

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 1/39
---	---	--

1 Inhalt

1	Inhalt.....	1
2	Allgemeiner Teil	2
2.1	Einführung, Geltungsbereich.....	2
2.2	Normen und Empfehlungen zur EMV (Auswahl)	2
3	Begriffe.....	6
4	Elektromagnetisch verträgliche Konstruktion von Hochspannungsschaltanlagen	7
4.1	EMV-Gesichtspunkte bei der Ausführung der Erdungsanlage	7
4.2	Erdung von Tafeln, Gestellen, Schaltschränken und elektronischen Geräten	7
4.3	Stromversorgung in der Schaltanlage	7
4.4	Sekundärleitungen	7
4.5	Begrenzung von Überspannungen in Sekundärkreisen.....	7
4.6	Näherungen zu Telekommunikationsanlagen	8
5	EMV-Gesichtspunkte bei der Ausführung der Erdungsanlage	8
5.1	EMV-Gesichtspunkte bei Erdungsanlagen in Freiluftschaltanlagen	9
5.2	Erdungsanlage in gasisolierten metallgekapselten Schaltanlagen (GIS) bzw. hochintegrierten Schaltanlagen (HIS)	11
5.3	Erdungsanlage in Räumen für metallgekapselte Mittelspannungs-Schaltanlagen.....	14
5.4	Erdungsanlage in Betriebsgebäuden	15
5.5	Zusammenschluss von Innen- und Außenerdungsanlagen.....	17
6	Erdung von Sekundäreinrichtungen in Hochspannungsschaltanlagen	17
6.1	Erdung von Tafeln, Gestellen und Schränken	17
6.2	Erdung bei separat montierten elektronischen Betriebsmitteln.....	18
6.3	Erdung bei Einbau der Betriebsmittel in Gestellen, Schränken und auf Tafeln	19
7	Auswahl und Verlegung von Sekundärleitungen.....	20
7.1	Auswahl von Sekundärleitungen	20
7.2	Verlegung der Sekundärleitungen.....	20
8	Störfestigkeit der Sekundärgeräte	26
8.1	Begriffe zu Sekundärtechnik	26
8.2	Anforderungen an die Störfestigkeit und die Störaussendung von Sekundärgeräten	27
8.3	Isolationskoordination für Sekundärgeräte	29
9	Störfestigkeit von Sekundärgeräten: Anforderungen, abhängig vom Einsatzort der Geräte und ihren Anschlüssen bzw. Verbindungen; Störfestigkeits-Leistungsmerkmale für verschiedene Gerätefunktionen.....	30

Erstellt/ Überarbeitet	H. Obenland					
Freigegeben	H. Dr. Schäfer					
In Kraft gesetzt	H. Schorn					
Ausgabedatum						

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 2/39
---	---	--

2 Allgemeiner Teil

2.1 Einführung, Geltungsbereich

Die vorliegende Technische Richtlinie gilt für alle Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW mit Nennspannungen zwischen 6 kV und 380 kV.

Durch das Anwenden dieser Richtlinie werden

- Störaussendungen in den Schaltanlagen begrenzt
- Gefahren durch ohmsche Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen vermieden
- eine ausreichende Störfestigkeit elektrischer und elektronischer Sekundärgeräte gewährleistet.

Nachfolgend sind zu diesem Zweck Vorgaben für die Konstruktion einer Schaltanlage, insbesondere deren Erdungsanlage, Vorgaben für die Auswahl und die Verlegung von Sekundärleitungen und -kabel sowie Anforderungen für die Prüfung der Störfestigkeit von elektrischen oder elektronischen Geräten formuliert.

Prüfverfahren und -pegel für den Nachweis der Störfestigkeit von Geräten sind heute weitgehend in gültigen Normen festgelegt. In der vorliegenden Technischen Richtlinie werden die wichtigsten dieser Dokumente benannt.

Die Technische Richtlinie ist anzuwenden bei Neubau-, Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen, also auch beim Einbau neuer Sekundäreinrichtungen in bestehende Schaltanlagen.

Die Technische Richtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) kann – zusammen mit weiteren Technischen Richtlinien – aus dem EnBW-Intranet unter Gesellschaften / REG / Service / Technikportal Netze abgerufen werden. REG TTPT wird das Dokument in angemessenen Zeitintervallen aktualisieren und mit dem jeweiligen Revisionsdatum versehen.

Für Fragen zu dieser Richtlinie und zur EMV allgemein steht REG TTPT zur Verfügung. Sollten Funktionsstörungen in Sekundäreinrichtungen auftreten, bei denen eine nicht ausreichende EMV als Ursache vermutet wird, ist REG TTPT für die Aufklärung und für das Erarbeiten und Vorschlagen möglicher Abhilfemaßnahmen hinzuzuziehen.

2.2 Normen und Empfehlungen zur EMV (Auswahl)

Lfde Nr.	Dokument	Titel
1	DIN VDE 0101 hier insbesondere:	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV Deutsche Fassung HD 637 S1:1999, Erschienen 2000-01 Abschnitt 8.5.2 Maßnahmen zum Vermindern von hochfrequenten Störbeeinflussungen, und Anhang E (normativ) Maßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen von Hochfrequenzstörungen

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001
		Rev.: 01
Strom		Stand: 10/2010
		Seite: 3/39

2	DIN EN 62271-1 VDE 0671-1 hier insbesondere:	Hochspannungs-Schaltgeräte und –Schaltanlagen Teil 1: Gemeinsame Bestimmungen (IEC 62271-1:2007); Deutsche Fassung EN 62271-1:2008 Abschnitt 6.9: Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit
3	VDEW-Empfehlung	Digitale Stationsleittechnik – Empfehlungen 1. Ausgabe 1994
4	VDEW-Empfehlung	Ergänzende Empfehlungen zur Anwendung in Verteilnetzstationen
5	Cigré Guide No. 124	Guide on EMC in Power Plants and Substations, Cigré Working Group 36.04, December 1997
6	Technical Specification IEC TS 61000-6-5	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for power station and substation environments; Erschienen 2001-07
7	DIN EN 60255-5 VDE 0435 Teil 130	Elektrische Relais Teil 5: Isolationskoordination für Messrelais und Schutzeinrichtungen – Anforderungen und Prüfungen (IEC 60255-5:2000); Deutsche Fassung EN 60255-5:2001; Erschienen 2001-12
8	Beiblatt 1 zu DIN EN 60255-5 VDE 0435 Teil 130	Beiblatt 1: Erläuterungen zur Norm
10	DIN EN 60255-26 VDE 0435-320	Elektrische Relais -Teil 26: Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit für Messrelais und Schutzeinrichtungen (IEC 60255-26: 2008); Deutsche Fassung EN 60255-26: 2009
11	DIN EN 60255-22-1 VDE 0435-3021	Elektrische Relais -Teil 22-1: Prüfungen der elektrischen Störfestigkeit von Messrelais und Schutzeinrichtungen - Prüfung der Störfestigkeit gegen 1-MHz-Störgrößen (IEC 60255-22-1: 2007); Deutsche Fassung EN 60255-22-1: 2008
12	DIN EN 60255-22-2 VDE 0435-3022	Elektrische Relais -Teil 22: Prüfung der elektrischen Störfestigkeit von Meßrelais und Schutzeinrichtungen; Hauptabschnitt 2: Prüfung mit elektrostatischer Entladung (IEC 60255-22-2: 2008); Deutsche Fassung EN 60255-22-2: 2008

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 4/39
Strom		

13	DIN EN 60255-22-3 VDE 0435-3023	Elektrische Relais -Teil 22-3: Prüfung der elektrischen Störfestigkeit von Messrelais und Schutzeinrichtungen; Prüfung der Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder (IEC 60255-22-3: 2007); Deutsche Fassung EN 60255-22-3: 2008
14	DIN EN 60255-22-4 VDE 0435-3024	Elektrische Relais -Teil 22-4: Prüfung der elektrischen Störfestigkeit von Messrelais und Schutzeinrichtungen; Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst (IEC 60255-22-4: 2008); Deutsche Fassung EN 60255-22-4: 2008
15	DIN EN 60255-22-5 VDE 0435-3025	Elektrische Relais -Teil 22-5: Prüfung der elektrischen Störfestigkeit von Messrelais und Schutzeinrichtungen; Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (IEC 60255-22-5: 2002); Deutsche Fassung EN 60255-22-5: 2002
16	DIN EN 60255-22-6 VDE 0435-3026	Elektrische Relais -Teil 22-6: Prüfungen der elektrischen Störfestigkeit von Messrelais und Schutzeinrichtungen; Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder (IEC 60255-22-6: 2001); Deutsche Fassung EN 60255-22-6: 2001
17	DIN EN 60255-22-7 VDE 0435-3027	Elektrische Relais -Teil 22-7: Prüfungen der elektrischen Störfestigkeit von Messrelais und Schutzeinrichtungen - Prüfung der Störfestigkeit gegen netzfrequente Störgrößen (IEC 60255-22-7: 2003); Deutsche Fassung EN 60255-22-7: 2003
18	DIN EN 60255-25 VDE 0435-3031	Elektrische Relais -Teil 25: Prüfungen der elektromagnetischen Störaussendung für Messrelais und Schutzeinrichtungen (IEC 60255-25: 2000); Deutsche Fassung EN 60255-25: 2000
19	DIN EN 61812-1 VDE 0435 Teil 2021	Relais mit festgelegtem Zeitverhalten (Zeitrelais) für industrielle Anwendungen Teil 1: Anforderungen und Prüfungen (IEC 61812-1:1996, modifiziert) Deutsche Fassung EN 61812-1:1996+A11:1999; Erschienen 1999-08
20	DIN EN 50310 VDE 0800-2-310	Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik; Deutsche Fassung EN 50310: 2006

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001
		Rev.: 01
Strom		Stand: 10/2010
		Seite: 5/39

21	DIN V VDE 0800-2-548 VDE V 0800 Teil 2-548	Vornorm: Elektrische Anlagen von Gebäuden Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel Hauptabschnitt 548: Erdung und Potentialausgleich für Anlagen der Informationstechnik (IEC 60364-5-548:1996), Erschienen 1999-10
22	DIN EN 50174-2 VDE 0800-174-2	Informationstechnik -Installation von Kommunikationsverkabelung -Teil 2: Installationsplanung und -praktiken in Gebäuden; Deutsche Fassung EN 50174-2: 2009; Erschienen 2009-09
23	DIN EN 50174-3 VDE 0800-174-3	Informationstechnik -Installation von Kommunikationsverkabelung -Teil 3: Installationsplanung und -praktiken im Freien; Deutsche Fassung EN 50174-3: 2003; Erschienen 2004-09
24	DIN EN 50130-4 VDE 0830 Teil 1-4	Alarmanlagen Teil 1-4: Elektromagnetische Verträglichkeit – Produktfamiliennorm: Anforderungen an die Störfestigkeit von Anlagenteilen für Brand- und Einbruchmeldeanlagen sowie Personen-Hilferufanlagen Deutsche Fassung EN 50130-4:1995 + A1:1998 + A2:2003 + Corr.:2003, Erschienen 2003-09
25	DIN EN 61000-6-2 VDE 0839-6-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) -Teil 6-2: Fachgrundnormen -Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2: 2005); Deutsche Fassung EN 61000-6-2: 2005; Erschienen 2006-03
26	DIN EN 61000-6-4 VDE 0839-6-4	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) -Teil 6-4: Fachgrundnormen; Störaussendung für Industriebereiche (IEC 61000-6-4: 2006); Deutsche Fassung EN 61000-6-4: 2007; Erschienen 2007-09
27	DIN EN 55024 VDE 0878 Teil 24	Einrichtungen der Informationstechnik Störfestigkeitseigenschaften Grenzwerte und Prüfverfahren (IEC/CISPR 24:1997, modifiziert + A1:2001 + A2:2002) Deutsche Fassung EN 55024:1998 + A1:2001 + A2:2003, Erschienen 2003-10
28	Technische Empfehlung Nr. 3 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (SfB) (DB AG, DTAG, BDEW)	Richtlinie für Schutzmaßnahmen an Tk-Anlagen gegen Beeinflussung durch Netze der elektrischen Energieübertragung, -verteilung sowie Wechselstrombahnen (April 2005)
29	Technische Richtlinie Nr. TTG 3001 der EnBW	Erdung in Anlagen des 110-, 220- und 380-kV-Netzes

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 6/39
---	---	--

Tabelle 1: Normen und Empfehlungen zur EMV

3 Begriffe

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen.

(Elektromagnetischer) Verträglichkeitspegel

ist der festgelegte größte elektromagnetische Störpegel, der an einer, unter bestimmten Bedingungen betriebenen Einrichtung, einem Gerät oder einem System erwartet werden kann.

