Konverter

Tabelle 6.1

Empfehlung für die Wahl des Schutzsystems.

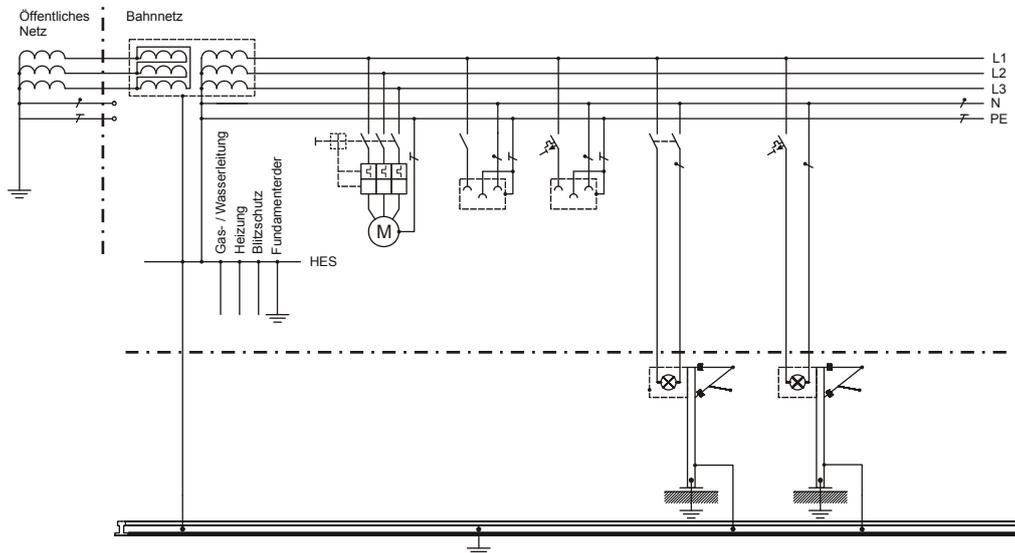
6.4.1 System TN

6.4.1.1 System TN-S

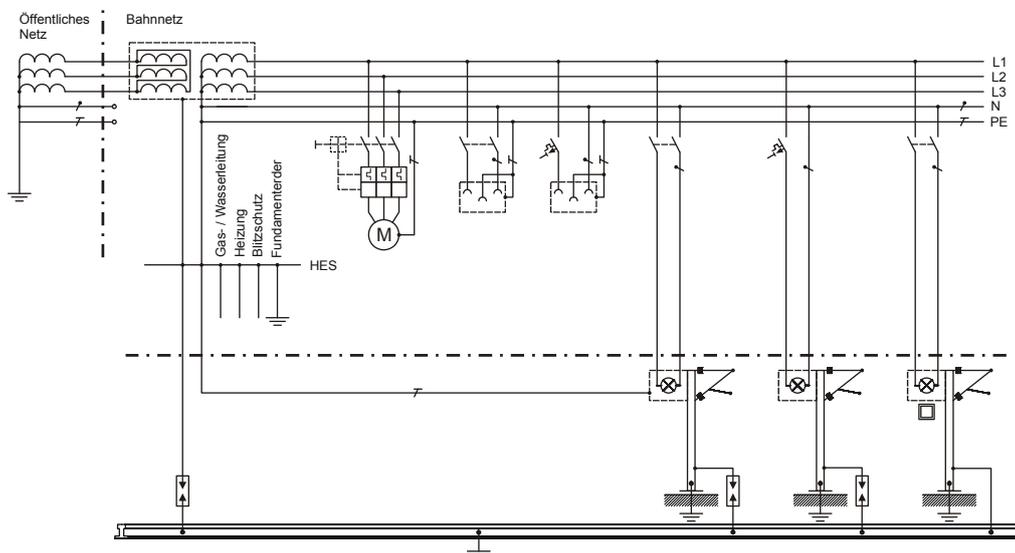
Alle Körper sind mit dem geerdeten Punkt des speisenden Netzes durch Schutzleiter verbunden. Durch diese Massnahme kann der Schleifenwiderstand konstant und klein gehalten werden, was sich positiv auf die Einhaltung der Nullungsbedingungen auswirkt.

Bei Verwendung von Überstrom-Schutzeinrichtungen als Schutzeinrichtungen für die automatische Abschaltung dürfen der PEN-Leiter oder der Schutzleiter mit der Bahnerde nur verbunden werden, wenn durch das Schienenpotential keine höhere abgreifbare Spannung als 50 V bestehen bleibt und der PEN-Leiter oder der Schutzleiter durch Bahnrückströme nicht gefährdet wird. Andernfalls ist eine Trennung von Bahn- und EW-Erde vorzusehen.

Der im Versorgungskabel enthaltene PE-Leiter braucht nicht an den Körper des Betriebsmittels angeschlossen zu werden, wenn das Betriebsmittel über eine Fahrschiene oder ein Erdseil bahngeerdet ist, welche über einen Potentialausgleichsleiter mit der Haupterdungsschiene verbunden sind.

**Bild 6.4**

Beispiel bei Wechselstrombahnen mit Trenntrafo für Schutzmassnahmen an Körpern elektrischer Betriebsmittel, die von einem TN-Netz gespeist werden.

**Bild 6.5**

Beispiel bei Gleichstrombahnen mit Trenntrafo für Schutzmassnahmen an Körpern elektrischer Betriebsmittel, die von einem TN-Netz gespeist werden.

6.4.1.2 System TN-C

Das Schutzsystem TN-C ist im Bahnbereich bei Neuanlagen und Erweiterungen nicht zugelassen (AB-VEAB, AB 40.1, Abs. 55).

6.4.2 System TT

TT ist eine Standardlösung bei vielen Wechselstrombahnen, so auch bei den SBB.

Alle Körper, die durch eine Schutzeinrichtung gemeinsam geschützt sind, müssen durch Schutzleiter an einen gemeinsamen Erder angeschlossen werden. Die Bahnerde muss als Erder verwendet werden. Da der Neutralleiter bei Körperschluss der Betriebsmittel durch Bahnrückströme gefährdet werden könnte, muss die Überstrom-Schutzeinrichtung auch die Verbindung zum Neutralleiter schützen. Die Abschaltbedingungen müssen erfüllt sein.

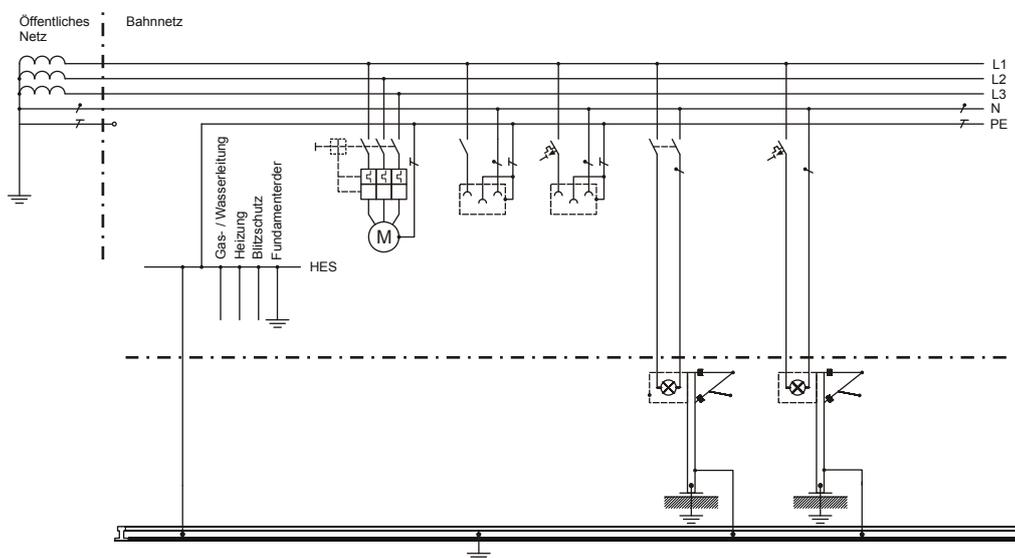


Bild 6.6

Beispiel bei Wechselstrombahnen für Schutzmassnahmen an Körpern elektrischer Betriebsmittel, die von einem TT-Netz gespeist werden.

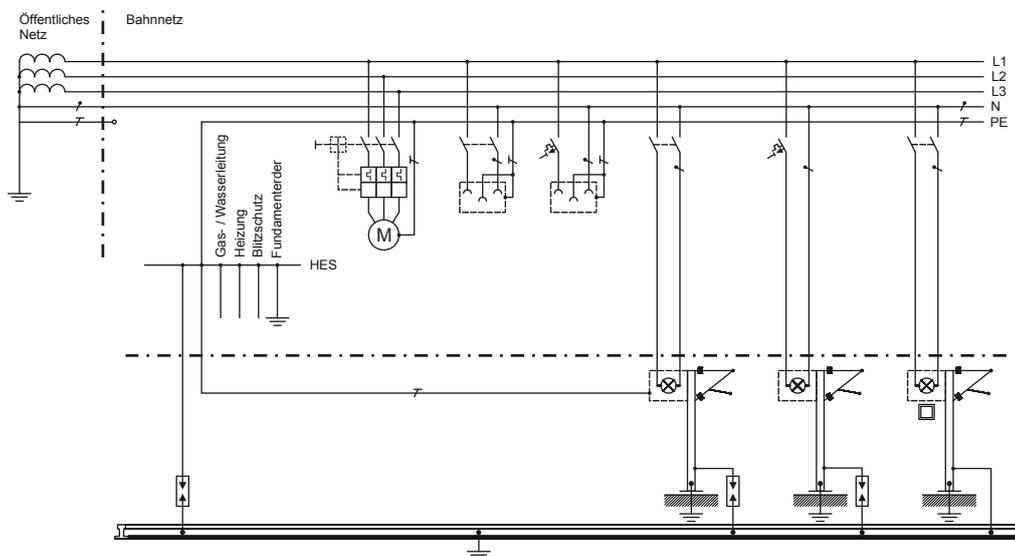


Bild 6.7

Beispiel bei Gleichstrombahnen für Schutzmassnahmen an Körpern elektrischer Betriebsmittel, die von einem TT-Netz gespeist werden.

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
-------------------------------	-----------------

6.5 Trennung von Bahn- und EW-Erde

Trennung von Bahn- und EW-Erde ist die Standardlösung bei vielen Wechselstrombahnen, so auch bei den SBB.

Kann der Personen- und Sachenschutz (schlechte, hochohmige Schienenrückleitung, Streuströme Gleichstrom usw.) durch einen Zusammenschluss des Erdungssystems nicht gewährleistet werden bzw. liegt die Zustimmung der Netzbetreiberin nicht vor, so muss das Bahnerdungspotential gegenüber dem Potential der Netzbetreiberin isoliert werden. Diese Massnahme verlangt, dass bereits in der Planungsphase des Erdungskonzepts der Potentialtrennung besondere Beachtung geschenkt wird, und diese Schnittstellen über die gesamte Anlagelebensdauer kontrolliert und eingehalten werden können.

AB-VEAB, AB 40.1, Abs. 5 hält fest:

- 5 *Eine Trennung der Erdungssysteme bei Wechselstrombahnen ist in jedem Fall vorzunehmen,*
- 51 *wenn die Spannung zwischen Bahnerde und Bezugserde mehr als 500 V betragen kann und die Erdungsvorschriften der Starkstromverordnung nicht erfüllt werden können.*
- 52 *Kann die Spannung zwischen Bahnerde und Bezugserde mehr als 2000 V betragen, so muss die Speisung immer über einen Trenntransformator, der für eine Prüfspannung von 1,3-facher höchstmöglich auftretender Spannung, wenigstens aber 4 kV ausgelegt ist, erfolgen.*

Wenn die elektrische Trennung der elektrischen Betriebsmittel vom Stromversorgungsnetz durch eine getrennte Hochspannungsanlage oder einen Transformator mit getrennten Wicklungen erfolgt, dürfen die Körper elektrischer Betriebsmittel der elektrisch getrennten Anlage, die PEN-Leiter oder Neutralleiter und die Schutzleiter an die Bahnerde angeschlossen werden.

Der im Versorgungskabel enthaltene PE-Leiter braucht nicht an die Körper elektrischer Betriebsmittel angeschlossen zu werden, wenn das Betriebsmittel über eine Fahrschiene bahngeerdet ist und diese Fahrschiene über einen Potentialausgleichsleiter mit dem Transformatorsternpunkt verbunden ist.

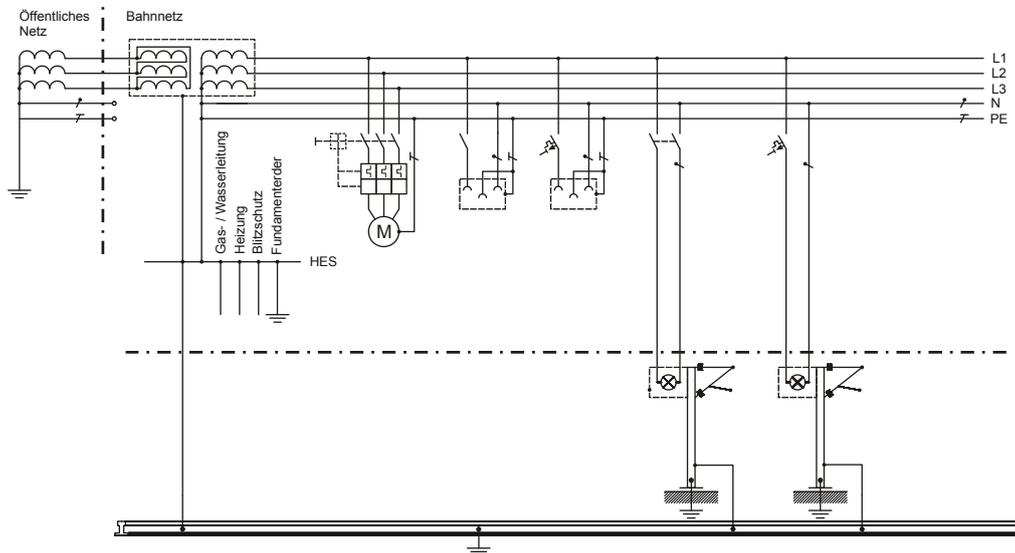


Bild 6.8

Beispiel bei Wechselstrombahnen für Schutzmassnahmen an Körpern elektrischer Betriebsmittel durch Trennung vom Stromversorgungsnetz mittels getrennter Hochspannungsstation oder Transformator mit getrennten Wicklungen

Sowohl durch den bewussten Zusammenschluss der Erdungssysteme von Bahnstromnetz und Ortsnetz als auch durch die ohmsche Kopplung über das Erdreich zwischen den beiden Erdungssystemen können Traktionsrückströme über das Ortsnetz fließen.

Traktionsrückströme bzw. durch Traktionsrückströme induzierte Spannungen können in Ortsnetzen die folgenden negativen Auswirkungen haben:

- **störend**, wenn sie sich der Netzspannung so überlagern, dass am Drehstromnetz angeschlossene Anlagen nicht mehr einwandfrei arbeiten (z.B. Flimmern von Bildschirmen).
- **gefährlich**, wenn durch Überlastung bei Neutralleitern, PEN-Leitern oder Schutzleitern des Ortsnetzes unzulässige Erwärmungen oder Leiterunterbrüche entstehen.

Die Bahnerde von Gleichstrombahnen ist von anderen Erdungssystemen grundsätzlich getrennt zu halten, damit vagabundierende Traktionsrückströme vermieden werden. Nur wenn eine Trennung nicht möglich ist, ist Potentialausgleich die Lösung zweiter Wahl.

Die Trennung muss nach AB-VEAB, AB 40.2 und folgenden Richtlinien erfolgen:

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3.

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
--------------------------------------	-------------------------------

6.6 Sonderisolierung

Durch diese Massnahme soll das Auftreten gefährlicher Spannungen an den berührbaren Teilen eines Betriebsmittels infolge eines Fehlers in der Grundisolierung vermieden werden (vgl. NIN 4.1.3.2).

6.7 Schutz durch nichtleitende Räume

Durch diese Massnahme soll ein gleichzeitiges Berühren von Teilen, die auf Grund des Versagens der Grundisolierung aktiver Teile unterschiedliches Potential haben können, vermieden werden (vgl. NIN 4.1.3.3).

6.8 Erdfreier örtlicher Potentialausgleich

Durch erdfreien Potentialausgleich soll das Auftreten einer gefährlichen Berührungsspannung verhindert werden (vgl. NIN 4.1.3.4).

6.9 Schutztrennung

Durch Schutztrennung eines einzelnen Stromkreises sollen Gefahren beim Berühren von Körpern vermieden werden, die durch einen Fehler in der Grundisolierung des Stromkreises unter Spannung gesetzt werden können (vgl. NIN 4.1.3.5).

6.10 Zusatzschutz

Unter Zusatzschutz fallen folgende Massnahmen:

- Fehlerstromschutzschaltung
- Schutzkleinspannung

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
--------------------------------------	-------------------------------

6.11 Erder

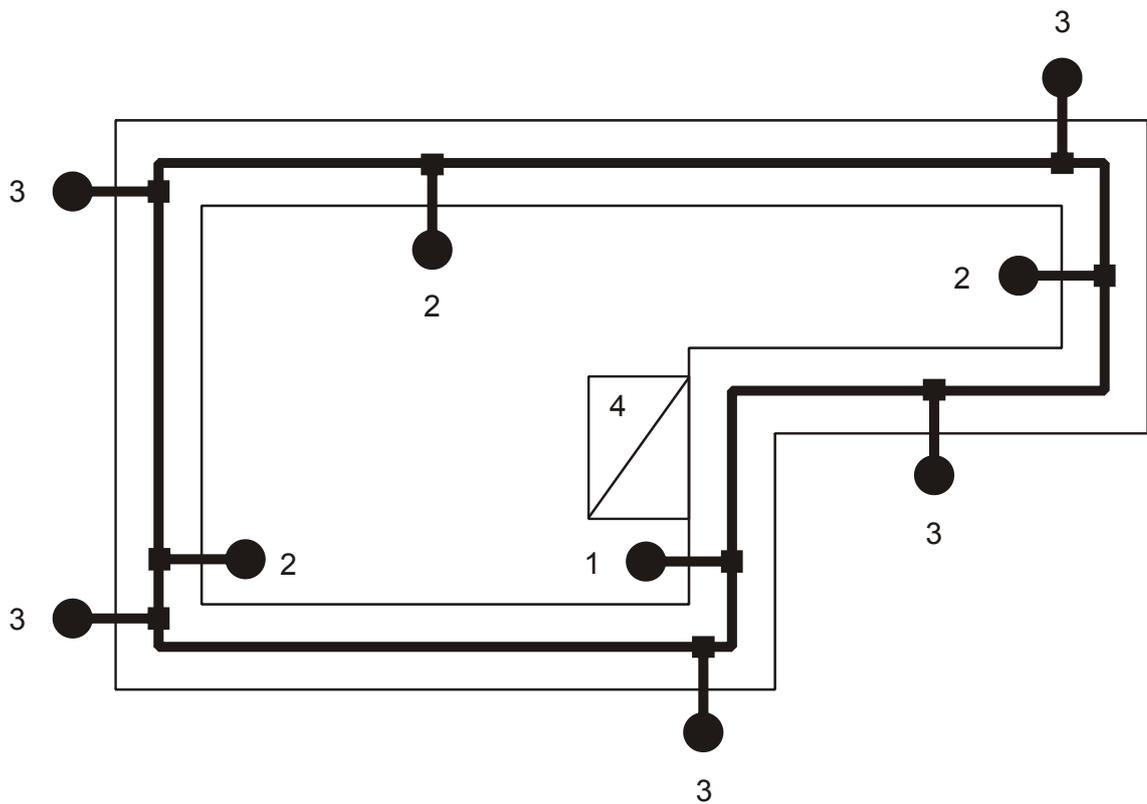
Die Auswahl und Dimensionierung der Erder richtet sich nach NIN 5.4.2.2. Als Erder dürfen verwendet werden:

- Stab- und Tiefenerder (vertikal)
- Banderder (horizontal)
- Fundamenterder (SEV 4113 Fundamenterder)
- Geeignete, im Erdreich eingebettete Konstruktionsteile

6.11.1 Fundamenterder

Die Verlegung und Dimensionierung von Fundamenterdern ist in der NIN 5.4.2.2 und den Leitsätzen SEV 4113 Fundamenterder geregelt. Zusätzliche Informationen finden Sie in den SN EN 62305-3; Kapitel 5.4.

Ein Anschluss an den Fundamenterder ist in unmittelbarer Nähe des Anschlussüberstromunterbrechers vorzusehen. Es empfiehlt sich, weitere Anschlussfahnen für verschiedene Potentialausgleichsleiter herauszuführen. Weitere Anschlussfahnen sind auch dann vorzusehen, wenn ein Gebäude mit einer Blitzschutzanlage ausgerüstet werden soll.



Legende:

- 1 Anschluss für Erdungsleiter
- 2 Anschluss für Hauptpotentialausgleichsleiter
- 3 Anschluss für Blitzableitung
- 4 Anschlussüberstromunterbrecher mit Anschlussleitung

Bild 6.9
Fundamenterder

6.12 Erdungsanlage

Single point of entry

Die Haupterdungsschiene muss bei den SBB in Neubauten im Kabelkeller, unmittelbar bei der Einführung der Aussenkabel montiert werden. Alle leitenden Kabelarmierungen sind direkt oder mit einer kurzen Verbindung an die Kabelmantelerdschiene anzuschliessen.

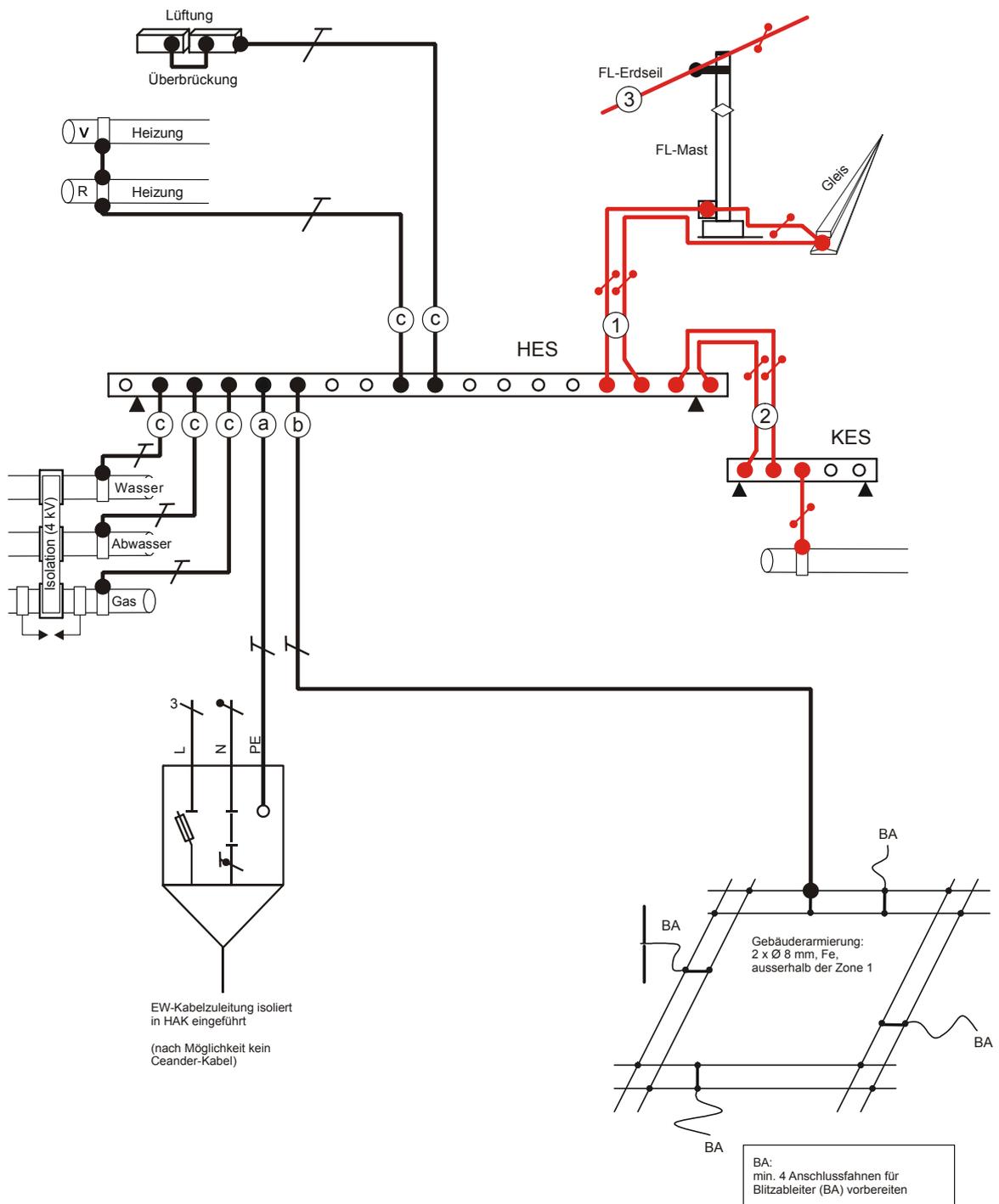


Bild 6.10

Prinzipschema einer Erdungsanlage.

(Im Schema dargestellt ist die Einspeisung nach System TT, der Standardlösung der SBB.)
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Schutz- und Erdungsmassnahmen	6 01.11.2008
--------------------------------------	-------------------------------

a	Hauptschutzleiter: (AB-VEAB, AB 40.1, Abs. 432) Verbindung zwischen HES und HAK Bemessung: Gemäss NIN 5.4.2.3, jedoch min. 25 mm ² , Cu, gelb-grün
b	Erdungsleiter: (AB-VEAB, AB 40.1, Abs. 431) Verbindung zwischen HES und Erder (Fundament-, Band-, Tiefenerder) oder Hauseintritt (metallische, elektrisch leitende Wasserleitung). Bemessung: 50 mm ² , Cu, gelb-grün
c	Hauptpotentialausgleichsleiter: Der Potentialausgleich ist grundsätzlich gemäss NIN zu erstellen und zu dimensionieren (vgl. EHB Abschnitt 6.2.2). Bemessung: Gemäss NIN 5.4.7.1. (empfohlen wird generell min. 50 mm ² , Cu) Leiterfarbe: gelb-grün
HES	Haupterdungsschiene: (AB-VEAB, AB 40.1, Abs. 41) Bemessung: Min. 120 mm ² , Cu, isoliert montiert
KES	Kabelmantel-Erdungsschiene (KES)
1	Gebäudeerdleiter: (AB-VEAB, AB 40.1, Abs. 42) Verbindung zwischen HES und dem FL-Mast mit Erdseil bzw. dem Gleis. Die Verbindung zu einem FL-Mast mit Erdseil ist gegenüber einer Verbindung mit der geerdeten Schiene vorzuziehen. Bemessung: Zwei Leiter 50 mm ² , Cu, gelb, doppelt isoliert
2	Rückleiter HES – KES: Bemessung: Zwei Leiter 25 mm ² , Cu, gelb
3	FL-Erdseil

Legende zu Bild 6.10:

Prinzipschema einer Erdungsanlage



7 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

7.1 Definition zur EMV

Gemäss SR 734.5, VEMV, Art. 3 ist EMV wie folgt definiert:

Geräte dürfen bei bestimmungsgemäsem und möglichst auch bei voraussehbarem unsachgemäßem Betrieb oder Gebrauch sowie in voraussehbaren Störfällen andere Geräte elektromagnetisch nicht stören.

Sie müssen eine angemessene Festigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	7 01.11.2008
--	-----------------

7.1.1 Weitere Definitionen zum Thema EMV

Nach der europäischen Richtlinie 89/336/EWG des Rates vom 3. Mai 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit gelten im Zusammenhang mit elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) folgende Definitionen:

Geräte

Alle elektrischen und elektronischen Apparate, Anlagen und Systeme, die elektrische und/oder elektronische Bauteile enthalten.

Elektromagnetische Störung

Jede elektromagnetische Erscheinung, die die Funktion eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems beeinträchtigen könnte. Eine elektromagnetische Störung kann elektromagnetisches Rauschen, ein unerwünschtes Signal oder eine Veränderung des Ausbreitungsmediums selbst sein.

Störfestigkeit

Die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, während einer elektromagnetischen Störung ohne Funktionsbeeinträchtigung zu arbeiten.

7.2 EMV für die Anlagen zur Bahnerdung und Traktionsstrom-Rückleitung

Die Anlagen zur Bahnerdung und zur Traktionsstrom-Rückleitung der Wechselstrombahnen sind so zu konzipieren, dass sie elektromagnetisch verträglich sind. Das heisst, andere Geräte, Anlagen oder Systeme im Bereich der Bahn dürfen in ihrer Funktion nicht gestört werden.

Zu beachten ist, dass sich die Energie bei Einphasen-Wechselstrombahnen nicht nur innerhalb der Fahrleitungsanlagen und der Anlagen zur Erdung und Traktionsstrom-Rückleitung umsetzt, sondern sich über das resultierende elektromagnetische Feld auch ausserhalb des Traktionsstromkreises ausbreiten kann.

Zwischen dem Stromkreis der Einphasenwechselstrom-Traktionsversorgung als technische Störquelle und anderen Geräten, Anlagen oder Systemen im Bereich der Bahn gibt es Koppelmechanismen. Zu beachten sind:

- **Die ohmsche Kopplung (galvanisch)**, siehe Kapitel 4.8.1.
- **Die induktive Kopplung (Induktion)**, siehe Kapitel 4.8.2.
- **Die kapazitive Kopplung (Influenz)**, siehe Kapitel 4.8.3.

Für die Anlagen zur Bahnerdung und zur Traktionsstrom-Rückleitung der Gleichstrombahnen sind primär die

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	7 01.11.2008
---	-------------------------------

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3

einzuhalten. Dann sind sie auch elektromagnetisch verträglich. Siehe auch EHB, Kapitel 4.11 und 4.12.

7.3 EMV-Schutzmassnahmen und EMV-Konzept

Wie können die Anlagen zur Bahnerdung und Traktionsstrom-Rückleitung von Einphasen-Wechselstrombahnen elektromagnetisch verträglich konzipiert werden?

Wie ist eine Einphasen-Bahnstromversorgung zu planen, dass sie möglichst wenig Elektrosmog verursacht?

Die Traktionsstromversorgung von Einphasen-Wechselstrombahnen erzeugt niederfrequente Elektrofelder (E-Felder, elektrische Wechselfelder) und Magnetfelder (B-Felder, magnetische Wechselfelder).

Ein möglichst grosser Anteil des Traktionsrückstroms ist kontrolliert im Bahntrasse (Schienen und Erdseile) zu führen. Durch die gute elektromagnetische Kopplung zwischen Fahrleitung und Traktionsstrom-Rückleitung wird das resultierende elektromagnetische Feld minimiert und somit die Traktionsstromversorgung optimal verträglich.

Bei Gleichstrombahnen sind die Grundsätze gemäss den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3

massgebend.

Es sind eine niedrige Längsimpedanz der Traktionsstrom-Rückleitung und eine hohe Ableitimpedanz Gleis – Erdreich anzustreben.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	7 01.11.2008
--	-----------------

7.4 Das EMV-Konzept für die Zugkontroll-Einrichtungen der SBB

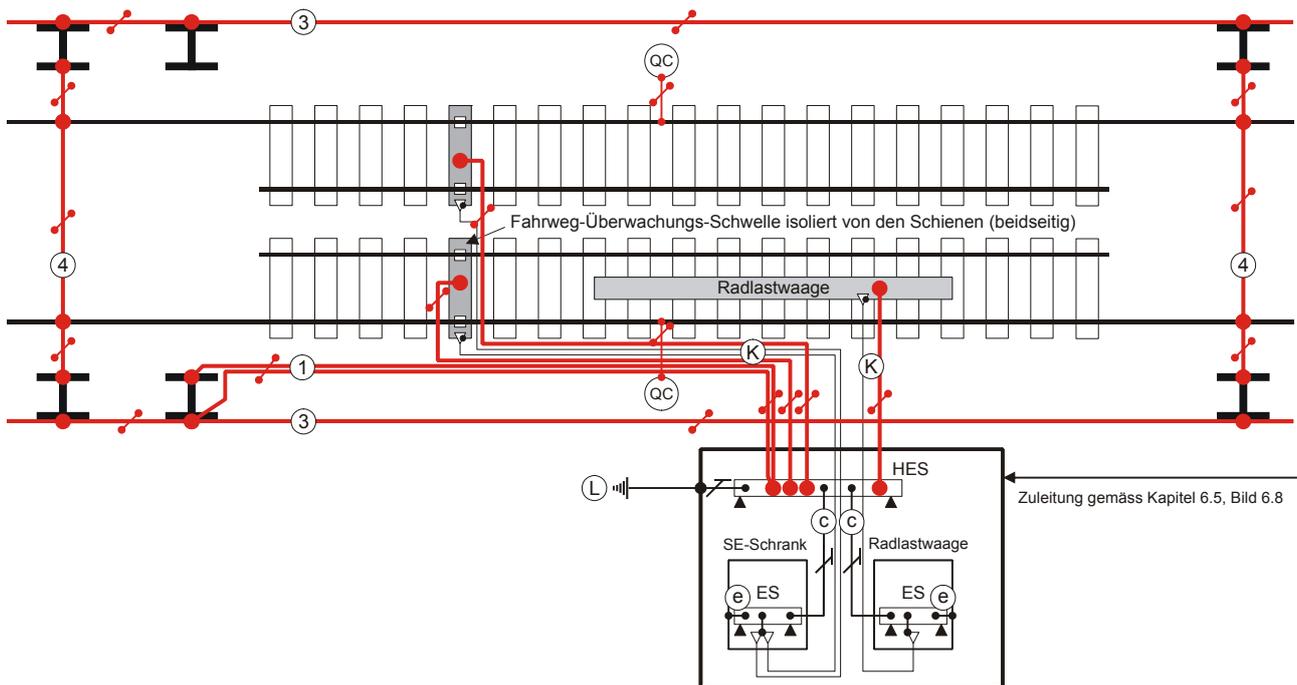
Als Lösungsbeispiel einer typischen Anlage wird das EMV-Konzept für die Zugkontroll-Einrichtungen der SBB aufgeführt. Siehe auch die Ausführungen in den Kapiteln 9 bis 15 des EHB, die für ein gutes EMV-Konzept wichtig sind.

Prinzip

Das Grundkonzept für die Trennung der Erdungssysteme von Kabinen mit elektronischen Zugkontroll-Einrichtungen folgt folgenden Prinzipien:

- Netzversorgung mit Schutz- bzw. Störschutztransformator.
- Bei mehr als 2 Verbrauchern sind 2-polige Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vorzusehen.
- **Eine** Haupterdungsschiene (HES) bildet die Systemerde in der Kabine. Die Kabinenarmierung/Baucontainer ist mit einem isolierten Kabel 50 mm², Cu an die HES anzuschliessen. Grundsätzlich müssen alle Erdverbindungen sternförmig an die HES angeschlossen werden. Die HES ist mit zwei doppelt isolierten Kabeln 50 mm², Cu an die Bahnerde anzuschliessen. Um die aufgespannten Flächen zwischen der Datenkabelschirmung und der Erdverbindung klein zu halten, sind die Erdverbindungen so nahe und so parallel wie möglich an den Datenkabeln zu verlegen und mit Kabelbindern zu sichern.
- Alle Kabelschirmungen sind beidseitig an den Geräten radial und grossflächig an Gehäusemasse zu legen. Entweder sind Kabelstecker aus Metall einzusetzen oder bei den Klemmen entsprechende Zugentlastungen mit radialem Schirmanschluss zu verwenden.
- Alle Kabelschirmungen sind beidseitig zu erden. Die parallel geführten Erdverbindungen sind EMV-mässig ein Kompromiss, sie verhindern aber, dass die Kabelschirme durch unzulässig hohe Traktionsausgleichs- oder Kurzschlussströme überlastet werden.

Die Kabinen mit elektronischen Zugkontroll-Einrichtungen (ZKE) sind einerseits über die Sensoren mit der Bahnerde verbunden, andererseits erfolgt die Stromversorgung aus dem öffentlichen 50 Hz-Netz. Um optimalen EMV-Schutz zu gewähren, werden die beiden Erdungssysteme strikte getrennt. Dabei sind sowohl die NIV-Vorschriften als auch die VEAB-Erdungsvorschriften zu beachten.

**Legende:**

- K Datenkabel mit Abschirmung**
Abschirmung BEIDSEITIG erden
Datenkabel und Erdverbindungen so nahe wie möglich parallel führen
Abschirmung soll mit FüS-Schwelle Kontakt machen
- L Fundamenterder oder Tiefenerder**

Bild 7.1

Erdungskonzept für Kabinen mit elektronischen Zugkontroll-Einrichtungen
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)



8 Blitzschutz

8.1 Geltungsbereich (Blitzschutzpflicht)

Die Pflicht zur Erstellung von Blitzschutzanlagen für Gebäude ist eidgenössisch geregelt. Details hierzu regeln die

Leitsätze des SEV; Blitzschutzanlagen, SN SEV 4022

Hinweis: Tragwerke von Fahrleitungsanlagen, bahngeerdete Perrondächer etc. werden nicht mit eigentlichen Blitzschutzanlagen ausgerüstet. Die installierte Bahnerdung übernimmt diese Funktion. Der notwendige Querschnitt der Bahnerde ist in diesem Bereich 50 mm^2 , Cu, wie er für Blitzschutzanlagen Vorschrift ist.

8.2 Ausführung

Eine Blitzschutzanlage besteht immer aus einem äusseren und einem inneren Blitzschutz.

Blitzschutz	8 01.11.2008
--------------------	-------------------------------

8.2.1 Äusserer Blitzschutz

Der äussere Blitzschutz besteht aus dem Fangleiter, den Ableitungen sowie dem Erder.

Die Dimensionierung und Anordnung richten sich nach den SN SEV 4022. Zusätzliche Informationen siehe EN 62305-3, Kapitel 5.

8.2.2 Innerer Blitzschutz

Der Potentialausgleich ist Bestandteil des inneren Blitzschutzes. Details regeln die NIN sowie die SN SEV 4022.

Der Potentialausgleich muss gegebenenfalls verstärkt ausgeführt werden. Diesbezüglich sind auch die Vorschriften gemäss AB-VEAB, AB 40 zu beachten.

8.3 Erdung und Blitzschutz von Antennenanlagen

8.3.1 Erdung von Antennen am Gebäude

Bei Antennen an neuen Gebäuden ist zwingend eine Blitzschutzanlage für das Gebäude vorzusehen. Dabei ist die Antenne ein integrierender Bestandteil (siehe Bild 8.1).

8.3.2 Erden von Antennen ohne gebäudeintegriertem Blitzschutz

Anschluss Antennenmast separat und direkt an Erder (FL-Mast, Gleis, Erdband) mit einem Querschnitt von 50 mm^2 , Cu (siehe Bild 8.2).

8.3.3 Erdung von Antennen ausserhalb des Gebäudes

Die Verbindungsleitungen (Antennenkabel) sind auf der gesamten Länge geschirmt zu führen; z.B. in Metallrohr oder Kunststoffrohren in armiertem Beton. Das Fundament der Antenne ist mit der Erdungsanlage des Betriebsgebäudes impedanzarm zu vermaschen (siehe Bild 8.3 und Bild 8.4).

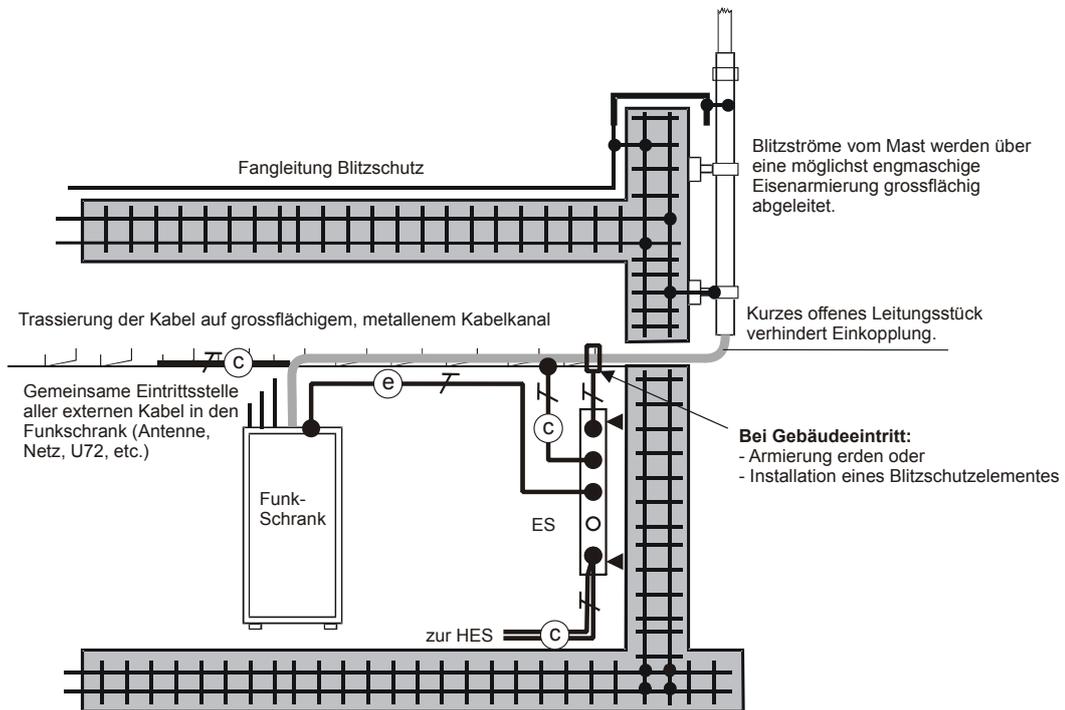


Bild 8.1
Antennen an Gebäuden mit gebäudeintegriertem Blitzschutz
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

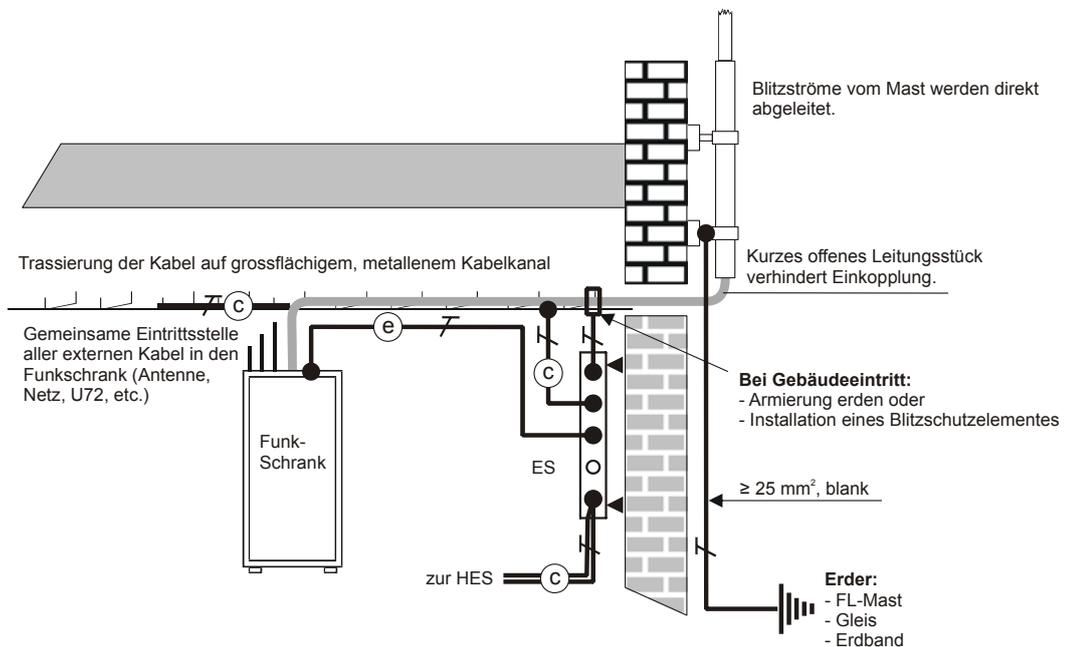


Bild 8.2
Antennen an Gebäuden ohne gebäudeintegriertem Blitzschutz
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

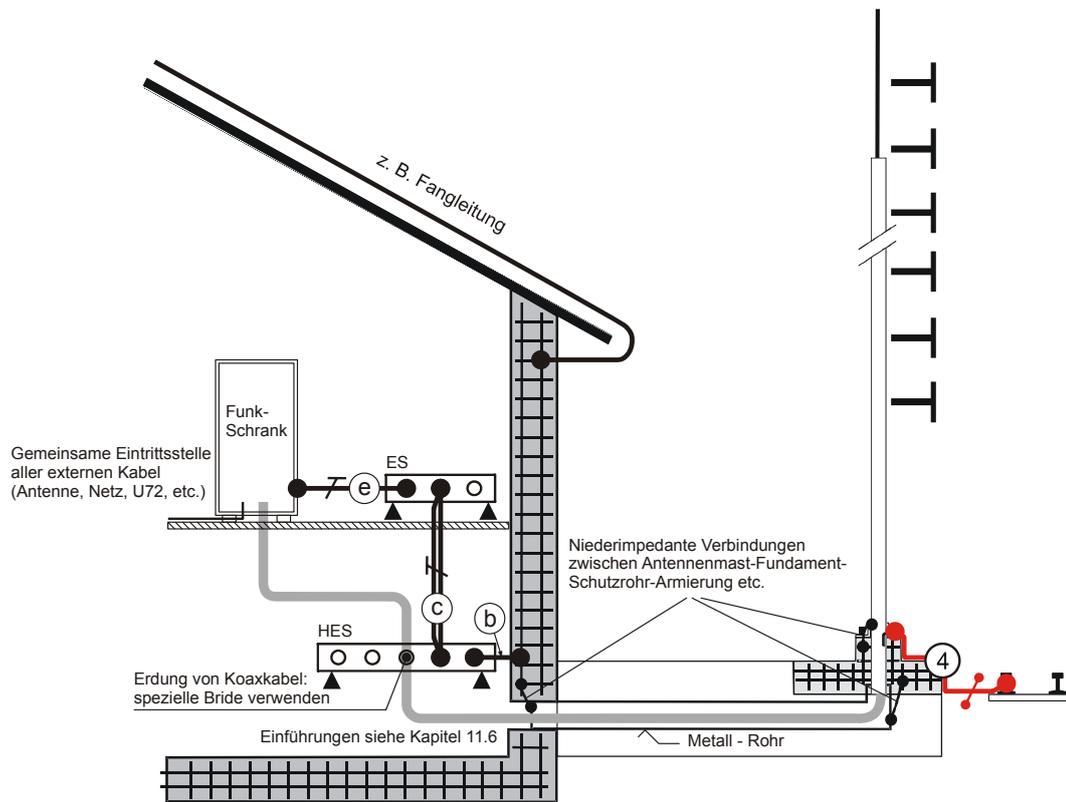


Bild 8.3
Freistehende Antenne (Antennenkabel in Metallrohr geführt)
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

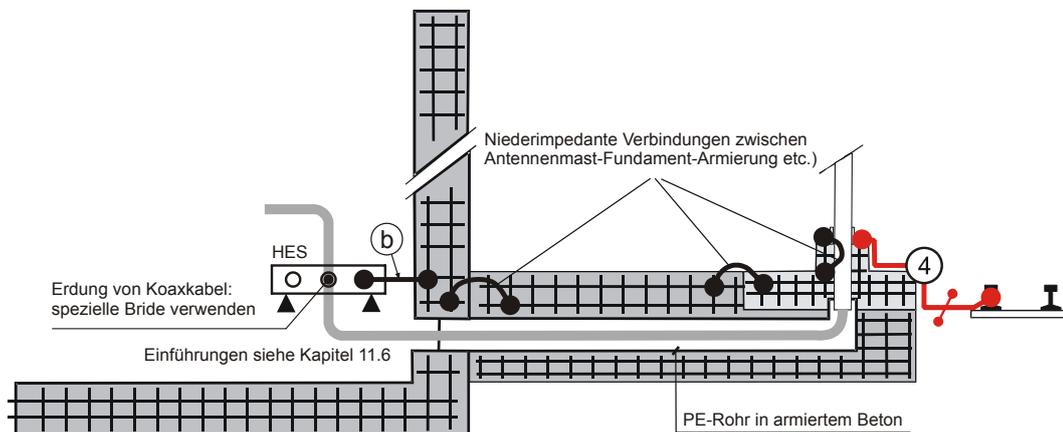


Bild 8.4
Detail freistehende Antenne
(Antennenkabel in PE-Rohr, durch armierte Betonplatte geführt)
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

8.4 Kontrolle

Die Kontrolle richtet sich nach den SN SEV 4022.