ANMERKUNG: In der Praxis ist der Elektromagnetische Verträglichkeitspegel kein absoluter höchster Pegel, sondern kann mit einer geringen Wahrscheinlichkeit überschritten werden.

Elektromagnetische Störgröße

ist eine elektromagnetische Größe, die in einem Gerät, einer Einrichtung oder einem System eine Funktionsstörung herbeiführen kann.

Elektromagnetische Funktionsstörung

ist die Funktionsstörung einer Einrichtung, eines Übertragungskanals oder Systems, die durch eine elektromagnetische Störgröße verursacht wird.

Störfestigkeit (gegenüber einer Störgröße)

ist die Fähigkeit einer Einrichtung, in Gegenwart einer elektromagnetische Störgröße ohne Fehlfunktion oder Funktionsausfall zu funktionieren.

Störfestigkeitspegel

ist der größte Pegel einer gegebenen elektromagnetische Störgröße, die auf eine bestimmte Einrichtung, Gerät oder System trifft und bei dem die Funktion mit dem geforderten Grad der Funktionsfähigkeit aufrecht erhalten bleibt.

Betriebsmittel, Apparat, Gerät

ist ein Endprodukt mit einer eigenständigen Funktion; besitzt ein eigenes Gehäuse und für den Endbenutzer gebräuchliche Anschlüsse bzw. Verbindungen; im engeren, hier gebräuchlichen Sinn: Betriebsmittel, Apparate, Geräte, die elektrische oder elektronische Bauelemente enthalten.

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 7/39
---	---	--

Allgemeine auf die EMV bezogenen Definitionen sind in IEC 60050-161 (Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch „IEV“) und in Publikationen der CISPR (Comité Internationale Spécial des Perturbations Radioélectrotechniques) zu finden.

Für die Anwendung der einzelnen Produkt- oder Produktfamilien- und Fachgrundnormen gelten besondere Definitionen, die in den jeweiligen Dokumenten angegeben sind.

4 Elektromagnetisch verträgliche Konstruktion von Hochspannungsschaltanlagen

4.1 EMV-Gesichtspunkte bei der Ausführung der Erdungsanlage

Vor allem Schaltvorgänge und Blitze verursachen in Hochspannungsschaltanlagen hochfrequente Ströme und Spannungen. Um die dadurch entstehenden Störgrößen so gering wie möglich zu halten, sind bei der Konstruktion einer Erdungsanlage die Regeln nach Abschnitt 5 zu beachten. Diese haben zum Ziel, dass

- die Induktivität der Stromwege möglichst klein
- die Beeinflussungen (Kopplungsimpedanzen) innerhalb der Anlage möglichst gering
- Abschirmwirkungen an Störquellen möglichst groß werden.

4.2 Erdung von Tafeln, Gestellen, Schaltschränken und elektronischen Geräten

Die Erdung von Tafeln, Gestellen, Schaltschränken und elektronischen Geräten hat erheblichen Einfluss auf die Höhe der Störgrößen, die auf die Sekundäreinrichtungen in diesem Bereich (einschließlich der Geräte selbst) einwirken. Es sind daher die in Abschnitt 6 beschriebenen Maßnahmen zu beachten.

4.3 Stromversorgung in der Schaltanlage

Das anlageninterne Drehstromnetz (Eigenbedarf) ist als TN-S-Netz nach DIN VDE 0100-410 aufzubauen. Der Neutraleiter der gesicherten Wechselspannung ist mit dem Neutraleiter des Drehstromnetzes verbunden und darf daher nicht zusammen mit dem Schutzleiter an das Erdermaschennetz angeschlossen werden.

4.4 Sekundärleitungen

Die Einkopplung von Störgrößen in die Sekundärleitungen muss auf ein verträgliches Maß begrenzt werden. Die hierzu erforderlichen Maßnahmen sind in Abschnitt 7 (Auswahl und Verlegung von Sekundärleitungen) angegeben.

4.5 Begrenzung von Überspannungen in Sekundärkreisen

Zur Begrenzung von inneren und äußeren Überspannungen in Sekundärkreisen sind ggf. geeignete Bauelemente zusätzlich zum geräteeigenen Schutz in die Anlage einzubauen. Zum Beispiel sollen mit Gleichspannung versorgte Melde- und Steuerrelais mit Freilaufdioden oder Varistoren beschaltet werden.

Eine solche Beschaltung darf die Funktion der angeschlossenen Geräte nicht beeinträchtigen. Schäden an einem Beschaltungselement sollen ohne Einfluss auf die Funktion der Geräte bleiben. Auf eine ausreichende Spannungsfestigkeit der Beschaltungselemente ist zu achten.

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 8/39
Strom		

In Zweifelsfällen mit möglichen Rückwirkungen auf die Funktion von Geräten sind Abschirmmaßnahmen an den relevanten Störquellen einer zusätzlichen Beschaltung von Sekundärstromkreisen vorzuziehen.

4.6 Näherungen zu Telekommunikationsanlagen

Für Näherungen von Telekommunikationsanlagen (TK-Anlagen) an Hochspannungsanlagen ist [28] zu beachten. Grenzabstände von TK-Anlagen zu Starkstromanlagen hinsichtlich einer Gefährdung durch ohmsche Beeinflussung sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Hochspannungsanlage		Grenzabstand A zu einer TK-Anlage	
		Geerdete TK-Anlage	Isoliertes TK-Kabel
Umspann- anlage	Niederohmiger Sternpunkt (220 kV, 380 kV)	$A > 150 \text{ m}$	$A > 2 \text{ m}$
	erdschlusskompensiertes Netz (110 kV)	$A > 2 \text{ m}$	$A > 0,5 \text{ m}$
Maste	Niederohmiger Sternpunkt (220 kV, 380 kV)	$A > 20 \text{ m}$	$A > 2 \text{ m}$
	erdschlusskompensiertes Netz (110 kV)	$A > 2 \text{ m}$	$A > 0,5 \text{ m}$

Tabelle 2: Grenzabstände von Telekommunikations- zu Hochspannungsanlagen

Können die Grenzabstände auf Grund der räumlichen Gegebenheiten nicht eingehalten werden, sind kleinere Abstände möglich, wenn folgende Ersatzmaßnahmen angewendet werden:

- Standortisolierung
- Prüfung, ob max. zulässige Berührungsspannung eingehalten wird
- Verwendung eines Schutzrohres für TK-Kabel
- Potenzialsteuerring um TK-Anlage

Erforderliche Ersatzmaßnahmen sind im Einzelfall mit TTPT abzusprechen.

Zwischen Stromversorgungskabeln und parallel verlegten Leitungen der Informationstechnik sollte als mechanischer Schutz ein Mindestabstand von 30 cm eingehalten werden ([23]). Wird der Abstand unterschritten muss wenigstens eine der beiden Kabelarten über einen angemessenen Schutz verfügen z. B. Kabelschutzhauben.

5 EMV-Gesichtspunkte bei der Ausführung der Erdungsanlage

Eine nach [1] und [29] errichtete Erdungsanlage erfüllt zum Teil automatisch auch EMV-Gesichtspunkte. Das Hauptaugenmerk dieser „allgemeinen“ Spezifikationen liegt jedoch auf den klassischen Kriterien betriebsfrequenter Ströme.

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 9/39
Strom		

Die nachfolgenden Hinweise für die Ausführung von Erdungsanlagen betreffen speziell EMV-Gesichtspunkte, bei denen die Eigenschaften und Auswirkungen transienter bzw. hochfrequenter elektromagnetischer Vorgänge im Vordergrund stehen.

5.1 EMV-Gesichtspunkte bei Erdungsanlagen in Freiluftschaltanlagen

Tiefenerder zur Verringerung des 50-Hz-Ausbreitungswiderstandes verringern hochfrequente Störgrößen nur in geringem Maß.

Für die Ausführung des **Erdermaschennetzes** sind folgende Regeln zu beachten:

- An sämtlichen Kreuzungspunkten des Erdermaschennetzes sollen alle Erder leitend miteinander verbunden werden (z.B. mit Pressverbinder, Bild 1).

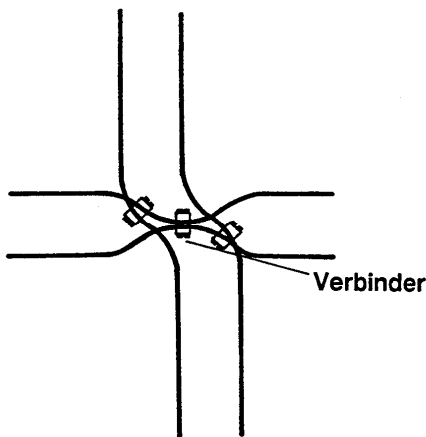


Bild 1: Verbindung von Erdern

- Erder zum Anschluss der Erdungsleitungen von Betriebsmitteln, Relais Häusern und Steuerschränken sollen Bestandteil einer Masche sein.

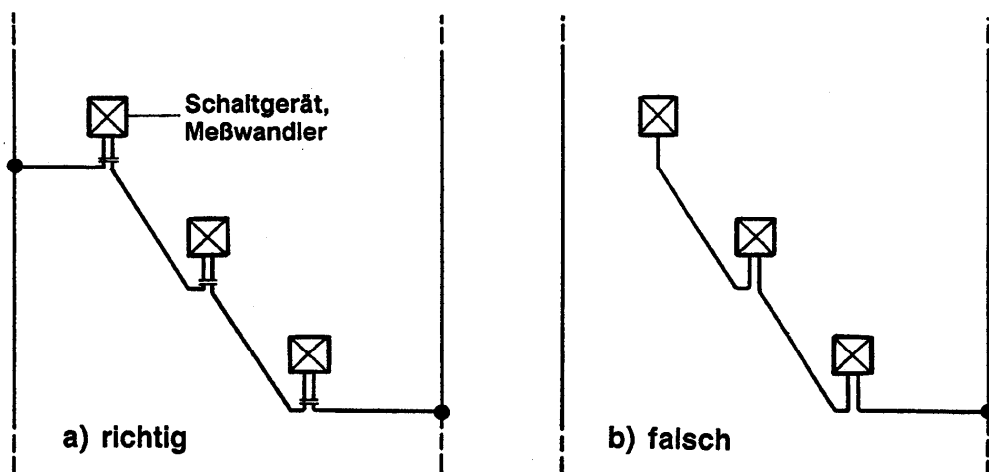


Bild 2: Erder zum Anschluss von Betriebsmitteln

Für die Verlegung der **Erdungsleitungen** sollte Folgendes beachtet werden:

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 10/39
---	---	---

- Erdungsleitungen von Betriebsmitteln sollen so kurz wie möglich sein (Bild 3).

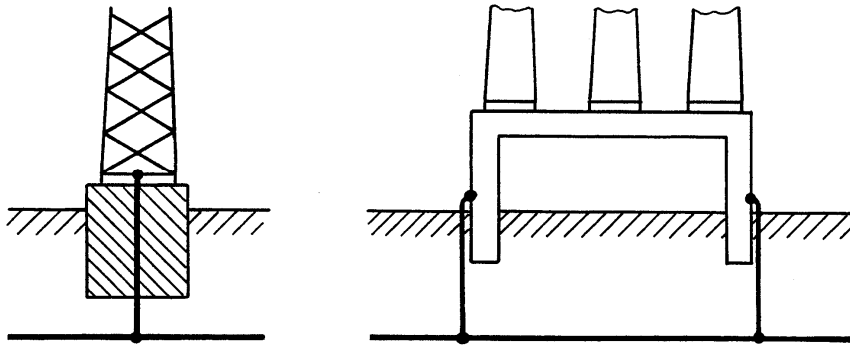


Bild 3: Beispiele für Erdungsleitungen

- Ausgedehntere zu erdende Teile wie Relais Häuser, größere Stützen, Grundrahmen von gasisolierten Schaltanlagen sind mit 2 oder mehr parallelen Erdungsleitern an einander gegenüberliegenden Punkten an die Erdungsanlage anzuschließen (Bild 4). Ebenso sind alle metallischen Teile, die zum Anschluss oder zur Befestigung der einzelnen Betriebsmittel dienen, auf kurzem Weg an die Erdungsleiter anzuschließen. (z. B. Erdungsschienen für Kabeleinführungen, Blechtafeln für Relais).

Auf dem Boden des Relaishauses ist eine geschlossene Masche auszulegen.

In Steuerschränken ist mindestens eine Erdungsschiene im Bereich der Kabeleinführung zu montieren. Diese Erdungsschiene sowie elektrisch leitende Konstruktionsteile des Steuerschranks sind auf kurzem Weg mit dem Erdermaschennetz zu verbinden.

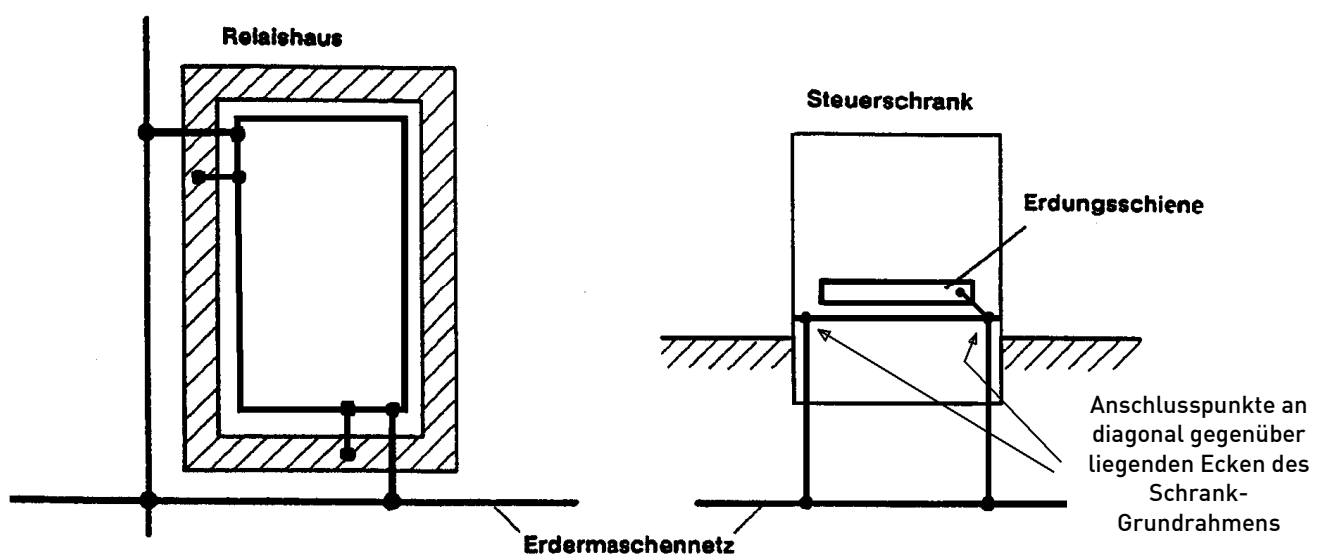


Bild 4: Erdungsleitungen bei Relais Häusern und Steuerschränken

- Bilden die Erdungsleitungen Schleifen oder ergeben sich bei Erden oder Erdungsleitern Schlaufen durch überschüssige Längen, so sind diese in der Verlegungsebene des

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 11/39
Strom		

Erdermaschennetzes bzw. am Betriebsmittel oder zu erdenden Gegenstand kurzzuschließen (Bild 6 und 5).

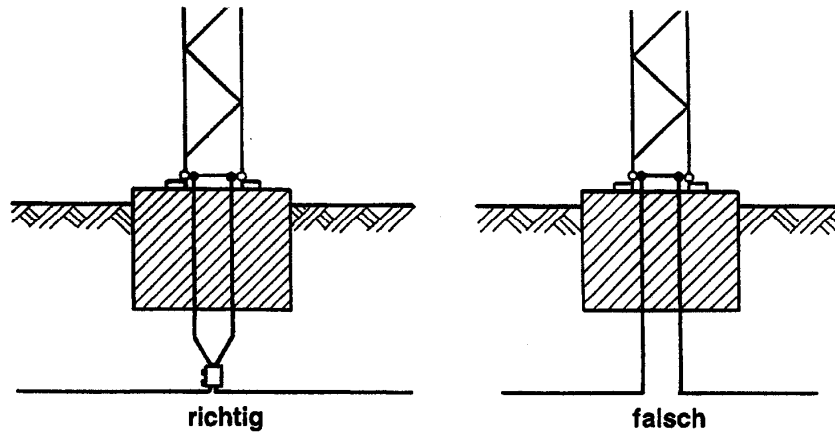


Bild 5: Beispiele für die Verlegung von Erdungsleitungen

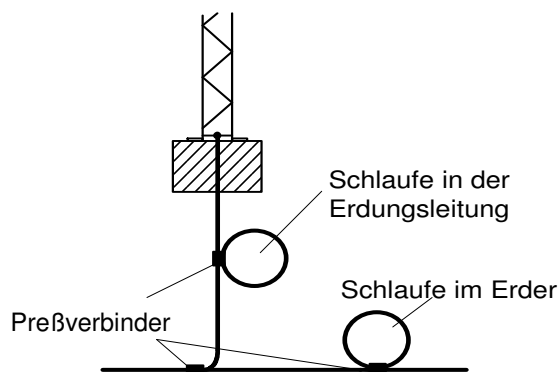


Bild 6: Kurzschließen von Schleifen

5.2 Erdungsanlage in gasisolierten metallgekapselten Schaltanlagen (GIS) bzw. hochintegrierten Schaltanlagen (HIS)

Die folgenden Ausführungen gelten sowohl für in Gebäuden installierte GIS der Hoch- und Höchstspannung als auch für HIS, bei denen luft- und gasisierte Betriebsmittel oder Betriebsmittelgruppen kombiniert im Freien aufgestellt sind.

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 12/39
Strom		

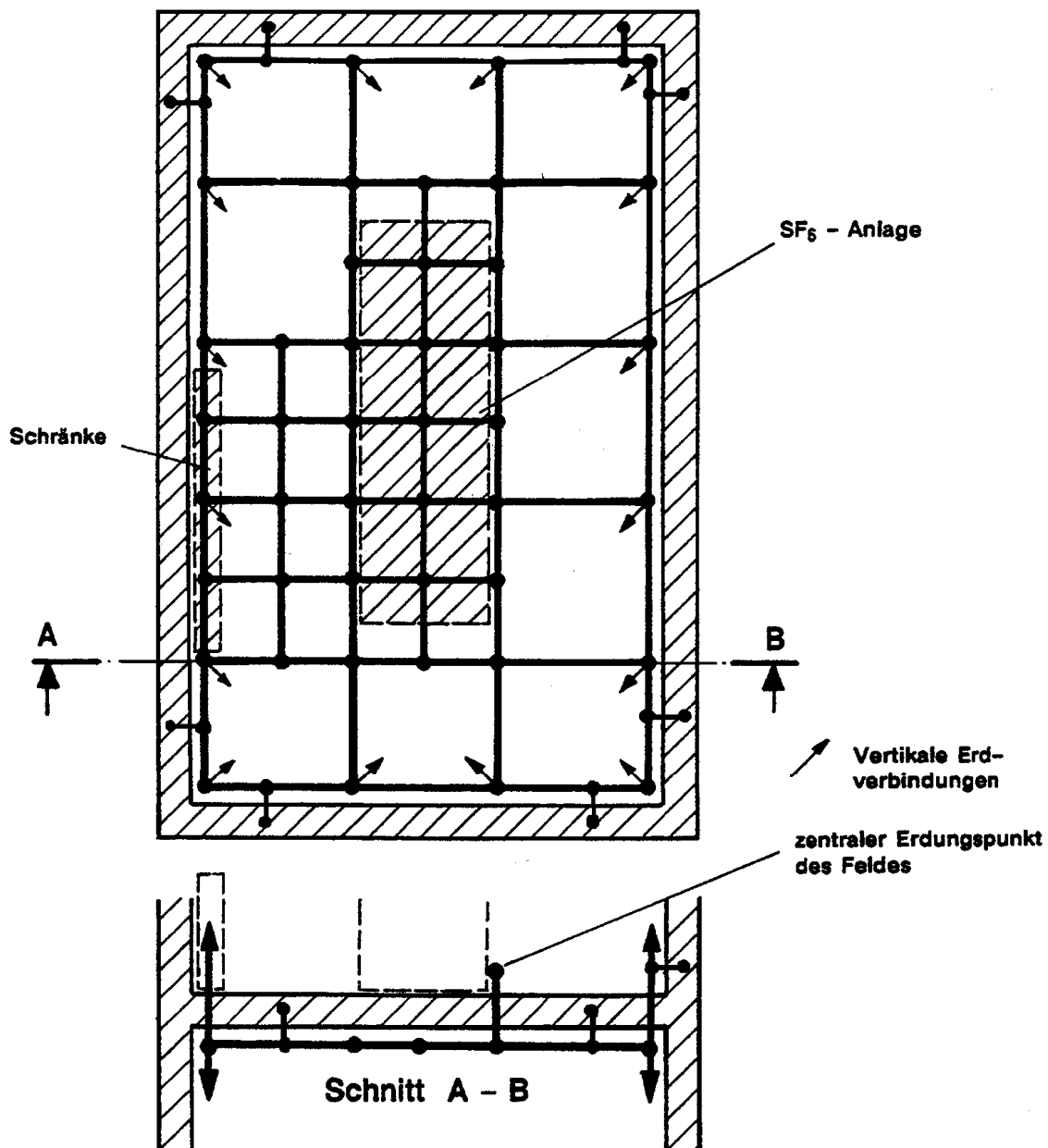


Bild 7: Beispiel für das Erdermaschennetz in einer GIS

Die Maschenweite der Erdungsanlage im Gebäude einer GIS oder auf der Fläche einer HIS soll im Bereich der Anlage nicht größer als 5 m sein. Eine Masche sollte in unmittelbarer Nähe der zentralen Erdungspunkte verlaufen. Außerhalb des Bereichs der Schaltanlage kann die Maschenweite vergrößert werden.

Im Bereich von in der Nähe einer GIS oder einer HIS aufgestellten Steuerschränken sollte die Maschenweite mindestens derjenigen im Bereich der Schaltanlage entsprechen (Bild 7).

Sind Maschennetze in verschiedenen Ebenen vorhanden, so sollten diese mindestens im Abstand der 6-fachen Feldteilung - jedoch 5 Meter nicht wesentlich überschreiten - miteinander verbunden werden. Die vertikalen Verbindungsleitungen sind entsprechend den baulichen Gegebenheiten zu

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 13/39
Strom		

verlegen und können gleichzeitig als Ableitung für die Blitzschutzanlage sowie zur Erdung von Ausleitungen benutzt werden.

Werden die Verbindungen zwischen verschiedenen Maschennetzen innerhalb des Gebäudes geführt und ist eine äußere Blitzschutzanlage vorhanden, so sollten in den einzelnen Ebenen Verbindungen zwischen den Ableitungen und der Blitzschutzanlage hergestellt werden.

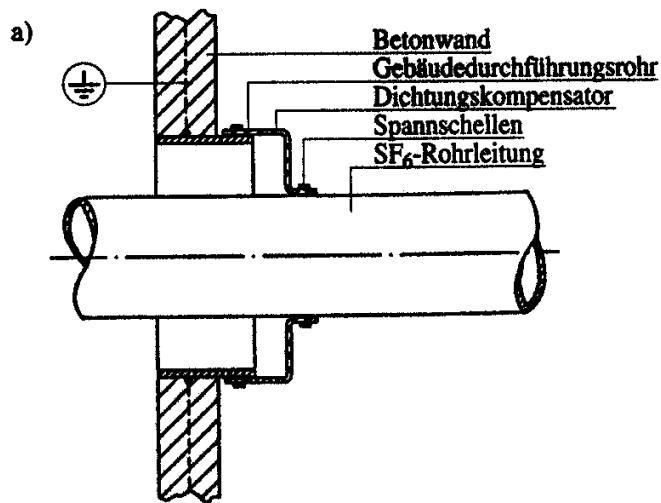
Die Armierung von Stahlbeton und metallische Konstruktionsteile können – außer ihrem Beitrag zu Potentialsteuerung und Erdung – eine Schirmwirkung zwischen Störsenken und Störquellen haben und die Induktivität des Stromwegs reduzieren. Deshalb sollten metallische Konstruktionsteile sowie in Beton eingebetteter Stahl vor allem in GIS in die Erdungsanlage integriert und vielfach mit dem Erdermaschennetz verbunden werden.

An den Anschlussstellen eines Hochspannungskabels an eine GIS entsteht eine Schirmwirkung durch möglichst kurze, konzentrisch angeordnete Verbindungen zwischen der Anlagenkapselung und dem Kabelmantel, Kabelschirm bzw. der Endverschlussarmatur. Können Kabelschirm und GIS-Kapselung wegen zu hoher netzfrequenter Schirmströme oder wegen einer kathodischen Korrosionsschutzeinrichtung für das Hochspannungskabel nicht direkt verbunden werden, sind Überspannungsableiter bzw. eine Abgrenzeinheit einzubauen. Diese müssen für hohe Frequenzen und steile Spannungen ausgelegt sein.