9 Kabelanlagen

9.1 Grundsätze

Es gelten die Vorschriften gemäss SR 734.31, LeV, Art. 72 Erdung und SR 734.42, VEAB, Art. 9–11.

9.2 Kabelschutzanlagen aus Metall

- Metallische Kabelschutzanlagen an der Oberfläche, in der Zone 1 und länger als 3 m (z.B. Zoresen) sind bahnzuerden.
- Alle 250 – 300 m sind diese mit der Schienenerde zu verbinden.
- Die Ausführung der Erdverbindungen ist abhängig vom gewählten Kabelschutz-Produkt.

Kabelanlagen	9 01.11.2008
--------------	-----------------

9.3 Fernmelde-Kabelanlagen

- Es gelten die Vorschriften gemäss SR 734.31, LeV, Art. 72 Erdung und SR 734.42, VEAB, Art. 9 und 11.
- Fernmeldekabel werden bei Wechselstrombahnen, unabhängig von ihrer Länge, beidseitig an ihren Enden bahngeerdet.

Bei Gleichstrombahnen sind die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 520

zu beachten.

- Geerdet wird bei den Kabelenden, das heisst beim:
 - Endverschluss
 - Kabelverteiler (KV)
 - Strips

Alle metallischen Kabelmäntel des gleichen Kabels werden miteinander verbunden und an die Kabelmantel-Erdungsschiene (KES) geführt.

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

Muffen werden nicht bahngeerdet.

Detailempfehlungen für Konzept und Dimensionierung siehe Kapitel 13, Telecom-Anlagen.

9.4 Stellwerk-Kabelanlagen

Es gelten die Vorschriften gemäss SR 734.31, LeV, Art. 72 Erdung und SR 734.42, VEAB, Art. 9 und 10.

Stellwerkkabel werden bei Wechselstrombahnen, unabhängig von ihrer Länge, beidseitig an ihren Enden bahngeerdet.

Bei Gleichstrombahnen sind die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 520

zu beachten.

Kabelanlagen	9 01.11.2008
--------------	-----------------

Detailempfehlungen für Konzept und Dimensionierung siehe Kapitel 12, Sicherungsanlagen.

9.5 Niederspannungs-Kabelanlagen

Es gelten die Vorschriften gemäss SR 734.31, LeV, Art. 72 Erdung und SR 734.42, VEAB, Art. 9.

Niederspannungs-Kabelanlagen werden bei Wechselstrombahnen, unabhängig von ihrer Länge, beidseitig an ihren Enden bahngeerdet.

Bei Gleichstrombahnen sind die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 520

zu beachten.

Detailempfehlungen für Konzept und Dimensionierung siehe Kapitel 4, Grundsätze und Kapitel 6, Schutz- und Erdungsmassnahmen.

9.6 Hochspannungs-Kabelanlagen 16,7 Hz

Es gelten die Vorschriften gemäss SR 734.31, LeV, Art. 72 Erdung und SR 734.2, StV, Art. 59 und 60.

Hochspannungs-Kabelanlagen werden bei Wechselstrombahnen, unabhängig von ihrer Länge, beidseitig an ihren Enden bahngeerdet. Zusätzlich ist ein Erdseil (Rückleitungsseil) als Traktionsstrom-Rückleiter parallel zu jedem Hochspannungskabel zu führen. Dieser Traktionsstrom-Rückleiter muss möglichst nahe am Kabel geführt werden, bei einer Rohranlage am besten im gleichen Rohr mit eingezogen. Dadurch wird der Kabelschirm wirksam von Traktionsrückstrom entlastet.

Wenn aus verletechnischen Gründen erwünscht, kann das Erdseil (Rückleitungsseil) in Rohranlagen gelb isoliert ausgeführt werden.

Bei Gleichstrombahnen sind die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 520

zu beachten.

Kabelanlagen	9 01.11.2008
--------------	-----------------

9.6.1 Empfehlungen zum Kabelkonzept

- Bei Kabellängen (Endverschluss – Endverschluss) von mehr als 3'000 m ist rechnerisch nachzuweisen, dass im Fall eines Fahrleitungs-Kurzschlusses keine Spannungen zwischen Kabelschirm und Erde (mitgezogenes Erdseil) auftreten, die den Kabelmantel beschädigen könnten. Wenn der Kabelmantel die auftretenden Spannungsdifferenzen zwischen Kabelschirm und Erde (mitgezogenes Erdseil) nicht mit ausreichender Sicherheit isoliert, ist die Kabelstrecke in Teillängen $\leq 3'000$ m zu unterteilen.
- Durch die ausreichende Dimensionierung der Erdseile wird sichergestellt, dass die in den Erdseilen und den Kabelschirmen fließenden Traktionsrückströme die Hochspannungskabel nicht zusätzlich thermisch belasten und deren Leistungsfähigkeit und Lebensdauer reduzieren.
- Bei parallel geführten Kabeln ist zu jedem Kabel ein Erdseil zu verlegen. Der minimale Querschnitt pro Erdseil ist 95 mm^2 , Cu.

Der Gesamtquerschnitt (Kupferäquivalent) der Erdseile muss demjenigen der anschliessenden Freileitungsabschnitte angemessen ausgelegt sein.

Die Erdseile sind bei den Kabelenden mit den Erdseilen der anschliessenden Freileitungen oder Fahrleitungen zu verbinden. Hochohmige Übergangsstellen in den Erdseilen (Rückleitungsseilen) beim Übergang Freileitung – Kabel sind zu vermeiden.

- Die parallel zu Kabeln verlaufenden Erdseile (Rückleitungsseile) sind grundsätzlich gemäss AB-VEAB, AB 33.2 mindestens alle 250 – 400 m mit den anderen Traktionsstrom-Rückleitern zu verbinden, falls sie nicht berührungssicher, das heisst isoliert verlegt sind.
- Hinweis: Bei den SBB werden in Kabelkanälen und Schutzrohren alle Erdseile (Rückleiterseile) grundsätzlich isoliert verlegt.

Kabelanlagen	9 01.11.2008
--------------	-----------------

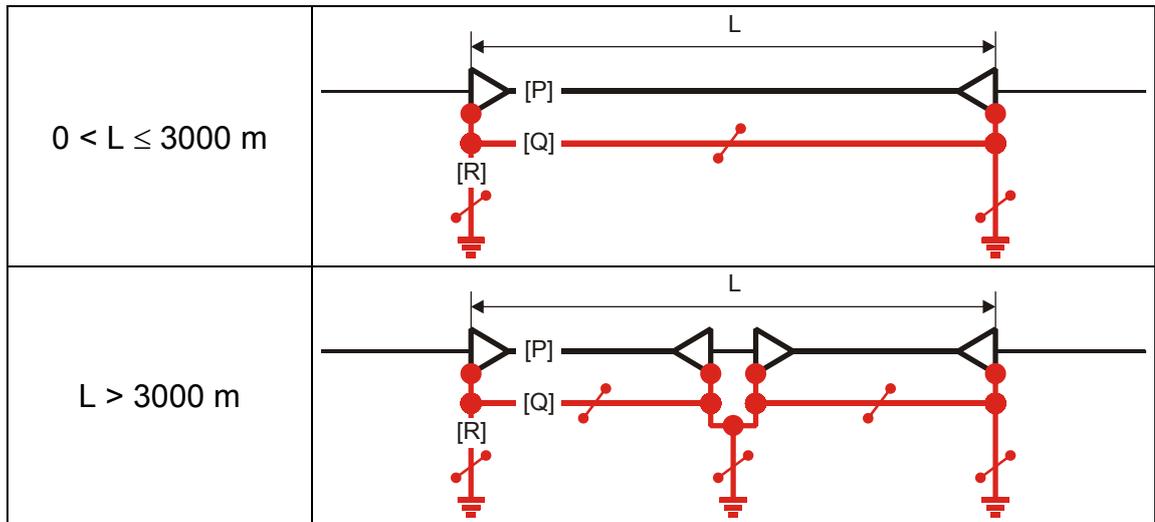


Bild 9.1
Kabelkonzepte

[P] Leiterquerschnitt	[Q] Erdseil (Rückleitungsseil)	[R] Erdleiter an Schiene
150 mm ²	95 mm ²	50 mm ²
240 mm ²	95 mm ²	50 mm ²
400 mm ²	150 mm ²	50 mm ²
630 mm ²	240 mm ²	50 mm ²

Tabelle zu Bild 9.1

9.7 Kabelanlagen bei Gleichstrombahnen

Die Bestimmungen gemäss AB-VEAB, AB 9 sind zu beachten.

Metallische Kabelmäntel, Zugarmierungen und Kabelschirme dürfen bei Gleichstrombahnen nur an einem Kabelende geerdet werden, damit sie nicht durch Traktionsrückströme übermässig thermisch belastet werden. Das offene Schirmende muss aus Gründen des Personenschutzes isoliert werden.

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen bei Kabelanlagen von Gleichstrombahnen sind dem Kapitel 12, Sicherungsanlagen und den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 520

zu entnehmen.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------



10 Fahrleitungsanlagen

10.1 Fahrleitungs-Tragwerke

10.1.1 Die Fahrleitungsmasten der Wechselstrombahnen

Die Fahrleitungsmasten dienen der mechanischen Aufhängung der Fahrleitung. Die Fahrleitungsmasten sind über die Mastfundamente mit der Erde verbunden.

Die Summe aller Mastfundamente bildet im Wesentlichen den Erder der Fahrleitungsanlage. Jeder Fahrleitungsmast muss elektrisch leitend direkt oder – falls vorhanden – via Erdseil (Rückleitungsseil) mit dem Gleis verbunden sein. Dies sowohl aus Gründen des Personenschutzes als auch für die Rückleitung des Traktionsstroms.

10.1.2 Die Fahrleitungsmasten der Gleichstrombahnen

Zum Vermeiden von vagabundierenden Traktionsrückströmen (Streuströmen) müssen die am Erdseil oder am Gleis bahngeerdeten Fahrleitungsmasten gegenüber dem Erdreich, das heisst gegenüber dem Fahrleitungsmastfundament, isoliert aufgestellt werden.

Erdfüllig aufgestellte Masten dürfen **nicht** bahngeerdet werden. Bei erdfüllig aufgestellten Fahrleitungsmasten ist das daran aufgehängte Fahrleitungssystem doppelt isoliert auszuführen.

Die gesamte Gleisanlage ist nur über den Bettungswiderstand des Gleises mit dem Erdreich verbunden. Der Bettungswiderstand muss der Bahntrasse entlang möglichst homogen sein. Die Traktionsstrom-Rückleitung erfolgt allein über

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

die Schienen und gegenüber dem Erdreich isoliert verlegten Erdseilen (Rückleitungsseile).

Durch dieses Konzept kann vermieden werden, dass die Gleichstrombahnen durch Streuströme Korrosionsschäden an Gebäuden und Anlagen verursachen.

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen bei Fahrleitungsmasten von Gleichstrombahnen sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 240

zu entnehmen.

10.2 Die Traktionsstrom-Rückleitung der Wechselstrombahnen

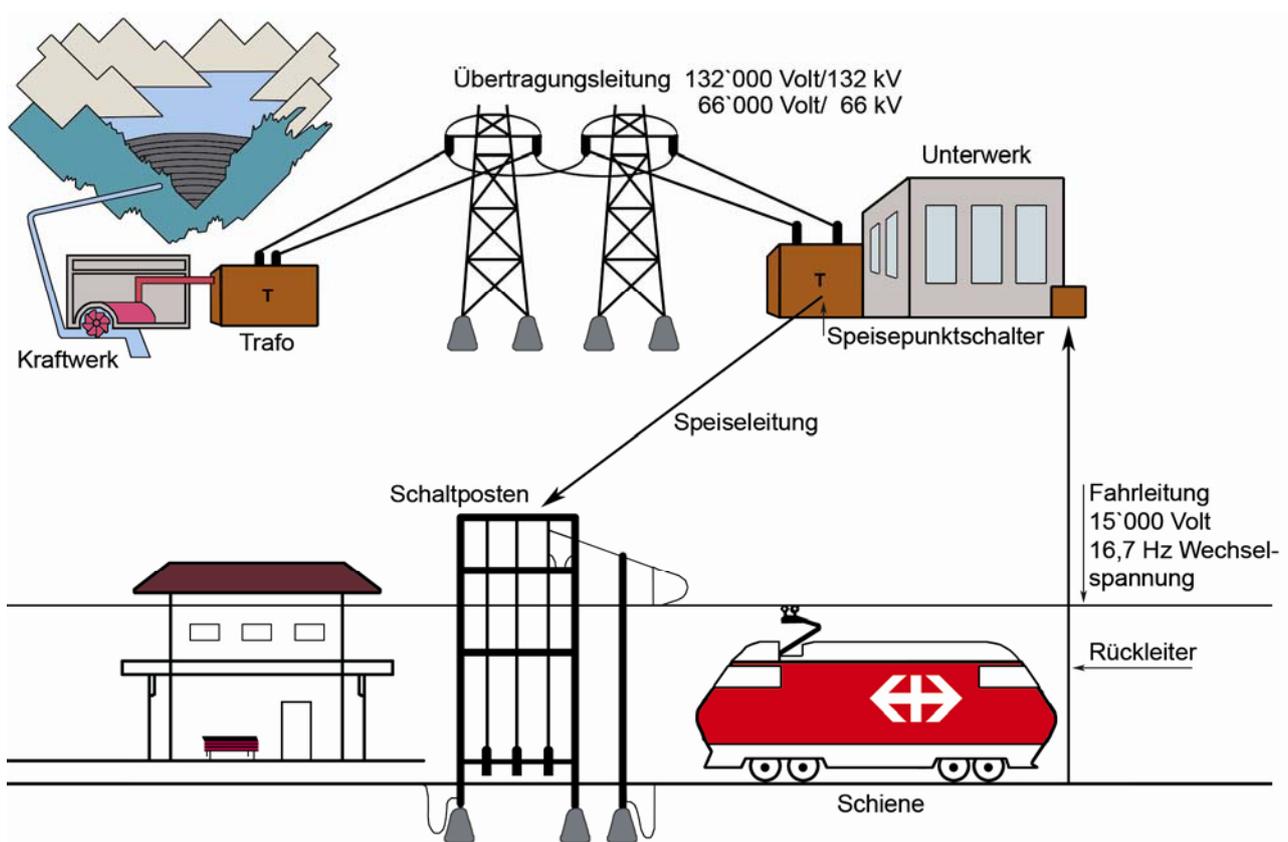


Bild 10.1
Traktionsstromkreis mit seinen wichtigsten Elementen

Der Stromkreis der Einphasen-Wechselstrombahnen besteht aus der Fahrleitungsanlage als Hinleiter des Traktionsstroms vom Unterwerk zu den Triebfahrzeugen und der Erdungsanlage als Rückleiter des Traktionsstroms von den Triebfahrzeugen zurück zur Erdsammelschiene des Unterwerks.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Hinleiter (Fahrleitung) und Rückleiter (Erdungsanlage als Traktionsstrom-Rückleitung) stehen über die elektromagnetische Kopplung in einer engen Beziehung. Es ist sehr wichtig, dass das Gesamtkonzept und die Dimensionierung der Fahrleitungs- und Erdungsanlage diese physikalische Tatsache berücksichtigt!

Die Erdungsanlagen von elektrifizierten Bahnen haben neben der Erdung eine weitere sehr wichtige Grundfunktion zu erfüllen: Die Rückleitung des Stroms im einphasigen Traktions-Stromkreis. Traktionsrückstrom führen alle längs der Bahntrasse verlaufenden, miteinander elektromagnetisch gekoppelten, erdfühli- gen metallischen Leiter.

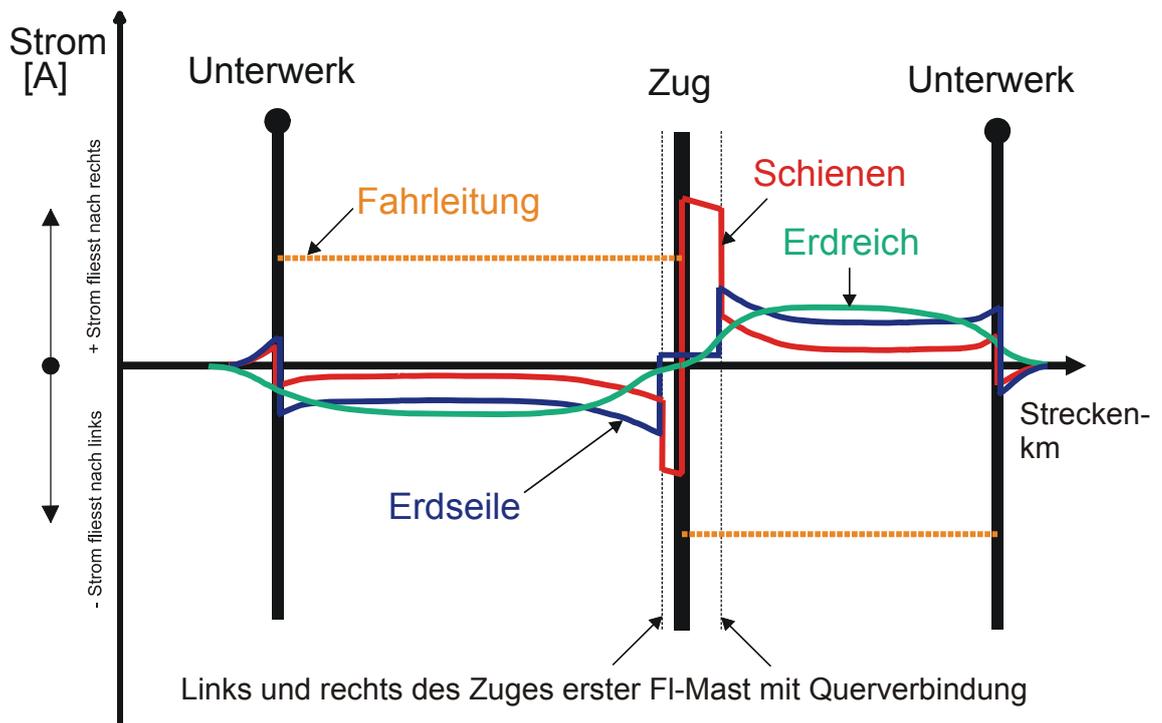
Durch das Einhalten der Grundsätze gemäss Kapitel 4.9.1 kann die magnetische Kopplung der Traktionsstromversorgung von Wechselstrombahnen so optimiert werden, dass:

- Andere elektrische Systeme im Bahnbereich möglichst wenig beeinflusst werden.
- Die Anlage- bzw. Vorsorgegrenzwerte der NISV eher eingehalten werden können.
- Ein möglichst grosser Anteil des Traktionsrückstroms in den dafür geplanten Leitern (Erdseile und geerdete Schienen) fliesst.
- Die gesetzlichen Anforderungen an den Personenschutz sicher und dauerhaft gewährleistet werden können und der Potentialausgleich mit anderen Erdungssystemen gefahrlos möglich ist.

Der kupferäquivalente Querschnitt aller Traktionsstrom-Rückleiter (Schienen und Erdseile) muss demjenigen der Fahrleitungsanlage angepasst sein. In die Dimensionierungsbetrachtung sind die Schienen und die Erdseile (Rückleitungsseile) einzubeziehen, nicht jedoch das Erdreich.

Der Gesamtquerschnitt des gesamten Stromrückleitungssystems ist so zu wählen, dass auch die Hälfte der Anschlüsse den gesamten Strom noch zu führen vermag (AB-VEAB, AB 33.3).

Für die Schienen sind bei Gleichstrombahnen und bei Wechselstrombahnen, abhängig von der Frequenz und vom fliessenden Strom, die unterschiedlichen spezifischen Impedanzwerte gemäss Kapitel 4.7.1 zu berücksichtigen.

**Bild 10.2**

Aufteilung des Traktionsrückstroms entlang der Strecke auf die verschiedenen Rückleiter

Anmerkung zu Bild 10.2

Ein Zug befindet sich zwischen zwei Unterwerken. Jedes der beiden Unterwerke speist den Zug über die Fahrleitung, das rechte ist etwas näher gelegen, darum speist es etwas mehr. Der Strom tritt nun von der Lokomotive in die Schienen ein. Zwischen den nächstgelegenen Masten mit Querverbindungen vor und hinter dem Zug, fließt der Strom einmal zur Hauptsache in den Schienen. Bei diesen Querverbindungen tritt ein grösserer Teil des Rückstroms von den Schienen in die Erdseile über. Der Strom in den Schienen findet auch seinen Weg ins Erdreich, je nach der lokalen Ableitfähigkeit und der Erdleitfähigkeit, d.h. sowohl dem Übergangswiderstand zwischen den Schienen und dem Erdreich als auch dem elektrischen Widerstand des Erdreichs selber. Mit zunehmendem Abstand vom Zug nimmt also der im Erdreich fließende Stromanteil zu, währenddem der in der Schiene abnimmt. In der Nähe des Unterwerks fließt der Strom aus dem Erdreich wieder zunehmend zurück in die Schienen und Erdseile.

In der Praxis sind auf einem Abschnitt zwischen zwei Unterwerken natürlich meist nicht nur ein, sondern mehrere Züge gleichzeitig unterwegs. Zwischen dem Beschleunigen und Abbremsen kehrt sich die Stromrichtung um. Zu den Fahrzeugen kommen noch die ortsfesten Verbraucher.

Gute elektromagnetische Kopplung von stromführenden Leitern der Fahrleitung und Traktionsstrom-Rückleiter sowie niedrige Rückleitungsimpedanz und gute Erdfähigkeit der Erdungsanlage sind Grundvoraussetzungen für die optimale Aufteilung des Traktionsrückstroms auf die vorhandenen, parallel laufenden Rückleiter.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Durch eine zweckmässige Disposition wird erreicht, dass ein möglichst grosser Anteil des Rückstroms in den Erdseilen und in den Schienen zurück zum Unterwerk fliesst und nicht im Erdreich und in fremden Erdungssystemen den Rückweg sucht.

Gleichzeitig wird so das resultierende magnetische Feld der Fahrleitungsanlage minimiert.

Damit die Erdseile bei Wechselstrombahnen einen möglichst grossen Anteil des Traktionsrückstroms führen, ist deren gute elektromagnetische Kopplung mit den stromführenden Leitern der Fahrleitungsanlagen sehr wichtig.

Im Kapitel 4, Grundsätze sind die Zusammenhänge aufgezeigt, die bei der Planung und Dimensionierung der Erdungsanlage zu beachten sind, wenn eine optimale elektromagnetische Verträglichkeit der Traktionsstromversorgung erreicht und eine Gefährdung von Menschen und Tieren durch gefährliche Potentialdifferenzen ausgeschlossen werden sollen.

Im Kapitel 5, Dokumentation sind die Anforderungen an das Erdungs- und Traktionsstrom-Rückleitungskonzept beschrieben, das dem BAV im Rahmen einer Planvorlage einzureichen ist.

10.3 Schienen

Auf seinem Weg vom Fahrzeug zurück zum Unterwerk sind es zuerst die Schienen, welche sich dem Rückstrom als Leiter zur Verfügung stellen.

10.3.1 Gleisstromkreise

Eine wichtige Voraussetzung für die Automatisierung des Bahnbetriebs ist die ständige Information des Stellwerks über den Besetzt- oder den Freizustand eines Gleisabschnitts. Diese Information wird von den Gleisfreimeldemitteln geliefert. Vom Stellwerk aus wird eine Fahrstrasse eingestellt. Durch das Befahren der einzelnen Gleisabschnitte löst der Zug diese Fahrstrasse nach und nach automatisch wieder auf.

Gleisfreimeldemittel können in zwei Produktkategorien unterteilt werden:

- Gleisstromkreise (GSK)
- Achszähler (AZ)

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

10.3.1.1 Funktionsprinzip eines Gleisstromkreises

Bei Gleisstromkreisen werden die Schienen des zu überwachenden Abschnitts von den anschliessenden Schienen durch Isolierstösse elektrisch getrennt. Am einen Ende des Gleisstromkreis-Abschnitts wird von einem Sender eine Spannung über einen Widerstand an die Schiene gelegt. Am anderen Ende wird ein Empfänger angeschlossen. Bei freiem Gleis empfängt dieser die Spannung. Befährt ein Schienenfahrzeug den Abschnitt, wird der Empfänger durch dieses kurzgeschlossen und dadurch besetzt gemeldet.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei mögliche verschiedene Konfigurationen:

- Gleisstromkreise mit einschieniger Isolierung
- Gleisstromkreise mit zweischieniger Isolierung

Weiter existieren stosslose Gleisstromkreise. Diese arbeiten mit wesentlich höherer Frequenz und sind unter dem Begriff **Tonfrequenz-Gleisstromkreise** bekannt. Statt einer Isolierung zwischen den Abschnitten werden «elektrische Stösse» verwendet, d.h. die beiden Schienen werden an den Abschnittsenden mit einer Impedanz verbunden. Diese Impedanz ist für 16.7 Hz durchlässig, für die Arbeitsfrequenz jedoch nicht.

Einschienige Isolierung

In diesem Fall ist eine Schiene von der Bahnerde isoliert montiert. Die andere Schiene bleibt geerdet und dient der Traktionsstrom-Rückleitung. Die Traktionsstrom-Rückleitung zu den benachbarten Abschnitten erfolgt über Z-Verbinder.

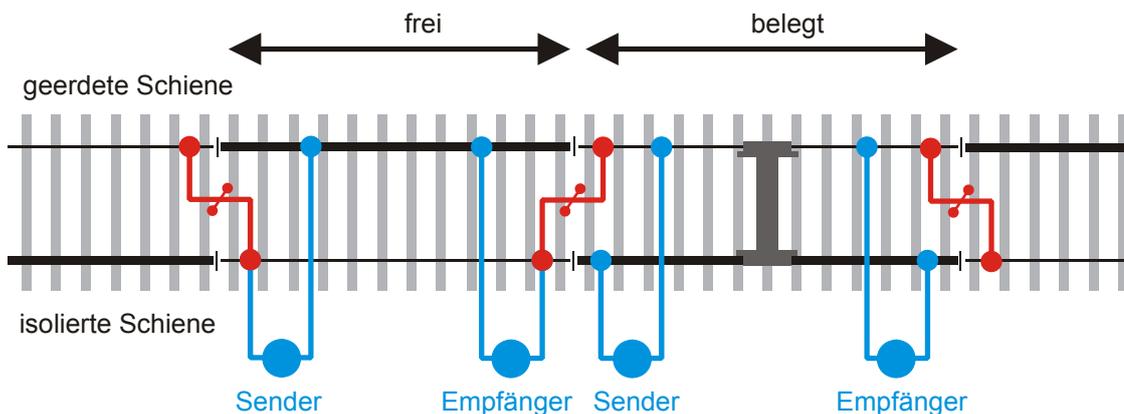


Bild 10.3

Gleisstromkreis mit einschieniger Isolierung

Zweischienige Isolierung

Beim Gleisstromkreis mit zweischieniger Isolierung sind beide Schienen sowohl isoliert montiert als auch mit Isolierstössen getrennt. Die Traktionsstrom-Rückleitung wird dank Drosselstosstransformatoren ermöglicht, welche die Isolierstösse für 16.7 Hz überbrücken und für die höhere Arbeitsfrequenz des Gleisstromkreises sperren. Verwendet werden Differentialdrosseln, welche jeweils an den Abschnittsenden an die Schienen angeschlossen sind und deren

Mittenabgriff mit dem Mittenabgriff der Drossel des benachbarten Abschnitts verbunden wird.

Die Mittenabgriffe der Drosseltransformatoren sind auch die einzig zulässigen Erdanschlusspunkte. Weder dürfen isoliert montierte Schienen mit der Erde verbunden, noch dürfen Erdleiter daran angeschlossen werden.

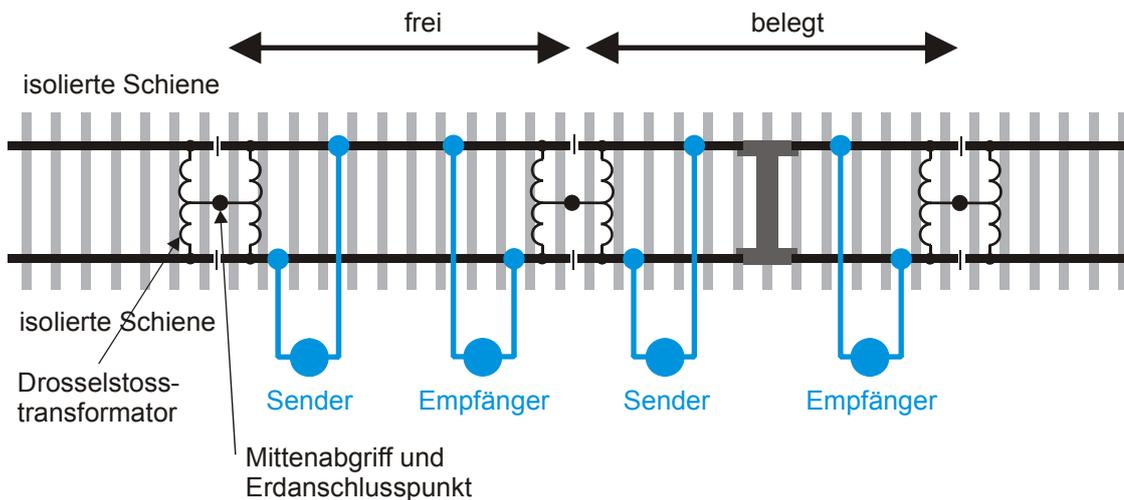


Bild 10.4
Gleisstromkreis mit zweischieniger Isolierung

Isolierstösse

Die Isolierstösse sind aus den Stahllaschenstössen entstanden. In die Stoss-lücke wird eine Isolierzwischenlage gesetzt und die Stahllaschen durch Verwendung von nichtleitendem Material isoliert.

Die kurze Lebensdauer von Isolierstössen (im Extremfall kaum länger als ein Jahr) ist eine grosse Schwachstelle von Gleisstromkreisen. Die aktuelle Tendenz geht dahin, in den Hauptlinien (Streckengleise und Durchfahrts-gleise in den Bahnhöfen) Gleisstromkreise mit Isolierstössen durch stosslose Systeme (Achszähler) zu ersetzen.

Bei Gleisstromkreisen handelt es sich um sicherheitsrelevante Anlagen der Bahnautomation. Deren Projektierung ist in Koordination mit dem verantwortlichen Projektierenden für die Sicherungsanlagen durchzuführen.

Bei Gleisstromkreisen sind die Projektierungs- und Montagevorschriften des Herstellers zu beachten.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

10.4 Erdseile (Rückleitungsseile) und Erdleiter

Entlang der Strecke wird parallel zu den Gleisen ein Erdseil an den Fahrleitungsmasten geführt.

Die Erdseile sind einerseits Rückstrom führend und dienen andererseits als Schutzerdung der Fahrleitungstragwerke. Auf Fahrleitungstragwerken montierte Sicherungs-, Fernsteuerungs- und Fernmeldeanlagen sowie Spannungswandler und Transformatoren sind am Erdseil zu erden.

Zweck:

- Kontrollierte Führung eines wesentlichen Teils des Traktionsrückstroms
- Verminderung der Fahrleitungs- und der Rückleitungsimpedanz
- Verminderung des resultierenden elektromagnetischen Feldes der Traktionsstromversorgung
- Reduktion der Potentialdifferenz Gleis – Erde

Grundsatz:

Jedes Streckengleis (bei ein- und zweigleisigen Anlagen) muss mindestens mit einem Erdseilquerschnitt von 95 mm^2 , Cu ausgerüstet sein.

Entlang einer Strecke soll ein Erdseil mit jedem Fahrleitungsmast verbunden werden.

Am Anfang und Ende eines Erdseils müssen Querverbindungen zwischen allen parallel verlaufenden Rückleitern, das heisst den Schienen oder den Mittenabgriffen der Drosseltransformatoren und den anderen Erdseilen erstellt werden, damit sich die Rückströme auf die vorhandenen Rückleiter neu aufteilen können.

10.4.1 Die Dimensionierung und Anordnung von Erdseilen (Rückleitungsseilen) und Erdleitern

Die nachfolgend gezeigten Magnetfeldquerprofile zeigen auf, wie sich ein gut disponiertes Erdungs- und Traktionsstrom-Rückleitungskonzept in der Praxis auswirkt.

Die Berechnungen stimmen gut überein mit den seinerzeit für die Neubaustrecke Mattstetten – Rothrist (NBS) und Lötschberg-Bergstrecke durchgeführten und in [2] und [3] bzw. [1] dokumentierten Berechnungen und Messungen.

Die Beispiele zeigen, wie die Einphasen-Traktionsstromversorgung von Wechselstrombahnen sicherer, leistungsfähiger und wirtschaftlicher konzipiert werden kann, wenn die Planungsgrundsätze angewendet werden.

Die Beispiele sind alle mit den gleichen Stromwerten durchgerechnet. Sie können also miteinander relativ verglichen werden. Bewusst sind keine absoluten Werte angegeben. Für jedes Projekt von Anlagen für die Traktionsstromversorgung sind die Berechnungen nach Kapitel 5.3, Standortdatenblatt gemäss NISV explizit durchzuführen.

10.4.1.1 Querprofil Streckenfahrleitung, Disposition R-FL der SBB

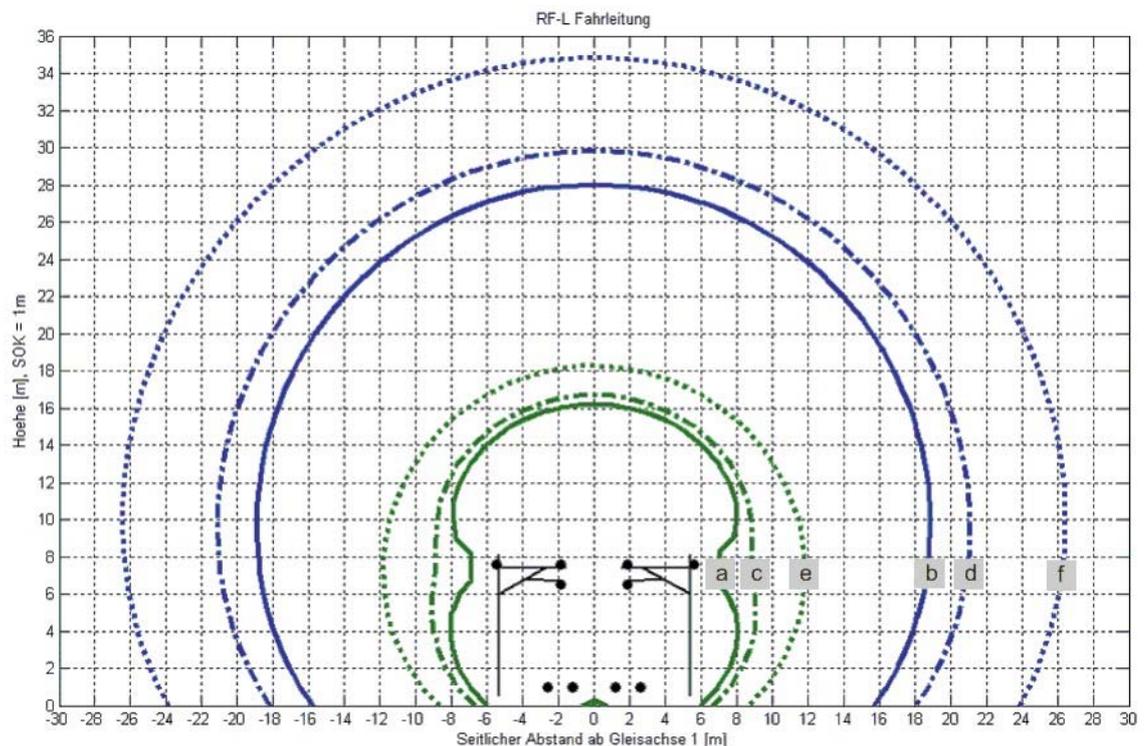


Bild 10.5

Resultierende Magnetfelder der R-FL SBB mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen. Die blauen Linien entsprechen den jeweiligen grünen Linien, jedoch mit dreifachem Strom.

Kurve	I_{Schienen}	I_{Erdseile}	I_{Erde}	Konfiguration Erdseile
a, b	46.0 %	30.5 %	23.5 %	je 1 x 150 mm ² , Cu, an Masten
c, d	50.6 %	23.1 %	26.3 %	je 1 x 95 mm ² , Cu, an Masten
e, f	63.0 %	-	37.0 %	ohne Erdseile

Tabelle zu Bild 10.5

Stromverteilung zur Disposition R-FL Fahrleitung mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen.

Die standardmässige Ausrüstung der R-FL SBB mit Erdseilen mit einem Querschnitt von 95 mm^2 , Cu ist zweckmässig. Sie bringt eine massive Reduktion des resultierenden magnetischen Feldes gegenüber einer Disposition ohne Erdseile. Erdseile mit einem Querschnitt von 150 mm^2 , Cu reduzieren das resultierende magnetische Feld noch mehr.

Die Aufteilung des Traktionsrückstroms wird durch die elektromagnetische Kopplung der verschiedenen Leiter bestimmt. Gegenüber der Konfiguration ohne Erdseile wird mit Erdseilen 95 mm^2 , Cu der Anteil Traktionsrückstrom im Erdreich von 37 % auf 26,3 % reduziert. Ein Erdseilquerschnitt von 150 mm^2 , Cu reduziert den im Erdreich fliessenden Rückstromanteil auf 23,5 %.

Die standardmässige Ausrüstung der R-FL SBB mit Erdseilen mit einem Querschnitt von 95 mm^2 , Cu erfüllt im Normalfall – bei niederohmigen Bodenverhältnissen und mittleren Traktionsleistungen – die Anforderungen bezüglich NISV, EMV und Personenschutz auf wirtschaftliche Weise. Wenn örtliche (hochohmige Bodenverhältnisse, EMV/NISV empfindliche Nutzung) und/oder streckenbezogene (Traktionsleistung) Verhältnisse es erfordern, müssen die Erdseile verstärkt werden.

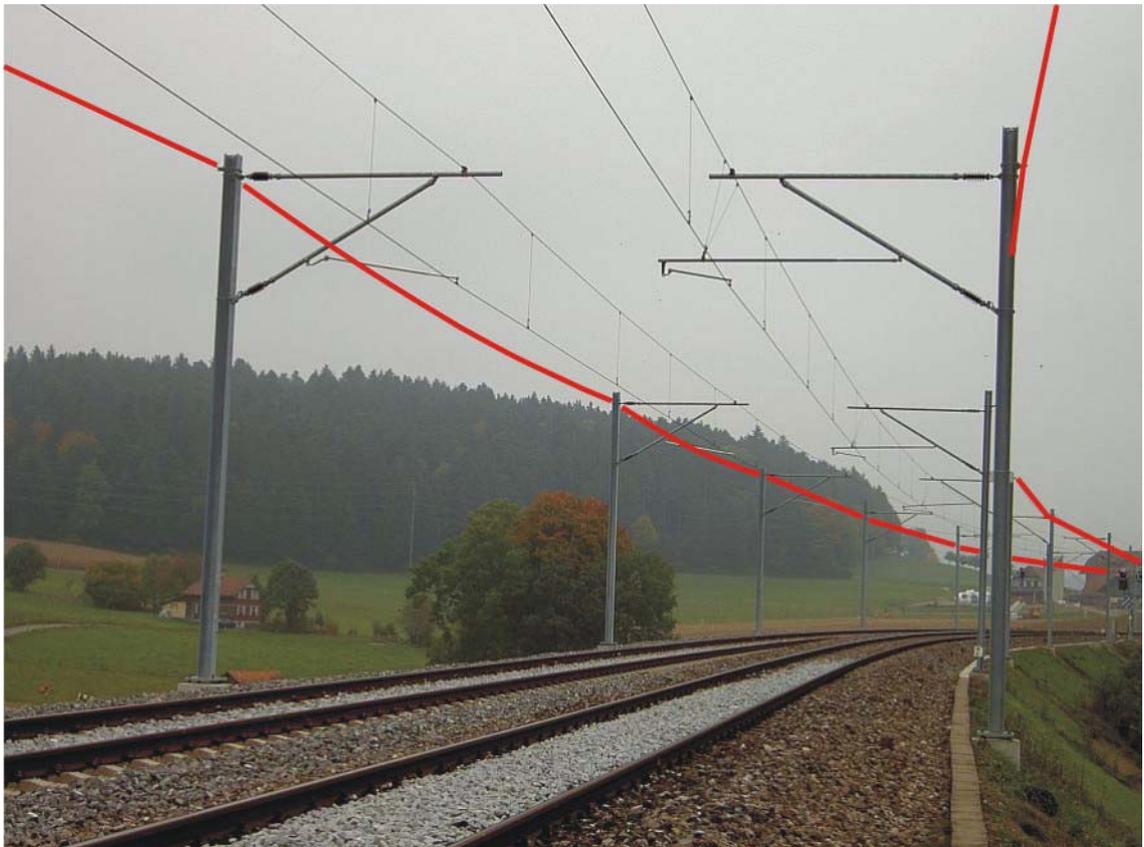


Bild 10.6
R-FL SBB

10.4.1.2 Querprofil Streckenfahrleitung, Disposition NBS der SBB

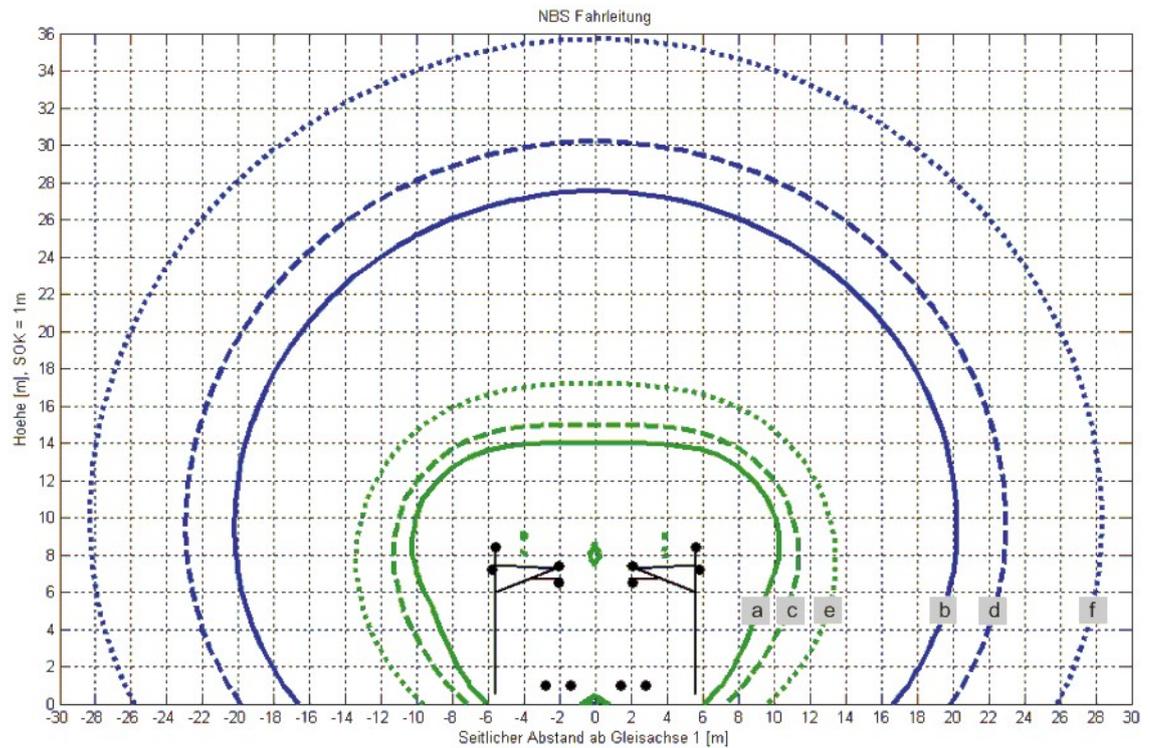


Bild 10.7

Resultierende Magnetfelder der NBS-Fahrleitung SBB mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen. Die blauen Linien entsprechen den jeweiligen grünen Linien, jedoch mit dreifachem Strom.

Kurve	I_{Schienen}	I_{Erdseile}	I_{Erde}	Konfiguration Erdseile
a, b	40.6 %	36.3 %	23.1 %	je 1 x 283 mm ² , St/Al, an Masten
c, d	47.4 %	25.3 %	27.2 %	je 1 x 95 mm ² , Cu, an Masten
e, f	61.1 %	-	38.9 %	ohne Erdseile

Tabelle zu Bild 10.7

Stromverteilung zur Disposition NBS-Fahrleitung SBB mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen.

Die standardmässige Ausrüstung der NBS-Fahrleitung SBB mit Feederseilen ermöglicht es, die mittlere Distanz zwischen den Traktionsstromleitern (Feederseile, Fahrdrähte und Tragseile) und den Erdseilen gegenüber der Disposition R-FL SBB wesentlich zu verkleinern. Zusammen mit dem gewählten grossen Erdseilquerschnitt von $260/23 \text{ mm}^2$, Stahl/Alu, (Kupferäquivalent ca. 165 mm^2) wird eine noch grössere Reduktion des resultierenden magnetischen Feldes gegenüber einer Disposition mit Erdseilen 95 mm^2 , Cu bzw. ohne Erdseile erreicht.

Dank den guten elektromagnetischen Kopplungen der verschiedenen Leiter – sie haben minimale Abstände zueinander – ergibt die Rechnung gegenüber der Konfiguration ohne Erdseile einen von 38,9% auf 23,1% reduzierten Anteil Traktionsrückstrom im Erdreich. In der Praxis wurden gemäss [3] noch bessere Werte erreicht.

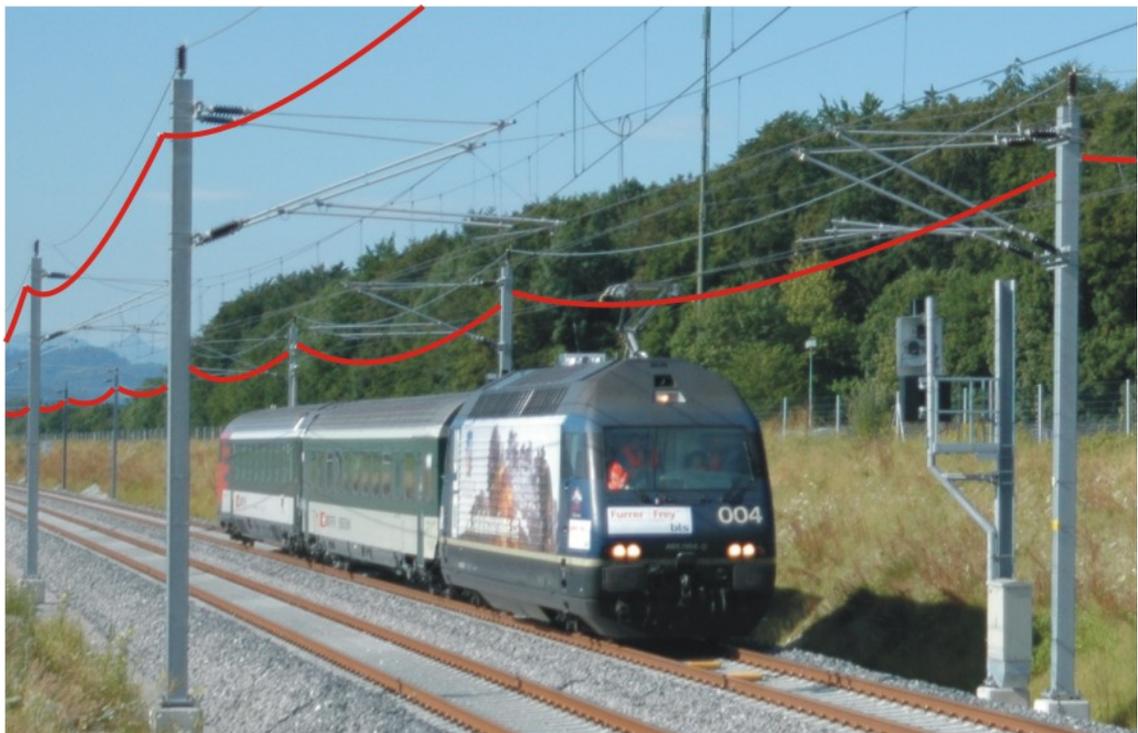


Bild 10.8

Fahrleitungsanlage der SBB-Neubaustrecke Mattstetten–Rothrist

10.4.1.3 Querprofil Streckenfahrleitung, Disposition BLS-Bergstrecke

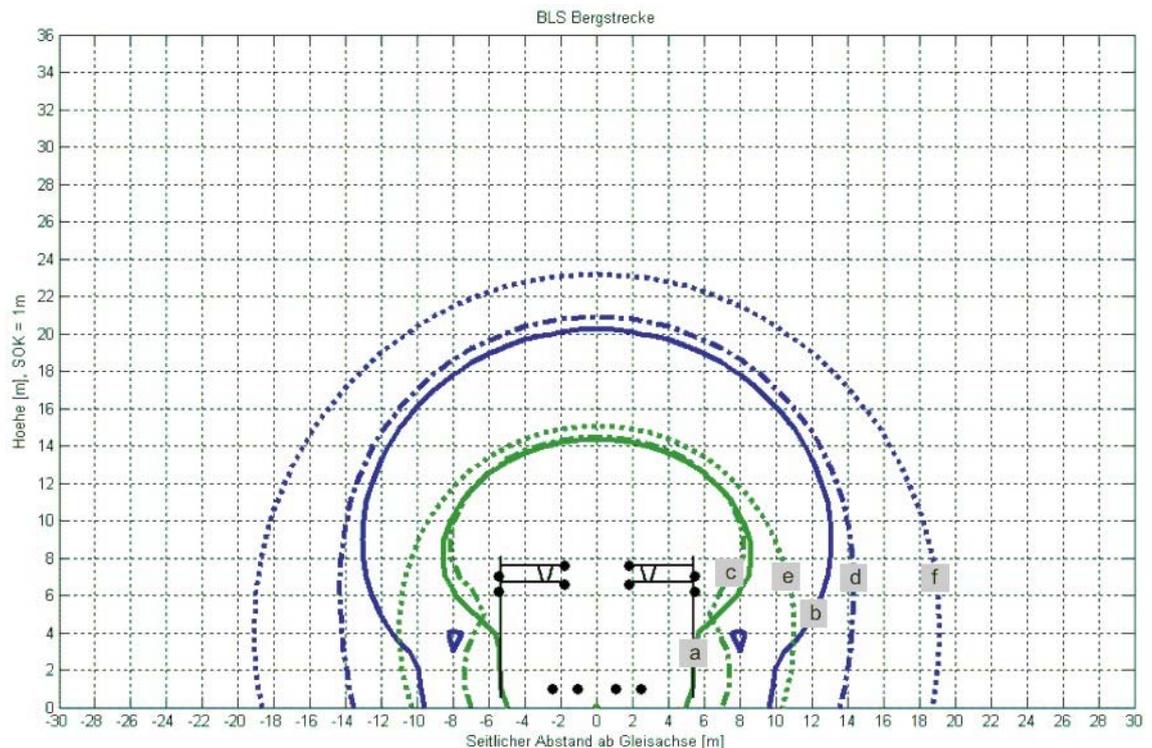


Bild 10.9

Resultierende Magnetfelder der Fahrleitung BLS Bergstrecke (Südrampe) mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen. Die blauen Linien entsprechen den jeweiligen grünen Linien, jedoch mit dreifachem Strom.

Kurve	I_{Schienen}	I_{Erdseile}	I_{Erde}	Konfiguration Erdseile
a, b	41.2 %	58.8 %	0.0 %	je 1 x 95 mm ² , Cu und je 1 x 150 mm ² , Cu, an Masten
c, d	60.2 %	39.8 %	0.0 %	je 1 x 95 mm ² , Cu, an Masten
e, f	100.0 %	-	0.0 %	ohne Erdseile

Tabelle zu Bild 10.9

Stromverteilung zur Disposition Fahrleitung BLS-Bergstrecke mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen.

Im Gegensatz zu den anderen Beispielen wurde hier mit dem hochohmigen Erdreich (Fels) der BLS-Südrampe gerechnet.

Beim Ausbau der BLS-Bergstrecke auf Doppelspur wurde die Fahrleitung standardmässig mit Erdseilen mit einem Querschnitt von 95 mm^2 , Cu ausgerüstet. Bedingt durch das sehr hochohmige Erdreich (Fels) und die steigenden Traktionsleistungen (Züge bis 3'200 Tonnen Anhängelast) ergaben sich Probleme. Messungen ergaben, dass die Schrittspannungen bei durchfahrenden Zügen bis in den gefährlichen Bereich anstiegen und dass die thermische Belastung der Erdseile zu gross wurde. Mit dem Nachbau von zusätzlichen Erdseilen 150 mm^2 , Cu wie in [1] beschrieben, konnte die Anlage saniert werden.



Bild 10.10
Fahrleitungsanlage der BLS-Bergstrecke

10.4.1.4 Querprofil Bahnhofanlage mit vier Gleisen, Umgehungsleitungen an den Masten links

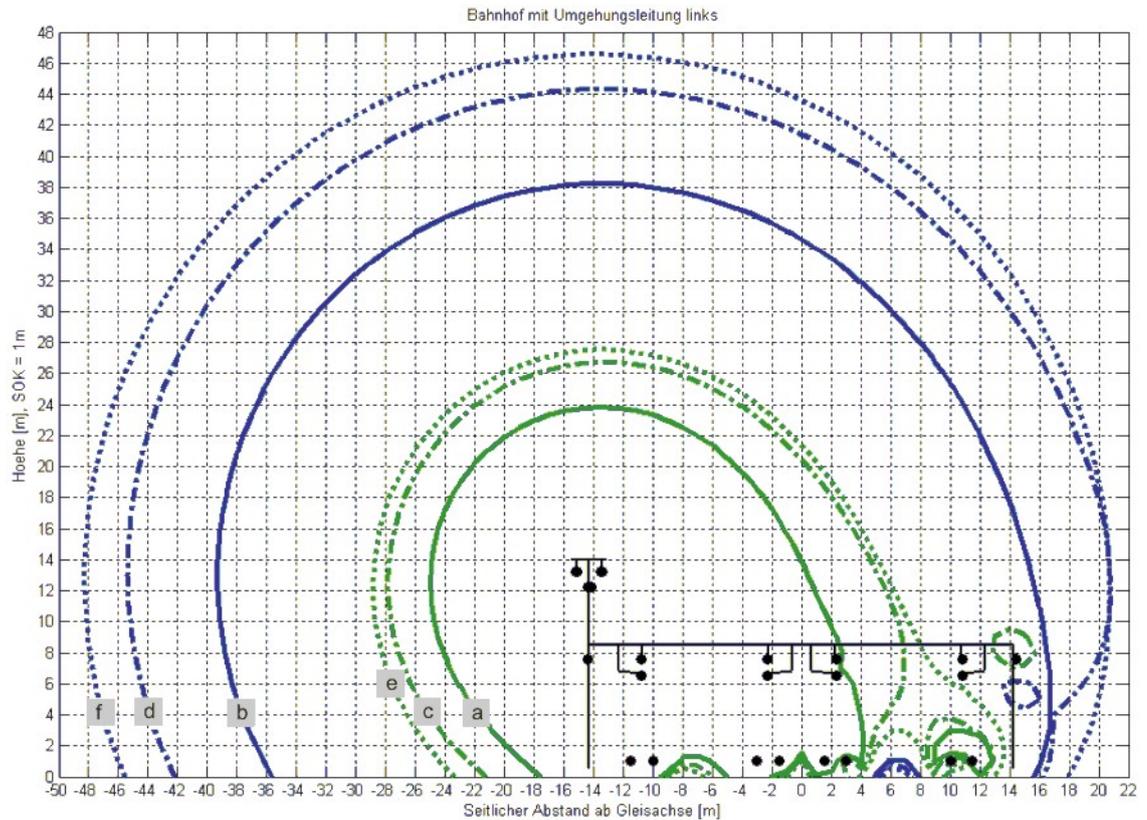


Bild 10.11

Resultierende Magnetfelder einer viergleisigen Bahnhofsanlage mit an den Masten links verlaufenden Umgehungsleitungen. Dargestellt sind drei verschiedene Erdseilkonfigurationen. Die blauen Linien entsprechen den jeweiligen grünen Linien, jedoch mit dreifachem Strom.

Kurve	I_{Schienen}	I_{Erdseile}	I_{Erde}	Konfiguration Erdseile
a, b	42.0 %	36.7 %	21.2 %	2 x 95 mm ² , Cu, unter UL
c, d	53.7 %	17.0 %	29.3 %	je 1 x 95 mm ² , Cu, an Masten
e, f	64.4 %	-	35.7 %	ohne Erdseile

Tabelle zu Bild 10.11

Stromverteilung mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen.

10.4.1.5 Querprofil Bahnhofanlage mit vier Gleisen, Umgehungsleitungen auf Jochaufsatz in Jochmitte

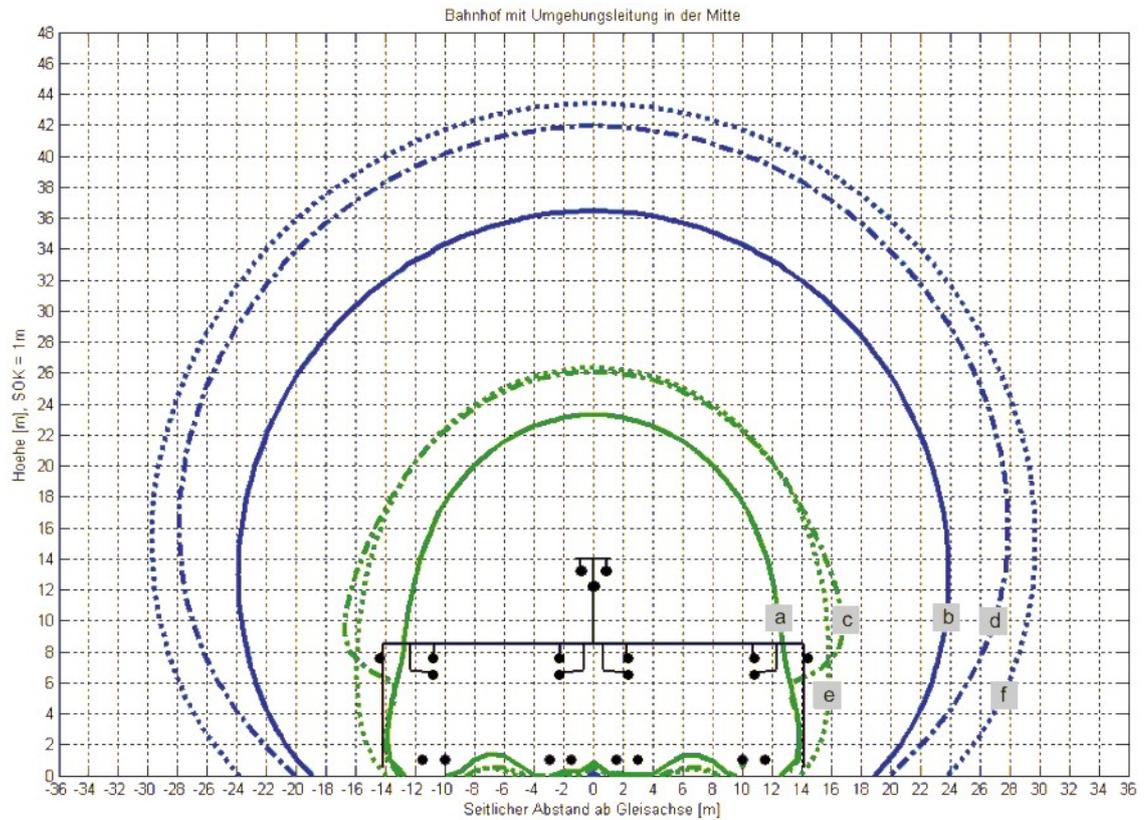


Bild 10.12

Resultierende Magnetfelder einer viergleisigen Bahnhofsanlage mit in Jochmitte verlaufenden Umgehungsleitungen. Dargestellt sind drei verschiedene Erdseilkonfigurationen. Die blauen Linien entsprechen den jeweiligen grünen Linien, jedoch mit dreifachem Strom.

Kurve	I_{Schienen}	I_{Erdseile}	I_{Erde}	Konfiguration Erdseile
a, b	46.4 %	35.5 %	18.1 %	2 x 95 mm ² , Cu, unter UL
c, d	60.8 %	13.7 %	25.5 %	je 1 x 95 mm ² , Cu, an Masten
e, f	69.8 %	-	30.2 %	ohne Erdseile

Tabelle zu Bild 10.12

Stromverteilung mit drei verschiedenen Erdseilkonfigurationen. Erdseile nahe den Strom führenden Umgehungsleitungen reduzieren den Anteil Traktionsrückstrom im Erdreich stark.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Die Querprofile der beiden viergleisigen Bahnhofsanlagen unterscheiden sich in der Anordnung der Umgehungsleitungen. Die Feldquerprofile von 10.4.1.4 sind deshalb, im Gegensatz zu denjenigen von 10.4.1.5, stark asymmetrisch verzerrt. In Gebieten mit empfindlicher Nutzung können mit einer angepassten Führung der Umgehungsleitungen und der Erdseile die EMV/NISV-Verhältnisse positiv beeinflusst werden.

In beiden Querprofilen ist die reduzierende Wirkung von entlang der Umgehungsleitungen geführten Erdseilen gut sichtbar. Nur wenn die Erdseile in Bahnhofsanlagen eng mit den Strom führenden Umgehungsleitungen gekoppelt verlaufen, können sie einen namhaften Anteil des Rückstroms führen, das resultierende magnetische Feld der Fahrleitungsanlage reduzieren und den Anteil Rückstrom durch das Erdreich minimieren helfen.

10.4.2 Dimensionierung der Erdleiter in Abhängigkeit des Fahrleitungs-Kurzschlussstroms und des Traktionsrückstroms

Erdleiter müssen so dimensioniert sein, dass sie dem Traktionsrückstrom, dem Kurzschlussfall in der Fahrleitung und dem Blitzschlag in die Fahrleitungsanlage bzw. Bahnerdungsanlage standhalten. Im von den SBB gespiesenen 16,7 Hz – Fahrleitungsnetz müssen Kurzschlussströme (gemäss EN 50388) bis zu 40 kA / 100 ms beherrscht werden können.

Für die Dimensionierung ist der ungünstigste Fall anzunehmen. In der Regel bedeutet dies: Der Fahrdraht fällt auf das zu schützende Objekt.

Gemäss diesen Anforderungen, gestützt auf die AB-VEAB, ergibt sich daraus für Erdleiter im Bahnspannungsbereich ein minimaler Querschnitt von 50 mm², Cu, blank.

Müssen isolierte Erdleiter eingesetzt werden, so ist der Querschnitt rund zu verdoppeln, damit die Isolation bei einem Blitzschlag oder einem Fahrleitungs-kurzschluss durch die entstehende Verlustwärme nicht zerstört wird. Die Berechnungsgrundlagen sind im Kapitel 10.4.2.1 erläutert.

Dort wo Erdungsleiter gleichzeitig die Funktion einer (nicht vorhandenen) Blitzschutzanlage wahrnehmen müssen (Fahrleitungstragwerke, Perrondächer etc.), ist ebenfalls ein minimaler Querschnitt von 50 mm², Cu, blank nötig.

Sämtliche Erdleiter sind so zu bemessen, dass sie den dynamischen und thermischen Beanspruchungen, die durch die höchsten voraussehbaren Ströme entstehen können, bis zur Ausschaltung durch Schutzeinrichtungen ohne Schaden standhalten können.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Jeder **Betriebserdleiter** muss so dimensioniert sein, dass er:

- Die maximal heute und künftig im Normalbetrieb auftretenden Rückströme dauernd sicher führen kann.
- Die maximal heute und künftig auftretenden Kurzschlussströme bis zur Abschaltung beherrschen kann.

Ein **Schutzerdleiter** ist im Normalfall stromlos. Ausnahme: Bei kapazitiv oder induktiv eingekoppelten Strömen. Er muss im Fehlerfall jederzeit in der Lage sein, solange einen auftretenden maximalen Strom zu führen, bis die Schutz-einrichtungen diesen abgeschaltet haben.

Allfällige **Potentialausgleichsleiter** sind zwar meistens stromlos, müssen jedoch so dimensioniert sein, dass sie den der maximal möglichen Potential-differenz entsprechenden Strom sicher führen können.

10.4.2.1 Leiterquerschnitt von Kupfer-Erdleitern

Bemessung für den FL-Kurzschlussstrom

Generell lassen sich Leiterquerschnitte von Kupferleitern mit nachstehenden Formeln so bemessen, dass beim Auftreten eines Kurzschlussstroms keine Entfestigung des Materials auftritt.

$$A = \frac{\sqrt{I_F^2 \cdot t_F}}{k} \quad [\text{mm}^2]$$

I_F Fehlerstrom in A

t_F Dauer des Fehlerstroms in s

k Materialbeiwert

Für Kupfer gilt:

$$k = 226 \sqrt{\ln \left(1 + \frac{T_f - T_i}{234^\circ\text{C} + T_i} \right)} \quad [\text{A} \sqrt{\text{s}} / \text{mm}^2]$$

Hierbei ist

T_i Maximal auftretende Umgebungstemperatur in °C

T_f Zulässige Endtemperatur in °C:

- 120°C für Leiter, die unter mechanischer Zugspannung stehen
- 500°C für sichtbare Leiter in nicht allgemein zugänglichen Anlageteilen
- 200°C für nicht sichtbare Leiter in allgemein zugänglichen Anlageteilen
- 150°C für nicht sichtbare Leiter in Anlageteilen mit erhöhter Feuergefährdung oder bei gemeinsamer Verlegung mit kunststoffummantelten Kabeln

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Die Leiterquerschnitte lassen sich an Stelle der obenstehenden Formeln auch aus Tabellen oder Nomogrammen der Leiterhersteller ermitteln.

Der nachfolgenden Tabelle sind Richtwerte zu maximal auftretenden Strömen und deren Abschaltzeiten zu entnehmen (siehe EN 50388):

Strom	Abschaltzeiten
unter 10 kA	< 500 ms
zwischen 10 kA und 40 kA	< 100 ms

Das System der Stromrückleitung ist für eine Kurzschluss-Abschaltzeit von 100 ms auszulegen.

Aufgrund der AB-VEAB, AB 34 haben Erdleiter sinngemäss einen Querschnitt aufzuweisen, der mindestens 35 mm², Cu entspricht. Hierfür wird normalerweise ein Kupferdraht mit 7 mm Durchmesser verwendet.

Im von den SBB gespiesenen 15 kV-Fahrleitungsnetz sind sowohl bei neu zu erstellenden Anlagen als auch bei Umbauten als Erdleiter nur Seile 50 mm², Cu, nicht isoliert, oder Seile 95 mm², Cu isoliert, einzusetzen.

Zahlenbeispiel für blanke Kupferleiter:

Mit obiger Formel wurden ein paar Werte berechnet:

(für $t_F = 100$ ms, $T_i = 50^\circ\text{C}$, $T_f = 500^\circ\text{C}$)

Strom in kA	Kupferquerschnitt
40 kA	57.4 mm ²
35 kA	50.3 mm ²
24 kA	34.5 mm ²

Bei einem Strom von 40 kA wäre ein Querschnitt von 57.4 mm², Cu nötig. Der Standardquerschnitt für Erdleiter beträgt heute 50 mm², Cu. Damit lässt sich ein Strom bis 35 kA beherrschen. Der in den Anlagen überwiegend vorhandene 7 mm Draht (entspricht 35 mm², Cu) kann maximal 24 kA bis zur Abschaltung ohne bleibenden Schaden führen.

In der Praxis sind die Verhältnisse jedoch wesentlich günstiger. Meist sind mehrere Leiter an der Stromführung beteiligt und die angenommenen hohen Kurzschlussströme treten nur nahe bei leistungsstarken Unterwerken auf.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Zahlenbeispiel für isolierte Kupferleiter:

Mit obiger Formel wurden ein paar Werte berechnet:

(für $t_F = 100 \text{ ms}$, $T_i = 50^\circ\text{C}$, $T_f = 150^\circ\text{C}$)

Strom	Kupferquerschnitt
40 kA	101.9 mm ²
35 kA	89.1 mm ²
24 kA	61.1 mm ²

Ein isolierter Leiter verträgt im Kurzschlussfall wegen der Kunststoffisolation bedeutend weniger. Im Vergleich mit dem Zahlenbeispiel oben für blanke Kupferleiter zeigt sich, dass isolierte Kupferleiter rund den doppelten Querschnitt aufweisen müssen, um denselben Kurzschlussstrom während derselben Zeit von 100 ms ohne bleibenden Schaden führen zu können.

Soll also ein blanker Erdleiter durch einen isolierten ersetzt werden, so muss der isolierte rund den doppelten Querschnitt aufweisen.

Bemessung für den Traktionsrückstrom

In diesem Fall darf die zulässige Endtemperatur T_f in °C:

- 120°C für Leiter, die unter mechanischer Zugspannung stehen
- 500°C für sichtbare Leiter in nicht allgemein zugänglichen Anlageteilen
- 200°C für nicht sichtbare Leiter in allgemein zugänglichen Anlageteilen
- 150°C für nicht sichtbare Leiter in Anlageteilen mit erhöhter Feuergefährdung oder bei gemeinsamer Verlegung mit kunststoffummantelten Kabeln

auch nicht überschritten werden.

Für luftgekühlte, blanke und im Freien verlegte Kupferleiter kann als Faustformel mit einer zulässigen Strombelastung von maximal 4 A/mm² gerechnet werden.

10.4.2.2 Materialwahl bei Erdleitern

Leiter

Wegen der gegenüber anderen Materialien wesentlich besseren Leitfähigkeit sollen sämtliche Erdleiter (Betriebserdleiter, Schutzerdleiter) aus Kupfer bestehen. Zudem ist Kupfer im Erdboden im Allgemeinen sehr beständig und korrodiert nicht.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Isolation

Bei isolierten Erdleitern muss die Wahl des Isolationsmaterials sorgfältig nach folgenden Kriterien erfolgen:

- Thermische Beständigkeit
- Mechanische Beständigkeit
- Alterung (UV-Beständigkeit)
- Entsorgung

Seil oder Draht

Überall dort wo mechanische Vibrationen vorhanden sein können (insbesondere an den Schienen), sind Erdverbindungen aus Seilen solchen aus Draht vorzuziehen. Hingegen kann der steife Draht Vorteile bieten, wenn es darum geht, im Kurzschlussfall die elektromagnetischen Kräfte zu beherrschen.

Hinweis: Im Netz der SBB werden nur noch Seile eingesetzt.

10.4.2.3 Verlegen von Erdleitern im Gleisbereich

Vom Gleisbereich wegführende Erdleiter müssen mindestens 25 cm tief im Schotter eingegraben werden.

Um bei stark strombelasteten Erdleitern das Ansprechen der Zugsicherung (Signum) zu vermeiden, kann das Aufteilen des Stroms auf zwei oder mehrere, im Abstand von zwei Metern verlegte Erdleiter nötig sein.

10.4.2.4 Anschluss von Erdleitern an die Bahnerde

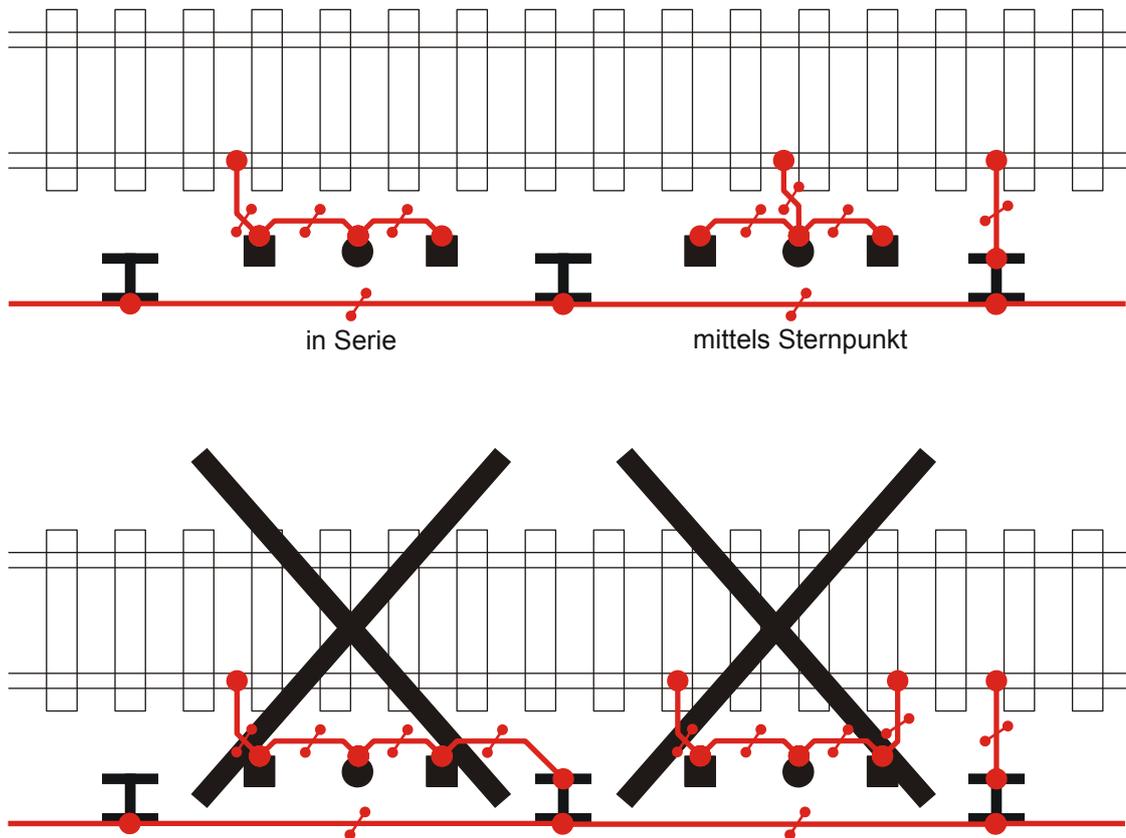
Ein Erdleiter wird immer:

- direkt ans Erdseil,
- an eine Schiene oder
- an den Fusspunkt eines mit Erdseil und Schiene verbundenen Fahrleitungsmastes angeschlossen.

Betriebserdleiter und Schutzerdleiter sollen auf kurzem Weg an die Bahnerde angeschlossen werden.

Sind mehrere beieinander liegende Apparate im Gleisbereich an die Schutzerde zu legen, so können diese in Serie oder über einen Sternpunkt zusammengefasst werden.

Eine Schlaufenbildung von Erdleitern ist zu vermeiden.

**Bild 10.13**

Zusammenfassung von beieinander liegenden Apparaten. Keine Schleifenbildung!

Betriebserdleiter und Schutzerdleiter dürfen immer nur an geerdete Schienen angeschlossen werden, die durchgehend mit Schienenverbindern ausgerüstet sind.

Hinweis: Bei den SBB sind für den Anschluss an die Schienen nur geschraubte Anschlusstypen zulässig. Die früher angewendeten Schweißverfahren bergen das Risiko von Schienenbrüchen (Spannungsrisss-Korrosion). Sie sind bei den SBB und anderen Bahnen mit stark belasteten Strecken nicht mehr erlaubt.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

10.4.2.5 Erdleiter zwischen Schienen und Fahrleitungsmasten (Querverbindungen)

Nachstehend wird das Standardkonzept der SBB beschrieben:

Unter Querverbindungen sind die Erdleiter zu verstehen, welche entlang einem Bahntrasse die Fahrleitungsmasten in regelmässigen Abständen mit den Schienen verbinden.

Der Traktionsrückstrom fliesst zunächst über die Räder in die Schienen. Um einen möglichst grossen Anteil des Rückstroms im Erdseil führen zu können, muss mindestens alle 250 – 300 m eine Querverbindung zwischen dem dortigen Mast und allen Schienen des entsprechenden Bahntrasses vorhanden sein. Weiter kommt diesen Querverbindungen die wichtige Funktion des Potentialausgleichs zu.

Diese Querverbindungen zwischen Gleis und Masten müssen mindestens 25 cm tief im Schotter eingegraben sein.

Jeder Anschluss einer Querverbindung wird an der Schiene mit gelber Farbe markiert. Am entsprechenden Mast wird dazu ein Schild mit Erdungssymbol angebracht.

Nachfolgender Zeichnung kann entnommen werden, wie die Querverbindungen zwischen dem Fusspunkt des Mastes und dem Gleis mindestens alle 250 bis 300 m ausgeführt werden. Dargestellt ist der Standardfall einer mit Erdseil ausgerüsteten Strecke, ohne isolierte Schienen.

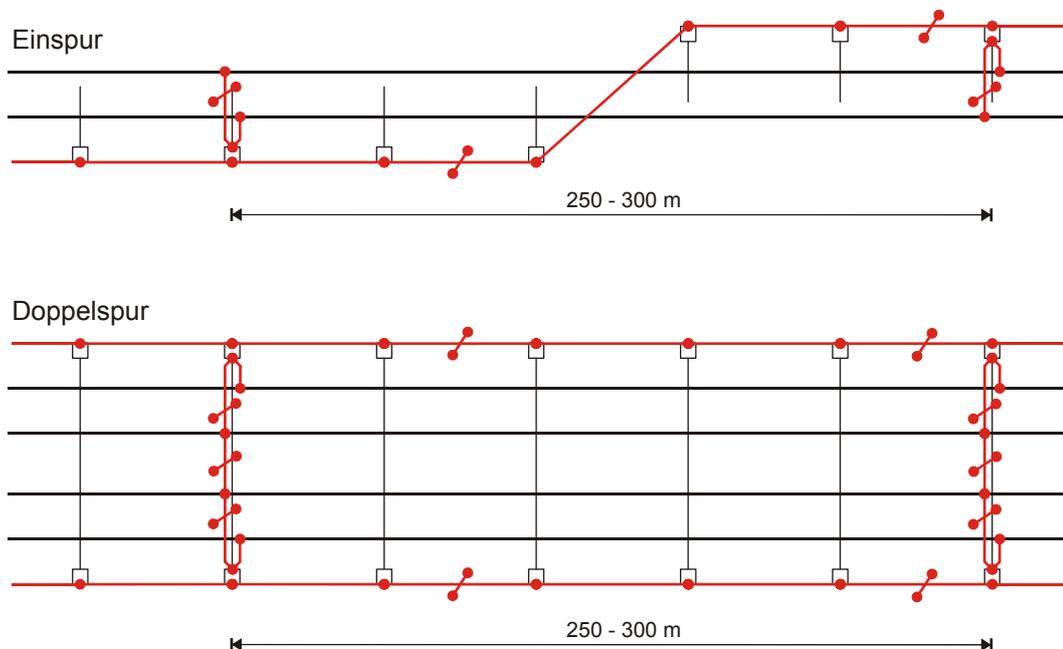


Bild 10.14
Masterdungen und Querverbindungen, Konzept SBB

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

Ungeachtet dessen, ob es sich um eine Strecke

- ohne oder mit Erdseil,
- ohne oder mit einschieniger oder mit zweischieniger Isolierung

handelt, muss immer mindestens alle 250 – 300 m eine Querverbindung vorhanden sein.

Bei Gleisen mit einschieniger Isolierung darf eine Querverbindung nur an die jeweils nicht isolierte Schiene angeschlossen werden.

Bei Gleisen mit zweischieniger Isolierung darf eine Querverbindung nie direkt an eine Schiene, sondern nur an den Mittelabgriff eines Drosselstosstransformators angeschlossen werden (siehe Bild 10.4).

Bei einer Strecke ohne Erdseil muss der Fusspunkt jedes Fahrleitungsmastes über einen Erdleiter mit der Schiene verbunden werden.

10.4.2.6 Abstand der Erdleiter von spannungsführenden Teilen

Es sind mindestens die Abstände gemäss AB-VEAB, AB 39, Abs. 4, die bei Nennspannung gelten, einzuhalten:

4 *Der zwischen geerdeten und Spannung führenden Teilen einzuhaltende elektrische Sicherheitsabstand b_e in Luft muss mindestens betragen:*

41 *Bei Wechselspannung*

411 11 kV $b_e = 110 \text{ mm},$

412 15 kV $b_e = 150 \text{ mm},$

42 *bei Gleichspannung*

421 bis 1,5 kV $b_e = 35 \text{ mm},$

422 über 1,5 kV und bis 3,0 kV $b_e = 50 \text{ mm}$

In der Praxis sind auftretende Überspannungen, Kurzschlüsse durch Tiere und Gegenstände sowie auf die Leiter wirkende Kräfte, die die Abstände beeinflussen können, angemessen, d.h. im Sinne einer ausreichenden Betriebssicherheit zu berücksichtigen.

10.5 Anbindung des Unterwerks

10.5.1 Anbindung an die Schienen (Erdpol)

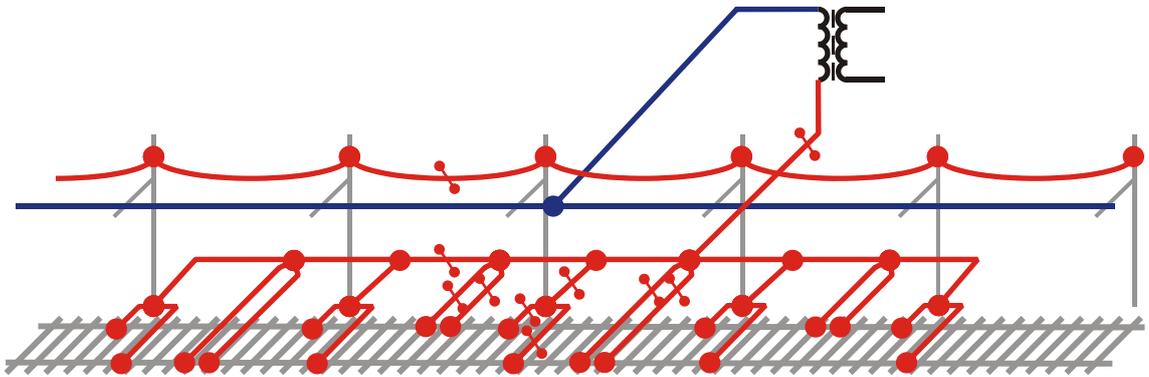


Bild 10.15
Anbindung an die Schienen (Erdpol)

Dies ist die bei den SBB früher übliche Methode der Unterwerksanbindung, auch bekannt unter dem Namen Erdpol. Eine Cu-Sammelschiene verläuft auf einer Länge von ca. 300 m neben dem Gleis im Erdreich. Die Mastfüsse und die Schienen werden mit dieser Sammelschiene verbunden.

Neue Unterwerke sollen nicht mehr mit einem Erdpol, sondern wie nachstehend beschrieben, mit einer Anbindung an die Erdseile realisiert werden.

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

10.5.2 Anbindung an Erdseile (Rückleitungsseile)

Gemäss den Grundsätzen im Kapitel 4 ist die Traktionsstrom-Rückleitung von den Triebfahrzeugen bis zur Haupterdungsschiene bzw. bis zur Mittelpunkt-Erdung des Transformators 132/15(11) kV möglichst mit homogenem Rückleiterquerschnitt und gut mit dem Hinleiter der Fahrleitung elektromagnetisch gekoppelt zu planen.

Die Erdungs-Anbindung des Unterwerks an die Fahrleitungsanlagen erfolgt dann optimal, wenn die Erdseile (Rückleitungsseile) mit dem durch die Leistung des Unterwerks gegebenen Querschnitt parallel zu den Fahrleitungszuleitungen ins Unterwerk (Haupterdungsschiene) eingeführt werden.

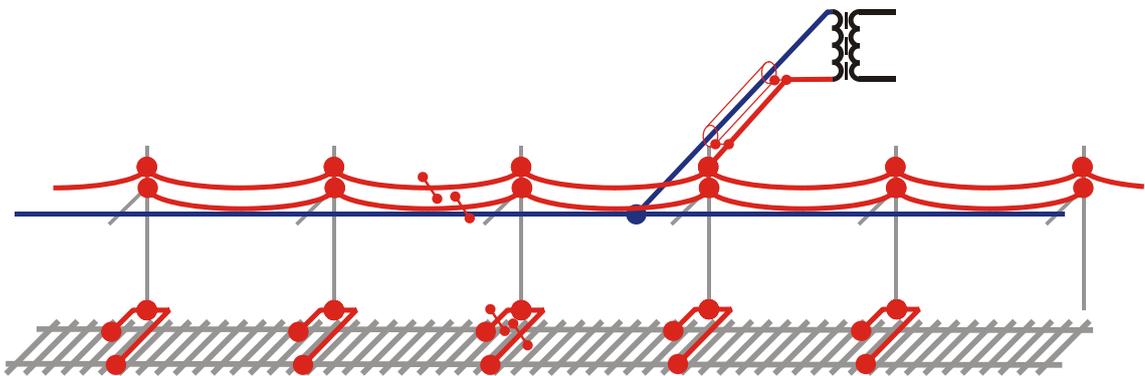


Bild 10.16
Anbindung an Erdseile (Rückleitungsseile)

Damit der Traktionsstromkreis geschlossen wird, müssen die im Gleis und in den Erdseilen Richtung Unterwerk zurückfliessenden Traktionsrückströme auch einen Weg zur Haupterdungsschiene im Unterwerk finden.

Bewährt hat sich die Lösung mit Erdseilen (Rückleitungsseilen), die möglichst gut mit den Zuleitungen zur Fahrleitung gekoppelt sind und an die Erdseile der Fahrleitungsanlage angebunden sind. Die Dimensionierung dieser Anbindung ans Unterwerk muss auf die jeweiligen Verhältnisse, vor allem die Leistung des Unterwerks, Rücksicht nehmen.

Ausgeführte Beispiele:

- SBB UW Zürich («Kohlendreieck»)
- SBB UW Wanzwil
- SBB fUW Kerzers
- alle UW der BLS

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

10.6 Transformatoren und Messwandler auf Masten

10.6.1 16,7 Hz-Transformatoren

Die Betriebserdung von Transformatoren kann, sofern nicht in einem Kabelkanal oder -Schutzrohr geführt, mit einem blanken 50 mm² Cu-Erdleiter ausgeführt werden.