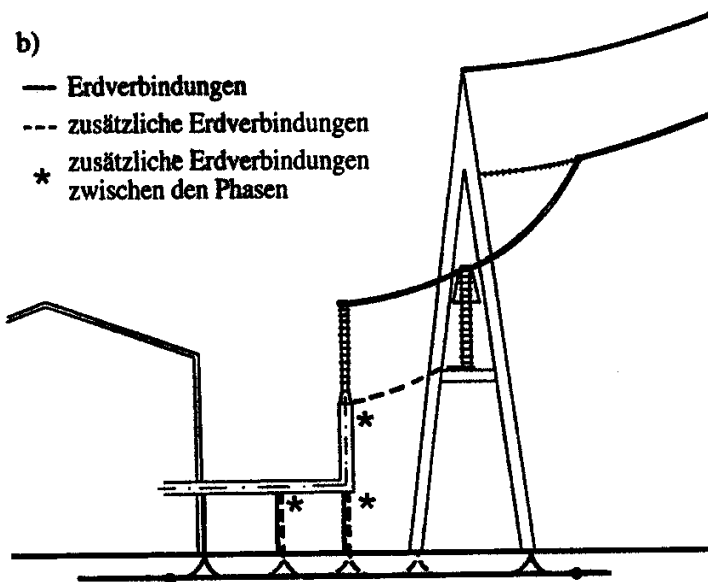
Stahlrohre von Hochspannungskabeln sollen auf kürzestem Weg mit dem Maschennetz der Anlagen verbunden werden.

An Rohrausleitungen aus dem Gebäude ist die Kapselung der GIS rundum flächig leitend mit der Gebäudewand oder den dort angebrachten metallischen Verkleidungen zu verbinden. Stahlarmierung, Rahmen- und sonstige metallische Konstruktionsteile am Gebäudedurchbruch sind elektrisch mit anzuschließen. Längere Rohrleitungen (> 3m) sind u. U. mehrmals auf kurzem Weg untereinander und mit dem Erdermaschennetz zu verbinden. Schließlich sollte der Flansch der Gas-Freiluft-Durchführung mit dem Erdanschluss des Überspannungsableiters direkt verbunden werden (Bild 8).

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 14/39
---	---	---



a) Abdichtung am Gebäude



b) Erdung außerhalb des Gebäudes

Bild 8: Beispiel für Rohrausleitungen in gasisolierten Anlagen

5.3 Erdungsanlage in Räumen für metallgekapselte Mittelspannungs-Schaltanlagen

In Räumen für metallgekapselte Mittelspannungsschaltanlagen ist ein geschlossener Ring als Erdungsleitung zu verlegen, der an mindestens zwei Stellen mit der äußeren Erdungsanlage und/oder dem Fundament verbunden wird. Für nicht in der Nähe der Wand aufgestellte Betriebsmittel ist eine zusätzliche Erdungsmasche so zu verlegen, dass die Erdungsanschlüsse der Betriebsmittel kurz bleiben. In größeren Anlagenräumen bzw. bei einer größeren Anzahl von Schaltfeldern sind zusätzliche Querverbindungen (Maschenweite 5 - 10 m) einzubringen.

Die Schirme der Mittelspannungskabel müssen auf kurzem Weg an das Erdungssystem angeschlossen werden können.

In die Erdungsanlage im Schaltanlagenraum sind zu integrieren, sofern angemessen:

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 15/39
---	---	---

- Armierungen der Stahlbetonteile von Wänden, Böden und Decken
- metallische Rahmenkonstruktion von Doppelböden
- alle sonstigen Stahl-Konstruktionsteile

(s. a. [1], Abschnitt 9.3.4 und Anhang F sowie EnBW-Erdungsrichtlinie, [29]).

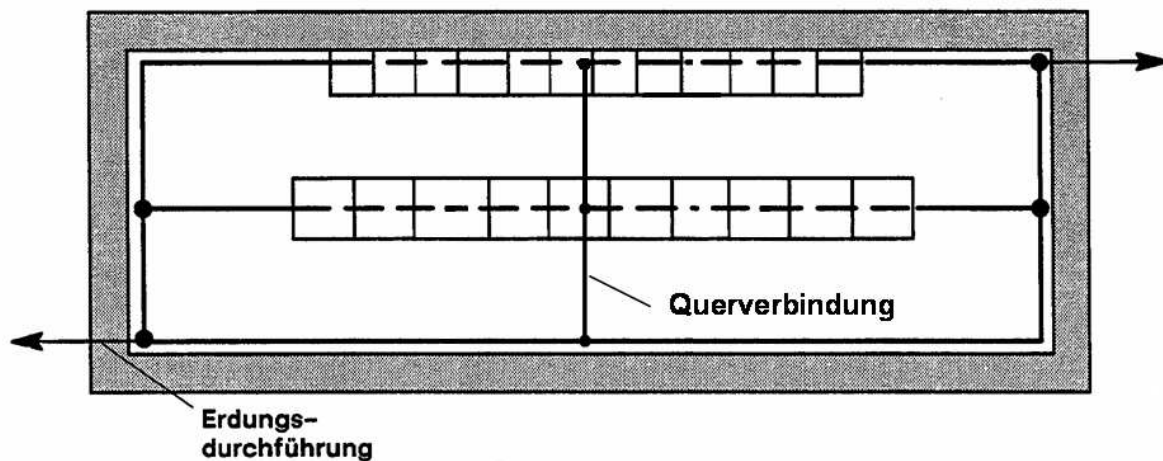


Bild 9: Erdungsanlage in metallgekapelten Mittelspannungsschaltanlagen

5.4 Erdungsanlage in Betriebsgebäuden

In den verschiedenen Räumen eines Betriebsgebäudes müssen Maschennetze so verlegt werden, dass elektronische Betriebsmittel auf kurzem Weg geerdet werden können (Bild 10).

Das Maschennetz, Armierungen der Stahlbetonteile von Wänden, Böden und Decken sowie größere Stahl-Konstruktionsteile sind in die Erdungsanlage in Betriebsgebäuden zu integrieren, sofern angemessen.

Das Maschenerdungsnetz kann

- auf die Armierung aufgelegt, elektrisch mit ihr verbunden und mit eingegossen
- in Räumen mit Doppelboden auf dem Rohbetonboden ausgelegt
- im Untergeschoss an die Decke angehängt werden.

In jedem Fall ist das Maschennetz in unmittelbarer Nähe der zu erdenden Betriebsmittel zu verlegen. Die Maschenweite soll 5 m nicht wesentlich überschreiten. Erdungsleitungen im Stich sind zu vermeiden (Bild 10, 11).

Werden Kabel über den Schrank- bzw. Gestellreihen geführt, so sollte ein oben liegendes Maschennetz installiert werden. Für dieses Maschennetz gelten die gleichen Anforderungen wie für ein unten liegendes. Metallische Kabelpritschen oder Kabelkanäle sind mit dem Maschennetz an mehreren Stellen zu verbinden.

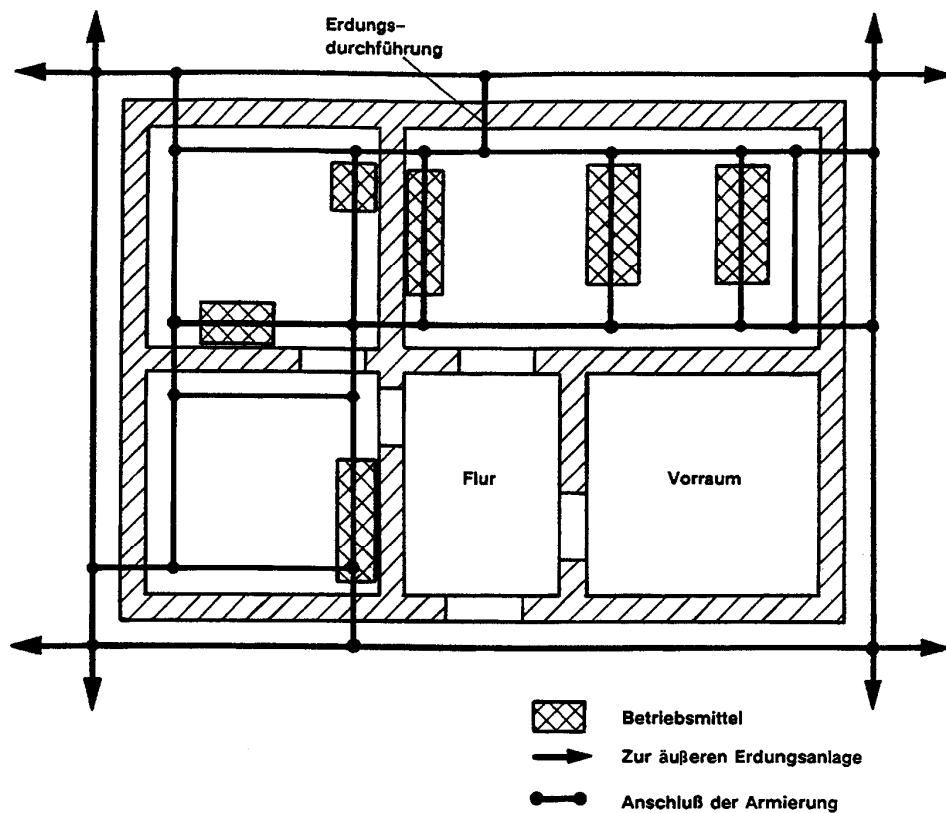


Bild 10: Innenerder in Betriebs- und Wartengebäuden – Maschenetz und Verbindungen zum Außenerdernetz.