Erdseil vorhanden:

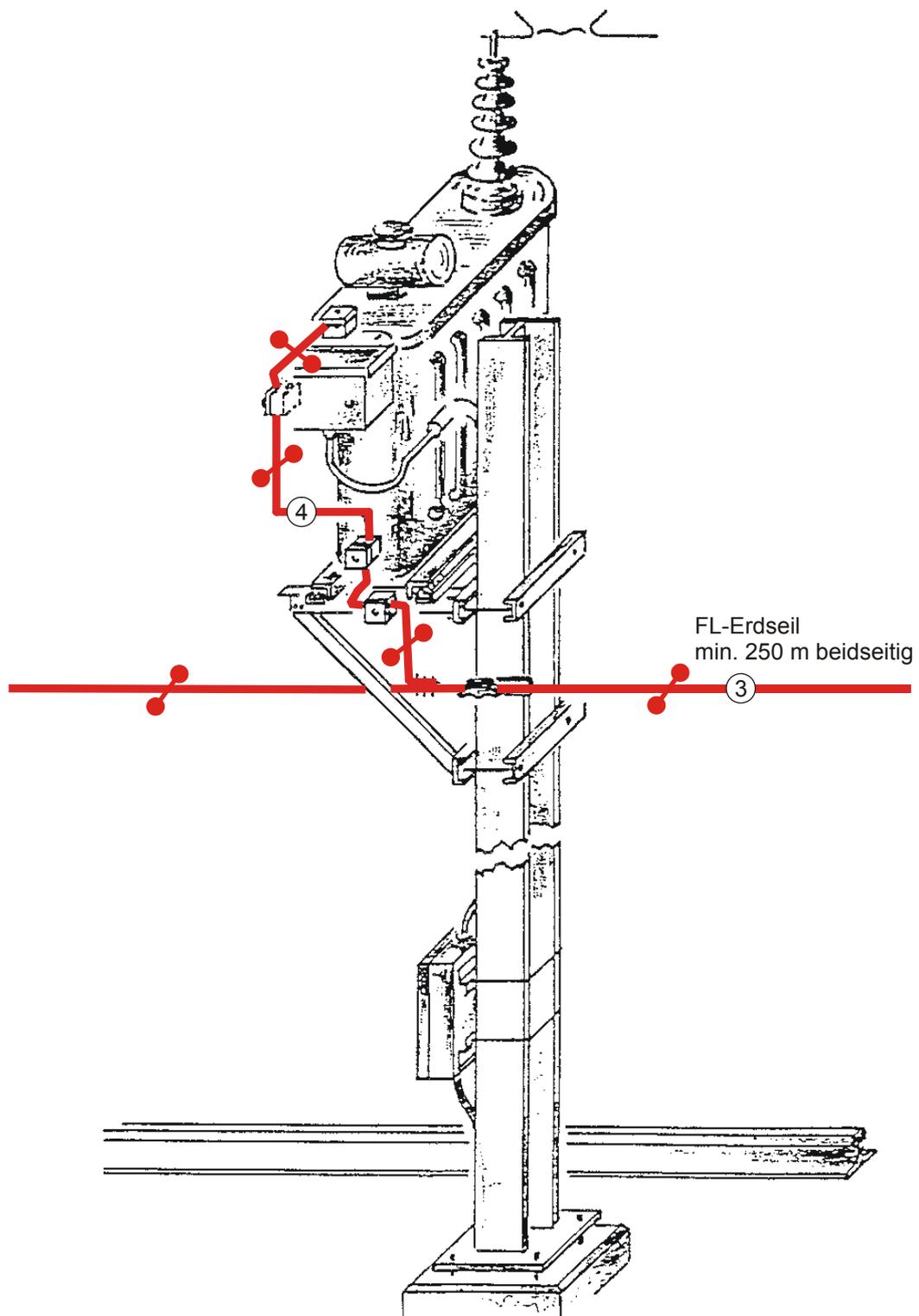
- Der Anschluss des Betriebserdleiters erfolgt an das Erdseil

Kein Erdseil vorhanden:

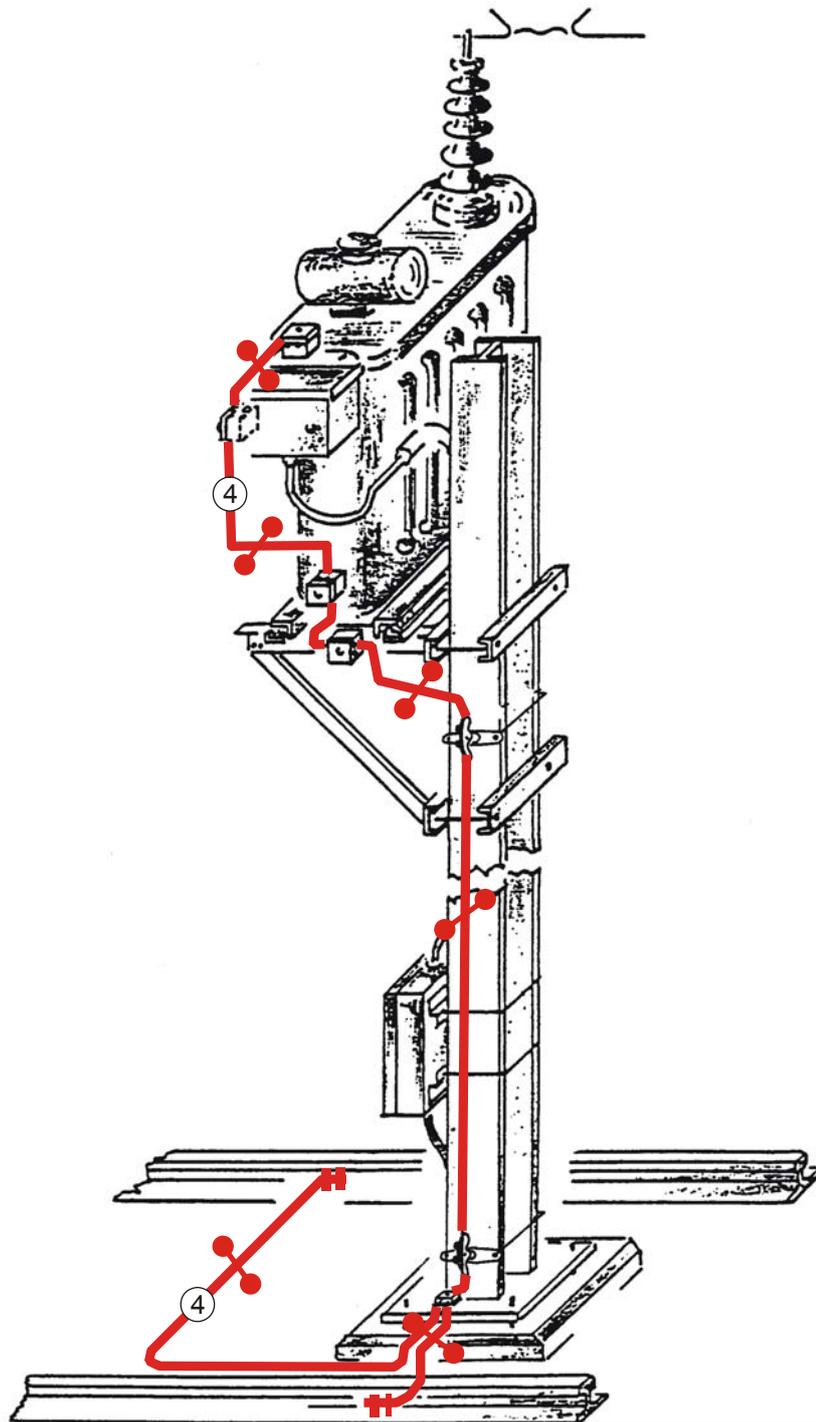
- Der Betriebserdleiter wird bis zum Mastfuss geführt. Von dort erfolgt der Anschluss an zwei verschiedene Gleise.

10.6.2 Messwandler

Die Betriebserdung von Messwandlern erfolgt analog jenen von Transformatoren. Auch die Sekundärkreise von Strom- und Spannungswandlern sind zu erden.

**Bild 10.17**

Disposition der Erdung für einen Transformator auf einem FL-Mast mit Erdseil
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)



Erdverbindungen an zwei
verschiedenen, geerdeten Gleisen

Bild 10.18

Disposition der Erdung für einen Transformator auf einem FL-Mast ohne Erdseil
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

10.7 Schaltanlagen und Schaltposten

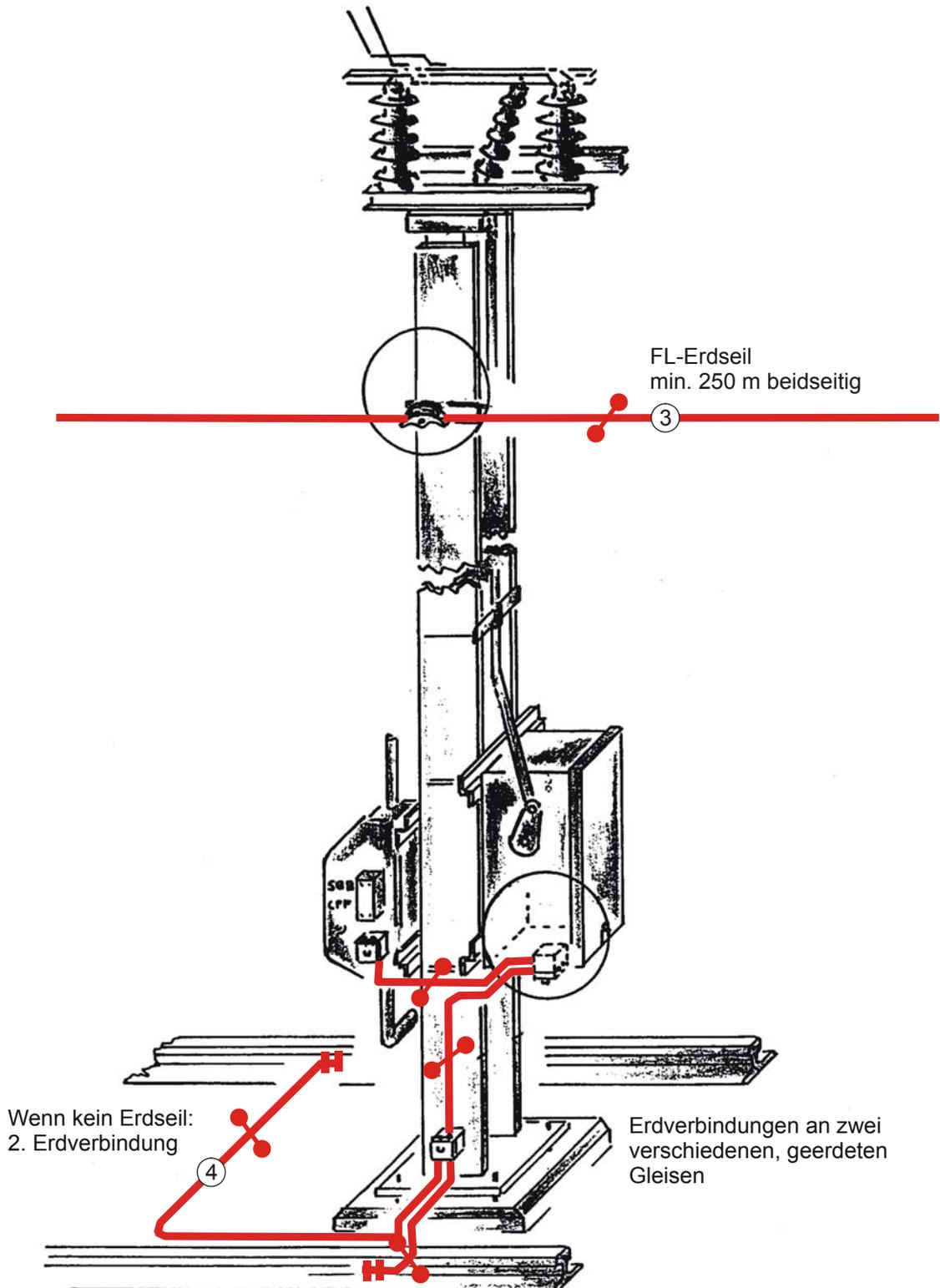
Schutzmassnahmen sind überall dort zu treffen, wo Teile von Geräten oder Apparaten, welche durch Fehler infolge von Kriechstrecken, Lichtbögen oder direkt mit unter Spannung stehenden Teilen in Verbindung kommen könnten.

Es ist darauf zu achten, dass sämtliche Einrichtungen und Apparate so geerdet werden, dass die Schutzleiter nicht von Rückströmen durchflossen werden können; d.h. die Apparate sind einzeln bzw. sternförmig zu erden. Nur so kann durch die Erdung zuverlässiger Berührungsschutz und eine einwandfreie Funktion der zu schützenden Apparate erreicht werden.

Die Verbindung zu einem Fahrleitungsmast mit Erdseil ist einer Verbindung zur Schiene vorzuziehen.

Sind mehrere Apparate wie Schalter, Trafos, Wandler etc. in einem Schaltposten zusammengefasst, so soll wenn immer möglich ein Erdseil durch diesen Schaltposten geführt werden. Beidseitig an den äussersten Masten des Schaltpostens wird eine Ringerdleitung von 50 mm², Cu bei Schaltposten bzw. 95 mm², Cu bei Schaltanlagen ans Erdseil angeschlossen. Die Betriebserdleiter und Schutzerdleiter aller zu erdender Apparate werden auf kürzestem Weg mit dieser Ringerdleitung verbunden.

Die Betriebs- und Schutzerdleiter aller Apparate innerhalb eines Schaltpostens oder einer Schaltanlage (Schalter, Trafos etc.) werden an eine Ringerdleitung von mindestens 50 mm², Cu bzw. 95 mm², Cu angeschlossen.

**Bild 10.19**

Disposition der Erdung für einen Hörnerschalter mit Einzelantrieb
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

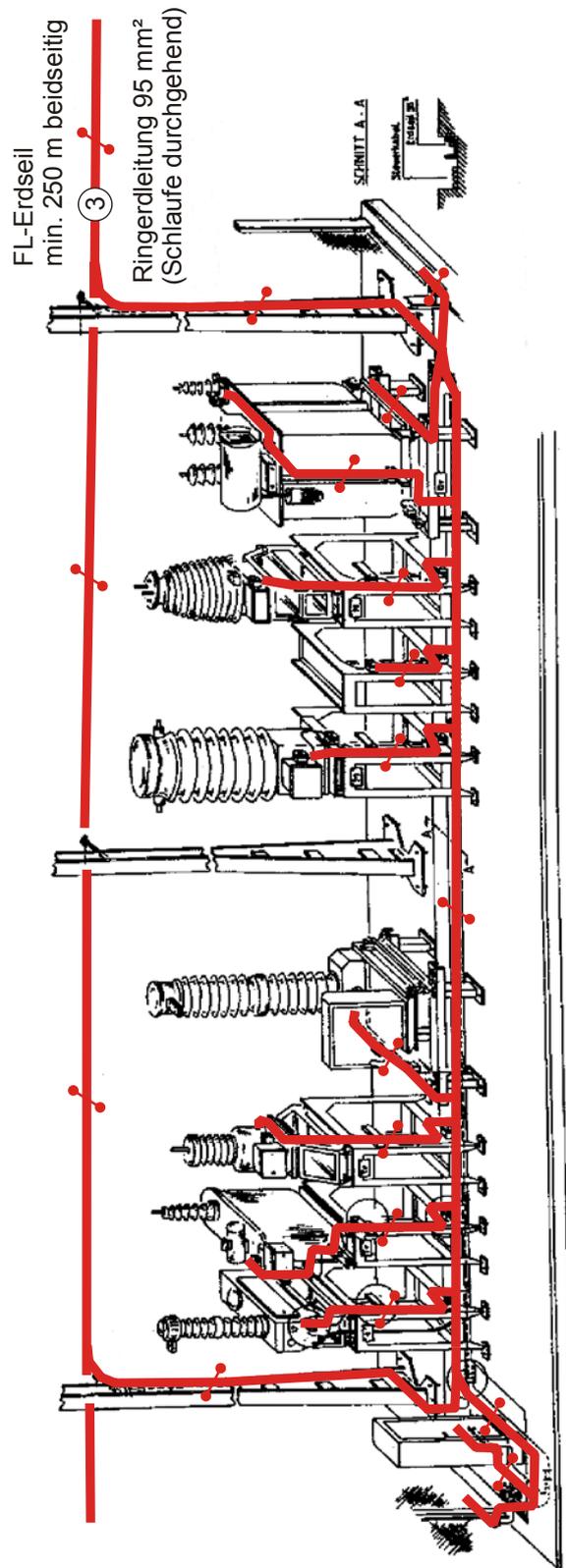


Bild 10.20
Erdungskonzept FL-Schaltanlage
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

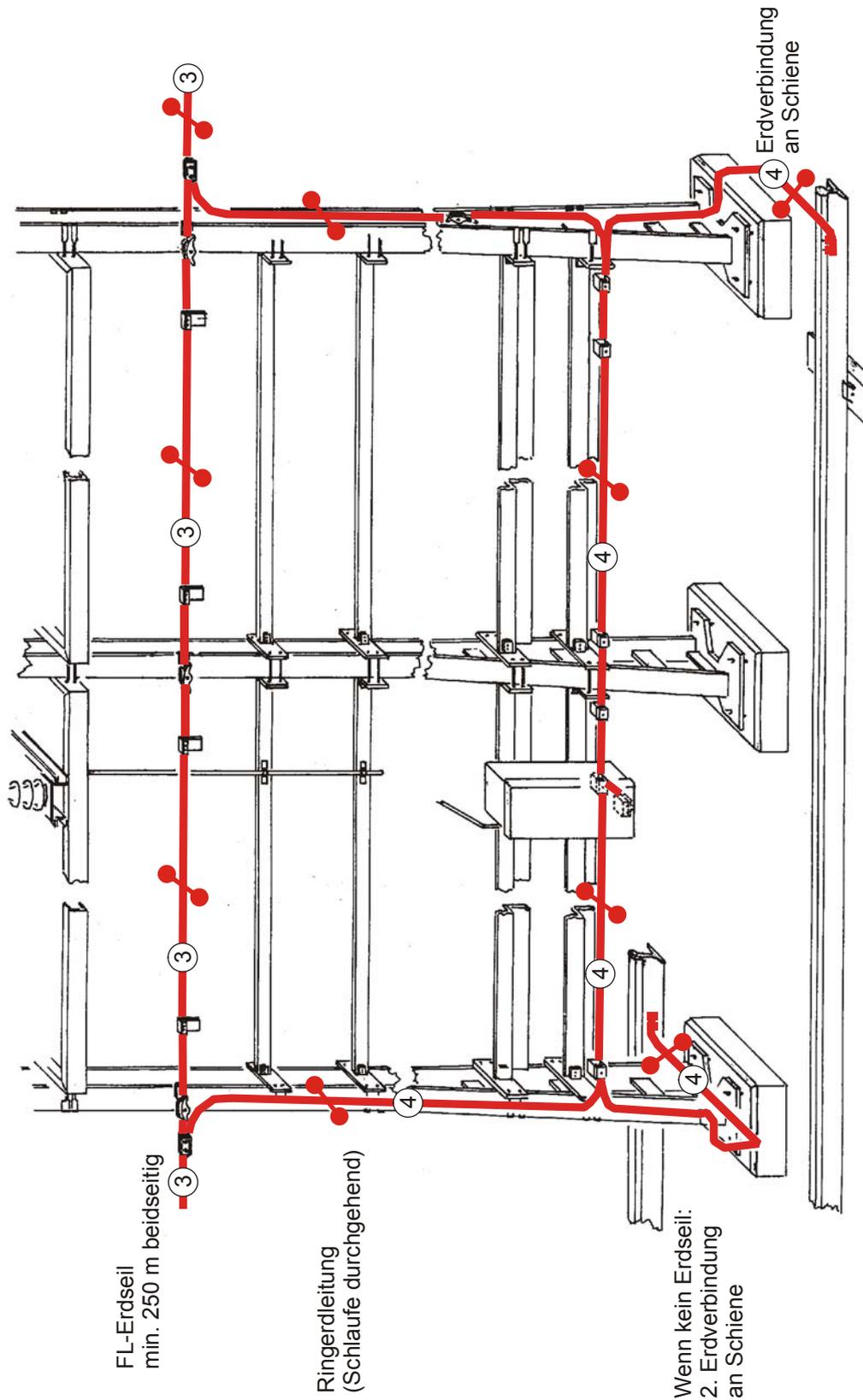


Bild 10.21
Erdungskonzept FL-Schaltposten
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Fahrleitungsanlagen	10 01.11.2008
---------------------	------------------

10.8 Die Traktionsstrom-Rückleitung der Gleichstrombahnen

10.8.1 Querschnitt der Erdseile (Rückleitungsseile)

Der kupferäquivalente Querschnitt aller Traktionsstrom-Rückleiter (Schienen und Erdseile) muss demjenigen der (Strecken-)Fahrleitung entsprechen.

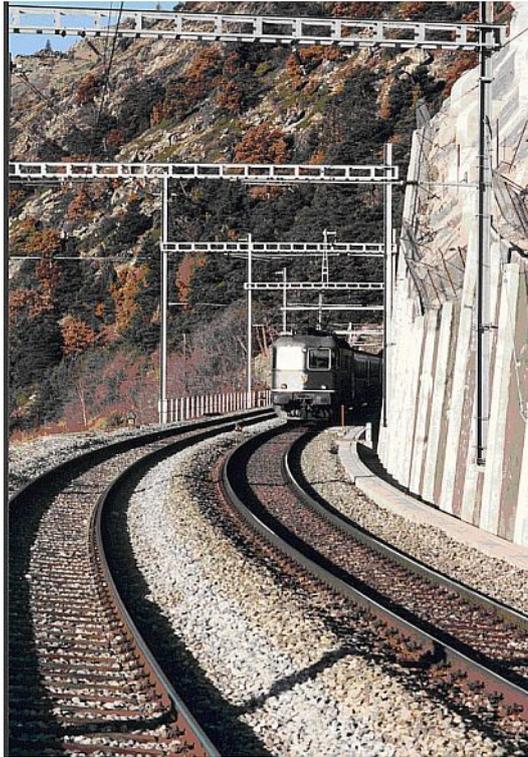
In die Dimensionierungsbetrachtung sind die Schienen und die Erdseile (Rückleitungsseile) einzubeziehen, nicht jedoch das Erdreich. Das Vagabundieren des Traktionsrückstroms ist umso leichter möglich, je hochohmiger die Rückleitung ist. Es kann nur unterdrückt werden, wenn die (gegen das Erdreich isolierte) Traktionsstrom-Rückleitung im Sinne einer möglichst niedrigen Rückleitungsimpedanz grosszügig dimensioniert wird.

Für Konzept und Dimensionierung der Erdungs- und Traktionsstromrückleitung sind immer auch die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3

zu berücksichtigen.

Siehe zu diesem Thema auch Kapitel 4.6.1 und 4.6.2.



11 Bauten

11.1 Kunstbauten: Brücken, Tunnel, Stützmauern

11.1.1 Allgemeines

11.1.1.1 Grundsätze

Die nachfolgenden Ausführungen gelten für Kunstbauten der Bahninfrastruktur wie Brücken und Tunneln, können aber sinngemäss auch für parallel zum Bahntrasse verlaufende Bauwerke wie zum Beispiel Stützmauern angewendet werden. Dabei ist zu beachten, dass für sämtliche Kunstbauten ein passendes Erdungskonzept zu erstellen ist und dabei keine Standardlösungen zur Verfügung stehen.

Die Traktionsstrom-Rückleitung und Erdung muss nach folgenden Grundsätzen erfolgen:

- Kontrollierte Führung des Traktionsrückstroms, niedrige Rückleitungsimpedanz, kleine Magnetfelder (optimale Traktionsstrom-Rückleitung).
- Die maximal zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen müssen eingehalten werden (wirksamer Potentialausgleich zwecks Personenschutz).
- Gewährleistung einer hohen Wahrscheinlichkeit der Abschaltung der Fahrleitungsspannung im Schadenfall (sicheres Abschalten im Fehlerfall).

Erdungsleiter, welche im Beton vergossen werden, sind vor dem Betonieren durch einen Sachverständigen des Bereichs Fahrleitung / Traktionsenergie zu überprüfen.

11.1.1.2 Stahlbeton – Kunstbauten

Heute werden Kunstbauten vor allem aus dem Verbund von Beton mit Stahlarmierungen hergestellt. Bei bahntechnischen Kunstbauten ist wegen der unmittelbar daran in offener Ausführung montierten elektrisch aktiven Leiter Folgendes besonders zu beachten:

Durchschlagsfestigkeit des Betons zur Armierung

Fällt infolge Fahrdrabtbruchs der unter Spannung stehende Fahrdrabt auf ein Stahlbetonteil, so kann es zu einem elektrischen Durchschlag kommen, falls die Armierungseisen nicht sehr tief im Beton liegen.

In der Praxis ist die Betonüberdeckung oftmals kleiner als 5 cm, der Abstand der Armierungsstäbe bei 1.5 – 2.0 cm. **Somit ist generell mit einem Durchschlag zu rechnen.**

11.1.1.3 Streustromkorrosion durch Gleichstrom

Beton ist unter Umständen beschränkt elektrisch leitfähig; trockener Beton leitet schlecht, feuchter Beton leitet besser. Dies ist abhängig vom Wassergehalt in Kapillaren und Rissen. Die Leitfähigkeit des Betons wie auch des Erdreichs beruht auf Ionenleitung, während diejenige der Armierungseisen auf Elektronenleitung beruht.

Falls nun ein Gleichstrom vom Erdreich oder Beton in eine metallische Armierung eintritt, so findet ein Übergang zwischen Ionenleitung und Elektronenleitung statt. Dabei laufen, je nachdem ob gelöster Sauerstoff oder Wasser vorhanden sind, eine oder beide der nachfolgenden elektrochemischen Teilreaktionen des Korrosionsvorgangs ab:

Im Bereich des Streustromaustritts geht der Elektronenstrom wieder in einen Ionenstrom über. Bei der hier ablaufenden Teilreaktion wird Metall aufgelöst:



Diese Reaktion entspricht dem Materialabtrag, der Korrosion. Die entstehenden Eisenionen wandern als Ionenstrom vom Ort ihrer Entstehung, also vom Metall weg. Da bei der Bildung eines Eisenions immer zwei Elektronen notwendig sind, ist der dabei fließende Strom ein direktes Mass für die Korrosionsgeschwindigkeit. Fließt beispielsweise ein Gleichstrom von 1 mA während eines Jahres, so werden an Metall abgetragen:

Aluminium Al	3 g
Eisen Fe	9 g
Blei Pb	34 g
Kupfer Cu	10 g

Die Korrosionsgeschwindigkeit an einer Stromaustrittsstelle ist jedoch nicht vom Strom, sondern von der Stromdichte abhängig. Tritt beispielsweise ein Strom von 1 mA über eine Fläche von 1 cm² aus einer 6 mm dicken Stahlwand aus, so ist diese innert 6 Monaten durchkorrodiert. Tritt derselbe Strom hingegen über eine Fläche von 1 dm² aus einer gleichen Stahlwand aus, so ist diese erst nach ungefähr 50 Jahren aufgrund des Gleichstroms durchkorrodiert.

Streustromkorrosion lässt sich verhindern oder zumindest vermindern durch:

- Fernhalten von Gleichstrom durch Isoliermassnahmen
- Gleichstrom auf möglichst grosse Fläche bzw. Volumen verteilen
- Sicherstellen, dass kein gelöster Sauerstoff und kein Wasser vorhanden sind (z.B. mit vollflächig verklebter Abdichtung)
- Kompensation des Gleichstroms durch künstliche Einspeisung eines Stroms entgegengesetzter Polarität.

Armierter Betonbauwerke wie Brücken, Tunnel, Stützmauern etc. können durch Streustromkorrosion ernsthaft gefährdet werden. Eine Korrosion der Armierungen beeinträchtigt die mechanische Festigkeit des Bauwerks. Die Lebensdauer des Bauwerks wird verkürzt und es werden hohe Folgekosten verursacht. Stahlbrücken sind durch Streustromkorrosion weniger gefährdet, da sich im Brückenbauwerk auftretende DC-Streuströme grossflächig auf ein grosses Volumen verteilen.

Die Bauwerke der 16.7 Hz-Bahnen sind durch Streustromkorrosion gefährdet, wenn sich diese entweder in Nähe zu gleichstrombetriebenen Verkehrsmitteln (z.B. Tram in Stadtgebieten, Gleichstrombahnen in Gemeinschaftsbahnhöfen)

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

befinden oder in Gebieten, welche durch ausländische Gleichstrombahnen beeinflusst sind. So ist beispielsweise bekannt, dass Streuströme aus Norditalien bis in die Kantone Tessin und Wallis feststellbar sind.

Sofern Gleichstrom über das Rückleitungssystem einer mit 16.7 Hz betriebenen Bahn fliesst, sind deren Kunstbauten durch Streustromkorrosion gefährdet. Streuströme können sich über grössere Distanzen ausbreiten.

Für alle Belange von Streustromkorrosion durch Gleichstrom sind die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3

beizuziehen. Die Richtlinien C3 sind zwingend einzuhalten.

11.1.1.4 Bahnerde und Bauwerkserde

Die Kernfrage bei der Erstellung eines Erdungskonzepts von Kunstbauten besteht im Entscheid, Bahnerde und Bauwerkserde getrennt zu halten oder zu verbinden. Bei Gleichstrombahnen ist der konsequenten Auftrennung der EW-Erde zur Bauwerkserde und ganz besonders zur Bahnerde grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

Der Entscheid, ob Bahnerde und Bauwerkserde miteinander verbunden oder voneinander isoliert werden sollen, ist in Absprache mit dem für den Rohbau verantwortlichen bahneigenen Projektleiter des Ingenieurbaus zu treffen. Der getroffene Entscheid ist im Projekt dann konsequent durchzuziehen.

Bei einer Trennung von Bahnerde und Bauwerkserde ist in den Plänen zum Erdungskonzept zwischen Bahnerde und Bauwerkserde eine saubere und konsequente Trennlinie festzulegen. Die Trennung muss so vorgenommen werden, dass diese über die Lebensdauer des Bauwerks sichergestellt und kontrolliert werden kann. Im Bereich der Trennlinie ist der Personenschutz besonders zu beachten. Wirksamer Schutz von Personen vor gefährlichen Berührungs- und Schrittspannungen lässt sich hier durch Massnahmen wie z.B. isolierte Gehwege, Isolierabdeckungen etc. erreichen. Falls die Potentialdifferenz in Bezug auf den Personenschutz bei getrennter Bauwerkserde und Bahnerde zeitweise unzulässig gross ist, können sie mit einer automatischen Kurzschlussrichtung zwischen Bauwerks- und Bahnerde temporär miteinander verbunden werden.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.1.5 Trennung von Bahnerde und Bauwerkserde

(Regelfall, bei Gefährdung durch Streustromkorrosion)

Vorteile	Nachteile
Keine Gefährdung des Bauwerks durch Streustromkorrosion	Schlechter in Bezug auf den Personenschutz Konstruktiv aufwändiger Finanzieller Mehraufwand für Kontrolle und Unterhalt der Trennung

11.1.1.6 Verbindung von Bahnerde und Bauwerkserde, Potentialausgleich

(Regelfall, sofern Gefährdung durch Streustromkorrosion ausgeschlossen werden kann)

Vorteile	Nachteile
Besser in Bezug auf den Personenschutz Konstruktiv einfacher Finanzieller Minderaufwand	Kein Schutz des Bauwerks vor Streustromkorrosion

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.2 Brücken

11.1.2.1 Begriffe

Brückenpfeiler

Bei längeren Brücken die vertikalen, tragenden Stützen zwischen dem Untergrund und dem Brückenkörper.

Brückenüberbau

Horizontaler Teil der Brücke auf welchem sich die Fahrbahn befindet.

Brückenaufleger oder -widerlager

Dort wo der Brückenkörper auf dem Brückenpfeiler aufliegt.

11.1.2.2 Klassierung von Brückenbauwerken

In Bezug auf die Traktionsstrom-Rückleitung und die Erdung lassen sich Brückenbauwerke aufgrund des Aufbaus und des verwendeten Baumaterials folgendermassen klassieren:

Mauerwerksbrücken

Gemauerte Brücken: Diese verfügen über keine metallisch leitenden Armierungen.

Stahlbrücken

Voll metallisch leitende Brücke

Verbundbrücken

Diese bestehen in der Regel aus einem Stahlbetontrog (Fahrbahn) im Verbund mit einer darunter liegenden Stahlkonstruktion.

Betonbrücken

Diese enthalten metallische Armierungen.

Spannbetonbrücken

Im Innern des Brückenbauwerks befinden sich neben der Armierung Stahlzugelemente, mit denen die einzelnen vorgefertigten Beton-Brückenelemente zusammengespant werden.

In Bezug auf den Brückenüberbau und die Brückenpfeiler kommen auch alle Kombinationen dieser Brückentypen vor. Beispielsweise Brückenpfeiler aus Stein mit Brückenüberbau aus Stahl.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.2.3 Umgebungsbedingungen

Bei Brückenbauwerken trifft man auf die unterschiedlichsten Verhältnisse, wie zum Beispiel:

- Lage im Stadtgebiet / im ländlichen Gebiet / im Gebirge
- Armierung (elektrisch leitende Armierung und / oder Spannkabel vorhanden)
- Erdfähigkeit (Gesteinsart / hydrogeologische Verhältnisse)
- Fahrbahnsystem (Feste Fahrbahn / Schotter)
- Feuchtigkeitsverhältnisse (z.B. Regenwassereintrag und möglicher Salzeintrag durch benachbarte oder querende Strassen)
- Ein- / Zwei- / Mehrgleisige Brücke
- Rückströme anderer Energieversorgungssysteme (z.B. DC-Bahnen, Tram, Trolleybusse etc.)
- 50 Hz-Verbraucher auf der Brücke (z.B. Beleuchtungskandelaber)
- Metallische Brückenentwässerungsrohre
- Spezialanlagen (Rohranlagen, Antennenanlagen etc.)
- Spezielle Situationen (Übergang in Tunnel, Haltestellen auf Brücken)
- Sanierung einer bestehenden Brücke / Neubau einer Brücke
- Provisorische Brücken (Hilfsbrücken).

Die Anlagen zur Traktionsstrom-Rückleitung und Erdung auf Brücken sind aufgrund der jeweiligen unterschiedlichen Verhältnisse speziell zu betrachten.

11.1.2.4 Bahnerde und Bauwerkserde

Ist zu erwarten, dass DC-Rückströme eines fremden Systems (Gleichstrombahnen, Tram etc.) durch das Brückenbauwerk fließen könnten, so besteht die Gefahr von Streustromkorrosion. In diesem Fall ist zu verhindern, dass diese Gleichströme in das Brückenbauwerk eintreten oder es durchfließen können. Die elektrische Trennung zwischen Bahnerde und Bauwerkserde lässt sich z.B. erreichen durch:

- Isolation des Brückenüberbaus gegen die Brückenpfeiler und Brückenwiderlager
- Isolation im Fahrbahn-Schottertrog
- Isolation metallischer Installationen und Brückenentwässerungsleitungen etc.
- Isolierte Montage der Brückengeländer und Fahrleitungsmasten.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.2.5 Trennung von Bahnerde und Bauwerkserde

(Regelfall, bei Gefährdung durch Streustromkorrosion)

Vorteile	Nachteile
Keine Gefährdung des Brückenbauwerks durch Streustromkorrosion	<p>Höherer Aufwand beim Bau durch Massnahmen wie z.B. isolierter Gehweg, isolierte Montage der FL- Masten etc.</p> <p>Höherer Aufwand für Kontrolle und Aufrechterhaltung der Trennung während der Lebensdauer der Brücke</p>

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen im Bereich von Gleichstrom durchflossenen Brückenbauwerken sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 410

zu entnehmen.

Falls sich ein Brückenbauwerk einer Wechselstrombahn ausserhalb der Beeinflussung durch Gleichströme befindet und somit eine Gefährdung durch Streustromkorrosion ausgeschlossen werden kann, darf auf das konsequente Trennen zwischen Bahnerde und Bauwerkserde verzichtet werden.

11.1.2.6 Verbindung von Bahnerde und Bauwerkserde, Potentialausgleich

(Regelfall, sofern Gefährdung durch Streustromkorrosion ausgeschlossen werden kann)

Vorteile	Nachteile
Gleiches Potential im Personenbereich (einfacher zu realisierender Personenschutz)	Kein Schutz des Brückenbauwerks vor Streustromkorrosion

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.2.7 Besonderes

Brückengeländer

Siehe Kapitel 11.2, Lärmschutzwände, Leitplanken, Zäune

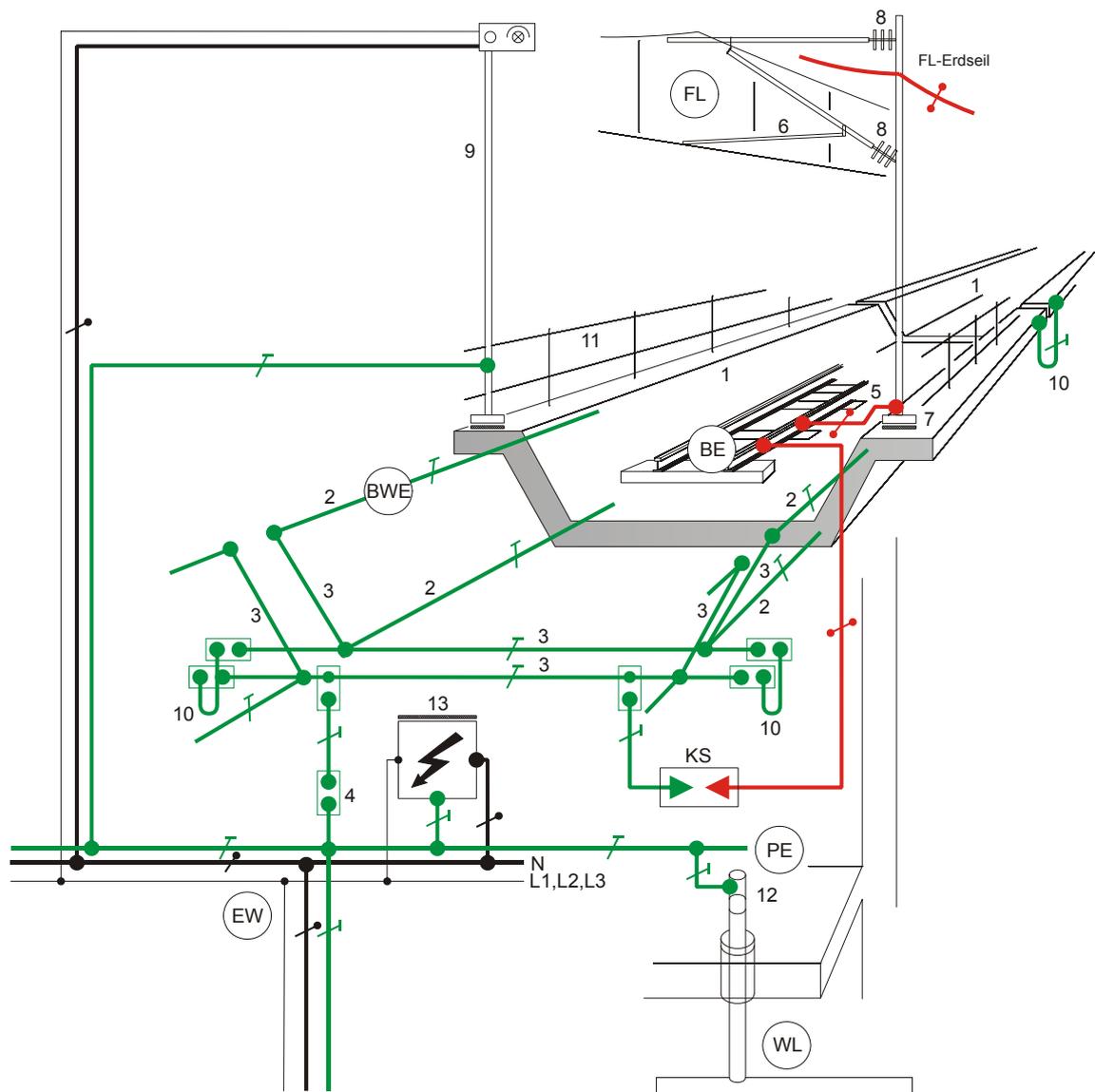
Spannbetonbrücken

Bei Spannbetonbrücken ist die

Richtlinie «Massnahmen zur Gewährleistung von Spanngliedern in Kunstbauten»,

Bundesamt für Strassen und SBB AG zu beachten.

Ist das Brückenbauwerk durch Streuströme gefährdet, so ist Kategorie c zu wählen.

**Legende:**

- 1 Bauwerkselement
- 2 Längssammelleiter
- 3 Quersammelleiter
- 4 Mess- und Verbindungspunkt
(im Normalfall offen)
- 5 Bahnschutzleiter isoliert
- 6 Fahrleitungstragwerk
- 7 Trennisolation BE/BWE
- 8 Betriebsisolation FL
- 9 Aussenleuchte (siehe Kommentar)
- 10 Lösbare Verbindung
- 11 Geländer
- 12 Isolierstück
- 13 Verbraucher (isoliert von Bauwerk,
siehe Kommentar)

Abkürzungen:

- | | |
|-----|---|
| BE | Bahnerde |
| BWE | Bauwerkserde |
| EW | Anschlussleitungen 3x400 / 230 V 50 Hz
des energieliefernden Werkes |
| KS | Kurzschliesser. Nur einbauen, wenn Be-
rührungsspannung den zulässigen Wert
nach Bild 4.3 überschreiten kann. |
| FL | Fahrleitung |
| WL | Wasserleitung |
| PE | Schutzleiter |

Bild 11.1

Erdungsdisposition auf Brücken

Bildquelle: Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen,
Korrosionskommission der SGK, C 3

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

Kommentar zu Bild 11.1:

Allgemein:

Die Beleuchtungsmasten und die Beleuchtungskörper am Bauwerk, auch unter der Brücke, sind aus Streustromschutzgründen isoliert vom Bauwerk aufzustellen bzw. zu montieren. Dadurch wird verhindert, dass eine Fremderdung eingeschleppt wird, welche die isoliert zueinander liegenden Bauwerkselemente kurzschliessen könnte. Aus Gründen des Personen- und Anlagenschutzes werden die erforderlichen Erdungsmassnahmen bestimmt:

Zone 1:

Masten, welche elektrische Verbraucher tragen (Leuchten, Uhren, Lautsprecher usw.) sind isoliert aufzustellen und bahnzuerden.

Zone 2:

Masten, welche elektrische Verbraucher tragen (Leuchten, Uhren, Lautsprecher usw.) sind isoliert aufzustellen und bahnzuerden. Die Masten werden nur dann bahngeerdet, wenn das Risiko besteht, dass sie umfallen und dabei aufgrund ihrer Höhe die Fahrleitung berühren könnten. Kann diese Gefahr ausgeschlossen werden, dürfen die Masten unter Anwendung von geeigneten Berührungsschutzmassnahmen (z.B. Isolieranstrich) zusammen mit ihren Verbrauchern an EW-Erde gelegt werden.

Ausserhalb Zone 2:

Beleuchtungsmasten, Beleuchtungskörper oder andere Verbraucher sind isoliert aufzustellen und mit der EW-Erde zu verbinden. Die Schutzleiter dürfen dann weggelassen werden, wenn geeignete Schutzmassnahmen gemäss NIN wie z.B. Einsatz von Fehlerstromschutzschaltern (FI) oder Sonderisolierung (Schutzklasse II) getroffen werden.

In allen oben definierten Zonen ist es auch möglich, die kompletten Beleuchtungsarmaturen sonderisoliert (Schutzklasse II) auszuführen. In schutzisolierten Komponenten darf keine Erdung (BE oder EWE) eingeführt werden.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.3 Tunnel

11.1.3.1 Begriffe

Verkleidung

Massnahmen, entweder als Ergänzung der Ausbruchsicherung oder separat ausgeführt, welche dem Tragwerk (Gewölbe) die erforderlichen Eigenschaften wie Tragfähigkeit, Form, Aussehen usw. geben.

11.1.3.2 Klassierung von Tunnelbauwerken

Je nach der baulichen Ausgestaltung lassen sich Tunnelbauwerke wie folgt klassieren:

Verkleidung des Tunnelgewölbes:

- Unverkleidet (standfester Fels)
- Gemauerte Verkleidung
- Verkleidung mit Spritzbeton (mit/ohne Stahlnetz bzw. Stahlfasern)
- Betonierte Innenverkleidung (mit/ohne Armierung)
- Tübbinge (vorgefertigte Betonelemente, welche Stahlarmierungen enthalten)

Fahrbahn:

- Konventionelle Schotterfahrbahn
- Feste Fahrbahn

11.1.3.3 Umgebungsbedingungen

Bei Tunnelbauwerken trifft man auf die unterschiedlichsten Verhältnisse, wie zum Beispiel:

- Lage im Stadtgebiet / in ländlichen Gebieten / im Gebirge
- Konstruktion (bergmännisch, Tagbau)
- Armierung (elektrisch leitende Armierung vorhanden)
- Erdfühligkeit (Gesteinsart / hydrogeologische Verhältnisse)
- Abdichtung (Vollständig dicht / isolierend oder teilweise undicht und dadurch konzentriert elektrisch leitend)
- Fahrbahnsystem (Feste Fahrbahn / Schotter)
- Tunnelklima wie Feuchtigkeitsverhältnisse, Bergwassereintrag (normal mineralisiert / salzhaltig), Entwässerungssystem (offen / geschlossen)
- Tunnelsystem wie Eingleisig / Zweigleisig / Mehrgleisig / eine Tunnelröhre / zwei Tunnelröhren mit / ohne Verbindungen
- Rückströme anderer Energieversorgungssysteme (z.B. DC-Bahnen, Tram, Trolleybusse etc.)
- 50 Hz-Verbraucher im Tunnel

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

- Spezialanlagen (Strahlende Funkkabel, Hochspannungsleitung etc.)
- Spezielle Situationen (Unterirdische Haltestellen, Verzweigungsbauwerke, Stollen)
- Portalbereich (anschliessendes Brückenbauwerk, Haltestelle etc.) Sanierung eines bestehenden Tunnels / Neubau eines Tunnels.

Die Anlagen zur Traktionsstrom-Rückleitung und Erdung in einem Tunnel sind aufgrund der jeweiligen unterschiedlichen Verhältnisse speziell zu betrachten.

11.1.3.4 Traktionsstromrückleitung und Erdung

Die Stromrückleitung und Erdung in einem Tunnel besteht aus den folgenden Hauptkomponenten:

- Längsverbindungen
- Querverbindungen
- Potentialausgleichsleiter.

Längsverbindungen:

Leiter welche zur Traktionsstrom-Rückleitung vorgesehen sind:

- Erdseil am Tunnelgewölbe
- Schienen
- Tunnelhaupterleiter.

Oft existieren noch weitere Leiter, welche meist ungewollt auch noch Rückstrom führen:

- Weitere Erdleiter (teilweise parallel zu Kabeln verlegt)
- Beidseitig geerdete Kabelmäntel
- Tragseile und die beidseitig geerdeten Schirme von strahlenden Funkkabeln
- Schienen, Rohre aus der Bauzeit etc.

In einem Tunnel mit betonierter Innenverkleidung ist der kupferäquivalente Querschnitt aller Armierungseisen derart hoch, dass er einem Mehrfachen des Erdseilquerschnitts entsprechen kann. Entsprechend hoch kann der Rückstromanteil werden, der nicht im Erdseil, sondern in den Armierungen fließt. Der in der Armierung fließende Rückstromanteil kann reduziert werden, indem die Stahlarmierungen in Tunnellängsrichtung elektrisch nicht durchverbunden werden.

Bei Tunneln, welche sich im Untergrund von bebauten Gebieten befinden, können die Rückströme auch Wege über die bahnfremden, unterirdischen Infrastrukturanlagen (Rohrleitungen, Kabelmäntel etc.) finden.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

Ausführung und Bemessungen (Empfehlung)

Erdseil am Tunnelgewölbe	Das Erdseil (minimal 1 x 95 mm ² , Cu pro Gleis) oben im Tunnelgewölbe ist mit den Fahrleitungs-tragwerken verbunden.
Schienen	Die Schienen sind durchgehend verschweisst, Schienen nicht isoliert.
Tunnelhaupterleiter	Das Erdseil (minimal 1 x 95 mm ² , Cu, gelb iso-liert) wird im Kabelkanal oder im Kabelrohrblock beidseits der Fahrbahn verlegt. In allen Schächten erfolgt eine Verbindung mit minimal 50 mm ² , Cu auf die Erdungsschiene (und von dieser ans Erdseil im Tunnelgewölbe und an die Schienen).
Armierungen	Bei fester Fahrbahn sind die Armierungen zwischen den einzelnen Blöcken verbunden.

Durch die Anordnung des Erdseils (Rückleitungsseils) im Tunnelgewölbe, nahe bei den stromführenden Leitern der Fahrleitung, kann erreicht werden, dass ein möglichst grosser Teil des Rückstroms durch das Erdseil im Tunnelgewölbe fliesst.

Siehe Kapitel 4, Grundsätze und Kapitel 10, Fahrleitungsanlagen.

Ringleiter als Querverbindungen

Diese Ringleiter dienen dem Potentialausgleich zwischen den verschiedenen Traktionsstrom-Rückleitern längs des Tunnels, indem sie diese in periodischen Abständen miteinander verbinden. Es wird empfohlen, im Tunnelinnern diese Querverbindungen (minimal 1 x 50 mm², Cu) alle 250 m, im Portalbereich alle 100 m zu realisieren. Im Portalbereich ist bei den ersten FL-Masten ausserhalb des Tunnels in jedem Fall eine Querverbindung vorzusehen.

Personenschutz

Anschluss von metallischen Gegenständen an die Erdseile (Rückleitungsseile) zwecks Personenschutz und Potentialausgleich analog offener Strecke.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.3.5 Bahnerde und Bauwerkserde

Ist zu erwarten, dass im Gleis DC-Rückströme eines fremden Systems (Gleichstrombahnen, Tram etc.) und von dort aus durch die metallischen Armierungen des Tunnelbauwerks fließen könnten, so besteht die Gefahr von Streustromkorrosion. In diesem Fall ist die Trennung von der Bahnerde von der Bauwerkserde anzustreben.

Trennung von Bahnerde und Bauwerkserde

(Regelfall, bei Gefährdung durch Streustromkorrosion)

Vorteile	Nachteile
Keine Gefährdung des Tunnelbauwerks durch Streustromkorrosion	<p>Allenfalls besondere Personenschutzmassnahmen notwendig, z.B. im Bereich des Gehweges zwischen Gleis und Tunnelwand</p> <p>Hoher Aufwand beim Bau und für Kontrolle und Aufrechterhaltung der Trennung während der Lebensdauer des Tunnels</p>

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen im Bereich von Gleichstrom durchflossenen Tunnelbauwerken sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 420

zu entnehmen.

Falls sich ein Tunnelbauwerk ausserhalb der Beeinflussung durch Gleichströme befindet und somit eine Gefährdung durch Streustromkorrosion sicher ausgeschlossen werden kann, darf auf das konsequente Trennen zwischen Bahnerde und Bauwerkserde verzichtet werden.

Verbindung von Bahnerde und Bauwerkserde

(Regelfall, sofern Gefährdung durch Streustromkorrosion ausgeschlossen werden kann)

Vorteile	Nachteile
Gleiches Potential im Personenbereich (einfacher zu realisierender Personenschutz)	Kein Schutz des Tunnelbauwerks vor Streustromkorrosion

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.1.3.6 Tunnel mit geringer Erdfähigkeit

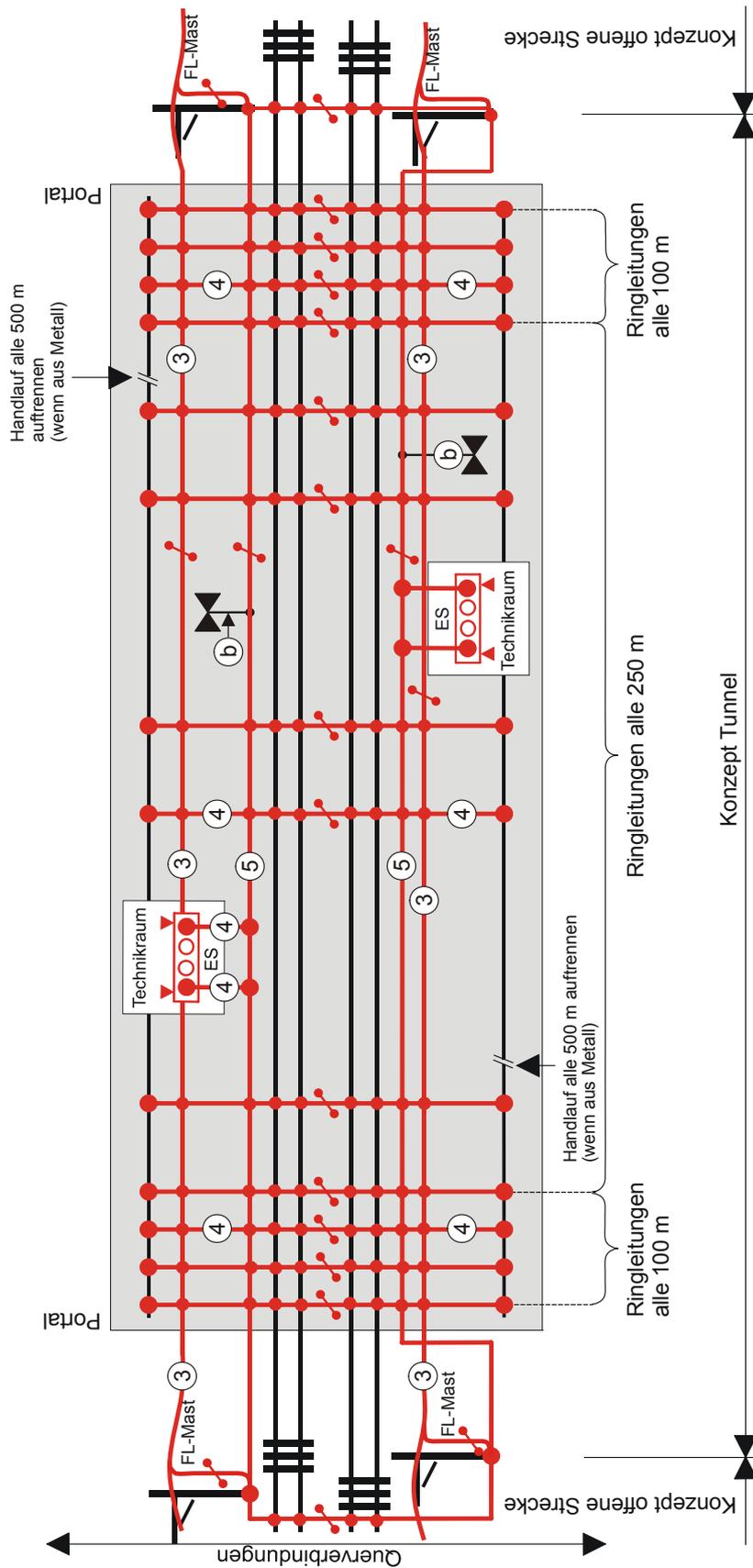
Tunnel im schlecht leitenden Fels und/oder mit einer Rundum-Kunststoffdichtungsbahn sind eine spezielle Herausforderung für die Ausführung des Traktionsstrom-Rückleitungs- und Erdungssystems. In solchen Fällen ist die Auslegung der Traktionsstrom-Rückleitungsquerschnitte an die örtlichen Verhältnisse und an die Querschnitte der Fahrleitung anzupassen.

In den Portalbereichen ist ein nahtloser Übergang vom Rückleitungskonzept «Tunnel» zum Rückleitungskonzept «offene Strecke» sehr wichtig, damit der Traktionsrückstrom sich den Weg nicht über das Erdreich suchen muss. Bei den Portalen dürfen sich keine hochohmigen Übergänge ergeben. Die Querschnitte und die Anordnung der Erdseile (Rückleitungsseile) müssen aufeinander abgestimmt sein.

11.1.3.7 Traktionsstrom-Rückleitungs- und Erdungskonzept Tunnel

Das nachfolgende Dispositionsschema ist eine bildliche Ergänzung zu den Ausführungen oben. Die angegebenen Leiterquerschnitte sind als Minimalquerschnitte gemäss den Anforderungen in den AB-VEAB zu verstehen und können nicht unbesehen in ein Projekt übernommen werden.

Für jeden Tunnel ist ein massgeschneidertes Traktionsstrom-Rückleitungs- und Erdungskonzept zu erstellen, das die Grundsätze im Kapitel 4 und die oben stehenden Ausführungen berücksichtigt.



Alle Kupferquerschnitte sind Minimalanforderungen gemäss AB-VEAB

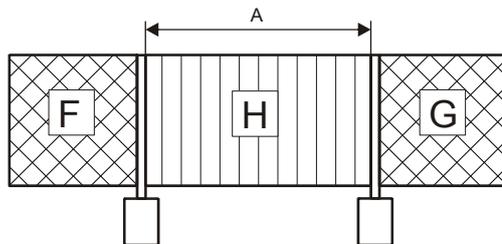
Bild 11.2
Traktions-Rückleitungs- und Erdungskonzept Tunnel
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

11.2 Lärmschutzwände, Leitplanken, Zäune

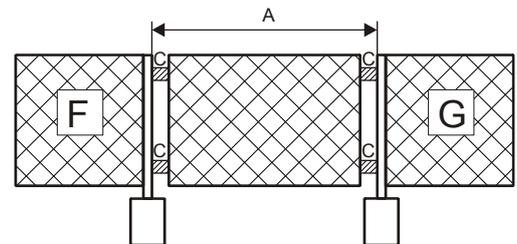
11.2.1 Allgemeines

11.2.1.1 Ausführung der Auftrennung

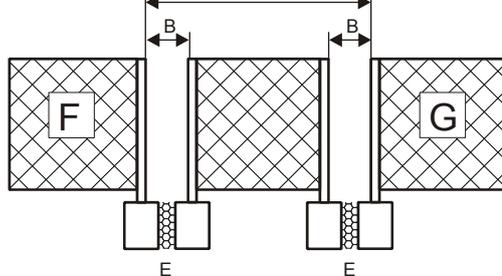
Variante 1



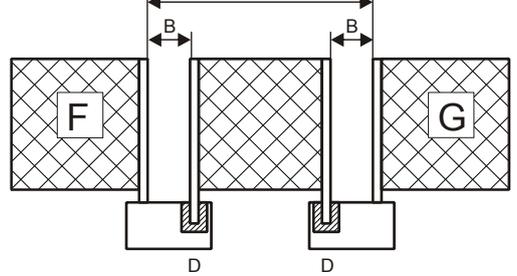
Variante 2



Variante 3



Variante 4



Legende:

- A Neutrale Zone > 1.75 m
- B > 5 cm
- C Isolatoren für mindestens 2 kV während 1 min
- D isoliert eingebaut für mindestens 2 kV während 1 min
- E Kies
- F Potential Bahn
- G Potential Anlage
- H Isoliermaterial (z.B. Holz)

Bild 11.3

Erdungsdisposition Lärmschutzwände

11.2.1.2 Gleichstrombahnen

Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen bei Schutzgeländern, Gitterzäunen und Abschränkungen im Bereich von Gleichstrombahnen sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 450

zu entnehmen.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.2.2 Lärmschutzwände

11.2.2.1 Zone 1

Lärmschutzwände innerhalb der Zone 1 müssen alle 250 m mit einem Querschnitt von 50 mm², Cu bahngeerdet werden.

11.2.2.2 Zone 2

Für die Erdung von Lärmschutzwänden in der Zone 2 ist deren Leitfähigkeit massgebend. Dabei sind bei einem kleineren Abstand als 1.75 m zu bahngeerdeten Teilen folgende Massnahmen erforderlich:

Längsleitende Lärmschutzwände parallel zur Bahn

Ausdehnung < 500 m	Ausdehnung > 500 m
<p>Lärmschutzwände müssen nicht bahngeerdet werden.</p> <p>Die metallene Infrastruktur der Lärmschutzwand (z.B. Fundamentarmierung, Metallstützen, Blechkronen) darf nicht elektrisch leitend mit der Bahnerde verbunden werden.</p>	<p>Lärmschutzwände müssen alle 250 m bahngeerdet werden oder in Abschnitten von höchstens 500 m durch einen Isolierstoss von mindestens 5 cm unterteilt werden.</p>

Nicht längsleitende Lärmschutzwände parallel zur Bahn

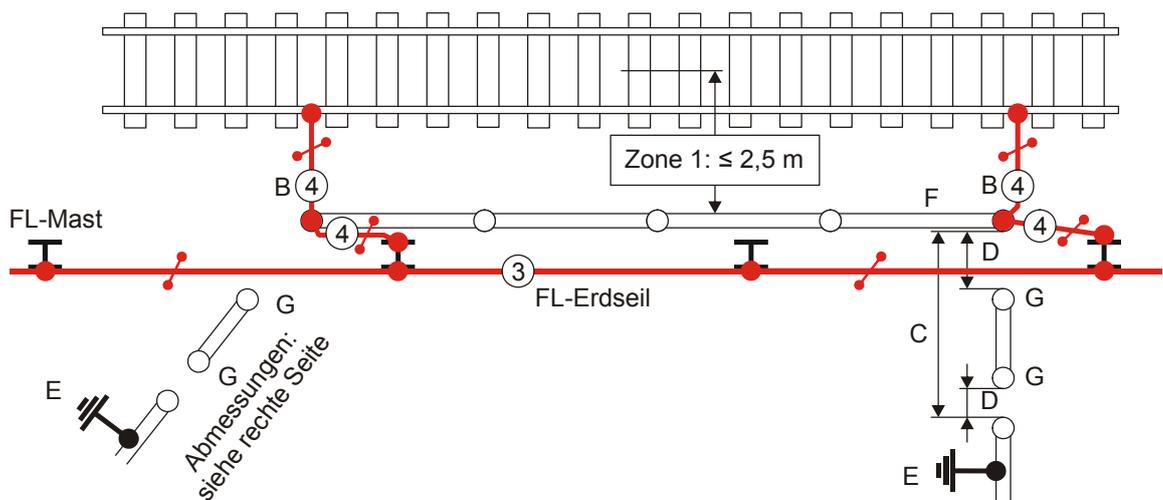
Lärmschutzwände, die nicht längsleitend sind, brauchen keine Bahnerdung. Dies gilt auch für die Metallstützen.

11.2.3 Zäune längs und quer zum Gleis

11.2.3.1 Zone 1

Zäune innerhalb der Zone 1 müssen alle 250 m mit einem Seil 50 mm², Cu bahngerdet werden.

Zäune, welche die Zone 1 verlassen, sind gemäss Bild 11.4 zu behandeln. Damit die Bahnerde nicht verschleppt wird, ist eine neutrale Zone in den Zaun zu integrieren.



Legende:

- B nur wenn FL-Masten auf der anderen Seite stehen
- C neutrale Zone > 1.75 m
- D > 5 cm
- E Potential Ortsnetz
- F Potential Bahn
- G Zaunhalter isoliert einbetoniert

Bild 11.4

Erdung von Zäunen längs und quer zum Gleis in der Zone 1
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

11.2.3.2 Zone 2

Für die Erdung von Zäunen in der Zone 2 ist deren Leitfähigkeit massgebend. Dabei sind bei einem kleineren Abstand als 1.75 m zu bahngeerdeten Teilen folgende Massnahmen erforderlich:

Längsleitende Zäune parallel zur Bahn

Ausdehnung < 500 m

Zäune müssen nicht bahngeerdet werden. Die metallene Infrastruktur der Zäune (z.B. Zaunhalter, Stützen) darf nicht elektrisch leitend mit der Bahnerde verbunden werden.

Ausdehnung > 500 m

Zäune müssen alle 250 m bahngeerdet werden oder in Abschnitten von höchstens 500 m durch einen Isolierstoss von mindestens 5 cm unterteilt werden.

Leitende Zaunhalter (Stützen) gelten als elektrisch leitend, wenn sie gut erdfühlig eingesetzt werden (analog zu den FL-Mastfundamenten).

Sind leitende Zäune auf isolierten Stützen (Holz, Stein) montiert, so dürfen sie höchstens 500 m lang sein. Andernfalls sind sie bahnzuerden.

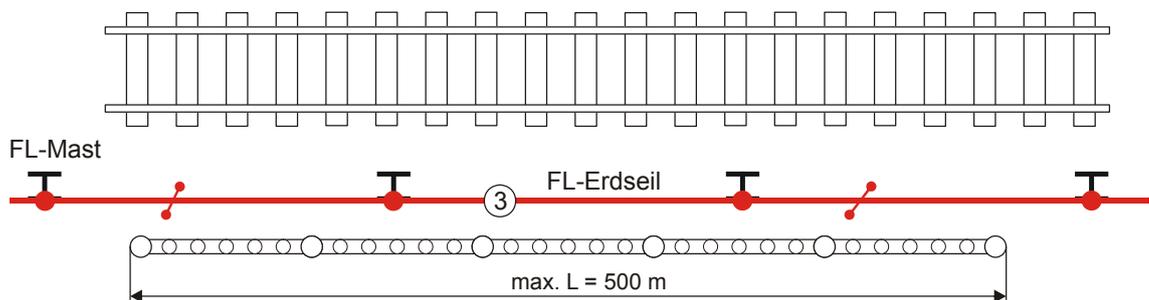


Bild 11.5

Disposition für leitende Zäune parallel zur Bahn in der Zone 2
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Bauten	11 01.11.2008
--------	------------------

11.3 Perrondächer

11.3.1 Allgemeines

11.3.1.1 Blitzschutz

Perrondächer in üblicher Stahlskelettkonstruktion brauchen keine künstlichen Fangleitungen. Ein wirksamer Schutz gegen direkten Blitzschlag ist bereits durch die vorhandenen, bahngeerdeten Fahrleitungstragwerke gegeben.

Siehe auch Kapitel 8, Blitzschutz.

11.3.1.2 Gleichstrombahnen

Bei Gleichstrombahnen sollten die Perrondächer möglichst nicht mit der Bahnerde verbunden werden. Einzelheiten zu den zu treffenden Massnahmen bei Perrondächern im Bereich von Gleichstrombahnen sind den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3, Kapitel 22 440

zu entnehmen.

11.3.2 Perronhaupterdleiter

Der Perronhaupterdleiter wird mit einem Seil 1 x 95 mm², Cu, isoliert, im Kabelrohrblock verlegt und an beiden Enden des Perrons mit der Bahnerde an einem FL-Mast verbunden. In sämtlichen Schächten des Perrons wird der Perronhaupterdleiter für den Potentialausgleich mit der Erdungsschiene verbunden.

Auf der Erdungsschiene in den Perronschächten werden folgende Leiter miteinander verbunden:

- Perronhaupterdleiter (ankommend und abgehend) je 95 mm², Cu
- Ausgedehnte metallische Konstruktionen 50 mm², Cu
- Perrondachableitungen 50 mm², Cu
- Andere Anschlüsse von Erdleitern an die Bahnerde.

Bauten	11 01.11.2008
---------------	--------------------------------

11.3.3 Ableitungen

Das Perrondach ist immer an beiden Enden zu erden. Ist es länger als 100 m, sind Zwischenableitungen erforderlich, die gegenseitig um höchstens 100 m distanziert sein dürfen. Die Ableitungen sind mit einem Seil 50 mm², Cu an die Bahnerde anzuschliessen.

Die Anschlussverbindungen sind so kurz wie möglich zu halten. Sie sind nach den Grundsätzen im Kapitel 8, Blitzschutz, zu gestalten. Kleinere Querschnitte als 50 mm², Cu sind nicht zulässig.

Bemessung der Ableitungen:

bis 100 m Perrondachlänge	2 Ableitungen 50 mm ² , Cu
bis 200 m Perrondachlänge	3 Ableitungen 50 mm ² , Cu
bis 300 m Perrondachlänge	4 Ableitungen 50 mm ² , Cu

Bahnerdseitige Anschlusspunkte:

Fahrleitungsmasten (mit Erdseil)
Nicht isolierte Schiene (wenn Erdseil fehlt)
Perronhaupterleiter 95 mm², Cu, isoliert.

11.3.4 Ortbleche (Dachrand-Abschlüsse)

Die Träger des Metallskeletts sind beidseitig bei jeder Ableitung mit dem Ortblech des Perrondachs zu verbinden. Die Verbindungen erfolgen mit 50 mm², Cu an die Bahnerde.

11.3.5 Situationspläne

11.3.5.1 Übersicht

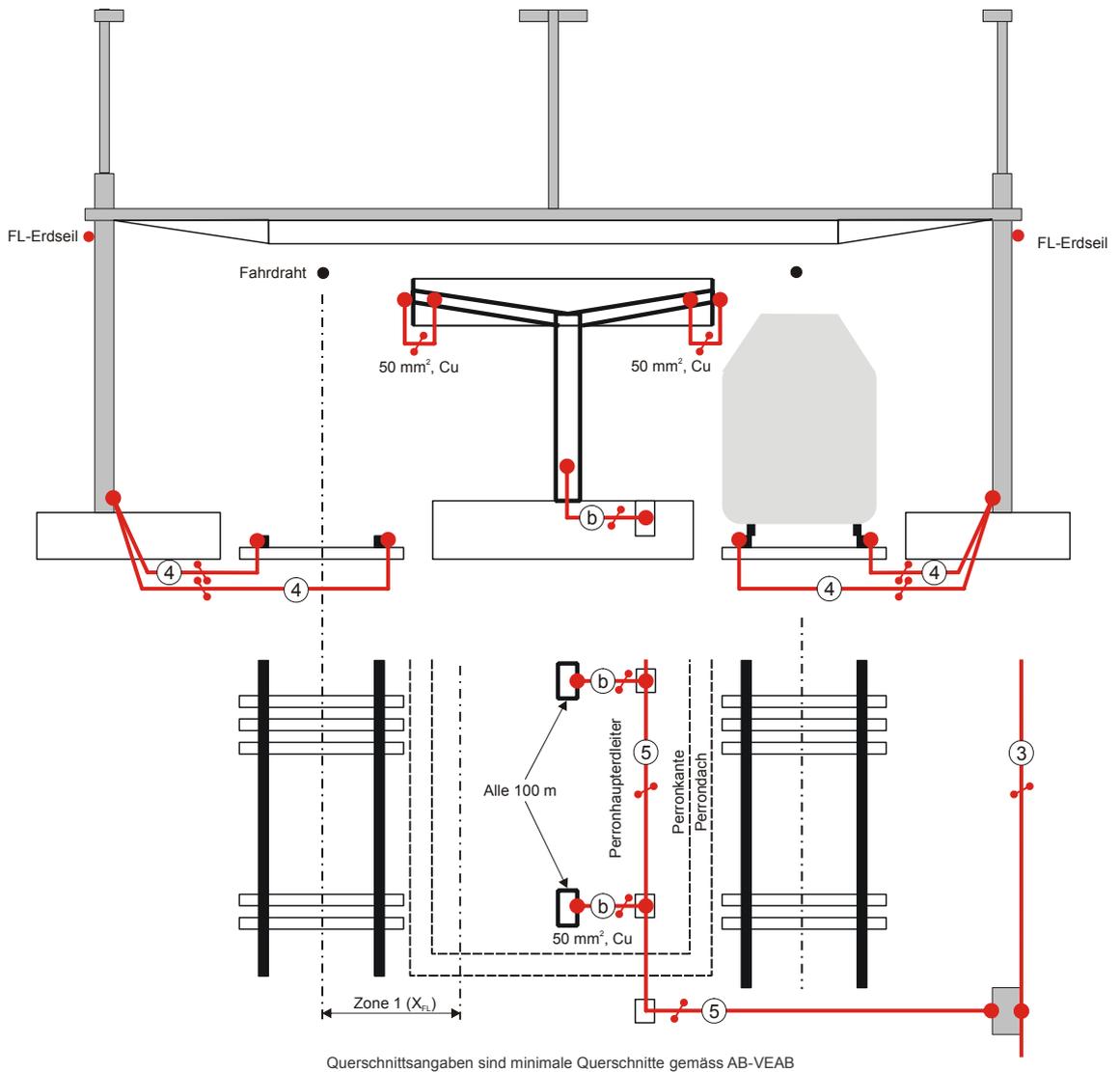


Bild 11.6
Erdungsdisposition Perron und Perrondach
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

11.3.5.2 Dachansicht

Ableitungen sind an beiden Enden und dazwischen alle 100 m anzubringen. Alle Verbindungen sind mit 50 mm^2 , Cu auszuführen.

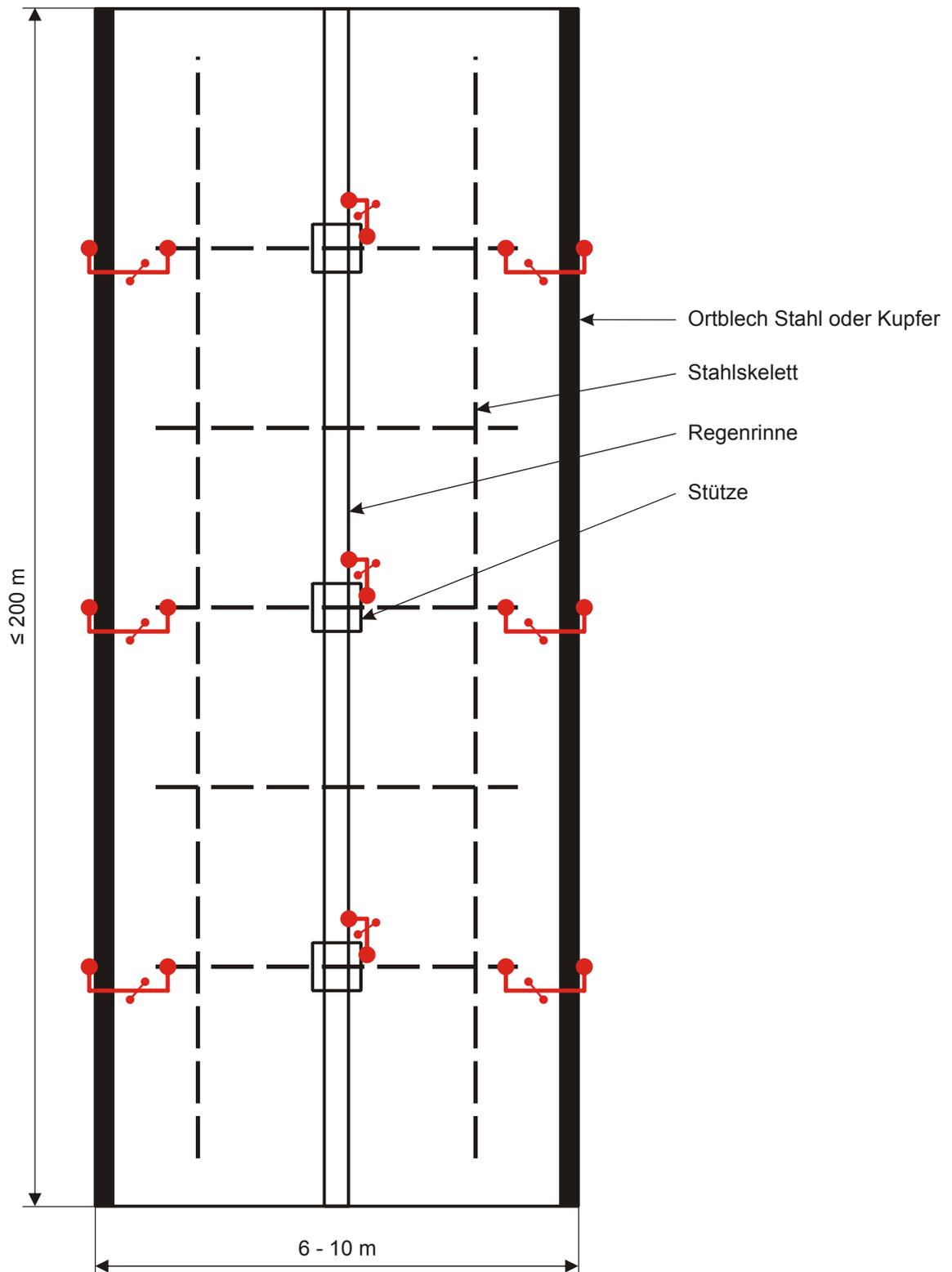


Bild 11.7
Ansicht Perrondach mit Erdungen

11.3.5.3 Querprofil

- Grundsätzlich gilt:

bis 100 m Länge	2 Ableitungen
bis 200 m Länge	3 Ableitungen
bis 300 m Länge	4 Ableitungen
- Auf Stahlskelett-Perrondächern müssen keine künstlichen Fangleitungen erstellt werden.
- Metallische Dachwasserabläufe sind ebenso mit metallischen Briden an die Stütze zu montieren.

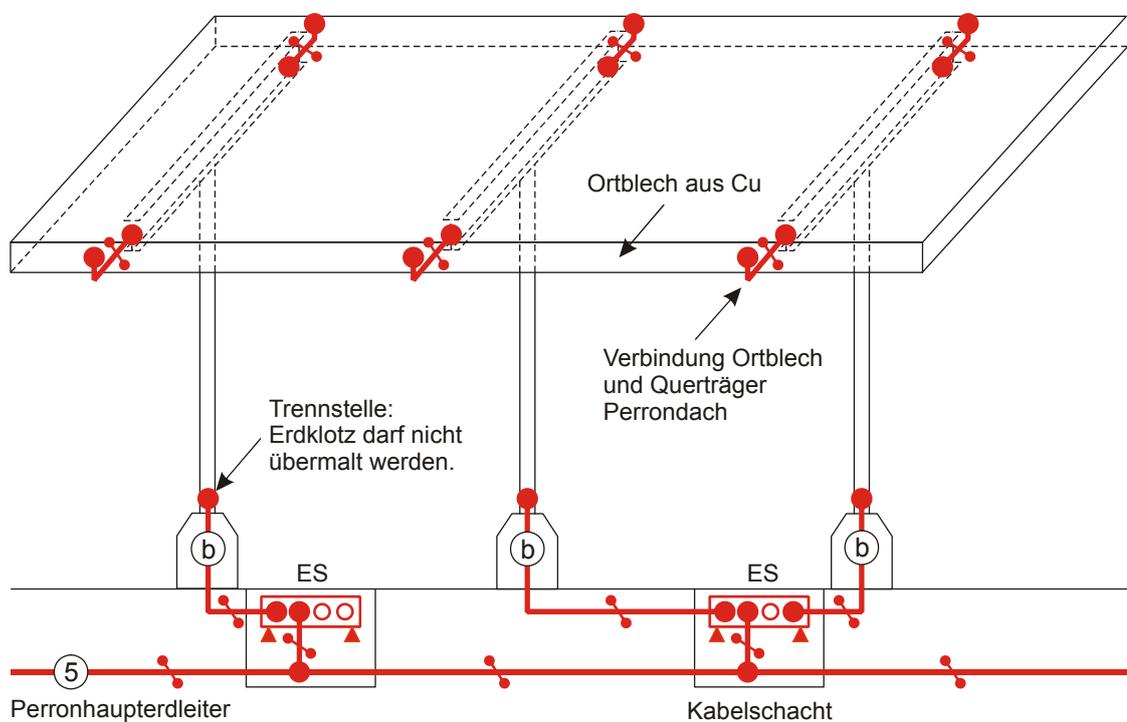


Bild 11.8
Querprofil Perron
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Bauten	11 01.11.2008
--------	------------------

11.4 Hohlboden

11.4.1 Allgemeines

Der Anschluss des Hohlbodens am Erdpotential ist abhängig vom Vorhandensein eines Fundamenterders.

Konstruktionselemente des Hohlbodens sind bei Gleichstrombahnen und Gemeinschaftsbahnhöfen zwischen DC- und AC-Bahnen ohne leitfähige Verbindung zur Gebäudearmierung einzubauen (bereits bei der Planung zu berücksichtigen).

Bei Wechselstrombahnen ist diese Trennung optional.

In Räumen mit empfindlichen Einrichtungen (z.B. Rechner, Systeme für Nachrichtenübertragung, Mess-, Regel- und Steuersysteme usw.), ist die Beeinflussung durch elektrostatische Entladung und durch Fremdfelder zu beachten. Die Art und die räumliche Ausdehnung von allfälligen besonderen Massnahmen sind mit dem Gerätelieferanten abzuklären. Dabei ist der Aufwand in Relation zur Betriebssicherheit und zu einem möglichen Schaden zu stellen.

Siehe auch Kapitel 12, Sicherungsanlagen.

Empfehlung: Bodenbelag mit Ableitwiderstand $50 \cdot 10^3 \Omega \leq R_E \leq 100 \cdot 10^6 \Omega$ an jedem Punkt des Raumes.

11.4.2 Erdung bei vorhandenem Fundamenterder

Wenn das Gebäude armiert und ein Fundamenterder vorhanden ist, soll eine Vermaschung angestrebt werden. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Jede Platte liegt auf mindestens einer geerdeten Stütze auf.
- Die Stützenanschlüsse werden mit 10 mm^2 , Cu vermascht.
- Der Anschluss des Hohlbodens an den Potentialausgleich erfolgt mit einem Cu-Seil gem. NIN 2005 (50% vom Querschnitt des Hauptschutzleiters aber min. 10 mm^2 und max. 25 mm^2).
- Die Anzahl und Länge der Erdbänder sowie die Anzahl der Verbindungen sind zu minimieren.

Die Schirmwirkung eines Hohlbodens steht in direktem Zusammenhang mit seinem Potentialausgleich. Besteht kein Kontakt zwischen den Bodenplatten (Platten mit antistatischen Gummidichtungen) oder ist der Kontakt durch Verbindungsklammern nicht sichergestellt (Verschmutzung, Korrosion, Feuchtigkeit usw. oder fehlende Verbindungsklammern), ist es erforderlich, einen Erdungsgitterrahmen hinzuzufügen. In diesem Fall ist es nur nötig, für gute elektrische Verbindungen zwischen den Metallständern zu sorgen. Zum Einhängen der Ständer in den Erdungsrahmen können kleine gefederte Klammern verwendet werden.

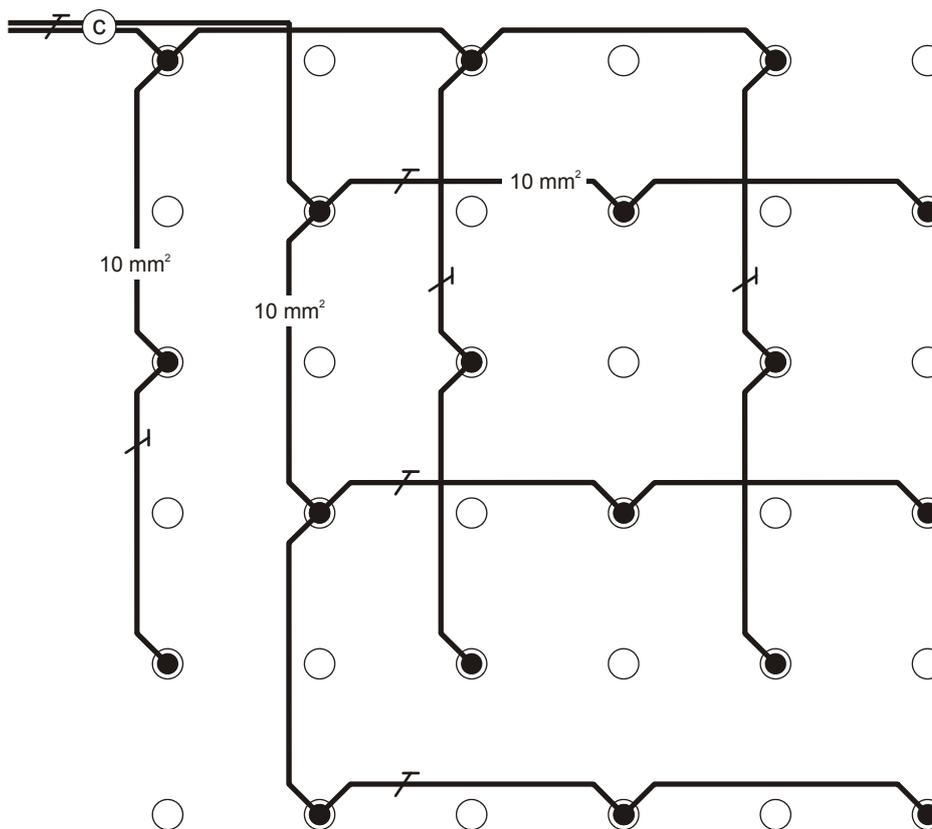


Bild 11.9
Mögliche Disposition Erdung Hohlboden
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

11.4.3 Erdung, wenn kein Fundamenterder vorhanden ist

Wenn keine Armierung und kein Fundamenterder vorhanden ist, so soll der Hohlboden isoliert montiert werden.

11.5 Steigzonen in Gebäuden

11.5.1 Allgemein

11.5.1.1 Anordnung

Aus blitzschutztechnischen Gründen ist die Anordnung vertikaler Steigzonen an der Peripherie des Gebäudes zu vermeiden. Es ist anzustreben, dass die Steigzonen für die universelle Kommunikationsverkabelung (UKV) und für die Niederspannungsinstallationen möglichst beieinander liegen. Damit kann eine grossflächige Schlaufenbildung zwischen der UKV und der Netzversorgung (230 V), welche sich besonders beim Anschluss von Apparaten der Schutzklasse I als nachteilig erweist, verhindert werden.

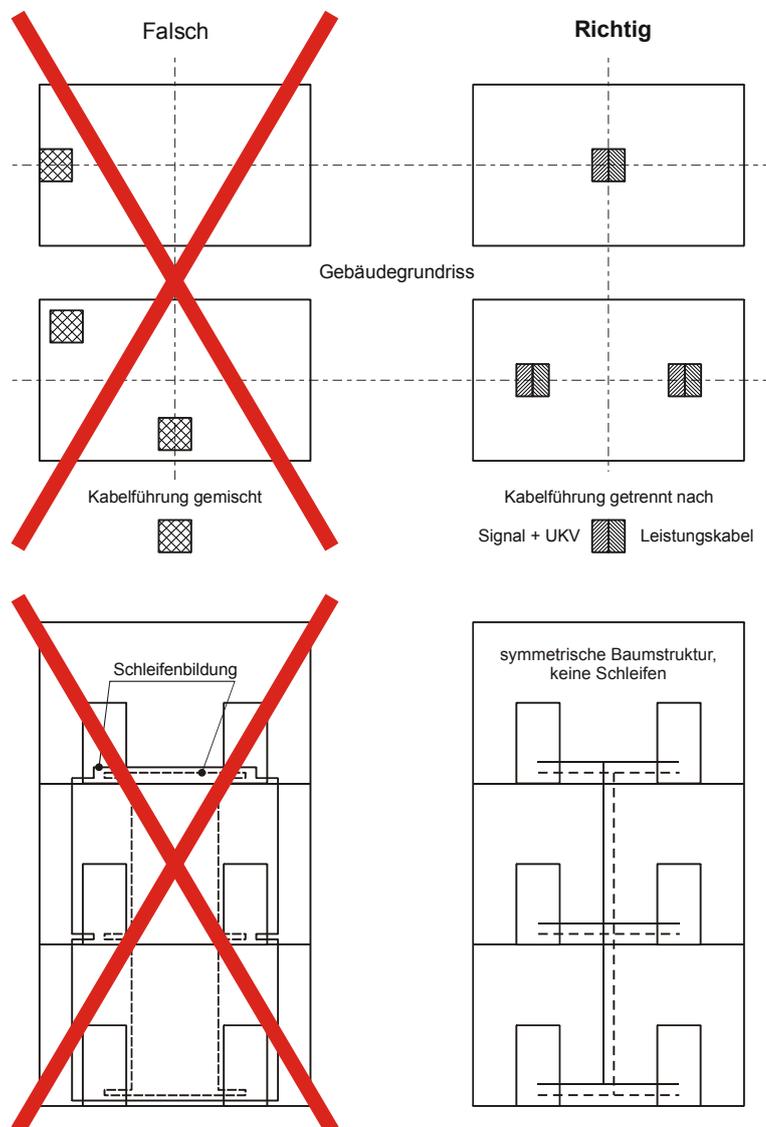


Bild 11.10
Disposition Steigzone

11.5.1.2 Bauliche Massnahmen

Die Stromkreise sollen wegen der gegenseitigen, nachteiligen Beeinflussung möglichst der Nennspannung entsprechend unterteilt werden. Die Verlegung von mehreren Stromkreisen in einem Rohr oder Kanal ist zulässig, wenn sämtliche Leiter für die höchste vorhandene Nennspannung isoliert sind, sich gegenseitig nicht negativ beeinflussen und sich leicht auswechseln lassen. Steigzonen sollen auf 300% (d.h. 200% Reserve) dimensioniert werden. Dabei ist auf die einfache Zugänglichkeit und auf einen Bedienungsbereich von mindestens 15 cm zu achten.

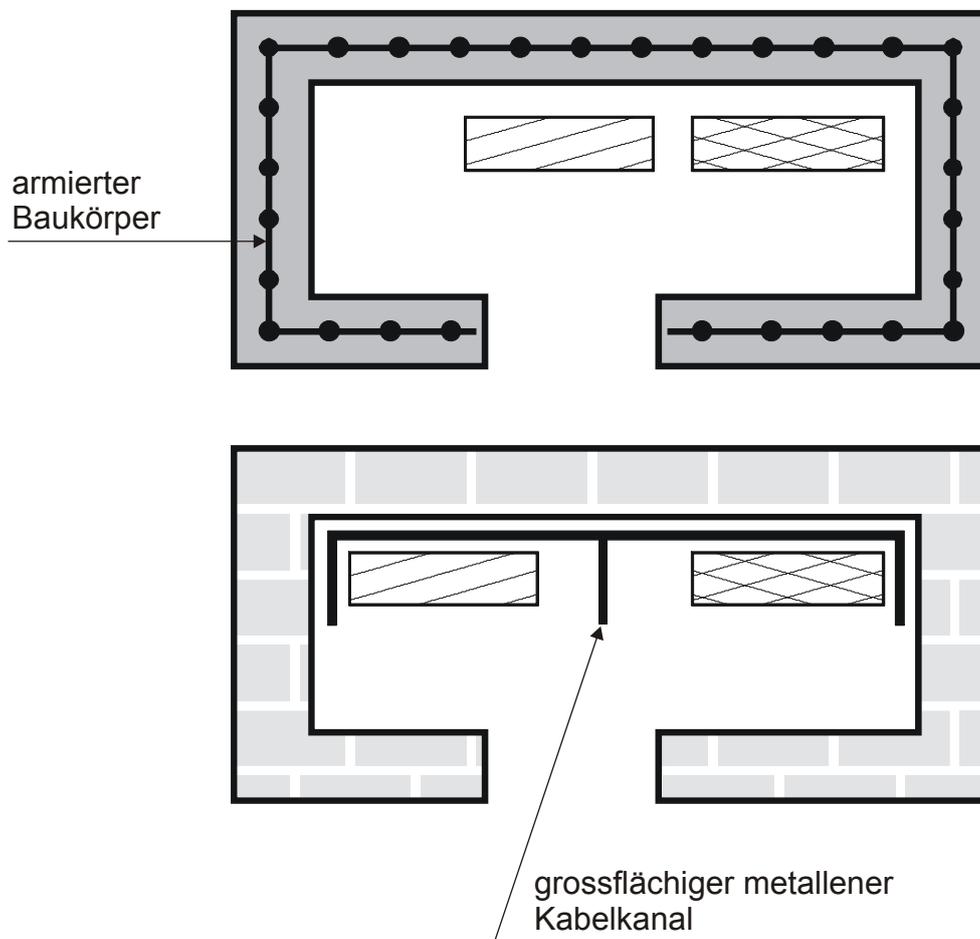


Bild 11.12
Bauliche Gestaltung Kabelkanal

11.6 Gemeinsame Leitungs-Einführung (SPE, single point of entry)

Alle Leitungen (Elektro, Wasser usw.) sollten an einem Punkt ins Gebäude eintreten. Dieses Konzept wird als SPE, single point of entry, bezeichnet.