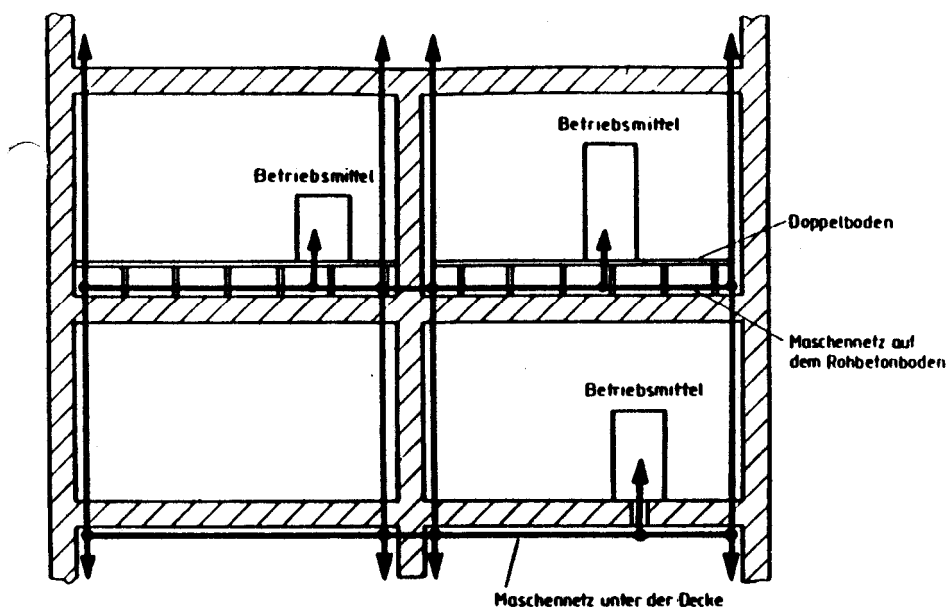


Bild 11: Vertikale Verbindung der Maschenetze

EnBW Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 17/39

5.5 Zusammenschluss von Innen- und Außenerdungsanlagen

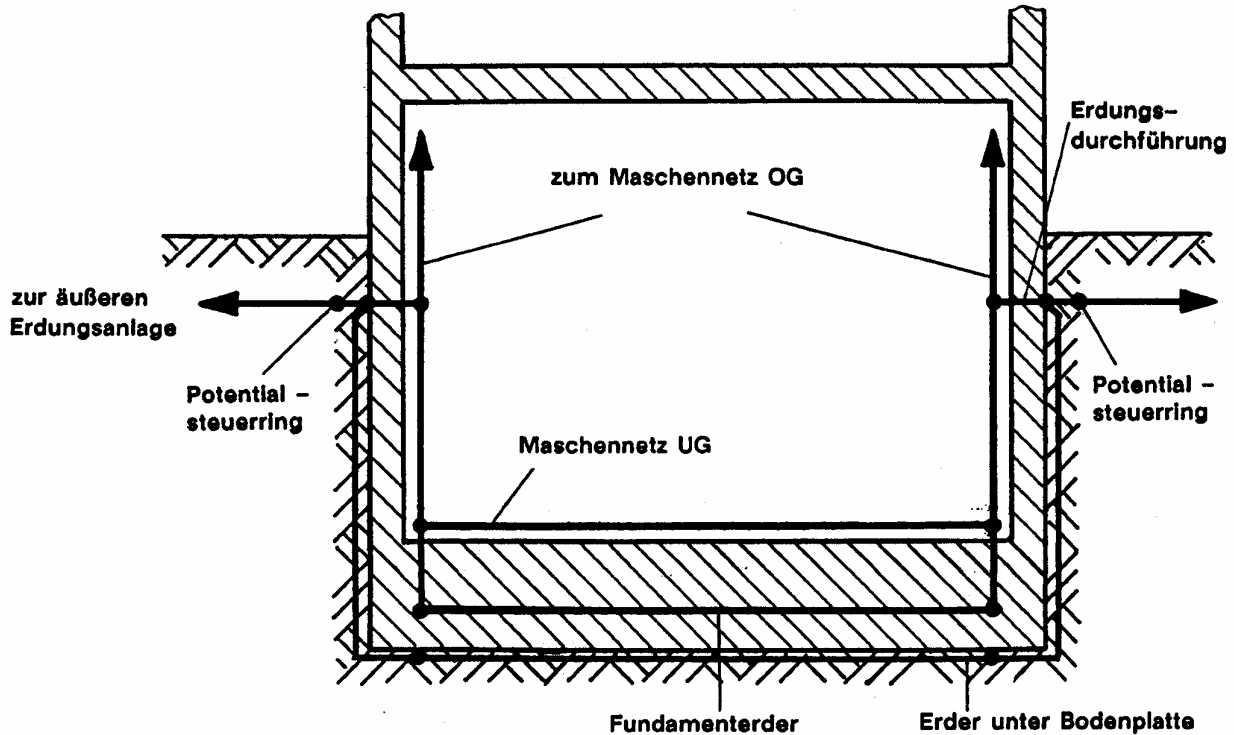


Bild 12: Vertikale Verbindung der Maschennetze

Innen- und Außenerdungsanlage sind mehrfach und an mehreren Stellen miteinander zu verbinden, z. B. an einem um das Betriebsgebäude verlegten Potenzialsteuerring (Bild 12).

6 Erdung von Sekundäreinrichtungen in Hochspannungsschaltanlagen

6.1 Erdung von Tafeln, Gestellen und Schränken

Bei Tafeln, Gestellen und Schränken sind im Bereich der Kabeleinführungen Erdungsschienen zum Anschluss der Kabelschirme zu installieren, die mit der Tafel, dem Gestell oder dem Schrank und entsprechend Bild 13 mit dem Erdermaschennetz elektrisch leitend verbunden sind. Für die Verbindung mit der Erdungsanlage soll ein Leiterquerschnitt von mindestens 16 mm² Cu verwendet werden.

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 18/39
---	---	---

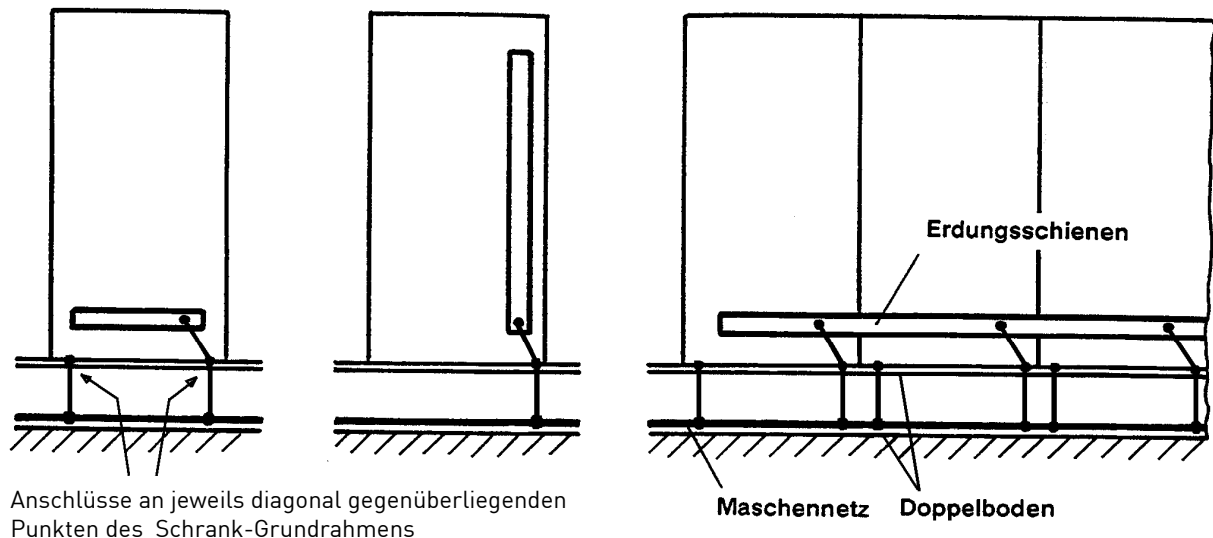


Bild 13: Montage der Erdungsschiene

Bei Gestellreihen und Blechtafeln ist eine durchgehende Erdungsschiene vorzusehen. Im Abstand der Teilung sollen die Erdungsschiene auf kürzestem Weg mit dem Maschennetz verbunden werden (Bild 13).

Bei Schränken müssen alle metallischen Teile (z.B. Seitenwände, Decken- und Bodenbleche, Schranktüren) dauerhaft elektrisch leitfähig geerdet werden. Für elektrische Verbindungen bei lackierten Kontaktflächen eignen sich Innenzahnscheiben.

Bei Schränken mit Schwenkrahmen sollte der Schwenkrahmen unten und oben mit dem Schrank verbunden werden. Die Verbindung sollte möglichst kurz sein und daher in der Nähe des Drehpunktes liegen. Für diese Verbindung sollte ein flexibles Kupferband mit einem Mindestquerschnitt von 10 mm² verwendet werden. Die Schranktüren sind ebenfalls oben und unten elektrisch mit dem Schrankgehäuse zu verbinden; hierfür eignet sich Cu-Litze mit 4 mm².

6.2 Erdung bei separat montierten elektronischen Betriebsmitteln

Separat montierte elektronische Betriebsmittel sind auf möglichst kurzem Weg mit dem nächstgelegenen Erdungspunkt zu verbinden. Der Leiterquerschnitt richtet sich nach den Anschlussmöglichkeiten am Betriebsmittel, soll jedoch nicht kleiner als 4 mm² sein. Ist diese Verbindung länger als ca. 2 m,

- sollte die Erdungsleitung Teil einer Masche sein,
- sollten zusätzlich metallische Konstruktionsteile, die sich in der Nähe befinden, mit einbezogen werden. Dies gilt auch für die in der Nähe zugänglichen Stahl-Konstruktionsteile.

Der PE-Leiter für einen evtl. vorhandenen Netzanschluss des Geräts ist an der Potentialausgleichsschiene anzuschließen.

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 19/39
---	---	---

6.3 Erdung bei Einbau der Betriebsmittel in Gestellen, Schränken und auf Tafeln

Die metallischen Gehäuse der elektronischen Betriebsmittel bzw. die Baugruppenträger sind mit dem Gestell, Rahmen oder der Tafel möglichst großflächig und elektrisch leitend zu verbinden. Ist dies nicht möglich, müssen die Gehäuse der Betriebsmittel bzw. Baugruppenträger über eine möglichst kurze Leitung mit dem Gestell, dem Rahmen oder der Tafel verbunden werden. Bei Baugruppenträgern bzw. Einzelgeräten kann diese Bedingung z.B. durch die Montage einer vertikalen Erdungsschiene nach Bild 14 a erreicht werden. Diese Schiene soll an mindestens zwei Stellen mit dem Schwenkrahmen leitfähig verbunden werden.

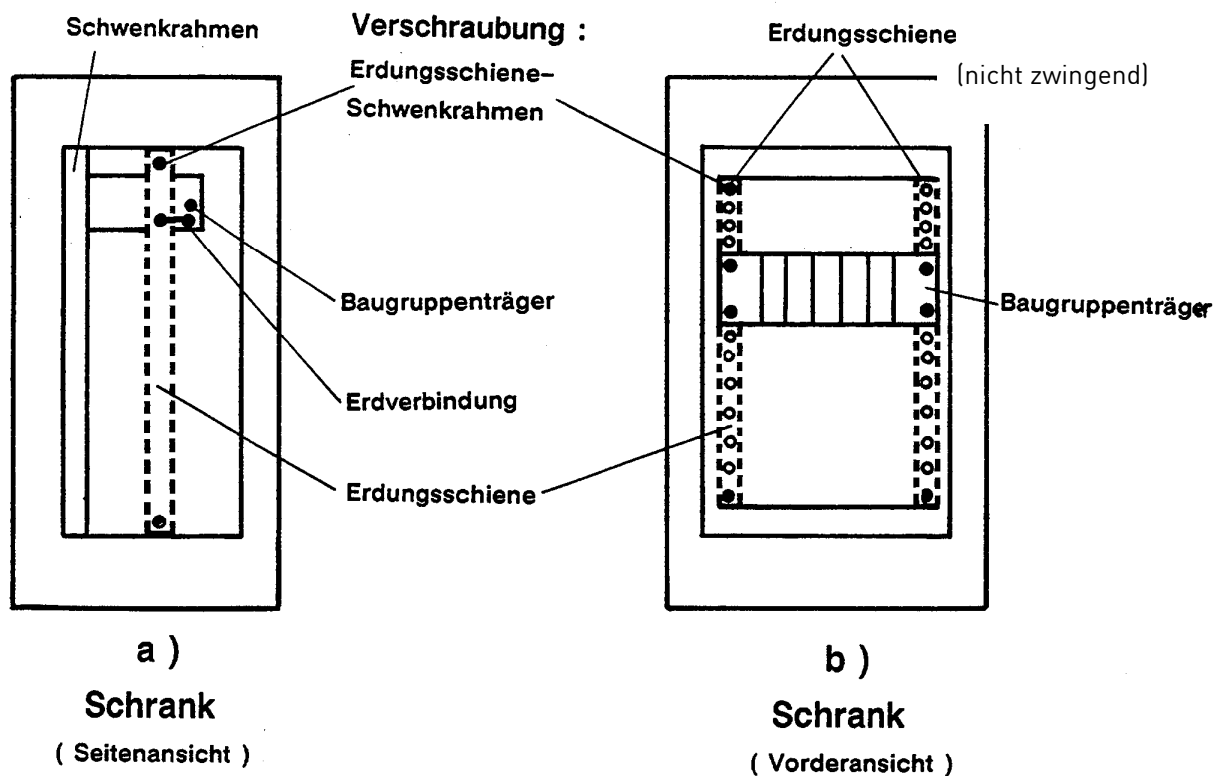


Bild 14: Beispiel für die Erdung elektronischer Betriebsmittel in Schränken

Elektrisch gleichwertig ist die zusätzliche Montage von blanken Erdungsschienen zwischen Baugruppenträger und lackiertem Rahmen. Die Erdungsschienen sollten auf kürzestem Weg mit dem Schrank bzw. dem Schwenkrahmen an mindestens 2 Stellen mit dem Rahmen verbunden werden (Bild 14 b).

Für die Montage der Erdungsschienen in Bild 14 eignen sich Innenzahnscheiben, insbesondere wenn die Kontaktstellen nicht metallisch blank sind. Die Innengewinde in Blechtafeln stellen eine ausreichende Erdverbindung dar.

Ähnliche Erdungsmaßnahmen sind bei der Montage von Lötleisten, Übertragern, Endverschlüssen usw. in Verteilergestellen vorzusehen.

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 20/39
Strom		

7 Auswahl und Verlegung von Sekundärleitungen

7.1 Auswahl von Sekundärleitungen

In 20-, 110-, 220- und 380-kV-Anlagen sind, bis auf die unten angegebenen Ausnahmen, geschirmte Kabel (zum Beispiel NYCY, NYCWY oder Signalkabel X-AYCY) zu verlegen. Darüber hinaus gehende Anforderungen der Geräte- oder Anlagenhersteller an Sekundärleitungen für besondere Anwendungen (z.B. HF-Dämpfungskabel, Doppelschirm, Verdrillung der Adern) sind zu beachten.

Für folgende Verbindungen können Kabel ohne Schirme verlegt werden:

- Kabel der Stromversorgung (Hausinstallation) für Beleuchtung, Heizung, Lüftung usw., die ein Gebäude nicht verlassen
- Verbindungen zwischen Eigenbedarfstransformator, Haupt- oder Unterverteilungen

7.2 Verlegung der Sekundärleitungen

Sekundärleitungen sollen auf dem kürzesten Weg bis in die Ebene des Erdermaschennetzes der Freiluftanlage bzw. Maschennetzes des Betriebsgebäudes geführt werden (Bild 15). Sind Schleifen wegen Überlängen der Kabel nicht zu vermeiden, so sind diese in der Ebene des Erdermaschennetzes zu verlegen.

Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten sollen die Sekundärleitungen auf metallischen Trägern oder parallel und räumlich möglichst dicht zu Erdern, Erdungsleitern oder zu sonstigen geerdeten Leitern, z. B. Metallrohren, Blechplatten, Stahlkonstruktionsteilen usw. verlaufen. Ggf. müssen Kabelführungssysteme oder entsprechend wirkende andere metallische Leiter stets an beiden Enden mit der örtlichen Erde verbunden sein. Entlang der Sekundärleistungsstrecke dürfen sie nicht unterbrochen oder ihre einzelnen Teile müssen elektrisch mit geringer Impedanz miteinander verbunden sein (vgl. [22]).

Verlaufen keine Erder, Erdungsleiter oder andere geeignete metallische Leiter in unmittelbarer Nähe und ununterbrochen entlang der gesamten Sekundärleistungsstrecke innerhalb von Gebäuden, so ist dort ein separates Erdseil parallel zu verlegen, dessen Enden jeweils – wiederum auf kurzem Weg – mit dem Erdungsnetz verbunden sind. Der Leiterquerschnitt sollte mindestens 50 mm² (Cu) betragen, übliche Standardquerschnitte (z. B. 120 mm²) werden empfohlen.

Behandlung von Sekundärkabelschirmen

Im Bereich von Hochspannungsanlagen können Blitz- oder Fehlerströme auf Sekundärkabelschirme eingekoppelt werden. Für die entsprechenden Stromstärken reicht die Dimensionierung üblicher Schirmquerschnitte häufig nicht aus. Auch aus diesem Grund müssen insbesondere längere Sekundärleitungsverbindungen außerhalb von Gebäuden mit einem parallelen Erdungsleiter mit ausreichendem Querschnitt versehen sein. Sowohl der Kabelschirm als auch der parallele Erdungsleiter sind an allen Kabelenden mit dem örtlichen Erdungspotenzial zu verbinden.

Bild 19 zeigt beispielhaft die Verlegung eines parallelen Erdseils in Sekundärkabeltrassen innerhalb von Hochspannungsanlagen, in denen die Kabel in Kunststoffrohren geführt werden.

In Ausnahmefällen können Sekundärkabel ohne tragfähigen Schirm einseitig geerdet werden, zum Beispiel für den Anschluss von Rauchmeldern einer Brandmeldeanlage.

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 21/39
Strom		

Schirme von Sekundärleitungen zwischen Anlagen, deren Erdungsanlagen nicht oder nur unzureichend verbunden sind, dürfen nur dann beidseitig geerdet werden, wenn Schäden durch Fehlerströme ausgeschlossen werden können. Im Zweifelsfall ist REG TTPT zu Rate zu ziehen.

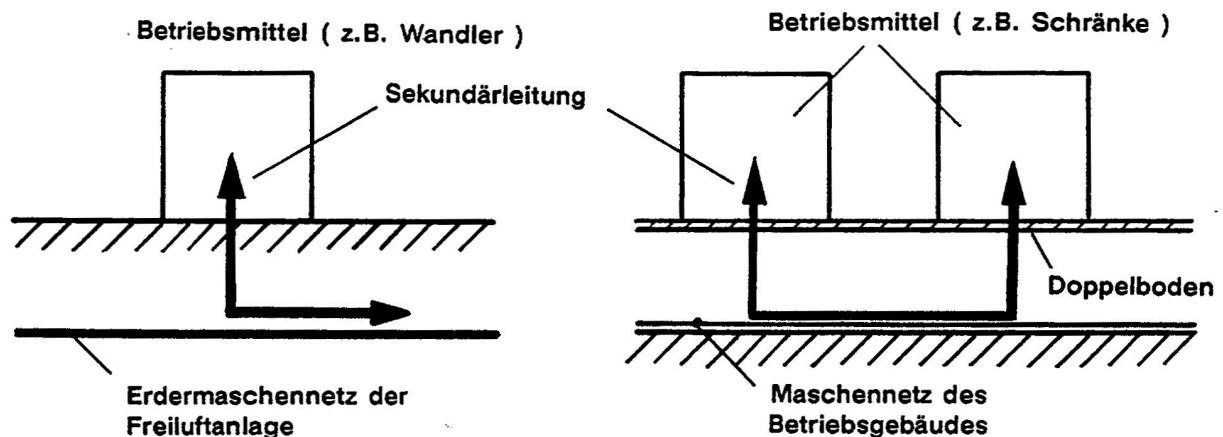


Bild 15: Verlegung von Sekundärleitungen

Die Schirme der Sekundärleitungen sind – bis auf die genannten Ausnahmen – jeweils beidseitig mit der Erdungsanlage zu verbinden.

Anschluss Technik für die Schirmerdung

Die Erdverbindung des Kabelschirms ist mittels kurzer Leitung (Bild 16, Drahtverbindung möglichst ≤ 5 cm) oder über geeignete Schellen (Bild 17) herzustellen. Das Bild 16 zeigt rechts auch einen ungünstigen, weil zu langen Schirmanschluss, der die Wirkung des Schirms verschlechtert.

Die Erdverbindung des Kabelschirms muss korrosionsbeständig sein.

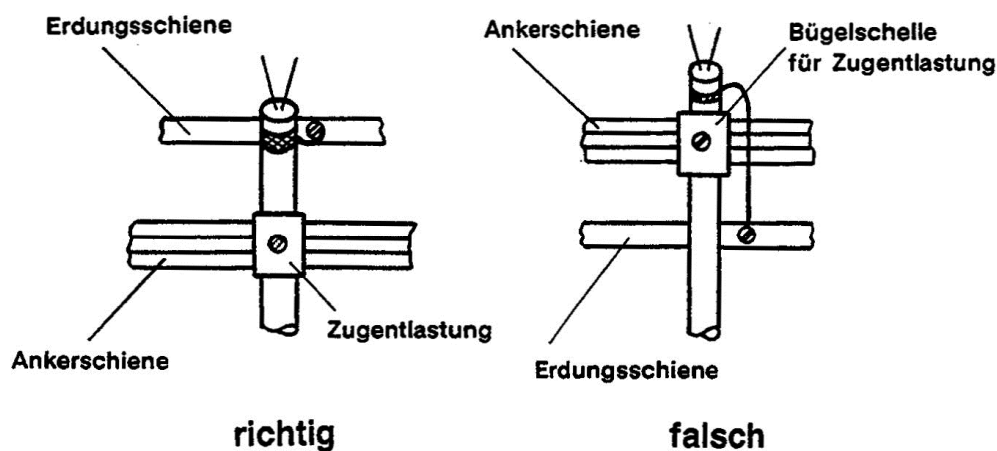


Bild 16: Anschluss des Kabelschirms

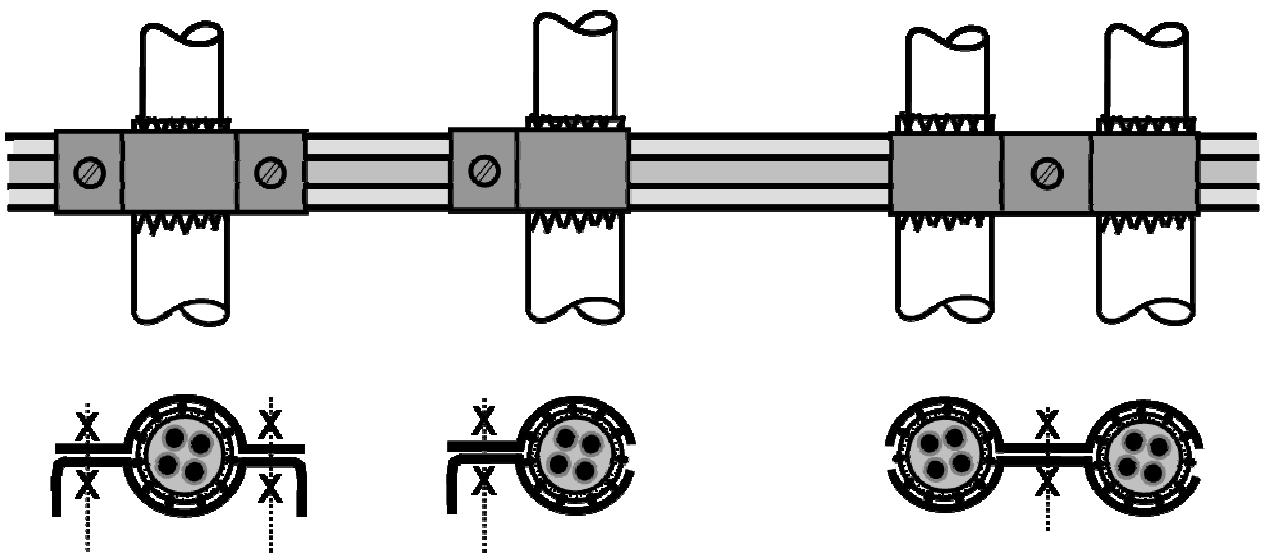
 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 22/39
---	---	---

Bügelzellen, die für die Schirmerdung verwendet werden, müssen so konstruiert sein, dass sie das Kabel nicht quetschen. Die Zellen müssen daher eine an den Kabeldurchmesser angepasste Krümmung haben, damit sie auf dem Schirm rundum möglichst flächig und mit dauerhaftem elektrischen Kontakt anliegen. Besteht der Kabelschirm aus Einzeldrähten, so ist auf gute Kontaktierung an der Klemmstelle zu achten (z. B. Kupferband um den Kabelschirm legen). Für einen dauerhaft ausreichenden Kontaktdruck kann außerdem – je nach Mantelwerkstoff – eine zusätzliche, mechanisch widerstandsfähige Unterlage (Metallfolie oder Hülse) zwischen zurückgeschlagenem Schirm und Mantel notwendig sein, damit die Schirmdrähte nicht mit der Zeit in den Kunststoffmantel eindringen.

Wird eine solche Kontaktierung z. B. mit einer Zelle über dem widerstandsfähigen Mantel eines NYCY-Kabels realisiert, so ergibt sich eine elektrisch gut leitende und mechanisch stabile Schirmerdung.

Die Schirme von Sekundärleitungen sind grundsätzlich beim Eintritt in einen Schrank und nicht erst im Schrankinneren mit Erde zu verbinden. Von diesem Prinzip kann dann abgewichen werden, wenn in einem Schrank ausschließlich Geräte angeschlossen werden, die bereits als solche gegen die äußere elektromagnetische Umgebung an ihrem Einbauort hinreichend geschützt und die separat für einen Schirm-/Funktionserdeanschluss vorgesehen sind.

Werden geschirmte Kabel miteinander verbunden, sind die Schirme der beiden Kabelenden auf kurzen Weg miteinander und ggf. mit einem in der Nähe vorhandenen Erdungspunkt (z.B. metallische Kabelbrücke, Erdermaschennetz, Erdungsschiene) zu verbinden.



Einfachzellen

Doppelschelle

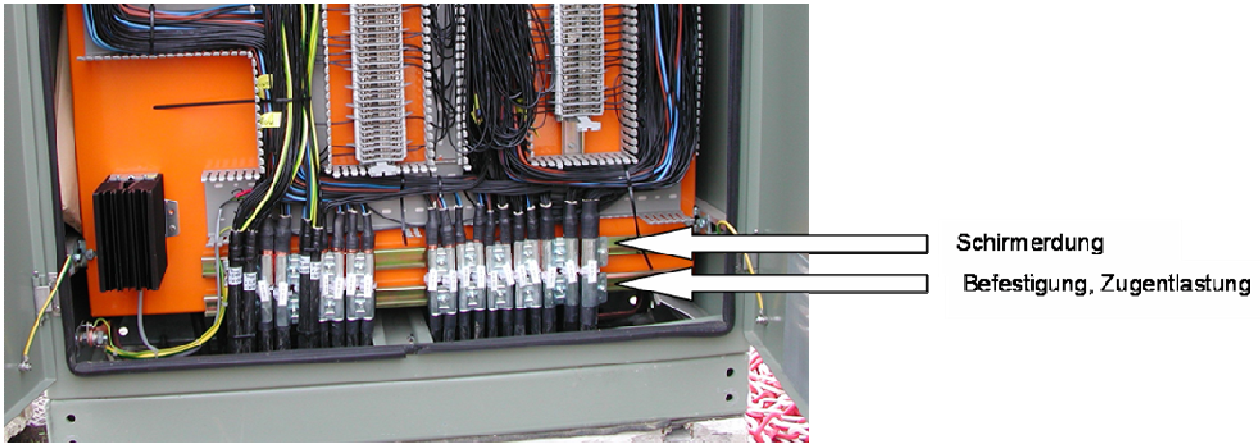


Bild 17: Beispiele für die Schirmerdung

Die Erdungsklemme darf nicht als Zugentlastung verwendet werden.