Haupterdungsschiene so nahe wie möglich bei der Eintrittsstelle der Leitungen montieren.

Alle Kabelmäntel, metallischen Rohre und Eisenarmierungen sind mit kurzen Verbindungen an die Haupterdungsschiene anzuschliessen.

Bei Neubauten sind die Einführungen der Wasser-, Gas-, Elektroleitungen usw. am gleichen Ort ins Gebäude (SPE) anzustreben.

Kann das Prinzip SPE nicht realisiert werden, ist mindestens die Einführung sämtlicher Elektroleitungen am gleichen Ort anzustreben.

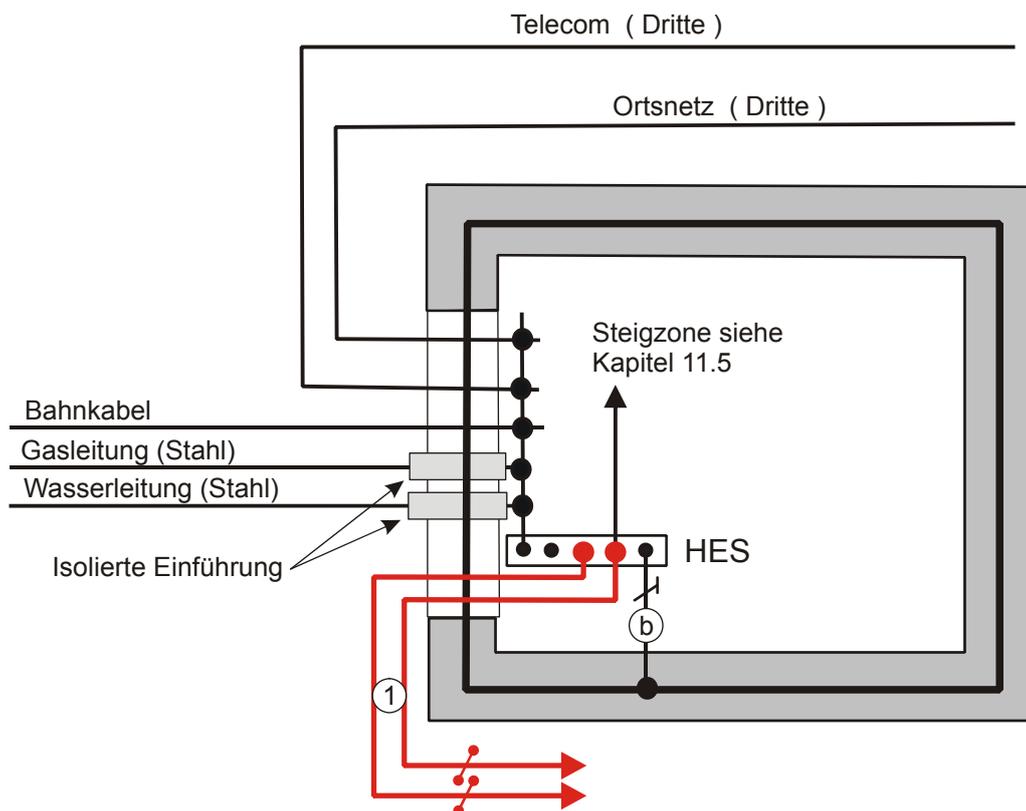


Bild 11.14
Prinzipschema SPE
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)



12 Sicherungsanlagen

12.1 Allgemeines

12.1.1 Grundlagen und Geltungsbereich

Dieses Kapitel gilt für die Sicherungs- und die Leittechnikanlagen, inklusive deren Stromversorgung ab Anlage-Trennvorrichtung (siehe SR 734.3, StV, Art. 22).

Beim Zusammentreffen von Gleich- und Wechselstrombahnen gilt die SR 734.42, VEAB, Art. 39, Grundsatz und Art. 40, Zusammentreffen von Erdungssystemen.

Können sich die beteiligten Betriebsinhaber über die zu treffenden Massnahmen nicht einigen, so entscheidet das BAV (SR 734.42, VEAB, Art. 1, Abs. 3 und SR 734.0, EleG, Art. 21). Dieses hört bei Bedarf das ESTI an (SR 172.010, RVOG, Art. 62a).

Siehe auch Kapitel 4, Grundsätze.

Zusätzlich sind folgende Punkte zu beachten:

- Für Anlagen in Bahnhöfen mit Gleichstrombahnen sind die besonderen Vorschriften gemäss der SR 734.42, VEAB und den

Sicherungsanlagen	12 01.11.2008
-------------------	------------------

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3

zu berücksichtigen.

- In besonderen Fällen, wie z.B. in Grenzbahnhöfen oder Anlagen, in welchen das Erdsystem der Sicherungsanlage gegenüber dem Erdsystem von Bahnanlagen auf dem Areal von Dritten getrennt werden muss (z.B. bei Tankanlagen), sind die zu treffenden Massnahmen von Fall zu Fall mit dem für das Bahnerdungssystem verantwortlichen Fachdienst zu klären.
- Die Angaben für die Sicherungsanlagen in einem übergeordneten Erdungskonzept sind vom für das Bahnerdungssystem verantwortlichen Fachdienst unverändert zu berücksichtigen.
- Wenn für die Bahnanlagen nichts anderes vorgeschrieben ist, sind die NIN sinngemäss anzuwenden.

12.2 Innenanlage

Die folgenden Punkte gelten grundsätzlich für Wechsel- und Gleichstrombahnen. Für Gleichstrombahnen befinden sich zusätzliche Hinweise in den

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3.

12.2.1 Haupterdungsschiene (HES) im Gebäude

Siehe Kapitel 6.3

12.2.2 Haupterdungsschienen (HES) bei getrennten Gebäuden

Bei Verbindungen zwischen Apparaturen, welche funktional zusammenhängen, sich aber in verschiedenen Gebäuden befinden, sollen die HES der einzelnen Gebäude an derselben Stelle der Aussenanlage angeschlossen sein.

Ist nur in einem Gebäude eine HES vorhanden, können die Erdungsschienen weiterer Gebäude mit $1 \times 50 \text{ mm}^2$, Cu, isoliert, oder $2 \times 25 \text{ mm}^2$, Cu, isoliert an der HES angeschlossen werden (Bild 12.1).

12.2.3 Erdung der Apparate (Bild 12.2)

Einzelne Apparate oder ganze Apparategruppen eines Raums bzw. eines Stockwerks werden sternförmig mit der Erdungsschiene dieses Raums bzw. Stockwerks mit einem isolierten Leiter 25 mm^2 , Cu verbunden. Alle Apparate, Schränke und Gestelle eines Raums sind (nur einmal) an derselben Erdungsschiene anzuschliessen.

Sicherungsanlagen	12 01.11.2008
-------------------	------------------

12.2.3.1 Gestell- oder Schrankreihen (Bild 12.2)

Ein alleinstehendes Gestell oder ein alleinstehender Schrank wird mit einem isolierten Leiter 25 mm^2 , Cu mit der Erdungsschiene verbunden. Bei einer alleinstehenden Gestell- oder Schrankreihe werden die Gestelle oder Schränke untereinander mit einem isolierten Leiter 25 mm^2 , Cu verbunden, sofern sie nicht über eine leitfähige Tragkonstruktion verbunden sind. Das erste und das letzte Gestell bzw. Schrank werden an die Erdungsschiene mit einem isolierten Leiter mit 25 mm^2 , Cu angeschlossen. Um Induktionsschleifen klein zu halten, sind diese zwei Leiter eng parallel zu führen.

Bei mehreren Reihen, die mit leitfähigen Konstruktionen verbunden sind, wird jede Reihe sternförmig mit einem isolierten Leiter mit 25 mm^2 , Cu an die Erdungsschiene angeschlossen. Um Erdschleifen klein zu halten, sind die Erdungsleiter der Reihen eng parallel zu führen.

Geeignet für eine impedanzarme Erdung bei mehreren Reihen sind:

- Ein flächenhafter Gitterrost z.B. für die Kabel über den Gestellreihen
- Die leitfähige Tragkonstruktion von Hohlböden (siehe Kapitel 11.4)
- Die leitfähigen (z. B. promatisierten) Gestellaufbauten.

Gestell- und Apparateverankerungen sind gegenüber leitfähigen Gebäudeteilen (Armierungseisen) isoliert zu montieren (Korrosionsschutz [Ausgleichsströme] und Blitzschutz).

12.2.3.2 Hohlboden

Details zu Hohlböden siehe Kapitel 11.4

12.2.3.3 Geerdete Stromkreise (Bild 12.3)

Die Rückleiter der Speisegeräte von geerdeten Stromkreisen (z.B. Stellwerksteuerspannung 48 V DC oder 60 V DC) werden auf eine separate, isoliert montierte Schiene geführt. Diese Schiene wird an der Erdungsschiene mit einem Leiter $\geq 25 \text{ mm}^2$, Cu angeschlossen. Dieser Leiter muss die einzige Verbindung des Stromkreises zur Erde bleiben.

Achtung: Bei Geräten kann eine interne Verbindung zwischen Gehäuse und Rückleiter bestehen (versteckte Verbindung!). Diese ist gegebenenfalls zu unterbrechen. Falls dies nicht möglich ist, ist das Gerät über einen Trenntrafo zu speisen.

Werden in der Sicherungsanlage auf Grund von Angaben des Lieferanten lange Verbindungsleitungen mit Blitzschutzelementen versehen, ist die direkte Netzspeisung über einen Trenntrafo zu führen.

Der Neutralleiter am Ausgang des Trenntrafos ist mit der Bahnerde zu verbinden. Auf diese Weise wird verhindert, dass bei direkter Netzspeisung Potentialdifferenzen zwischen dem Neutralleiter und der Bahnerde, wo die Blitzschutzelemente angeschlossen sind, entstehen können.

Sicherungsanlagen	12 01.11.2008
-------------------	------------------

Beim Einsatz von statischen USV-Anlagen muss im Wechselrichter-, sowie im Bypass-Betrieb eine galvanische Trennung (mindestens 2,5 kV Isolationsspannung) zwischen den Eingängen und dem Ausgang gewährleistet sein. Am Ausgang der USV wird der Neutraleiter mit der Erdungsschiene verbunden.

12.2.3.4 Schutzleiter in mehradrigen Kabeln

Bei Verwendung von mehreren Kabeln mit Schutzleiter können diese für die Erdung verwendet werden. Die Summe der Querschnitte der auf diese Weise verwendeten Schutzleiter muss mindestens dem vorgeschriebenen Querschnitt (z.B. 25 mm², Cu) entsprechen. Dabei ist auf enge Parallelführung zu achten.

12.2.3.5 Steckdosen

Bezüglich Personenschutz und Brandgefahr in Relaisräumen sind die NIN zu beachten.

12.2.3.6 Abgeschirmte Datenleitungen

Abgeschirmte Datenleitungen, insbesondere für Digitalübertragung, wie auch Koaxialkabel werden in der Regel beidseitig geerdet. Schirme dürfen nicht als Referenz für Informationssignale verwendet werden.

Die Art und die räumliche Ausdehnung von allfälligen besonderen Massnahmen sind mit dem Gerätelieferanten abzuklären. Dabei ist der Aufwand in Relation zur Betriebssicherheit und zu einem möglichen Schaden zu stellen.

Datenleitungen innerhalb eines Gebäudes

Bei Verbindungen zwischen Apparaten, die an der gleichen Erdungsschiene angeschlossen sind, werden die Kabelschirme beidseitig geerdet. Die entstehenden Induktionsschleifen sind möglichst klein zu halten (Bild 12.4).

Apparate, die über Datenleitungen verbunden sind und sich in getrennten Räumen im gleichen Gebäude befinden, sollten über die Erdungsschienen der zwei Räume mit derselben HES verbunden sein (Bild 12.5).

Wo dies nicht möglich ist, d.h. bei Apparaten von verschiedenen Systemerden, müssen die Datenleitungen in räumlicher Nähe der jeweiligen Systemerden geführt werden. Der Kabelschirm wird entweder auf der einen Seite galvanisch und auf der anderen Seite offen oder kapazitiv angeschlossen, oder der Anschluss erfolgt beidseitig kapazitiv (Bild 12.6).

Datenleitungen zwischen getrennten Gebäuden

Bei Verbindungen zwischen Apparaten, die sich in verschiedenen Gebäuden befinden, sollten die HES beider Gebäude an demselben Erdungsring der Bahnerdungsanlage angeschlossen sein.

Besitzt das zweite Gebäude keine HES (keine Verbindung zum Erdungsring der Bahnerdungsanlage), kann dort eine Erdungsschiene gemäss Kapitel 6 nachgebaut werden.

Sicherungsanlagen	12 01.11.2008
-------------------	------------------

Ist dieses Verfahren nicht anwendbar, dürfen durchgehende Schirme nicht beidseitig geerdet werden (Gefahr von Fremdströmen: Induktionsschleufe). Der Kabelschirm wird entweder auf der einen Seite galvanisch und auf der anderen Seite nicht oder kapazitiv angeschlossen, oder der Anschluss erfolgt beidseitig kapazitiv.

Bei grösseren Distanzen (ab ca. 250 m) ist es zweckmässig, die Datenverbindungen über galvanisch trennende Schnittstellen zu führen (z.B. Trennübertrager, Optokoppler, LWL).

12.3 Aussenanlage

12.3.1 Allgemeines

12.3.1.1 Allgemeines Wechselstrombahnen

Gemäss SR 734.42, VEAB, Art. 39, Grundsatz, sind alle leitfähigen Anlageteile bahnzuerden. Als Erdleiter können Leiter blank oder gelb oder gelb-grün isoliert (je nach Funktion) gemäss Kapitel 3.4 eingesetzt werden. Der Anschluss der Erdleiter an die Bahnerde muss gemäss Kapitel 10.4.2.4 erfolgen.

Minimale Querschnitte der Erdleiter in Abhängigkeit der Fahrleitungs-Kurzschlussströme siehe Kapitel 10.4.2.

Im schweizerischen Normalspurnetz, das von den SBB mit Wechselstrom 15 kV / 16,7 Hz gespeist wird, beträgt der minimale zulässige Erdleiter-Querschnitt 50 mm², Cu.

Anschlussstellen von isolierten Leitern an die Bahnerde sind unmissverständlich gemäss Kapitel 3.4 zu kennzeichnen.

Diese Baugrundsätze sind auch bei Bauprovisorien anzuwenden.

12.3.1.2 Allgemeines Gleichstrombahnen

Leitfähige Anlageteile der Sicherungsanlage, die normalerweise nicht unter Spannung stehen, müssen mit der Bahnerde verbunden werden,

- wenn ihr horizontaler Abstand von der Vertikalen des äussersten spannungsführenden Fahrdrahtes beträgt:
 - weniger als 1,5 m bei Fahrleitungsspannungen bis 1'500 V DC.
 - weniger als 2,5 m bei Fahrleitungsspannungen über 1'500 V DC.

Bei windschiefer Fahrleitung ist der Abstand entsprechend zu vergrössern.

Sicherungsanlagen	12 01.11.2008
-------------------	------------------

Die Erdungsverbindungen müssen isoliert und kurzschlussfest sein und mindestens einen Querschnitt von 35 mm^2 , Cu, aufweisen,

- wenn sie ausserhalb dieser Abgrenzung liegen, jedoch mit einer Spannung grösser als 50 V gespeist werden. Diese Anlageteile müssen isoliert montiert werden (Streustromschutz). Als Erdungsverbindung darf der Schutzleiter des Kabels oder ein separater, isolierter Erdungsleiter von mindestens 16 mm^2 , Cu, verwendet werden.

Alle übrigen Anlageteile erfordern weder Erdung noch isolierte Montage.

Diese Baugrundsätze sind auch bei Bauprovisorien anzuwenden.

Weitere Hinweise befinden sich in der VEAB, Art. 39, Abs. 4 und in den **Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3.**

12.3.2 Steckdose im Kabelverteiler

Siehe Kapitel 12.2.3.5.

12.3.3 Gleisgeräteträger (Bild 12.7)

Der Gleisgeräteträger besteht aus einer hohlen Stahlschwelle und wird gegenüber beiden Schienen isoliert montiert. Er muss daher separat gemäss Kapitel 12.3.1 geerdet werden.

12.3.4 Gleisfreimeldeeinrichtungen

Erläuterungen zu Gleisfreimeldeeinrichtungen befinden sich in Kapitel 10.

12.3.5 Weichenheizungen

Elektro-Weichenheizungen siehe Kapitel 14.7.

Gas-Weichenheizungen siehe Kapitel 14.9.

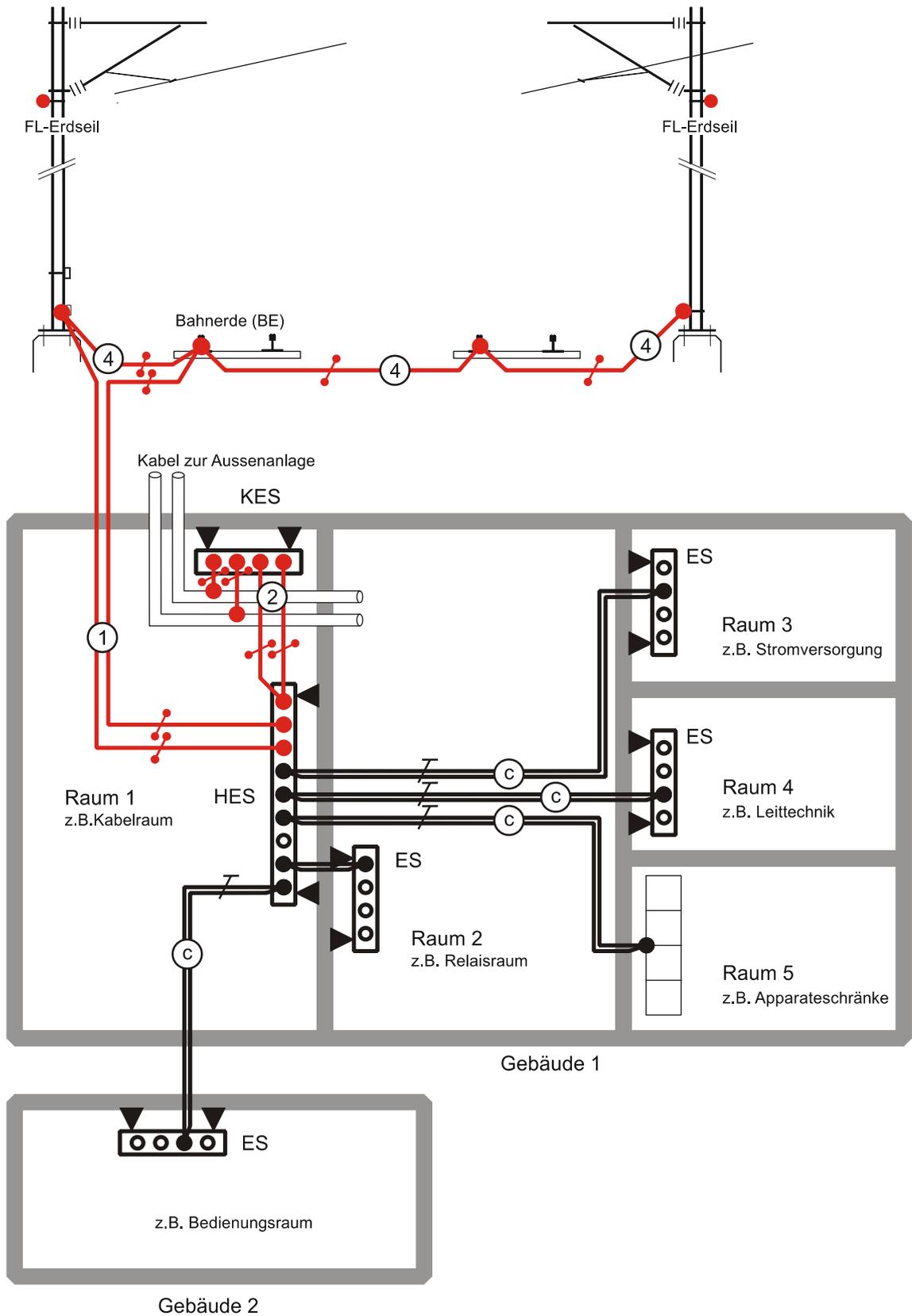
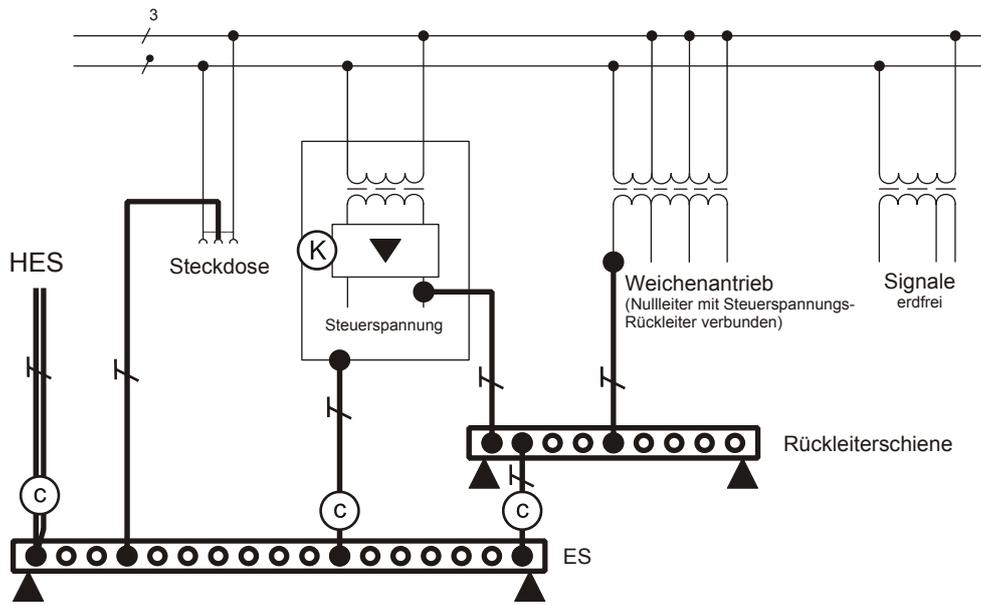


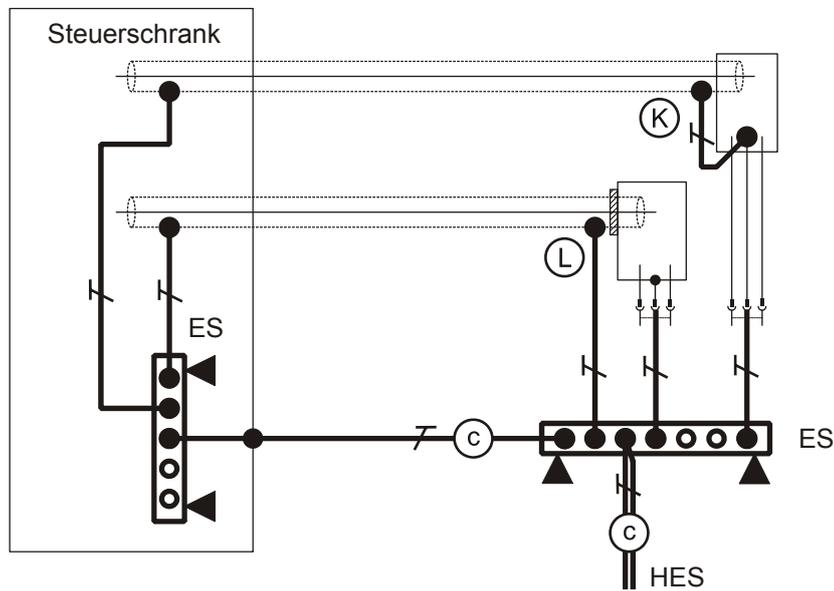
Bild 12.1
HES im Gebäude
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Sicherungsanlagen	12 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------



(K) Massnahme bei versteckter Verbindung siehe Kapitel 12.2.3.3

Bild 12.3
Geerdete und erdfreie Stromkreise
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)



(K) Die Erdung der Schirme kann über den Schutzleiter des Gerätes erfolgen.

(L) Wird eine direkte Verbindung hergestellt, dann müssen die Kabelschirme isoliert vom Gehäuse montiert werden.

Bild 12.4
Erdung von Apparaten an der gleichen Erdungsschiene
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Apparate, die über Datenleitungen verbunden sind und sich in getrennten Räumen im gleichen Gebäude befinden, sollten über die Erdungsschienen der zwei Räume mit derselben Haupterdungsschiene verbunden sein.

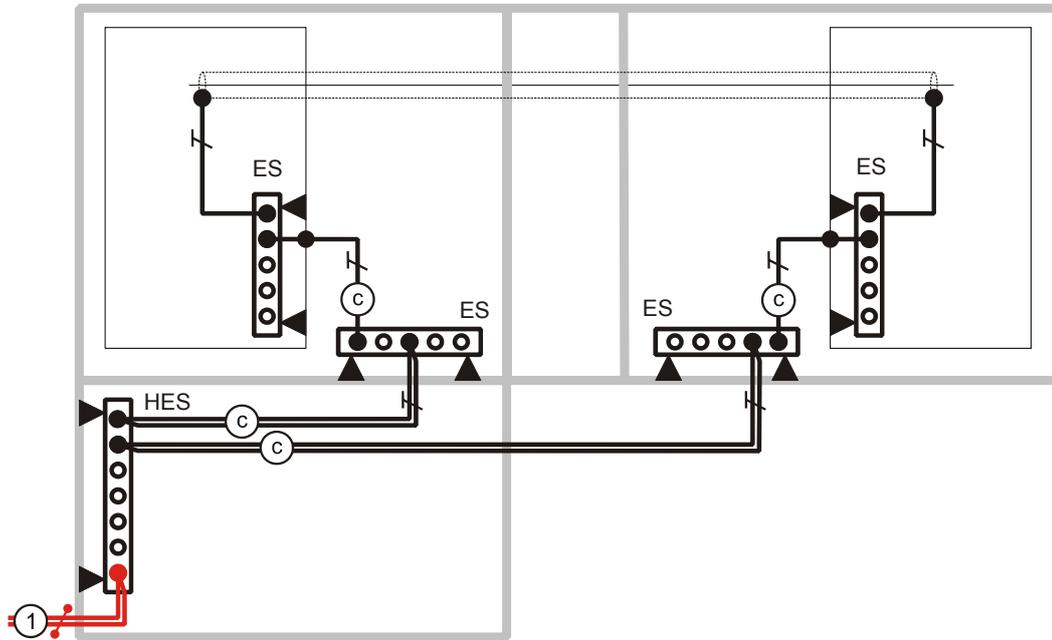
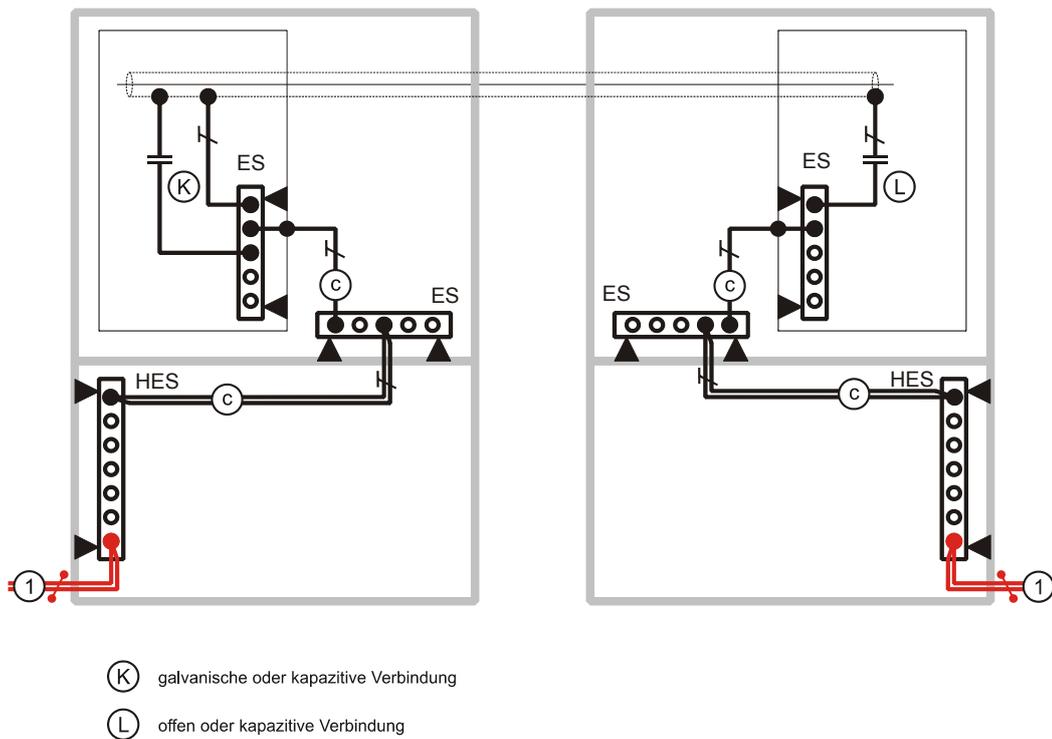


Bild 12.5

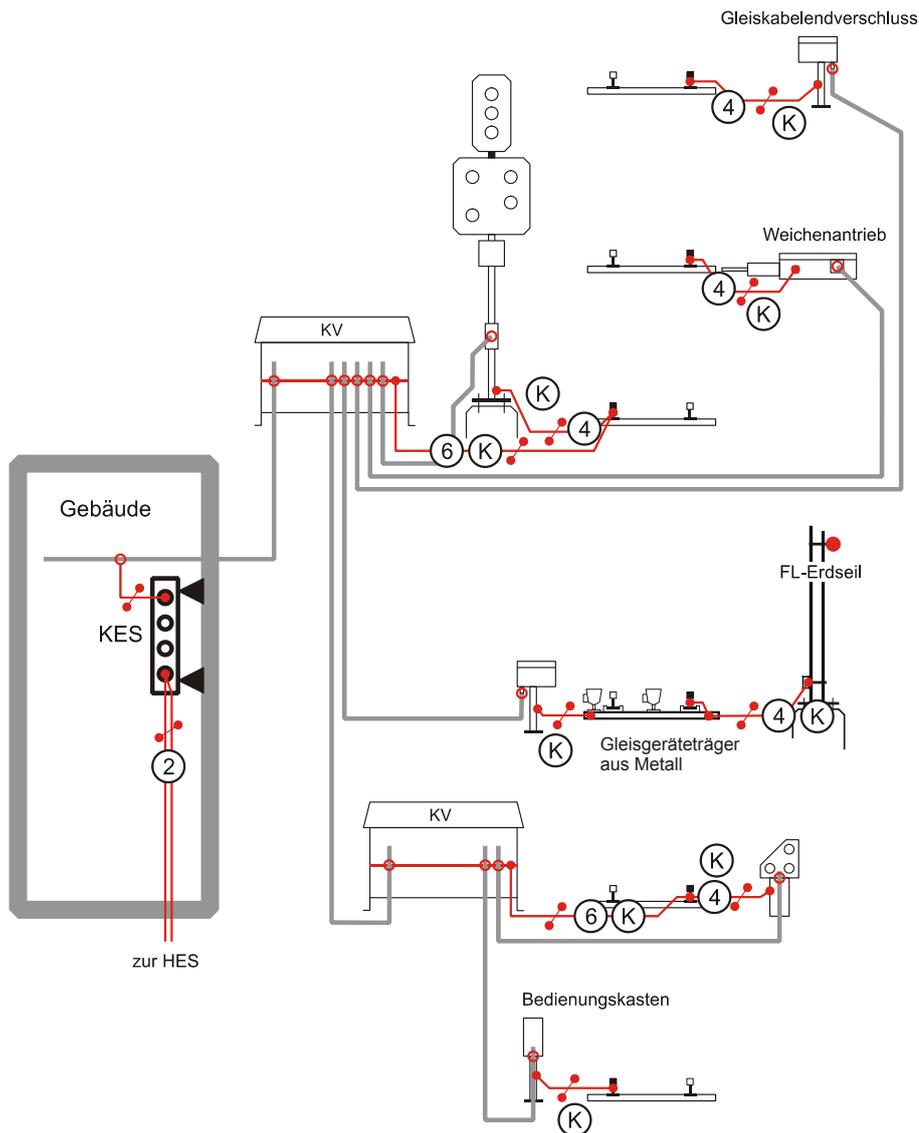
Erdung von Apparaten, die über Datenleitungen verbunden sind und sich in getrennten Räumen im gleichen Gebäude befinden.

(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Wo dies nicht möglich ist, d.h. bei Apparaten von verschiedenen Systemerden, müssen die Datenleitungen in räumlicher Nähe der jeweiligen Systemerden geführt werden. Der Kabelschirm wird entweder auf der einen Seite galvanisch und auf der anderen Seite offen oder kapazitiv angeschlossen, oder der Anschluss erfolgt beidseitig kapazitiv.

**Bild 12.6**

Erden von Apparaten von verschiedenen Systemerden
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

**Legende:**

—○— leitende Kabelarmierung geerdet

(K) Verbindung an Fahrleitungsmast mit Erdseil oder an geerdete Schiene

**Bild 12.7**

Erdung Aussenanlage, Gleisgeräteträger
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Anmerkung: In den oben stehenden Bildern ist die Bahnerde mit Verbindungen an das Gleis (geerdete Schiene) realisiert. Statt an das Gleis (geerdete Schiene) anzuschließen, kann auch an ein Erdseil oder einen FL-Mast geerdet werden. Kapitel 10.4.2.4, Anschluss von Erdleitern an die Bahnerde ist zu beachten.



13 Telecom-Anlagen

13.1 Grundsatz

In TC-Räumen werden die Systeme sternförmig verbunden.

Die einzelnen Systeme werden mit einem separaten Potentialausgleichsleiter an die lokale, isoliert montierte Erdungsschiene angeschlossen.

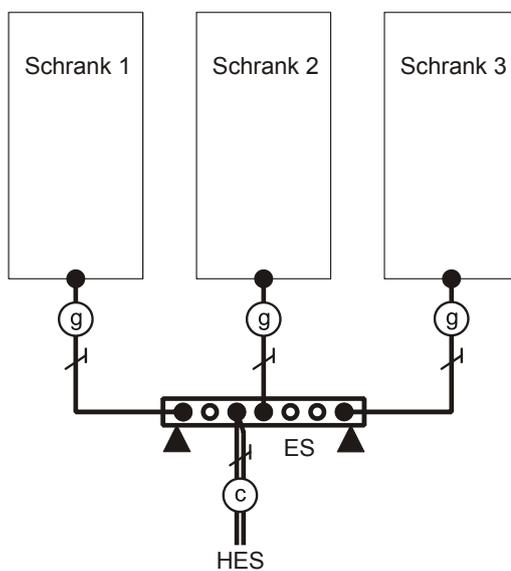
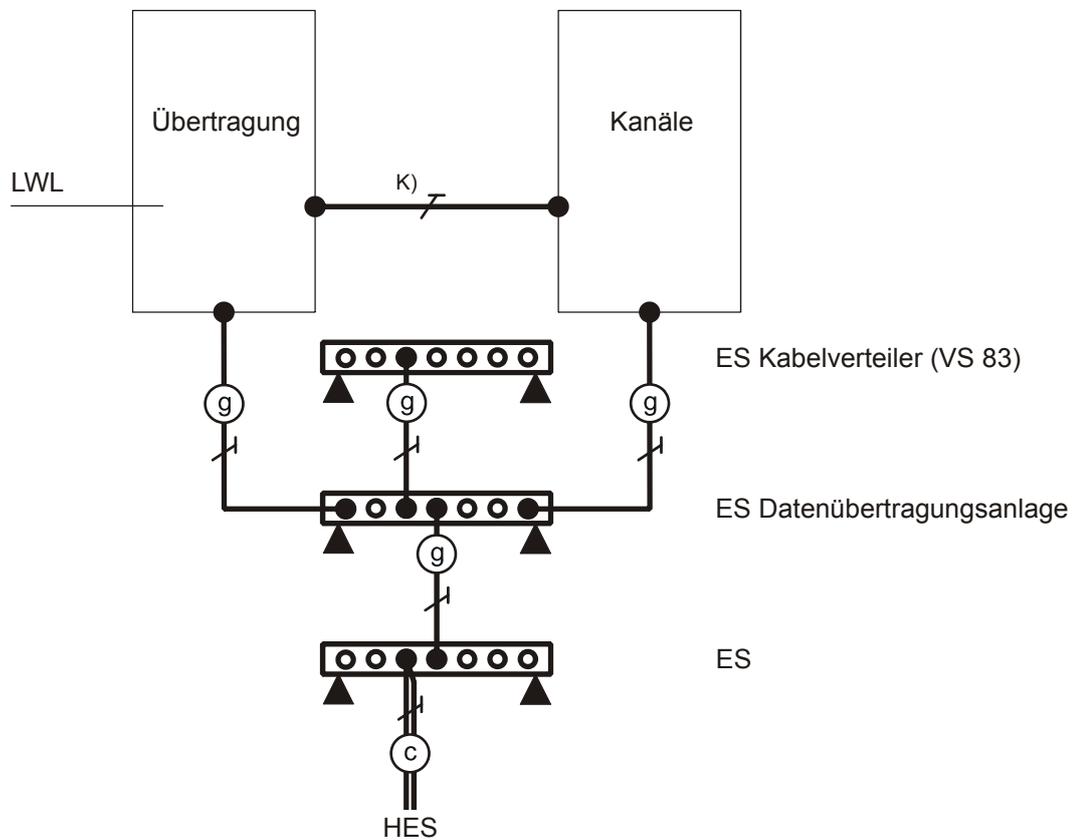


Bild 13.1
Erdungsgrundsatz für Telecom-Anlagen
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

13.3 Datenübertragungssysteme



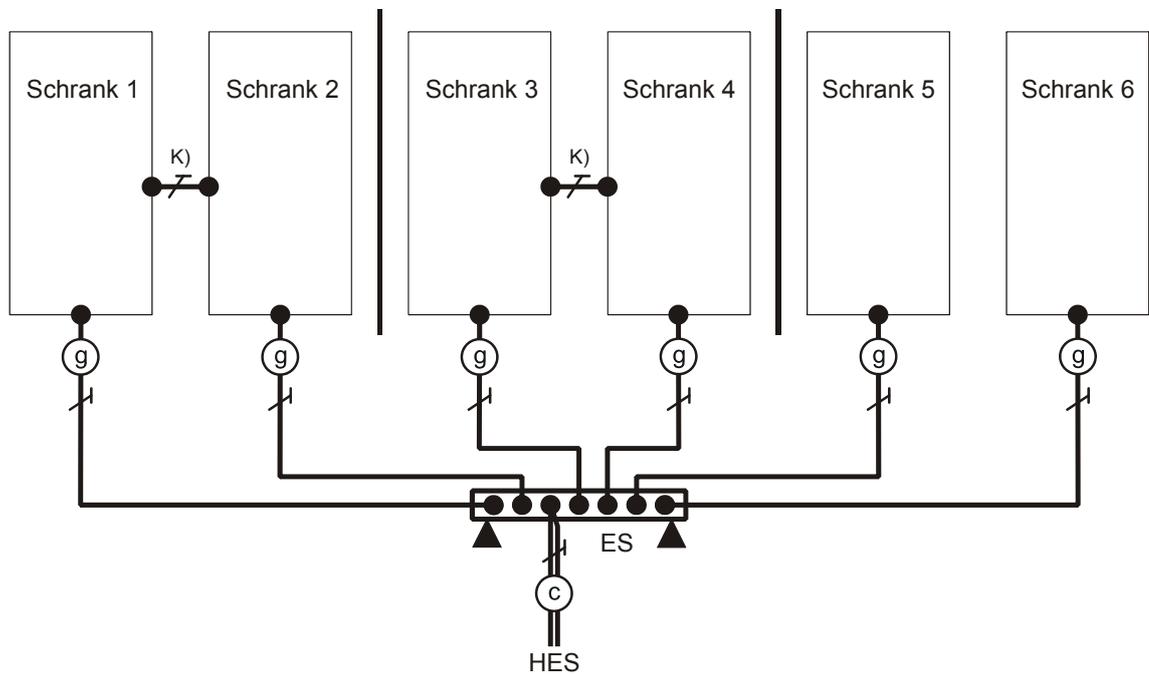
Legende:

K) systembedingt (Vorgabe des Lieferanten)

Bild 13.3

Erdung von Datenübertragungssystemen
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

13.4 Übrige Telecom-Anlagen

**Legende:**

K) systembedingt (Vorgabe des Lieferanten)

Bild 13.4

Erdung übriger Telecom-Anlagen
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------



14 Besondere Anlagen

14.1 Zugvorklimatisierungsanlagen ZVA

14.1.1 Einleitung

Die in diesem Dokument aufgeführten Erdungskonzepte behandeln ausschliesslich ortsfest installierte Zugvorklimatisierungsanlagen (ZVA), welche für die Klimatisierung von Reisezugwagen eingesetzt werden.

Zugvorklimatisierungsanlagen sind bahnspezifische elektrische Einrichtungen und somit dem BAV als Aufsichtsbehörde unterstellt. Sie werden in der Regel mit 1'500 V, 1'000 V oder 300 V, 16.7 Hz betrieben.

Ausnahmen: Anlagen, welche mit 1'500 V / 50 Hz oder 1'500 V bzw. 1'000 V Gleichstrom (DC) betrieben werden.

14.1.2 Auszug aus SR 734.42, VEAB

Art. 38, Stromversorgung abgestellter Fahrzeuge:

- Die Anschlüsse an Zugvorheizanlagen müssen so angeordnet werden, dass spannungsführende Teile nicht zufällig berührt werden können.
- Einpolige Einspeisungen in die Stromkreise dürfen erst vorgenommen werden, wenn die Fahrzeuge einwandfrei bahngeerdet sind.
- Der Schaltzustand der Anlage muss erkennbar sein.

Diese Angaben für Zugvorheizanlagen sind sinngemäss auch für die Depot-Steckvorrichtungen anzuwenden.