Verwendung der Adern innerhalb eines Kabels

Hin- und Rückleiter von Melde, Steuer- und Messstromkreisen sind in der Regel in ein und demselben Kabel zu führen.

Vorzugsweise in getrennten Kabeln sind zu führen: Stromkreise verschiedener Hilfsspannungen, Stromkreise redundanter Systeme und Sekundärleitungen von Anlagen unterschiedlicher Hochspannungsebenen.

Nicht benötigte Adern in geschirmten Kabeln sollen grundsätzlich nicht geerdet werden. Das Erden von freien Adern bei ungeschirmten Kabeln führt nicht zwangsläufig zu einer besseren EMV.

Das Bild 18 zeigt an einem Beispiel die in diesem Abschnitt angesprochenen Maßnahmen zur Störpegelreduzierung bei der Verlegung von Sekundärkabeln.

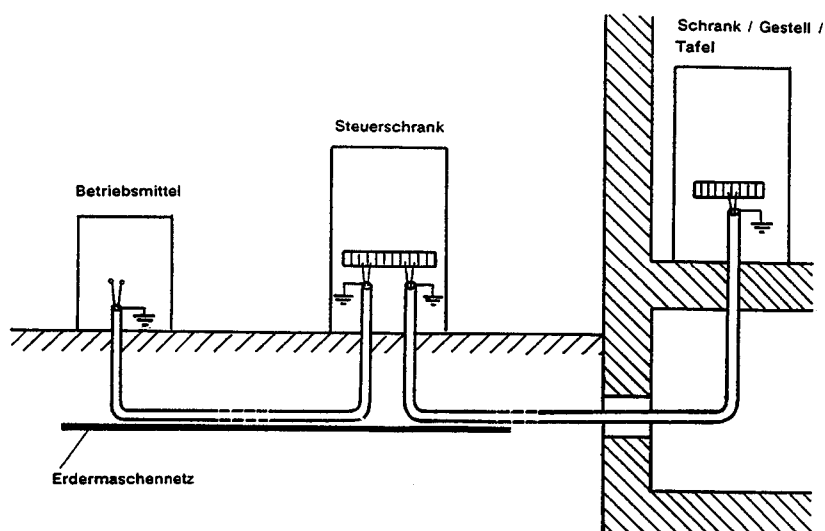


Bild 18: Beispielschema für die Verlegung von Sekundärleitungen in Freiluftanlagen

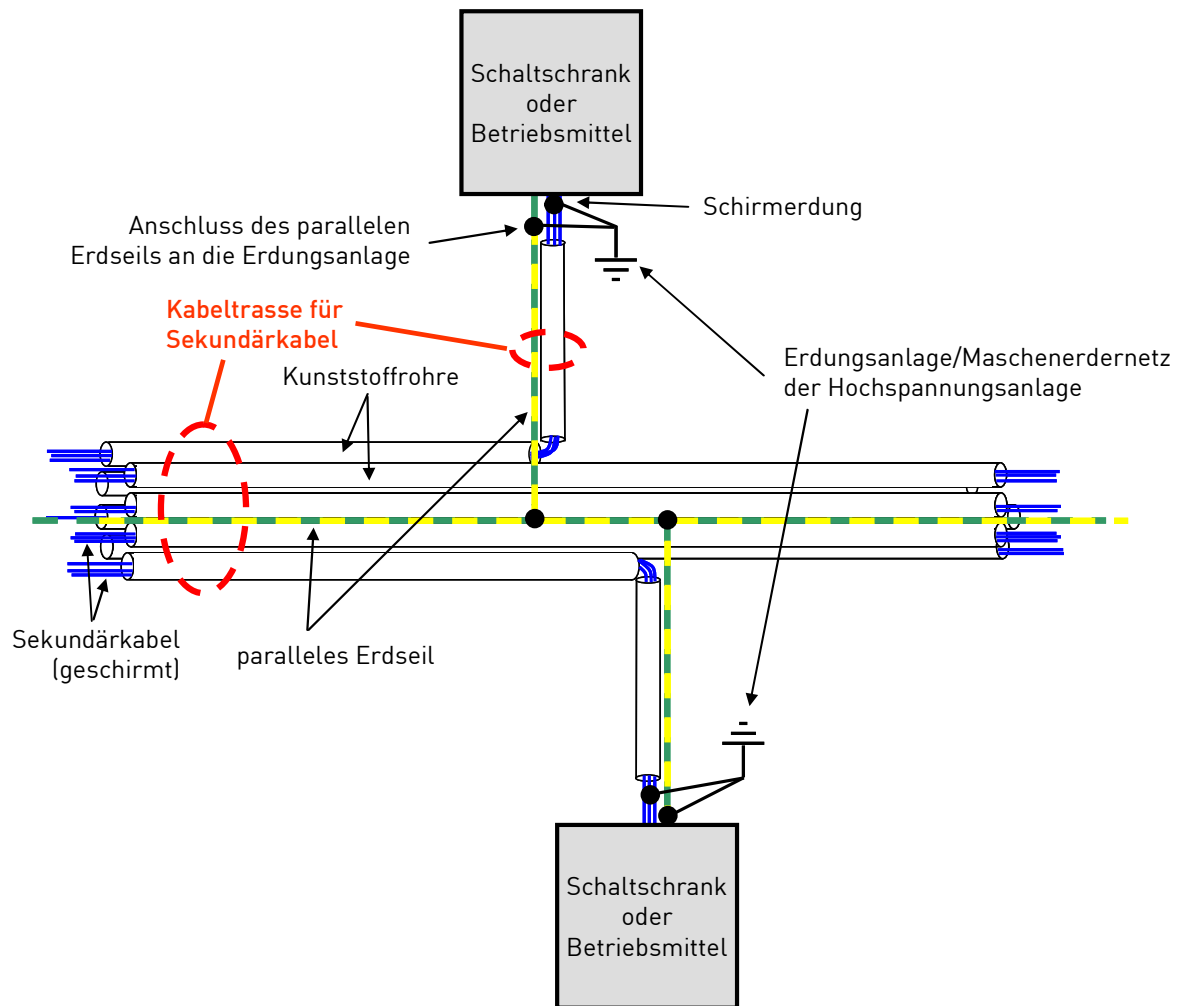


Bild 19: Erdungsleiter bei längeren Sekundärleitungstrassen in Freiluftanlagen

Bei Funkanlagen innerhalb von Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen sollten Antennenleitungen beim Verlassen der Mastkonstruktion und vor Eintritt in das Gebäude auf kürzestem Weg mit der Erdungsanlage verbunden werden (Bild 20). Metallische Konstruktionselemente oder/und die Armierung sind in die Erdung mit einzubeziehen.

 Regional AG Strom	<h2 style="text-align: center;">Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung</h2> <h3 style="text-align: center;">Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW</h3>	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 25/39
---	--	---

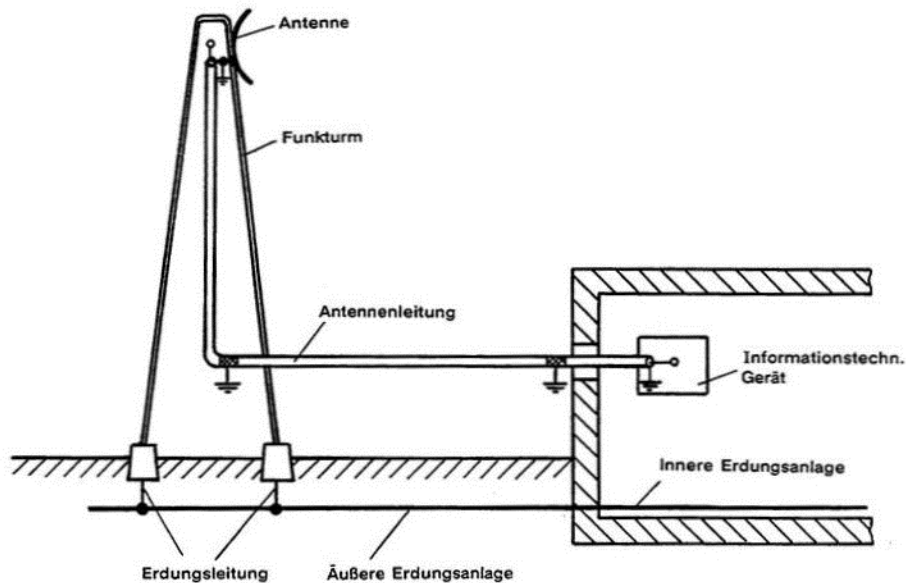


Bild 20: Beispiel für die Verlegung von Sekundärleitungen in einer Funkanlage

Soll ein Sekundärkabel nicht geschnitten, aber an einer oder mehreren Stellen in seinem Verlauf der Kabelschirm geerdet werden (z.B. HF-Kabel von einem Funkturm), so ist diese zusätzliche Erdung ggf. nach den Angaben des Herstellers des angeschlossenen Geräts durchzuführen. In jedem Fall ist der Kabelschirm mittels passender Rohrschellen (ohne Gefahr einer Quetschung oder anderweitigen Beschädigung des Kabels) auf kürzestem Weg mit der Erdungsanlage zu verbinden.

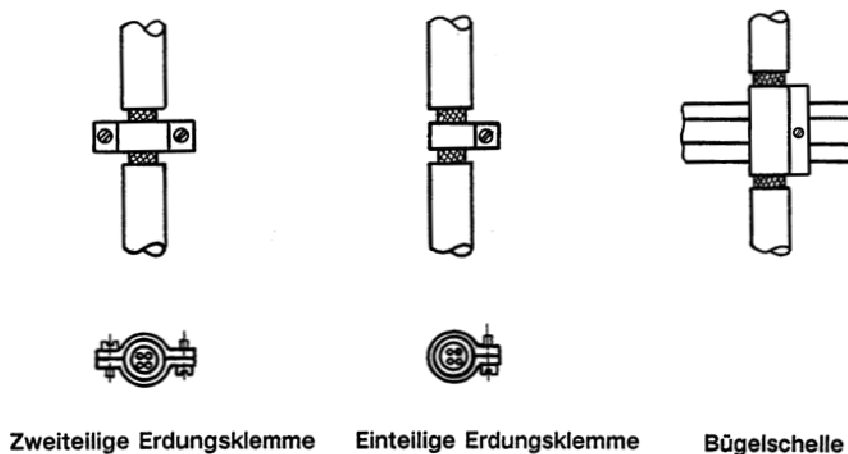


Bild 21: Beispiel für die Zwischenerdung von Sekundärleitungen

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 26/39
---	---	---

8 Störfestigkeit der Sekundärgeräte

8.1 Begriffe zu Sekundärtechnik

Betriebsmittel, Apparat, Gerät

ist ein Endprodukt mit einer eigenständigen Funktion; besitzt ein eigenes Gehäuse und für den Endbenutzer gebräuchliche Anschlüsse bzw. Verbindungen; im engeren, hier gebräuchlichen Sinn: Betriebsmittel, Apparate, Geräte, die elektrische oder elektronische Bauelemente enthalten.

Sekundäreinrichtungen (im Sinn dieser Technischen Richtlinie)

sind alle Geräte mit elektrischen oder elektronischen Bauelementen, die in der elektromagnetischen Umgebung einer Hochspannungsschaltanlage betrieben werden bzw. für den Betrieb in dieser Umgebung vorgesehen sind.

Je nach Zweck und Einsatzort der Geräte und ihrer Anschlüsse innerhalb einer Station (Umspannwerk, Schaltanlage) ergeben sich unterschiedlich große Expositionen gegenüber elektromagnetischen Störgrößen (Bild 24). Die daraus resultierenden Verträglichkeits- und Prüfpegel sind in den Tabellen 3 bis 8 dargestellt.

Sekundäreinrichtungen von Hochspannungs-Schaltgeräten (nach [2])

Sekundäreinrichtungen (speziell im Sinne von [2]) bestehen aus

- Hilfsstromkreisen einschließlich der Stromkreise von zentralen Steuereinheiten, die an Schaltgeräten oder in deren Nähe installiert sind;
- Einrichtungen für die Überwachung, die Fehlererkennung usw., die Teil der Schaltanlage sind;
- mit den Ausgangsklemmen von Messwandlern verbundenen Kreisen, die Teil der Schaltanlage sind.