14.1.3 Erdungskonzept Zugvorklimatisierungsanlage

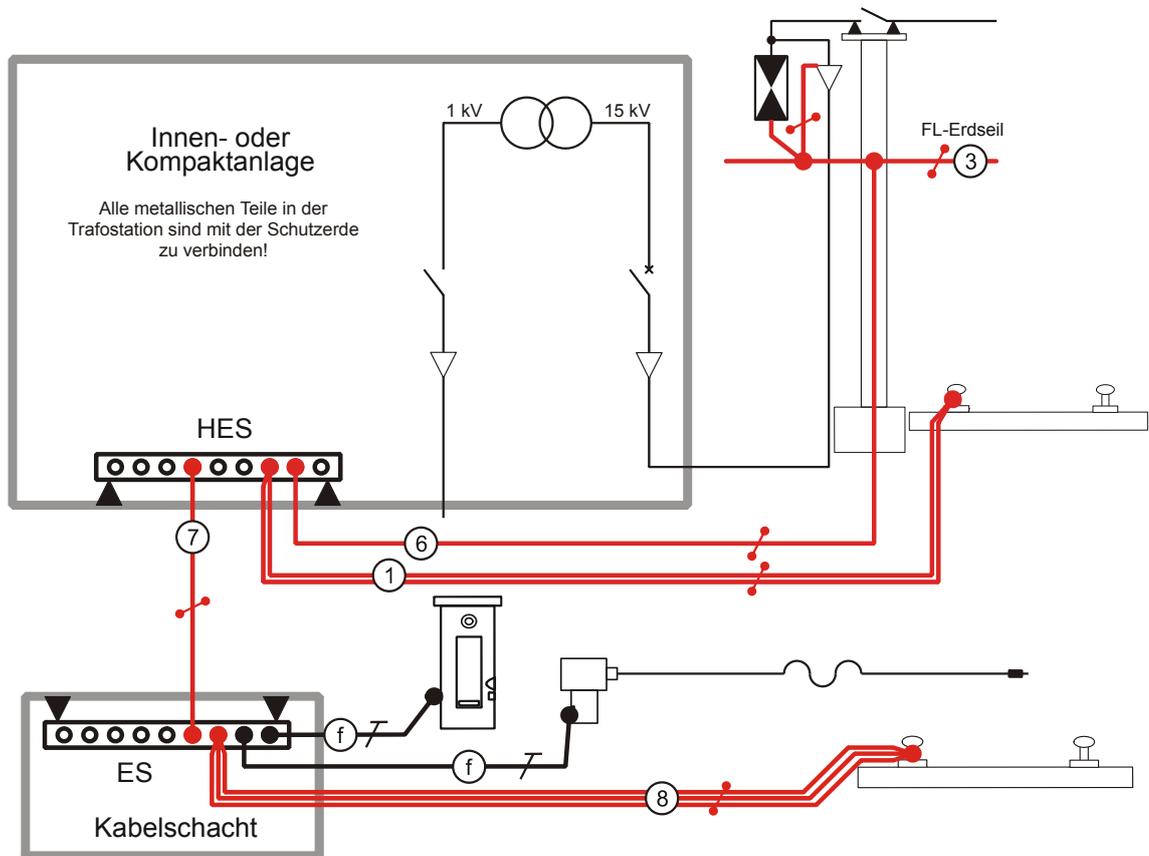


Bild 14.1
Erdungskonzept Zugvorklimatisierungsanlage
für Bedienungssäulen mit getrennter Sollbruchstelle
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

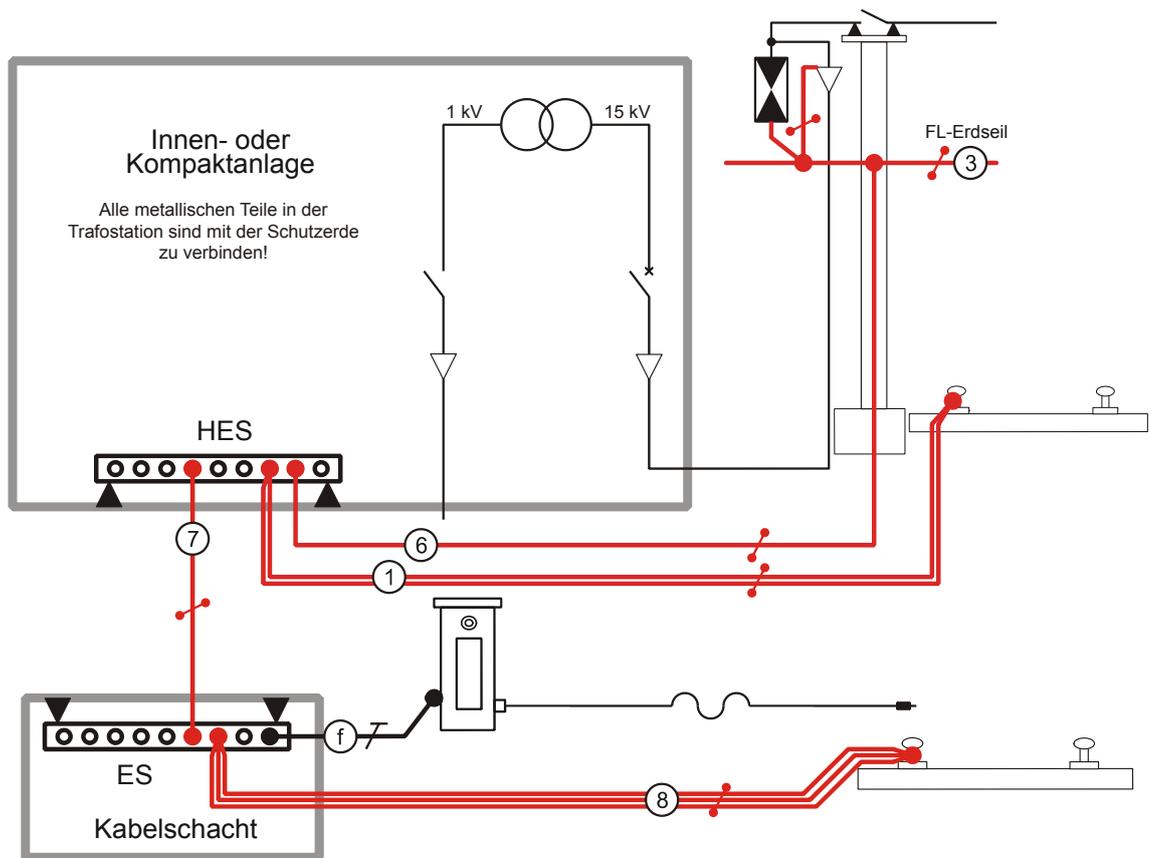


Bild 14.2
Erdungskonzept Zugvorklimatisierungsanlage
für Bedienungssäulen mit integrierter Sollbruchstelle
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------

14.2 Depot-Steckvorrichtung

14.2.1 Einleitung

Die Angaben im Kapitel 14.1.2, Auszug aus SR 734.42, VEAB für Zugvorheizanlagen sind sinngemäss auch für die Depot-Steckvorrichtungen anzuwenden.

Depot-Steckvorrichtungen werden für die Speisung der Hilfsbetriebe von stehenden Triebfahrzeugen in Lokomotivdepots und Wartungshallen eingesetzt.

Die Energieversorgung erfolgt entweder über separate Transformatoren 15 kV / 230 V, 16.7 Hz, welche über die notwendigen Hochspannungsschutzeinrichtungen direkt von der Fahrleitung versorgt werden, oder über Transformatoren der Zugvorklimatisierungsanlagen (1'000 V / 230 V, 16.7 Hz).

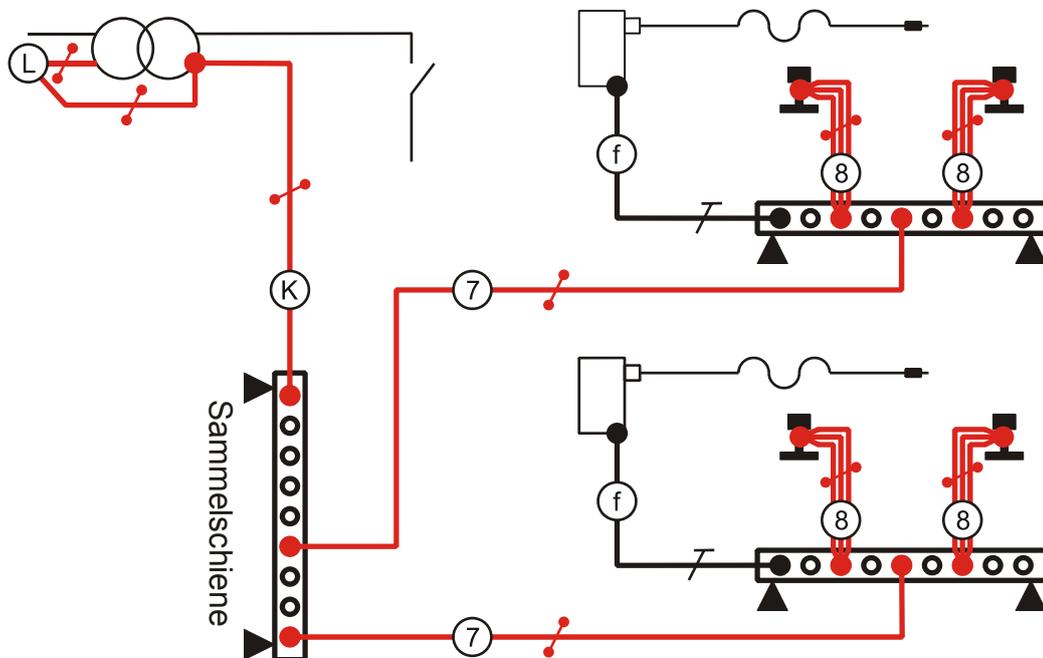
14.2.2 Ausführungen von Depot-Steckvorrichtungen

Für andere Schaltungsarten ist der Nachweis der mindestens gleichwertigen Sicherheit für Personen und Sachen zu erbringen.

Für die Projektierung, den Schaltungsaufbau und die Materialwahl ist der verantwortliche Fachdienst beizuziehen.

Man unterscheidet Steckvorrichtungen, welche für ein klar definiertes Gleis eingesetzt werden und solche, die für mehrere Gleise ausgelegt werden.

Steckvorrichtungen, welche mit einer Abrollvorrichtung mehrere Gleise mit Energie versorgen können, müssen eine einwandfrei dimensionierte Rückführung der Bahnerde ab allen erreichbaren Gleisen zum Transformator aufweisen.



- (K) Querschnitt muss mindestens dem Querschnitt des Polleiters entsprechen
- (L) Bei Energieversorgung ab Fahrleitung sind die Erder am Erdseil zu befestigen.
Bei Energieversorgung ab einer Zugvorheizanlage sind die Erder an der Sammelschiene der Zugvorheizanlage anzuschliessen.

Bild 14.3

Depot-Steckvorrichtung

(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------

14.3 USV-Anlagen

Dieses Kapitel wird in einer späteren Ausgabe erarbeitet.

- Regelungen der Bahnunternehmen (ohne SBB) siehe Anhang B

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
-------------------	------------------

14.4 Baustromversorgungen

Baustellenverteiler sind der NIV unterstellt und daher bezüglich ihres Personen- und Sachschutzes gleich zu behandeln wie normale Hausinstallationen.

Aus diesem Grund muss für solche Installationen eine Installationsanzeige erstellt und der Sicherheitsnachweis (SiNa) mit einer Schlusskontrolle erbracht werden. Die Abnahmekontrolle muss durch ein unabhängiges Kontrollorgan (UNAB) erfolgen.

Die periodische Kontrolle der Baustelleinstallationen erfolgt jährlich durch ein unabhängiges Kontrollorgan (UNAB).

Installationen auf Baustellen müssen nach der NIN 7.04 ausgeführt werden.

Bezüglich des Schutzsystems kommen grundsätzlich drei unterschiedliche Varianten für die Stromversorgung zum Einsatz:

- **System TT** (Bild 14.4)
Bei der Anwendung der Schutzerdung TT ist darauf zu achten, dass die Nullungsbedingungen eingehalten sind.
- **Zusammenschluss der Erdungssysteme Bahn – EW** (Bild 14.5)
Wenn die Nullungsbedingungen mit der TT-Schutzerdung nicht erfüllt werden können, ist ein Zusammenschluss der Erdungssysteme in Absprache mit dem EW zu erstellen.
- **Trennung der Erdungssysteme mit Funkenstrecke** (Bild 14.6)
Die Funkenstrecke ist je nach dem zu erwartenden Kurzschlussstrom zu bemessen. Die Funkenstrecke muss jedoch bei 15 kV / 16.7 Hz einen Kurzschlussstrom von 50 kA sicher ableiten können. Bezüglich Brandgefahr und Montage sind die Hinweise der Hersteller einzuhalten.

Bei Gleichstrombahnen sind zusätzlich die

Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Korrosionskommission der SGK, C 3

zu beachten.

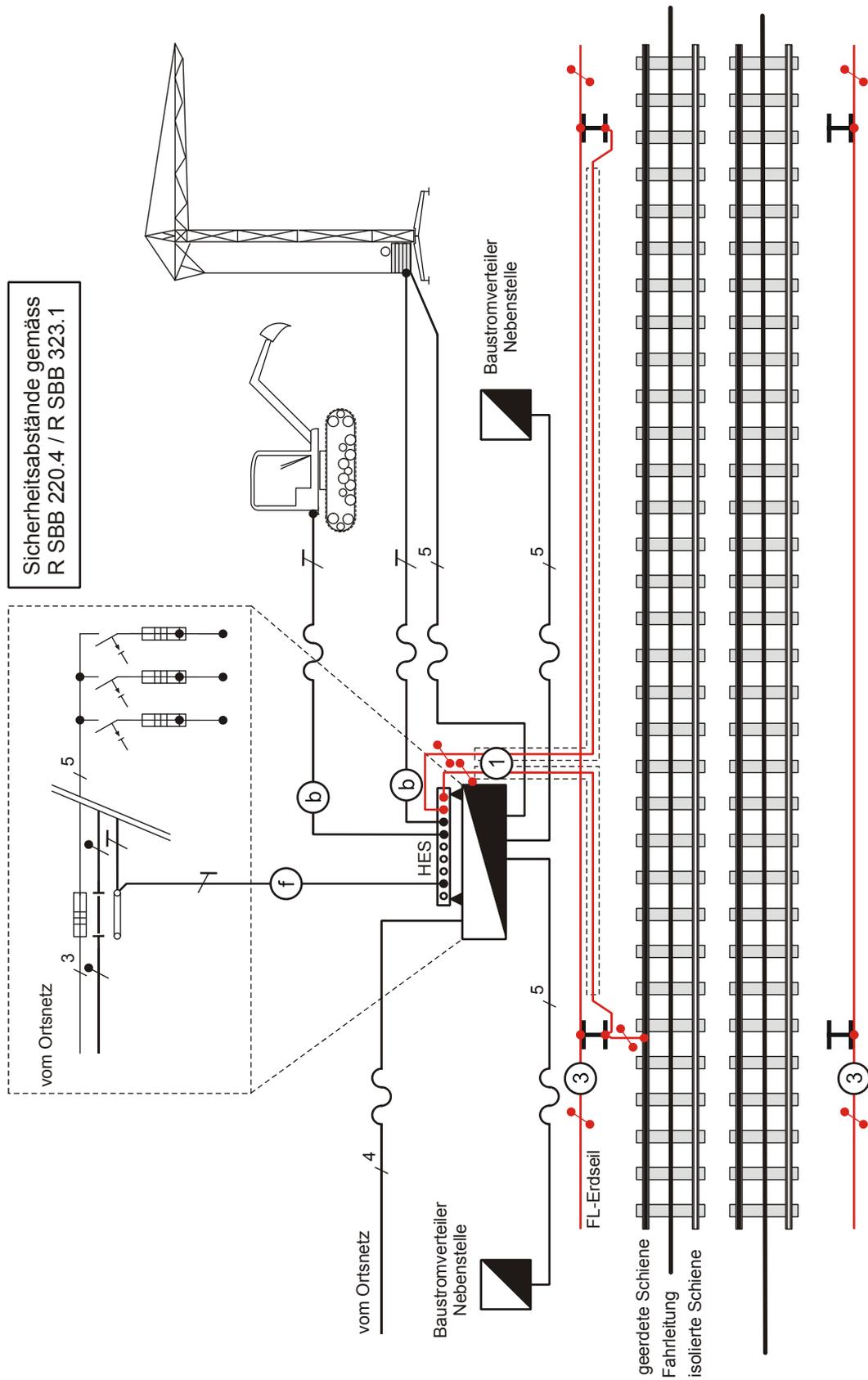


Bild 14.4
System TT
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

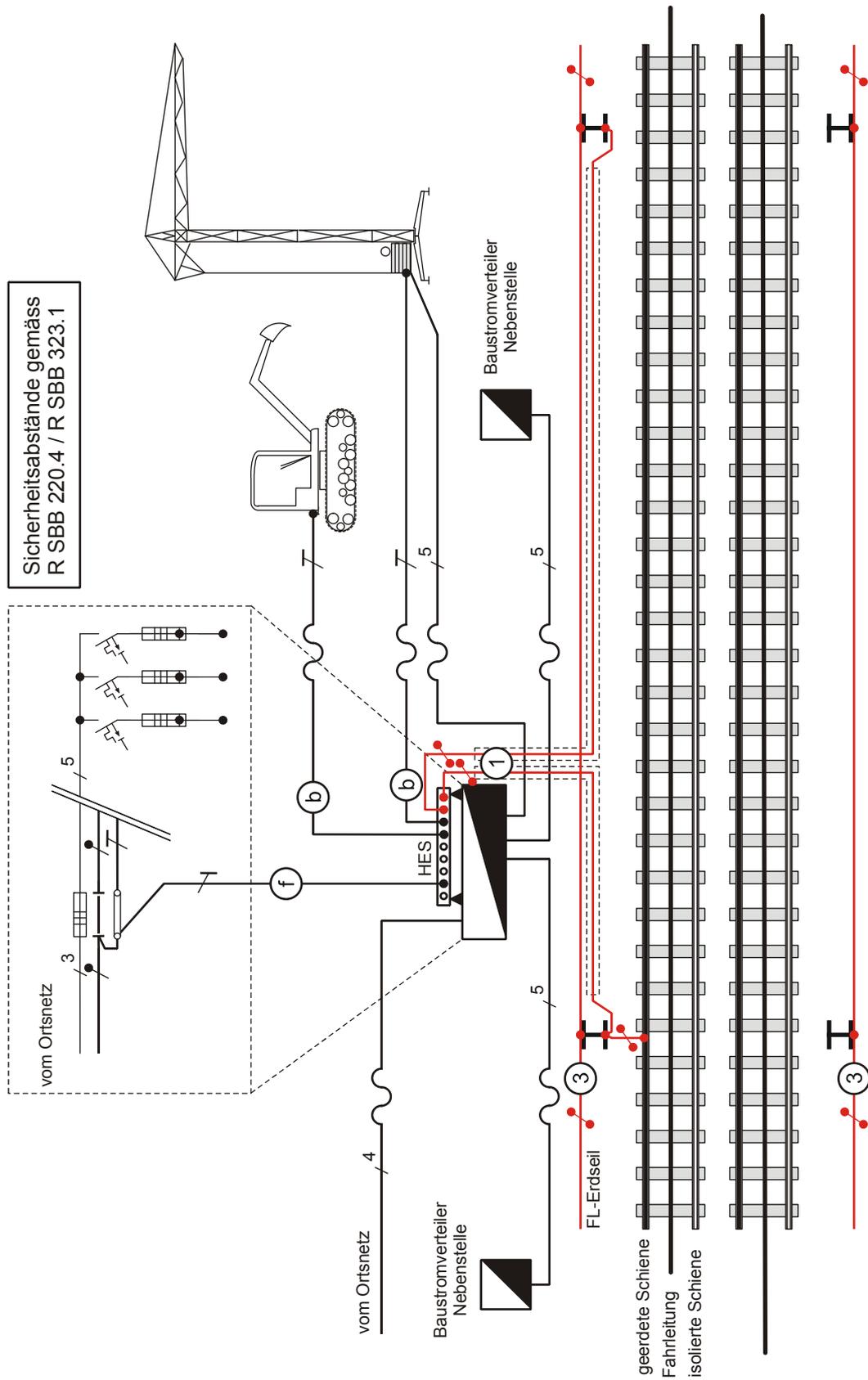
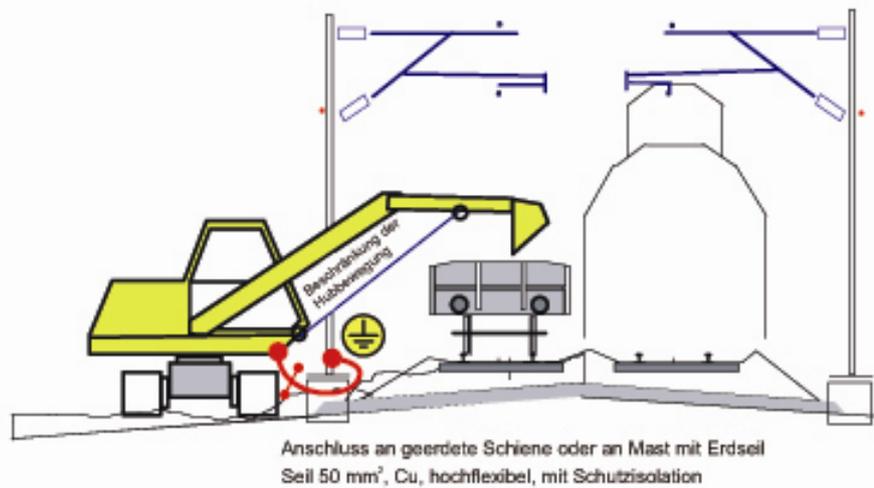
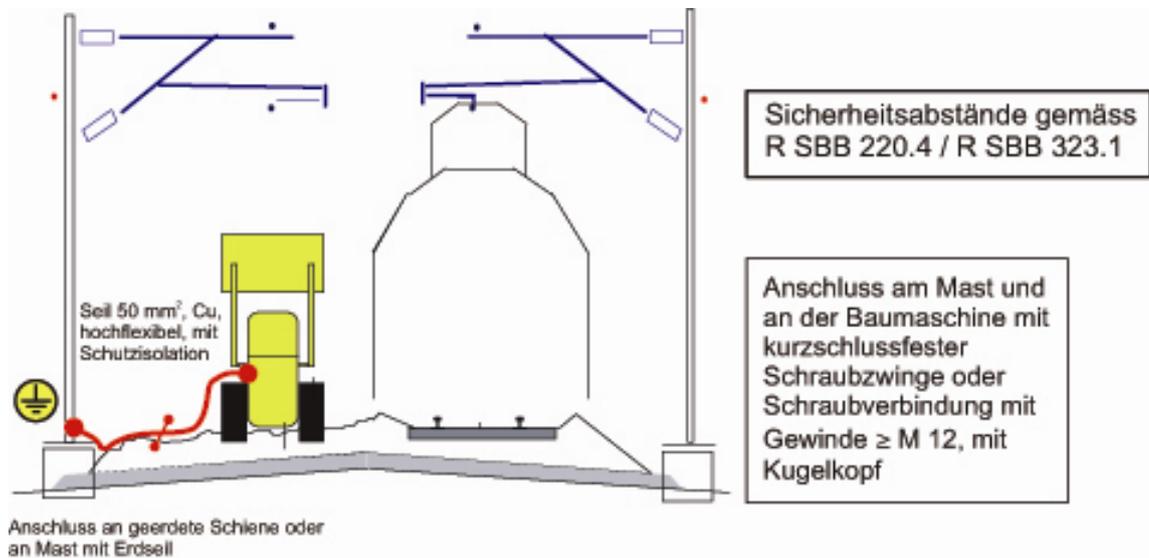


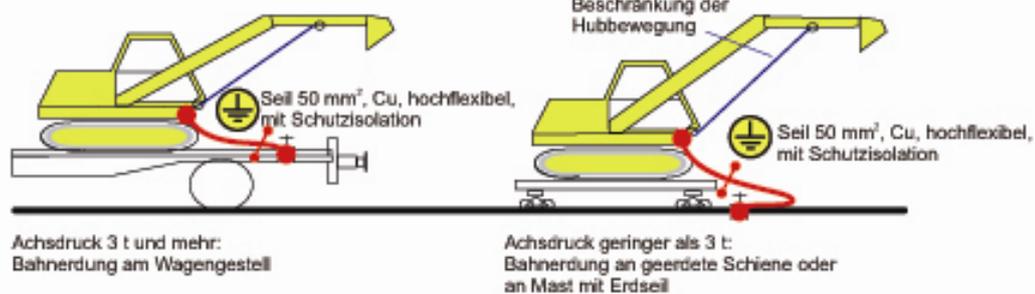
Bild 14.5
Zusammenschluss der Erdungssysteme Bahn – EW
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
-------------------	------------------

14.5 Mobile Baumaschinen



Fahrleitung



Hinweise:

- R RTE 20100 Sicherheit bei Arbeiten im Gleisbereich
- R SBB 220.4 Handbuch für den Bau und Unterhalt der Fahrbahn
- R SBB 323.1 Verhalten des Personals gegenüber der Gefahren des elektrischen Stromes

Bild 14.7

14.6 Brückenwaagen

Bei den Bahnen werden grundsätzlich zwei unterschiedliche Anlagen eingesetzt:

14.6.1 Konventionelle Brückenwaage

Bei konventionellen Brückenwaagen erfolgt die Messung des Gewichts mit einem Gegengewicht über eine Mechanik, welche sich in einem Stahlbetonfundament unterhalb des Schienenkörpers befindet.

Die Schienen sind über den beiden Enden des Fundaments getrennt, so dass ein freies Schweben auf der Messbrücke möglich ist.

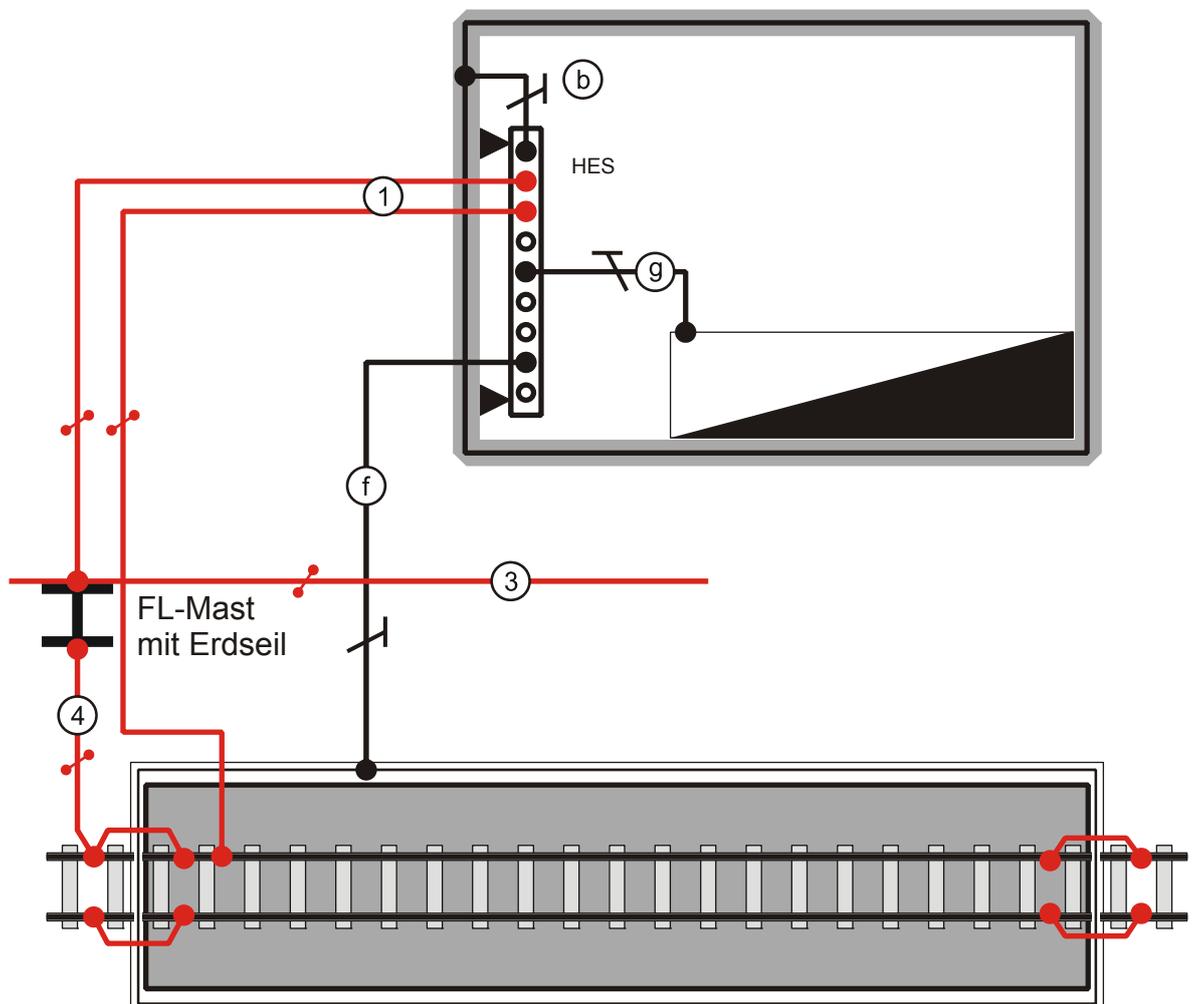


Bild 14.8
Erdungskonzept einer konventionellen Brückenwaage
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------

14.6.2 Dynamische Brückenwaage

Bei der dynamischen Brückenwaage erfolgt die Messung des Gewichts elektronisch mit Messdehnungsstreifen. Die baulichen Massnahmen am Gleiskörper sind beim Einsatz der dynamischen Messung relativ gering.

Beide Schienen sind über dem Bereich der Brückenwaage durchgehend verschweisst und benötigen keine weiteren baulichen Anpassungen oder Fundamente.

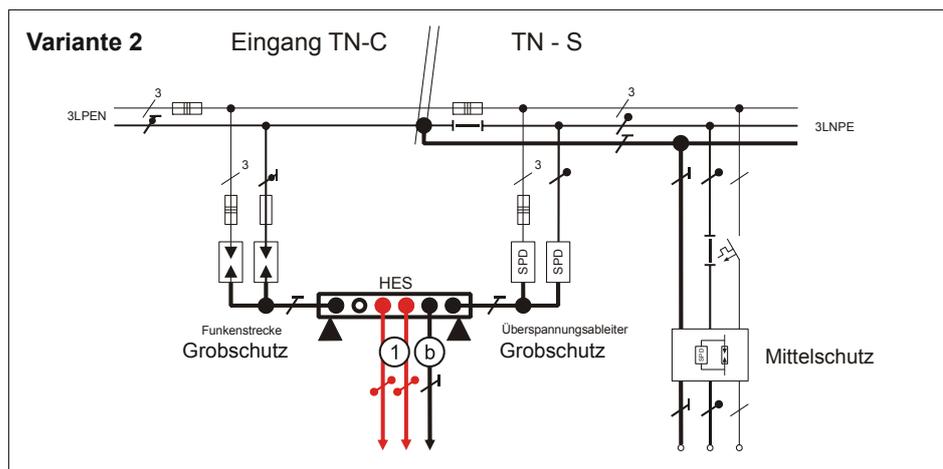
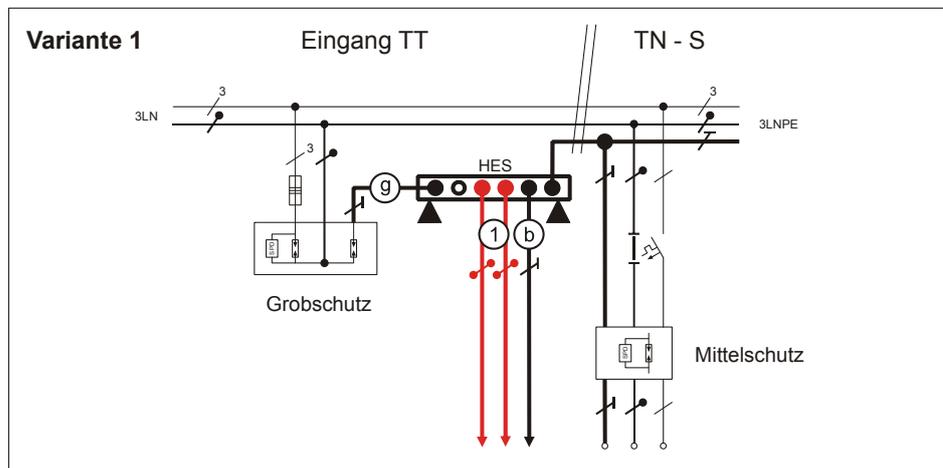
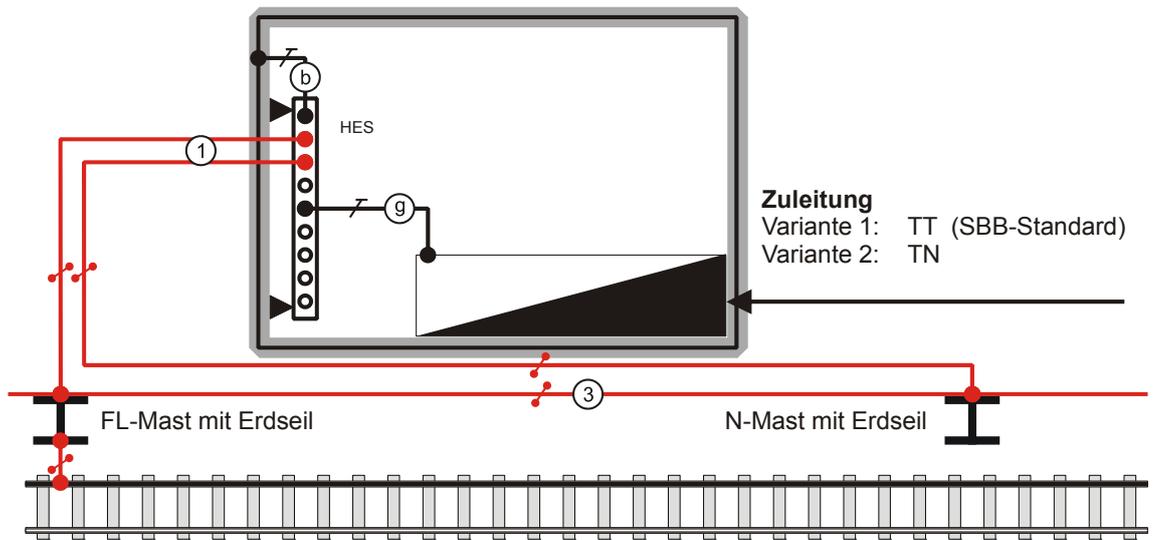


Bild 14.9
 Erdungskonzept einer dynamischen Brückenwaage
 (Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

14.7 Elektro-Weichenheizungen

14.7.1 Einleitung

Die Weichenheizungen sind bahnspezifische elektrische Einrichtungen gemäss SR 734.42, VEAB, Art 37 und somit hoheitlich dem BAV unterstellt.

Die in diesem Dokument aufgeführten Erdungskonzepte behandeln ausschliesslich ortsfest installierte Weichenheizungen.

Gas-Weichenheizungen siehe auch Kapitel 14.9.

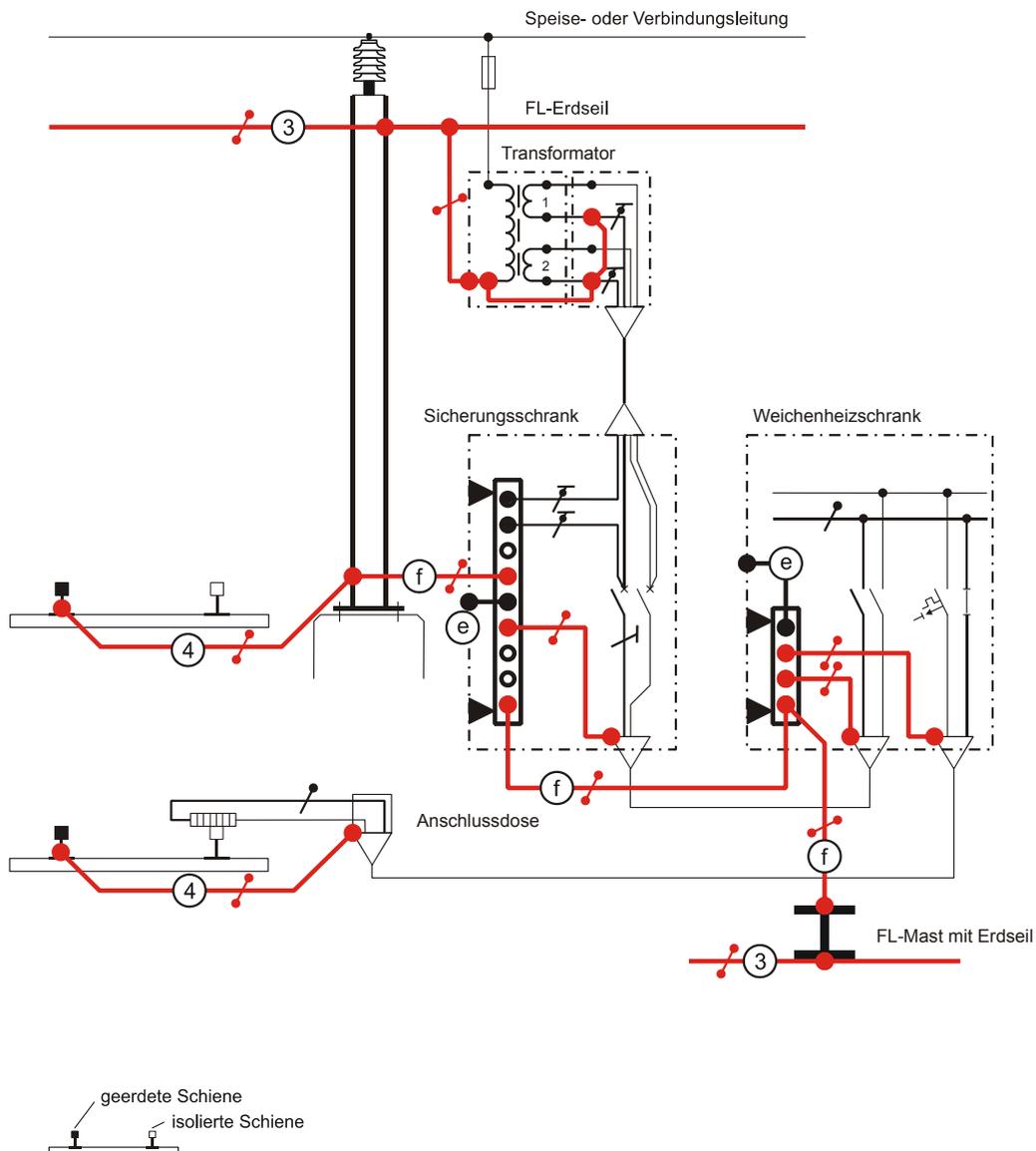


Bild 14.10
Erdungskonzept einer Weichenheizung
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------

14.8 Tankanlagen

14.8.1 Grundsätzliches

Das ESTI bestimmt mit dem Anlagenbesitzer und gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit dem feuerpolizeilichen Organ, den für die Arbeitssicherheit zuständigen Organen (SUVA/EKAS), dem BAV, dem Gewässerschutzamt und der SGK den Umfang der Anpassungsarbeiten.

14.8.2 Festlegung der Ex-Zonen

Im Allgemeinen gelten die Umschlag- und Lagerzonen in den Tankanlagen als explosionsgefährdet. Aus diesem Grund ist den verschiedenen, in ihrer Art schädlichen elektrischen Auswirkungen zu begegnen. Es ist ein Ex-Zonenplan zu erstellen.

Ob eine Zone und in welchem Grad eine bestimmte Umgebung explosionsgefährdet ist, bestimmt das für das Kantonsgebiet zuständige feuerpolizeiliche Organ (Arbeitsinspektorat, SUVA) gemeinsam mit dem Anlagenbesitzer.

Gemäss Reglement des SEV «Beurteilung der Explosionsgefahr in Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen», Zoneneinteilung, SEV-Publ. 3307 sowie im SUVA-Merkblatt (Ex-Zonen) sind nachstehende Zonen festgelegt:

Ex-Zone 0

Bereich, in welchem eine explosionsfähige Atmosphäre dauernd oder während längerer Zeit oder kurzzeitig, jedoch häufig vorhanden ist.

Ex-Zone 1

Bereich, in welchem eine explosionsfähige Atmosphäre im Normalbetrieb periodisch oder gelegentlich vorhanden sein kann.

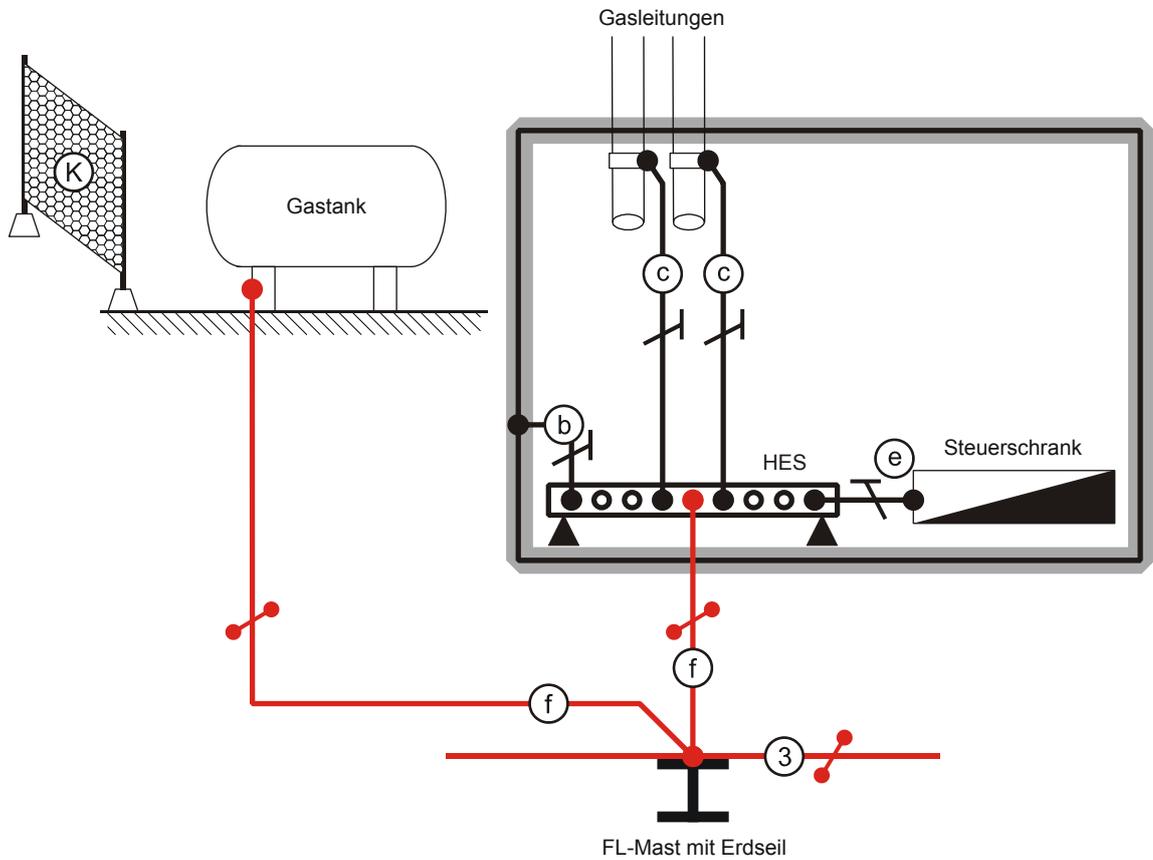
Ex-Zone 2

Bereich, in welchem eine explosionsfähige Atmosphäre selten und nur für kurze Zeit vorhanden sein kann.

Zu diesem Thema siehe auch:

- STI 503.0782
- STI 606.0593
- C3-Richtlinien
- NIN 7.61

14.9 Gas-Weichenheizungen



(K) Erdung des Zaunes nach Kapitel 11.2.3

Bild 14.11
Erdungskonzept einer Gas-Weichenheizung
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

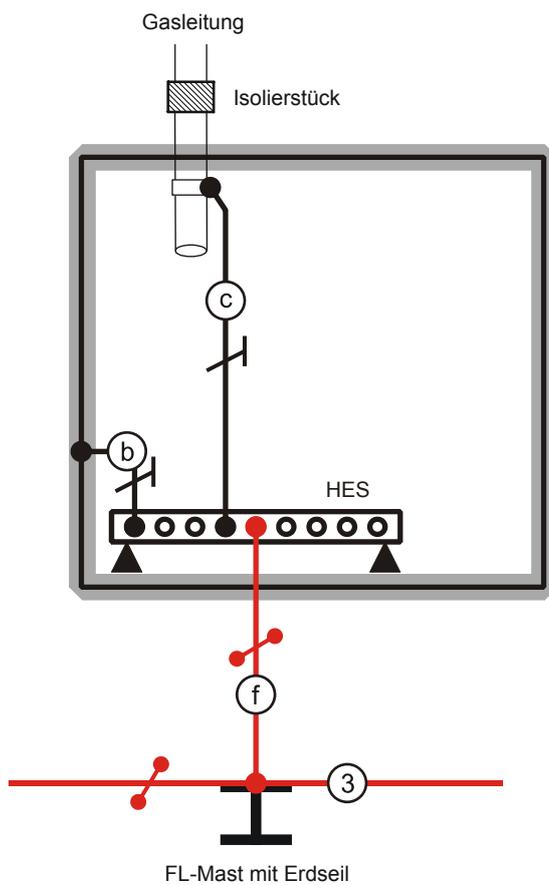


Bild 14.12
Erdungskonzept einer Gas-Übergabestation
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------

14.10 Benzin- und Dieselöltankstellen

14.10.1 Grundsätzliches

Es gilt STI 503.0703.

Erdungskonzepte werden durch spezialisierte Ingenieurbüros erstellt.

Die heute geltenden Vorschriften sind vollumfänglich anzuwenden für:

- Neue Anlagen
- Bestehende Anlagen, deren Sicherheit für Personen und Sachen nicht mehr genügt.
- Anlagen, die gänzlich umgebaut werden.
- Anlagen, die erweitert, teilweise umgebaut, revidiert oder repariert werden, sofern dies ohne weitergehende Änderungen an den von solchen Arbeiten nicht betroffenen Anlageteilen möglich ist.

14.10.2 Festlegung der Ex-Zonen

In explosionsgefährdeten Bereichen mit Ex-Zonen 0 und 1 ist in jedem Fall ein zusätzlicher Potentialausgleichsleiter zu verlegen. Dieser zusätzliche Potentialausgleich zwischen nichtelektrischen leitenden Körpern hat die ganze Anlage innerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs zu umfassen.

Der Leitwert für den zusätzlichen Potentialausgleichsleiter hat mindestens demjenigen eines Kupferleiters von 4 mm² zu entsprechen.

An den zusätzlichen Potentialausgleichsleiter anzuschliessen sind:

- Alle leitenden Teile von Apparaten, Behältern usw. mit über 0.5 m² Fläche (einseitig gemessen).
- Rohrleitungen mit über 3 m Länge.
- Kathodisch geschützte, erdverlegte Lagerbehälter mit zugehörigen Treibstoff-, Gas-Pendel-, Füll- und Entlüftungsleitungen usw. dürfen nicht mit dem Blitzschutz-Erdleiter und dem Potentialausgleichsleiter der Tanksäulen verbunden werden. Das Schutzpotential muss erhalten bleiben. Aus dem Boden ragende Entlüftungsleitungen sind jedoch gegen direktes Berühren (Personenschutz) durch eine geeignete Isolation zu schützen.

Als Erder können verwendet werden:

- Armierung im Betonfundament
- Metallene Wasserleitung, Bänderder, Staberder

Besondere Anlagen	14 01.11.2008
--------------------------	--------------------------------

Die registerführende Unternehmung (Elektrizitätswerk oder HS-Bezüger) bestimmt in jedem Fall die Art des Erders. Es ist daher unerlässlich, bereits bei der Planung die notwendigen Abklärungen zu treffen.

14.11 Erden von Schnellfahrweichen

Es gilt:

- SR 734.31, LeV, Art. 72, Erdung:
 - ¹ *Die leitende Umhüllung einer Kabelleitung ist an beiden Enden zu erden.*
...
 - ² *Elektrisch leitende Teile wie Kabelarmierungen, Armaturen, Zubehöre sind zu erden.*
- SR 734.42, VEAB, Art. 9, Kabelleitungen:
 - ¹ *Kabelleitungen im Gleisbereich sind so anzuordnen, dass sie die Instandhaltung des Oberbaus nicht behindern. Oberflächenkanäle sind zulässig.*
 - ² *Kabel im Bereich von Gleichstrombahnen sind mit einem äusseren Isoliermantel zu versehen.*
 - ³ *Metallmäntel und Armierungen von Kabeln längs und quer zum Gleis sind in geeigneter Weise bahnzuerden.*
- EN 50388: Kurzschlussstromfestigkeit der Erdungen für 40 kA / 100 ms.
Qualifiziert sind: Seil 50 mm², Cu, nicht isoliert oder Seil 95 mm², Cu, isoliert.

Bemerkung: Wird ein Cu-Seil 50 mm², isoliert, mit 40 kA während 100 ms belastet, schmilzt oder verbrennt die Isolation. Dies gilt auch für allfällig an den Seilenden angebrachte gelbe Schrumpfmanschetten zur Kennzeichnung.

Die Verbindungselemente (Klemmen) zwischen den Seilen müssen ebenfalls kurzschlussstromfest sein.
- SBB-Standard: In Kabelkanälen dürfen nur isolierte Leiter, Seile oder Kabel verlegt werden.

Im Bild 14.13 sind alle eingezeichneten Erdverbindungen betriebsmässig traktionsstromführend. Gemäss Kapitel 3.4.5 sind sie damit an den Anschlussstellen gelb zu markieren oder als Seil, gelb isoliert, auszuführen.

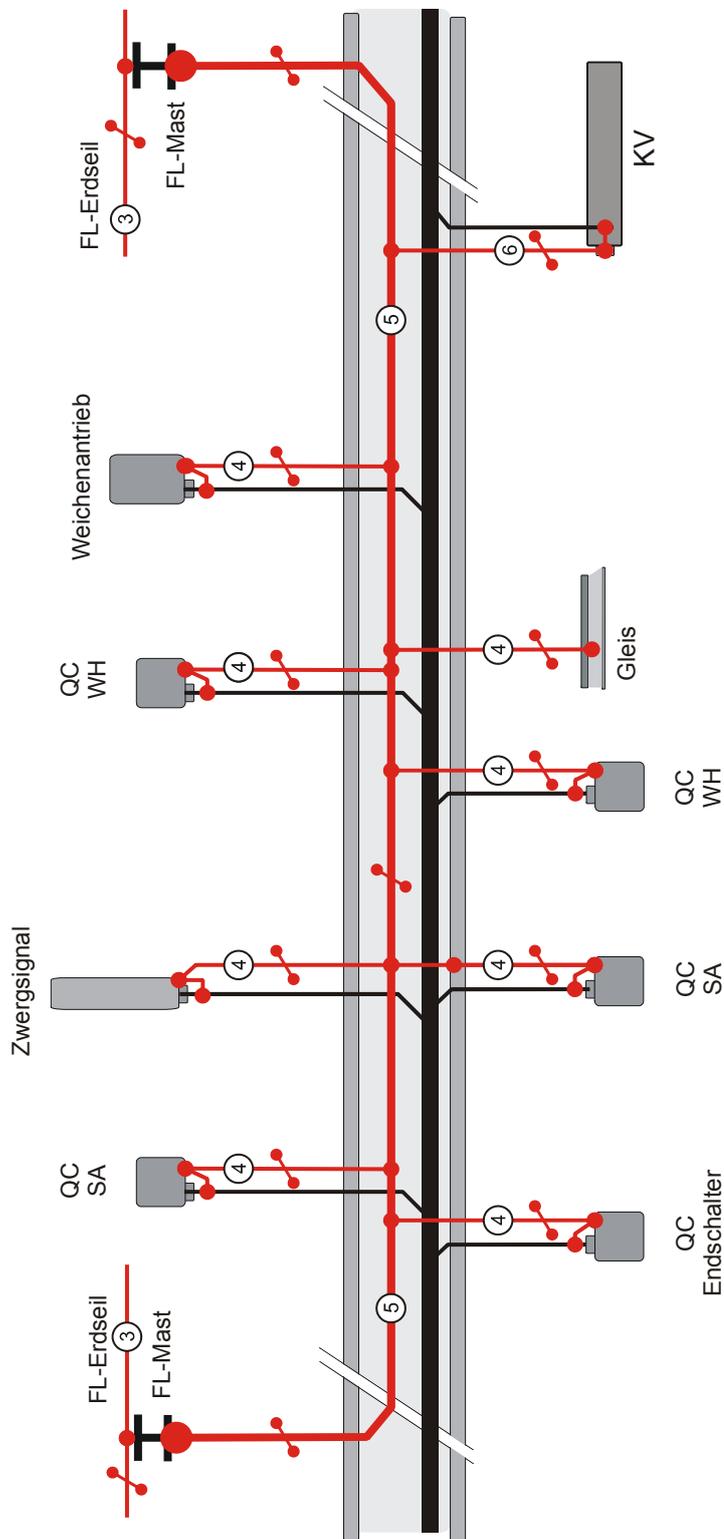


Bild 14.13
Erdungskonzept für Schnellfahrweichen der SBB
(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang)



15 Bahnoobjekte und Bahnerde

15.1 Tabelle «Bahnerden»

Was ist mit der Bahnerde zu verbinden und was nicht?
(siehe AB-VEAB, AB 40 und D RTE 27900 EHB, Kapitel 3 bis 14)

Die „bahnerdpflichtigen“ Objekte dürfen den Streustromschutz oder die Trennung der Erdungssysteme nicht verletzen.

Die Angaben in dieser Liste sind mit den übergeordneten gesetzlichen Vorschriften konform. Wenn sie in örtlichen Erdungskonzepten nicht anwendbar erscheinen, ist der Fall mit den Sachverständigen des für die Traktionsstromversorgung zuständigen Fachdienstes oder mit dem BAV abzuklären.

Legende zu den untenstehenden Tabellen:

- 1) Empfehlung: 50 mm², Cu, nicht isoliert oder 95 mm², Cu, isoliert
- 2) Bahnerden, wenn gleichzeitig mit bahngeerdeten Objekten berührbar (≤ 1.75 m)
- 3) Ja, wenn nicht sonderisoliert
- 4) Gegen gleichzeitige Berührung mit bahngeerdeten Gegenständen schützen (z.B. isolierende Trennwand), falls die zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen überschritten werden. Sonst bahnerden.

Bahnobjekte und Bahnerde	15 01.11.2008
---------------------------------	--------------------------------

Stichwort	In Zone 1 Fahrleitungskurzschlussfeste Erdung 1)	In Zone 2 Zuführung Bahnerde via Netzzuleitung (bis max. 250 m) oder 1)	Ausserhalb	Besondere Bedingungen / Bemerkungen im Bahnspannungsbereich (BSB) gemäss VEAB, Art. 3
• Abfahrbefehlskästchen auf Ständer	ja	ja	2)	
• Apparate im Schaltposten (Schalter, Trafo etc.)	ja	ja	ja	
• Bankettsicherungs-System (wie Leitplanken)	ja	nein 4), wenn kürzer als 500 m	nein	
• Barrierenantrieb mit Schlagbaum aus Holz oder Kunststoff	ja	ja	nein	Gesamtstromversorgung immer bahngeerdet oder Bahnerdung am Antrieb genügt.
• Barrierenantrieb mit Schlagbaum aus Metall	ja	ja	ja	Ist aus Sicherheitsgründen mit 50 mm ² , Cu bahnzuerden.
• Baugerüste aus nichtleitendem Material	-	-	-	
• Baugerüste aus leitendem Material	ja	Wenn sie beim Umstürzen mit den unter Spannung stehenden Fahrleitungsanlagen in Berührung kommen können, sind sie auch ausserhalb des Bahnspannungsbereichs bahnzuerden. Immer den für die Traktionsstromversorgung verantwortlichen Fachdienst beiziehen.		
• Baumaschinen	ja	s. R SBB 323.1, Anhang 1		
• Beleuchtungsmasten	ja	Wenn sie beim Umstürzen mit den unter Spannung stehenden Fahrleitungsanlagen in Berührung kommen können, sind sie auch ausserhalb des Bahnspannungsbereichs bahnzuerden. Immer den für die Traktionsstromversorgung verantwortlichen Fachdienst beiziehen wegen Schutzleiter Ortsnetz.		
• Billett-Entwerter/Automat	ja	3)	nein	
• Blinklichtsignale, z.B. bei Bahn-Übergang	ja	ja	2)	
• Bockkrane über Gleis	ja	ja	ja	
• Brückengeländer	ja	nein 4)	nein	Brückenerdungskonzept massgebend. Immer den für die Traktionsstromversorgung verantwortlichen Fachdienst beiziehen.
• Dachrinnen	ja	nein 4)	nein	Gebäudeerdungskonzept massgebend. Den für die Traktionsstromversorgung verantwortlichen Fachdienst beiziehen.
• Depotanlagen: Permanente Erdungsvorrichtung	ja	ja	ja	Anschluss an Mast mit Erdseilanbindung zwingend.

Bahnobjekte und Bahnerde	15 01.11.2008
---------------------------------	--------------------------------

Stichwort	In Zone 1 Fahrleitungskurzschlussfeste Erdung 1)	In Zone 2 Zuführung Bahnerde via Netzzuleitung (bis max. 250 m) oder 1)	Ausserhalb	Besondere Bedingungen / Bemerkungen im Bahnspannungsbereich (BSB) gemäss VEAB, Art. 3
• Einfriedung parallel zur Bahn	ja	nein 4)	nein	Nein, wenn kürzer als 500 m
• Einfriedung rechtwinklig an Bahninfrastruktur anstossend	ja	nein 4)	nein	Eventuell Berührungsschutz erstellen.
• Entwerter: Siehe Billett-Entwerter				
• Erdpol von Unterwerken	ja	ja	ja	Dimensionierung durch den für die Traktionsstromversorgung verantwortlichen Fachdienst. Gelbe Kennzeichnung der Schienenanschlüsse, jährliche Kontrolle.
• Fahrgastinformationsanzeige (FIA) / Überkopfanzeige	ja	ja	ja	Falls die FIA mit einer bahngeerdeten Metall-Konstruktion verbunden ist, muss der «Kabelschutzleiter» in der FIA isoliert werden.
• Fahrleitungsschutzdächer bei Überführungen	ja	nein 4)	nein	Schutzdächer über 11/15 kV-Fahrleitungen sind immer bahnzuerden. Achtung: Im Bereich von Gleichstrombahnen sind die bahngeerdeten Schutzdächer u.U. von der Bauwerkserde zu isolieren. Immer den für die Traktionsstromversorgung verantwortlichen Fachdienst beiziehen.
• Freiverladeplatz: FL-Masten	ja	ja	ja	
• Geländer bei Bahnbrücken: Siehe Brückengeländer				
• Geländer andere: Siehe Einfriedung				
• Gitterroste	ja, wenn länger als 3 m	nein 4)	nein	
• Hag: Siehe Einfriedung				
• Hilfstritte P55	Nur in der Mitte und an den Enden des Perrons			
• Hörnerschalter-Antrieb (auch Lasttrennschalter-Antrieb)	ja	ja	ja	Schutz vor Berührungsspannung bei Kurzschluss: Anschluss an Erdseil und 1x Schiene, wenn kein Erdseil: Eines ziehen oder 2x an Schiene.

Bahnobjekte und Bahnerde	15 01.11.2008
---------------------------------	--------------------------------

Stichwort	In Zone 1 Fahrleitungskurzschlussfeste Erdung 1)	In Zone 2 Zuführung Bahnerde via Netzzuleitung (bis max. 250 m) oder 1)	Ausserhalb	Besondere Bedingungen / Bemerkungen im Bahnspannungsbereich (BSB) gemäss VEAB, Art. 3
• Hörnerschalter-Schaltposten (auch Lasttrennschalter-Schaltposten)	ja	ja	ja	Wie oben
• Kandelaber (Beleuchtung)	ja	Wenn sie beim Umstürzen mit den unter Spannung stehenden Fahrleitungsanlagen in Berührung kommen können, sind sie auch ausserhalb des Bahnspannungsbereichs bahnzuerden. Immer den für die Traktionsstromversorgung verantwortlichen Fachdienst beiziehen wegen Schutzleiter Ortsnetz.		
• Krane Dritter	ja	s. R SBB 323.1, Anhang 1		
• Krane der Bahn	ja	s. R SBB 362.3 und R SBB 330.2		
• Lärmschutzwände, längs leitende	ja	nein 4), wenn kürzer als 500 m	nein	
• Lärmschutzwände, längs nicht leitende	nein	nein 4)	nein	
• Leitplanken	ja	nein 4), wenn kürzer als 500 m	nein	
• Masten von FL auf Rampen und Freiverladeplätzen	ja	ja	ja	Anschluss an Erdseil und 1x Schiene, wenn kein Erdseil: Eines ziehen oder 2x an Schiene.
• Motorantrieb für Mastschalter und Masttrenner	ja	ja	ja	Schutz vor Berührungsspannung bei Kurzschluss: Anschluss an Erdseil und 1x Schiene, wenn kein Erdseil: Eines ziehen oder 2x an Schiene.
• Gebäudeerdleiter (mind. 2x50 mm ² nach VEAB)	-	-	-	Gebäudezuführung der Bahnerde. Anschluss an Erdseil und 1x Schiene, wenn kein Erdseil: Eines ziehen oder 2x an Schiene.
• Nachspannböcke für Stellwerk-Seilzüge	ja	2)	nein, wenn kürzer als 500 m	
• Netz für leitende Schutzgerüste	ja	ja	ja	
• Ölschalter-Schaltposten	ja	ja	ja	Erdseil , wenn keines: Pro Mast 1x an Schiene, Schienenanschlüsse gelb kennzeichnen und jährlich kontrollieren.

Bahnobjekte und Bahnerde	15 01.11.2008
---------------------------------	--------------------------------

Stichwort	In Zone 1 Fahrleitungskurzschlussfeste Erdung 1)	In Zone 2 Zuführung Bahnerde via Netzzuleitung (bis max. 250 m) oder 1)	Ausserhalb	Besondere Bedingungen / Bemerkungen im Bahnspannungsbereich (BSB) gemäss VEAB, Art. 3
• Ortstafel, siehe Stelen (ohne elektrische Anschlüsse)	nein	nein 4)	nein	
• Permanente Erdungsvorrichtungen	ja	ja	ja	Erdseil , wenn keines: 1x an Schiene, Schienenanschluss zugänglich, gelb kennzeichnen und jährlich kontrollieren.
• Perrondach-Stützen	ja	2)		
• Plakat-Wände, Plakat-Säulen: Siehe Stelen				
• Potentialausgleich mit Erdungsanlagen 50 Hz und Wasserleitungsnetz	Siehe Bem.	Siehe Bem.	Siehe Bem.	Querschnitte siehe AB-VEAB, AB 40. Sachverständige der Anlageneigentümer beiziehen.
• Potentialausgleich in Gebäuden	Siehe Bem.	Siehe Bem.	Siehe Bem.	Siehe Kapitel 6 und NIN
• Produkteleitungen, z.B. für Chemikalien parallel zur Bahn	nicht zulässig	nein 4) siehe Bem.	nein siehe Bem.	Sind im Einzelfall mit den zuständigen Fachstellen abzuklären.
• Produkteleitungen, z.B. für Chemikalien rechtwinklig an Bahninfrastruktur anstossend	Siehe Bem.	Siehe Bem.	Siehe Bem.	Sind im Einzelfall mit den zuständigen Fachstellen abzuklären.
• Lasttrennschalter (Rauscher+Stöcklin-Schalter)	ja	ja	ja	Erdung wie Hörnerschalter-Antrieb
• Schaltposten siehe Ölschalter oder Hörnerschalter-Schaltposten				
• Schaltposten-Umzäunung	ja	ja	ja	
• Schlagbäume siehe Barrieren				
• Schutzgitter	ja	nein 4)	nein	
• Signalmasten Sicherungsanlagen	ja	ja	ja	
• Stelen mit elektrischem Anschluss	ja	ja	2)	Anschluss mit Netzzuleitung, 50 mm ² nur im Ausnahmefall
• Stelen ohne elektrischen Anschluss	nein	nein 4)	nein	
• Telefonapparate	ja	nein 4)	nein	
• Transformatoren 1-polig isolierte Einphasen-Transformatoren 16.7 Hz	ja	ja	ja	Mit 50 mm ² , Cu an das Erdseil erden. Aktive Erde . Wenn kein Erdseil vorhanden: Eines ziehen, wenn nicht möglich: Doppelter Anschluss an die Schienen, gelbe Kennzeichnung, jährliche Kontrolle.

Bahnobjekte und Bahnerde	15 01.11.2008
---------------------------------	--------------------------------

Stichwort	In Zone 1 Fahrleitungskurzschlussfeste Erdung 1)	In Zone 2 Zuführung Bahnerde via Netzzuleitung (bis max. 250 m) oder 1)	Ausserhalb	Besondere Bedingungen / Bemerkungen im Bahnspannungsbereich (BSB) gemäss VEAB, Art. 3
• Überkopfanzeige siehe Fahrgastinformationsanzeige				
• Unterwerk-Erdpol: Siehe Erdpol				
• Vakuum-Schaltposten: Siehe Ölschaltposten				
• Warntafeln «Überschreiten der Gleise verboten»	ja	nein 4)	nein	Gilt für Warntafeln kürzer 3 m
• Wartehallen	ja	2)	nein siehe Bem.	Objekt ist über Netz-Schutzleiter geerdet
• Weichenheiz-Transformatoren	ja	ja	ja	Erdung an das Erdseil. Aktive Erde . Querschnitte der Erdungen werden vom verantwortlichen Fachdienst bestimmt.
• Weichenstellhebel	ja	ja	ja	
• Zaun: Siehe Einfriedung				
• Zugvorheizanlagen	ja	ja	ja	Erdung an das Erdseil. Aktive Erde . Querschnitte der Erdungen werden vom verantwortlichen Fachdienst bestimmt.

Ausführungsbeispiel	16 01.11.2008
---------------------	------------------

16 Ausführungsbeispiel

16.1 Erdungs- und Stromrückführungsprinzip der Glattalbah

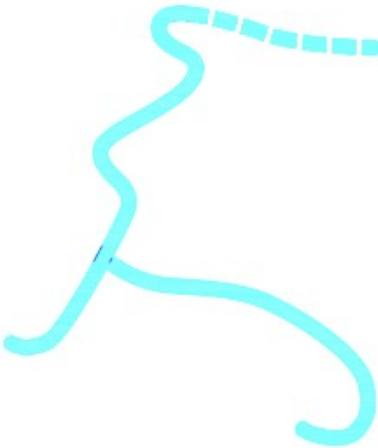
Seite 1 von 6 Seiten

WIR BAUEN MOBILITÄT



BA - FL - 001

Erdungs- und Stromrückführungsprinzip





	Bearbeitet	Datum	Kontrolliert	Datum	Freigegeben	Datum	Genehmigt	Datum
Format: 30/130	SAS	06.04.2004	RK	06.04.2004
Plan Nr.: 3762-1	Revisionen:							
	SAS	09.06.2004	RK	09.06.2004				
	SAS	24.06.2004	RK	24.06.2004				
Archiv Nr.:	SAS	26.09.2008	RK	27.09.2008				
	SAS	22.12.2008	RK	22.12.2008				
Datel: 2762-1_001 D	RSO	25.01.2008	SAS	13.05.2008				

TBF, Zürich
EBP, Zürich
FKAG, Dübendorf

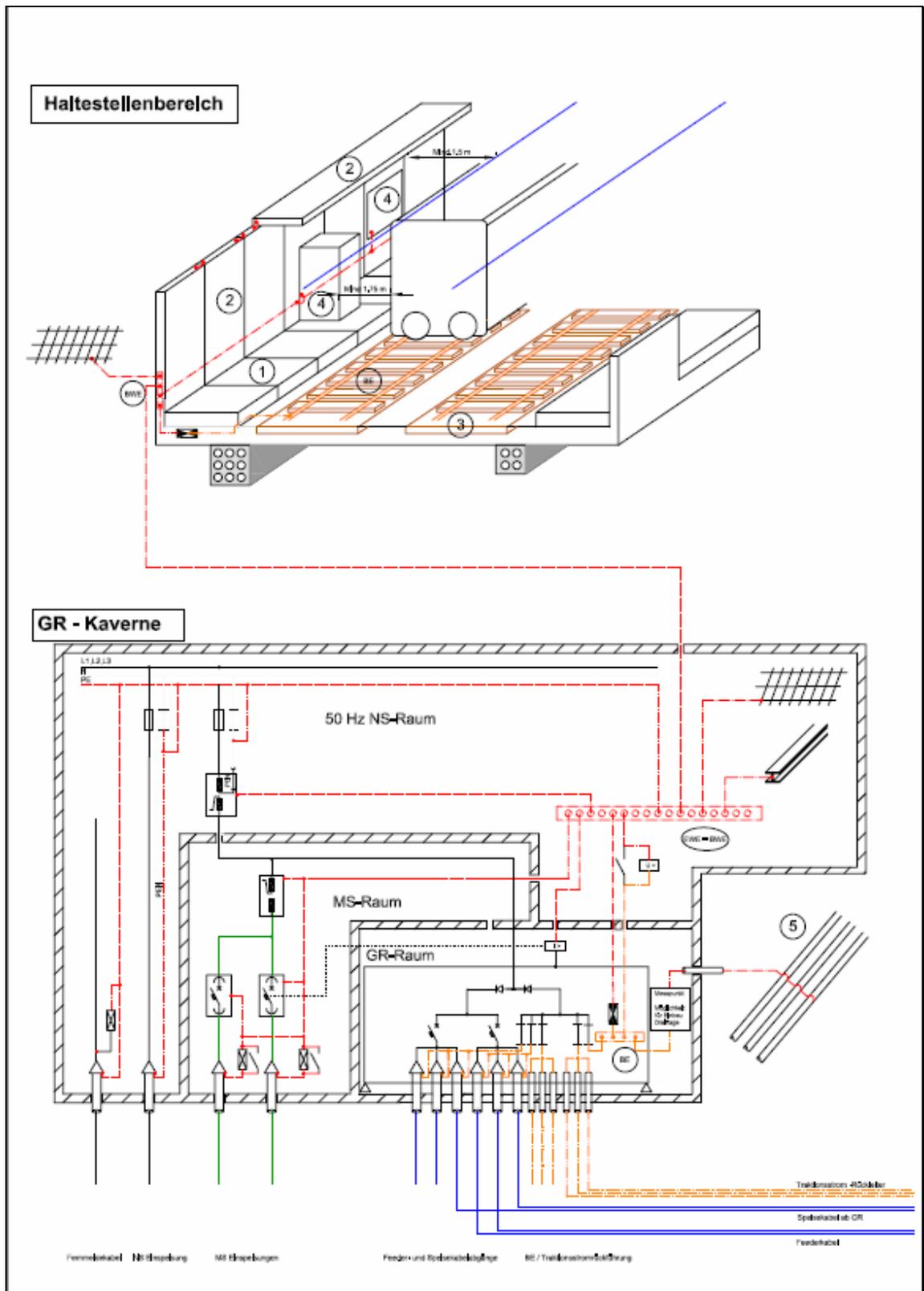
Geschäftsstelle
c/o TBF
Turnerstrasse 25 / 8033 Zürich
Tel. 043/255 23 00 Fax.
043/255 23 99

ko@tbf.ch
peter.schuster@ebp.ch
martin.scheiber@pkog.ch

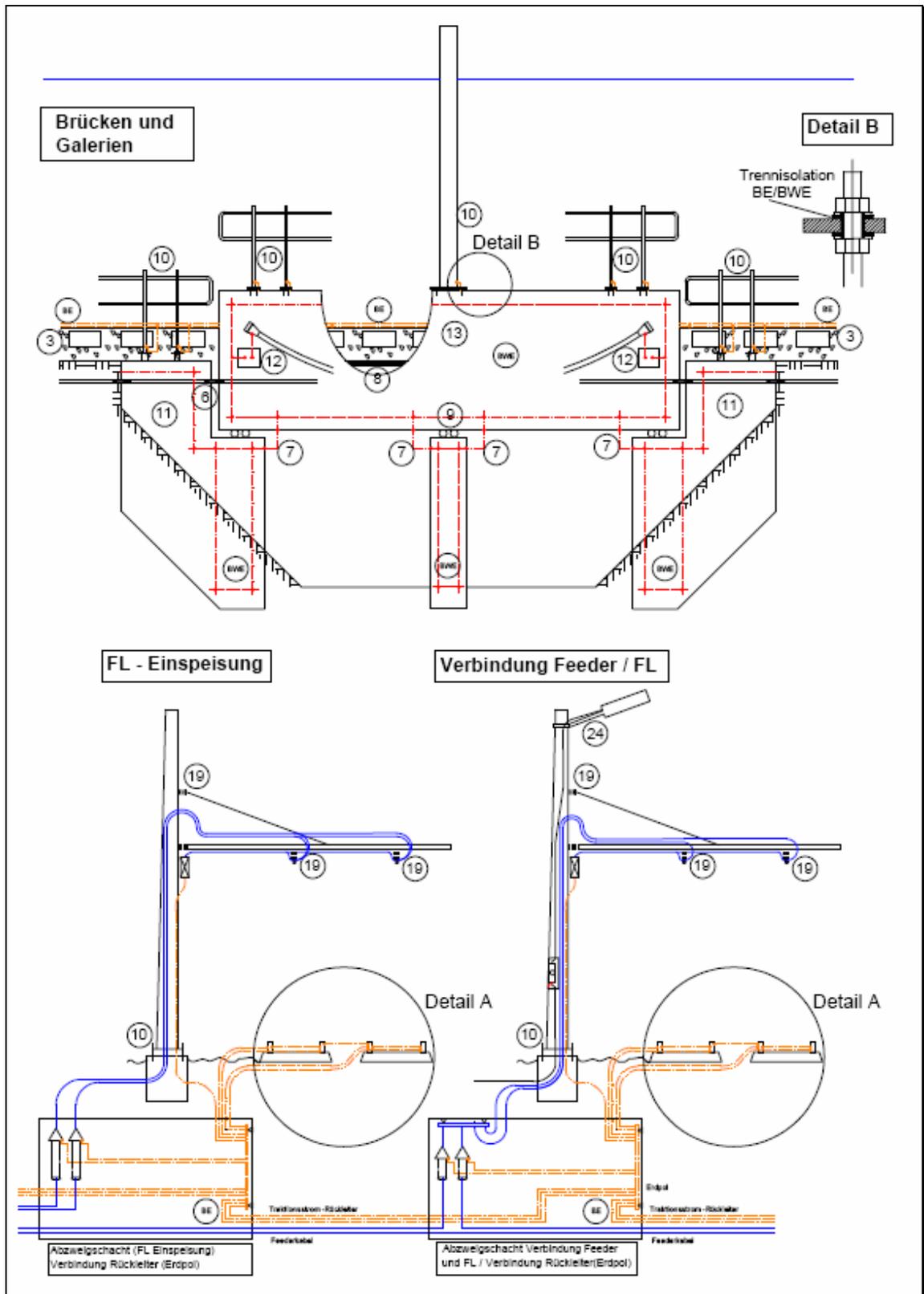
Team TEK

Projektverfasser
Paul Keller Ingenieurbüro AG
Hochbaldstrasse 9
8600 Dübendorf

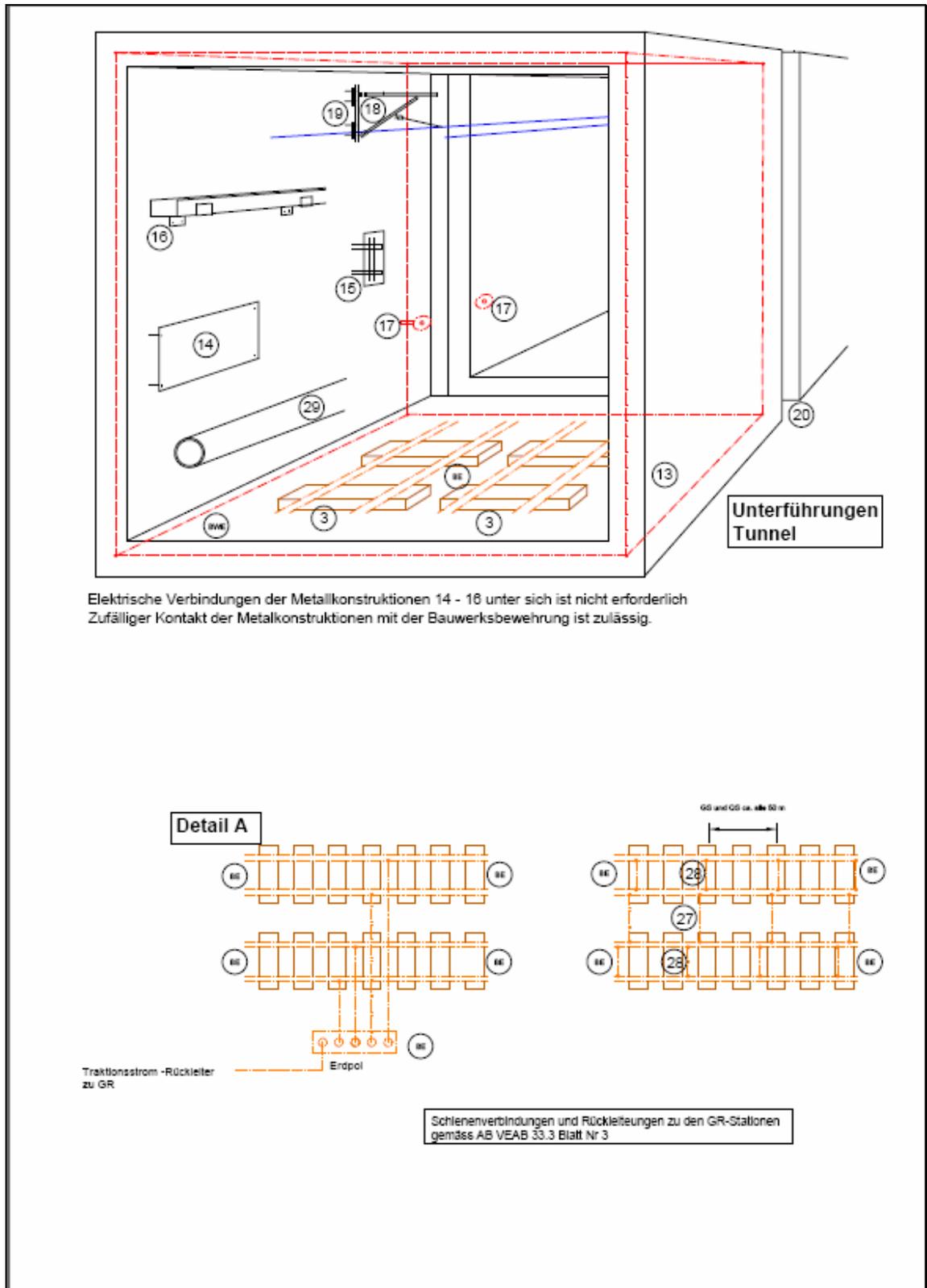
Seite 2 von 6 Seiten



Seite 3 von 6 Seiten

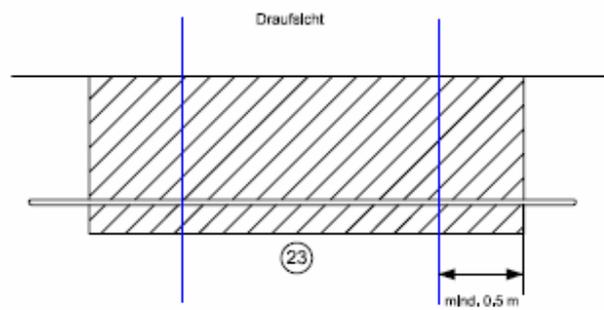
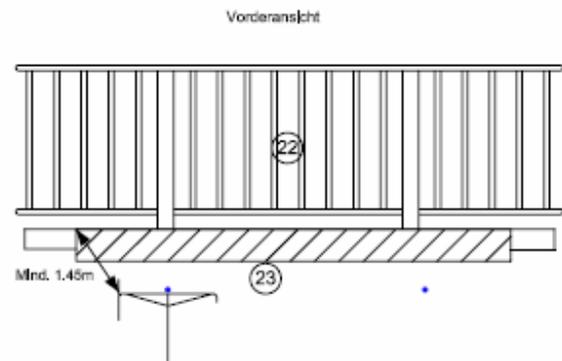
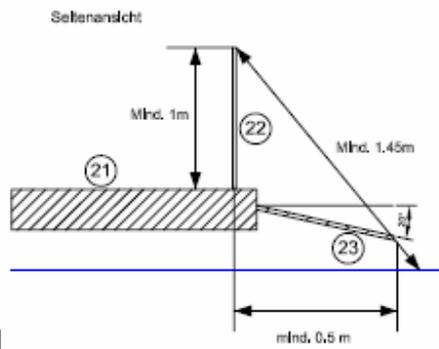


Seite 4 von 6 Seiten

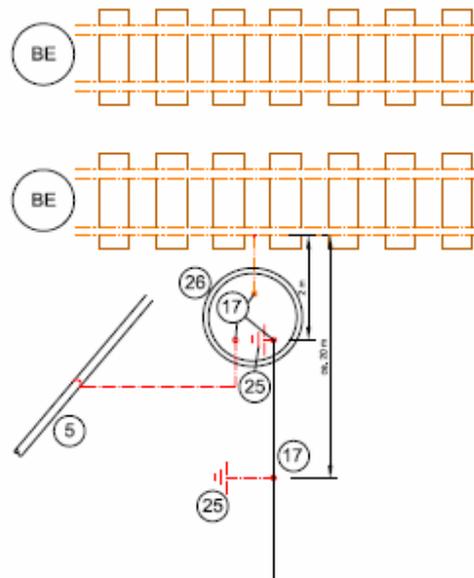


Seite 5 von 6 Seiten

**Berührungsschutz
Schutzdach bei Tunnels und
Unterführungen**



**Messpunkt und
Massnahme zur Ableitung
von Streuströmen**

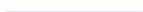


Ausführungsbeispiel	16 01.11.2008
----------------------------	--------------------------------

Seite 6 von 6 Seiten

<p>① Isolierender Belag</p> <p>② Metallkonstruktion</p> <p>③ Isoliert zur Umgebung verlegte Schienen (Streustromschutz) max. Ableitbelag 0.5 S/km</p> <p>④ Haltestellenmöblierung (Billetautomat, Informations- und Überwachungssysteme, ...)</p> <p>⑤ Zu schützende metallische Werkleitungen in der Nähe der Glattalbahn</p> <p>⑥ Metallische Rohrleitungen müssen beidseits der Brückenkonstruktion mittels Isolierstücken getrennt sein</p> <p>⑦ Potentialausgleichsverbinder</p> <p>⑧ Isolierfolie unter Schotterbett (Streustromschutz)</p> <p>⑨ Brückenaufleger nicht isolierend ausgeführt</p> <p>⑩ Metallkonstruktionen wie FL-Mast, Geländer usw, welche sich nicht im Bahnspannungsbereich (1.5 m ab Fahrleitungshöhe) und im Bereich der gleichzeitigen Berührbarkeit (1,75 m ab bahngeerdeten Teilen) befinden, werden erdfühlig aufgestellt. Metallkonstruktionen in den oben genannten Bereichen sind isoliert und bahngeerdet zu montieren.</p> <p>⑪ Widerlager aus bewehrtem Beton</p> <p>⑫ Vorspannsysteme als Ganzes elektrisch isoliert ausführen. (Spannglieder Typ C) Die Enden der Spannglieder sind in einen Messkasten herauszuführen</p> <p>⑬ Bauwerkelement aus bewehrtem Beton</p>	<p>⑭ Reklamentafel</p> <p>⑮ Signalträger</p> <p>⑯ Kabelkanalträger, nicht leitend</p> <p>⑰ Mess- und Verbindungspunkt</p> <p>⑱ Fahrleitungstragwerk, bahngeerdet</p> <p>⑲ Isolator</p> <p>⑳ Bauwerkrennfuge (Dilatation)</p> <p>㉑ Begehbarer Bereich</p> <p>㉒ Geländer, Gitter oder Vollwand</p> <p>㉓ Vollwandlg (Mind. Schutzgrad IP2X nach EN 60529)</p> <p>㉔ Leuchte wird nicht isoliert am FL Masten montiert insofern der FL Masten erdfühlig aufgestellt ist. Ansonsten wird die Leuchten isoliert montieren</p> <p>㉕ Erder (Elektrode in Verbindung mit dem gewachsenen Boden)</p> <p>㉖ Betonschacht Ø 60 cm</p> <p>㉗ Gleisverbinder 50mm²</p> <p>㉘ Schienenverbinder 50mm²</p> <p>㉙ Metallische Trockenwasserleitung, isoliert verlegt und mittels isolierender Muffen in Längsrichtung isolierend ausgeführt. Berührbare Stellen sind bahnzuwerden.</p>
--	--

Legende

	Bauwerkserde (BWE) / EW-Erde (EWE)
	Bahnerde (BE)
	Fahrleitungsspannung
	Mittelspannung 15 kV
	Bauwerk

	NS-Begrenzer
	Überspannungsableiter
	Isoliert aufgestellt
	Kurzschlussler
	Maximalstromrelais (Isolationsüberwachung)
	Mittelspannungsschalter
	Kabelendverschluss
	Transformator
	Sicherungskasten für öffentl, Beleuchtung
	Fundamenterdung

Literaturverzeichnis und Bezugsquellen	17 01.11.2008
--	------------------

17 Literaturverzeichnis und Bezugsquellen

17.1 Literaturverzeichnis

- [1] Aeberhard / Kocher / Koch:
Ausbau der Bahnstromrückleitung auf der Lötschberg-Bergstrecke,
Elektrische Bahnen Heft 8, 2003
- [2] Lörtscher / Hayoz / Lauber / Schwendimann / Vögeli / Wüest :
EG-Prüfverfahren nach TSI Energie und weitere Sicherheitsnachweise auf
der Neubaustrecke (NBS) Mattstetten – Rothrist der SBB,
Elektrische Bahnen Heft 12, 2004
- [3] Lörtscher / Baier / Lauber / Meuli / Münster / Schwander / Winter:
Elektrische Anlagen auf der Neubaustrecke (NBS) Mattstetten – Rothrist
der SBB,
Elektrische Bahnen Heft 12, 2004
- [4] Bette / Schneider:
Schutzmassnahmen bei der Stuttgarter Zahnradbahn,
Elektrische Bahnen Heft 3, 2006
- [5] Gukow / Kiessling / Puschmann / Schmieder / Schmidt:
Fahrleitungen elektrischer Bahnen, Planung, Berechnung, Ausführung,
Teubner Stuttgart, 1997
- [6] Biesenack / George / Hofmann / Schmieder / u. a.:
Energieversorgung elektrischer Bahnen,
Teubner Wiesbaden, 2006
- [7] Altmann / Schneider:
Spannungen und Überspannungen in der Rückleitung von Gleichstrom-
bahnen,
Elektrische Bahnen Heft 3, 2006
- [8] Kießling / Schneider:
Verwendung von Bahnstromrückleitern an der Schnellfahrstrecke Madrid-
Sevilla,
Elektrische Bahnen Heft 4, 1994
- [9] Lörtscher / Voegeli:
Bahnstromrückführung und Erdung beim Unterwerk Zürich,
Elektrische Bahnen Heft 1-2, 2001

Literaturverzeichnis und Bezugsquellen	17 01.11.2008
---	--------------------------------

- [10] Lörtscher / Würgler:
Bahnerdung und Bahnstromrückführung im Tunnelbereich der S-Bahn Zürich,
Elektrische Bahnen Heft 4, 1995
- [11] Lörtscher / Aeberhard / Oehry:
Messung und Modellierung von Magnetfeldern um 16,7-Hz-
Oberleitungsanlagen,
Elektrische Bahnen Heft 7, 2002
- [12] Lörtscher:
Vollzug der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
(NISV),
SR 814.710
- [13] Stalder / Bindschedler:
Wechselstrominduzierte Korrosionsangriffe auf eine Erdgasleitung,
«Gas Wasser Abwasser» 1991/5 des Schweizerischen Vereins des Gas-
und Wasserfaches, Zürich
- [14] Tischer:
20 Jahre Einsatz von Bahnstromrückleitern,
Elektrische Bahnen Heft 4, 1994
- [15] Zimmert / Hofmann / Jecksties / Kraft / Schneider:
Rückleiter in Oberleitungsanlagen auf der Strecke Magdeburg-Marienborn,
Elektrische Bahnen Heft 4, 1994

Literaturverzeichnis und Bezugsquellen	17 01.11.2008
--	------------------

17.2 Bezugsquellen

17.2.1 Hoheitliche Regelungen

Sammlung der Gesetze und Verordnungen des Bundes:
<http://www.admin.ch/>

17.2.2 Normen

Die von Electrosuisse (SEV) veröffentlichten Normen können bezogen werden unter:

<http://www.electrosuisse.ch>

Unter:

http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/standardization/harmstds/index_en.html

sind die hoheitlichen EU-Richtlinien und CENELEC-Standards ersichtlich.

17.2.3 Weitere Vorschriften

Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz (C3-Richtlinien):
<http://www.sgk.ch>

Eidg. Starkstrominspektorat (ESTI):

<http://www.esti.ch>

VöV-Publikationen Regelwerk Technik Eisenbahn und
VSS – Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute:

<http://www.vss.ch>

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

zum Thema «Elektrosmog: Magnetfelder von Fahrleitungen»:

http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01079/01085/02299/index.html?lang=de-sprungmarke0_3

Zum Thema «Anforderungen nach NISV: Eisenbahnen»:

<http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01107/index.html?lang=de>

Stichwortverzeichnis	18 01.11.2008
-----------------------------	--------------------------------

18 Stichwortverzeichnis

Dieses Kapitel wird später erarbeitet.

Anhang	01.11.2008
---------------	-------------------

A Anhang SBB

A1 Codeliste der Querschnitte für SBB

Code	Bezeichnung	Querschnitt	Farbe	Isolation
a	Hauptschutzleiter	25 mm ²	gelb-grün	einfach
b	Erdungsleiter	50 mm ²	gelb-grün	einfach
c	Hauptpotentialausgleichsleiter	25 mm ²	gelb-grün	einfach
d	Potentialausgleich in Steigzone	95 mm ²	gelb-grün	einfach
e	Potentialausgleich für Elektronikschränke	25 mm ²	gelb-grün	einfach
f	Potentialausgleich für Elektronikschränke	50 mm ²	gelb-grün	doppelt
g	Potentialausgleich für Elektronikschränke	16 mm ²	gelb-grün	einfach
HES	Haupterdungsschiene	120 mm ²		
KES	Kabelmantel-Erdungsschiene			
1	Gebäudeerdleiter	2 x 50 mm ²	gelb	doppelt
2	Rückleiter HES – KES	2 x 25 mm ²	gelb	einfach
3	FL-Erdseil	95 mm ²	(gelb)	blank
4	Erdungsleiter an das Gleis	50 mm ²	(gelb)	blank
5	Tunnelhaupterdleiter, Perronhaupterdleiter	95 mm ²	gelb	einfach
6	Rückleiter	95 mm ²	gelb	doppelt
7	Rückleiter	150 mm ²	gelb	doppelt
8	Rückleiter	50 mm ²	gelb	doppelt
9	Rückleiter	50 mm ²	gelb	einfach

Anhang	
---------------	--

	01.11.2008
--	-------------------

B Anhang Bahnunternehmen (ohne SBB)

B1 Codeliste der Querschnitte für Bahnunternehmen (ohne SBB)

Es ist die Codeliste des eigenen Bahnunternehmens bzw. des auftraggebenden Bahnunternehmens anzuwenden.

Hinweis: Die leere Codeliste im Word-Format steht im VöV-Extranet zur Verfügung.