Anschluss

ist eine Schnittstelle des betrachteten Betriebsmittels, Geräts oder Systems mit der äußeren elektromagnetischen Umgebung (siehe Bild 22).

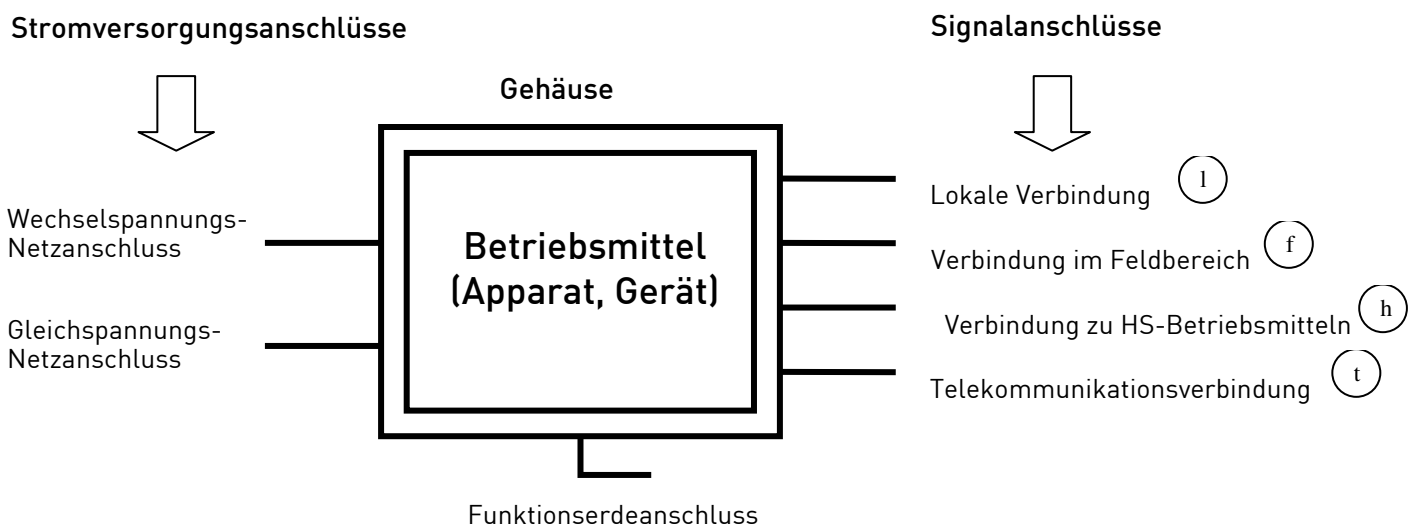


Bild 22: Anschlüsse

 Regional AG Strom	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 27/39
---	---	---

Gehäuse

ist die physikalische Grenze des Betriebsmittels (Apparates, Gerätes), durch die elektromagnetische Felder abstrahlen oder eintreten können.

Leitungsanschluss

ist ein Anschluss, an dem ein Leiter oder ein Kabel an das Betriebsmittel (Apparat, Gerät) angeschlossen wird, z. B. Stromversorgungs-, Funktionserde- und Signalanschluss.

Funktionserdeanschluss

ist ein Anschluss für die Verbindung mit Erde (Masse), der zu anderen Zwecken als der elektrischen Sicherheit vorgesehen ist.

Signalanschluss

ist ein Anschluss, an dem ein Leiter oder ein Kabel zur Übertragung von Daten angeschlossen wird. Die verschiedenen Verbindungen lassen sich in Bezug auf Exposition gegenüber elektromagnetischen Störgrößen einteilen in

Lokale Verbindungen (Ⓛ, siehe Bilder 22, 24, 25 und Tabelle 4)

in elektromagnetisch schwach gestörten Bereichen, mit mindestens einem der folgenden Merkmale:

- dienen der Datenübertragung innerhalb eines Gebäudes
- sind nicht direkt mit dem Prozess verbunden
- sind relativ kurz (< 30 m)

Verbindungen im Feldbereich (f, siehe Bilder 22, 24, 25 und Tabelle 4)

also zum Beispiel

- vom Betriebsgebäude oder der Warte zum Relaishaus
- zu Betriebsmitteln der Niederspannungsversorgung
- innerhalb des Relaishauses
- Feldbusverbindungen

Verbindung zu HS-Betriebsmitteln (h, siehe Bilder 22, 24, 25 und Tabelle 4),

also zwischen Sekundärgeräten und zum Beispiel Leistungsschalter, Stromwandler, Spannungswandler

Telekommunikationsverbindungen (t, gemäß Bilder 22, 24, 25 und Tabelle 4),

die über das Erdungsnetz der Station oder der Schaltanlage hinaus ohne Trennstelle zu einem Telekommunikationsnetz oder zu Betriebsmitteln an einem entfernten Standort führen.

8.2 Anforderungen an die Störfestigkeit und die Störaussendung von Sekundärgeräten

Alle Sekundäreinrichtungen von Hochspannungs-Schaltgeräten und -anlagen müssen elektromagnetischen Störgrößen ohne Beschädigung und ohne wesentliche Funktionsstörung

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 28/39
Strom		

widerstehen können. Dies gilt für übliche Betriebsbedingungen wie auch bei Schaltbedingungen, einschließlich der Unterbrechung von Fehlerströmen in Hauptstrombahnen.

Je nach Art der Gerätefunktion und der Art bzw. Auftretswahrscheinlichkeit der Störgrößen können jedoch bestimmte Fehlfunktionen akzeptiert werden. Eine Übersicht der Leistungsmerkmale bei Störfestigkeitsprüfungen im Hinblick auf verschiedene Gerätefunktionen ist in Tabelle 8 dargestellt.

Die Anforderungen für Prüfungen der Störfestigkeit von Sekundärgeräten sind so zu wählen, dass eine angemessene Störfestigkeit am jeweils vorgesehenen Einsatzort der Geräte gewährleistet ist. Dabei sind alle Anschlüsse bzw. Verbindungen nach Bild 24 und 25 aus Abschnitt 9 der Richtlinie im Bezug auf ihre unterschiedliche Exposition gegenüber elektromagnetischen Störgrößen einzeln zu betrachten.

Die Prüfanforderungen sind entsprechend den Prioritäten nach Bild 23, geltenden Normen oder den Tabellen aus Abschnitt 9 zu entnehmen, nämlich entweder

- a) einer für das spezielle Betriebsmittel (Gerät) geltenden Produkt- (1. Priorität) oder Produktfamiliennorm (2. Priorität), z. B.
 - [10]: Produktnorm Messrelais und Schutzeinrichtungen,
 - [27]: Einrichtungen der Informationstechnik - Störfestigkeitseigenschaften,
 - [2]: Gemeinsame Bestimmungen Hochspannungs-Schaltgeräte-Normen
falls die zulässigen Umgebungsbedingungen des Produkts im Anwendungsbereich der jeweiligen Norm eindeutig beschrieben sind und diese mit den Umgebungsbedingungen am vorgesehenen Einsatzort des Sekundärgeräts übereinstimmen,

oder

- b) einer für das Betriebsmittel (Gerät) anwendbaren Fachgrundnorm, z. B.
 - [25]: Störfestigkeit Industriebereich,
falls für diese Betriebsmittel (Geräte) keine spezifischen Produkt- oder Produktfamiliennormen bestehen, und die von diesen Normen erfasste Umgebung für das Betriebsmittel (Gerät) mit der elektromagnetischen Umgebung am Einsatzort des Sekundärgeräts übereinstimmt oder vergleichbar ist,

oder

- c) in allen anderen Fällen den Tabellen in Abschnitt 9, die sich auf die Technische Spezifikation [6] stützen. Hiernach sind die Prüfpegel – abhängig vom Einsatzort der Geräte und der Art ihrer Anschlüsse bzw. Verbindungen – gemäß den Bildern 24 und 25 zu wählen.

Prüf- und Messverfahren für die verschiedenen Störfestigkeitsprüfungen sind in der Normenreihe DIN EN 61000-4 (VDE 0847 Teil 4) beschrieben. In den o. g. Dokumenten nach a) bis c) wird darauf jeweils verwiesen

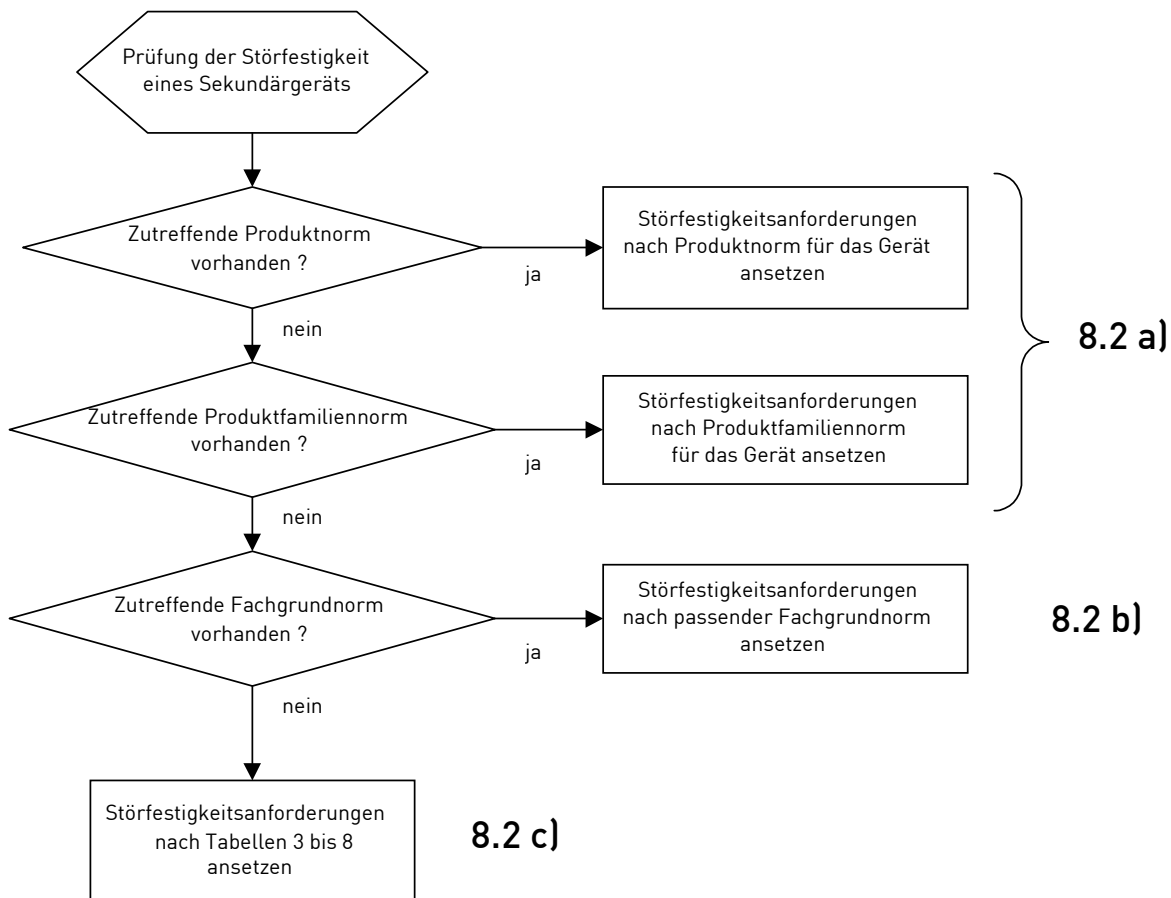


Bild 23 Flussdiagramm Störfestigkeitsanforderungen für Sekundärgeräte

Grenzwerte der **Störaussendung** sind ggf. entsprechend den zutreffenden Produkt-, Produktfamilien- oder Fachgrundnormen nach a) und b) einzuhalten und zu prüfen.

Für Sekundärgeräte, in denen verschiedene Funktionen in einer Geräteeinheit integriert sind (z. B. Steuerung, Schutz, Fernwirken), gelten die EMV-Anforderungen und Leistungsmerkmale bzw. Annahmekriterien entsprechend der höchsten Bedeutung (siehe Tabelle 8).

Insbesondere bei erstmalig eingesetzten Sekundärgerätetypen oder -generationen empfiehlt sich, eine EMV-Abnahmeprüfung beim Hersteller oder/und eine geeignete Prüfung vor Ort durchzuführen.

Für alle spezifizierten EMV-Anforderungen müssen die jeweils zutreffenden und angewandten Normen bzw. Empfehlungen in der technischen Dokumentation der Geräte angegeben sein.

8.3 Isolationskoordination für Sekundärgeräte

Anforderungen an die Isolation von Sekundärgeräten sind den jeweiligen Produkt- oder Produktfamiliennormen zu entnehmen, insbesondere

- [7]: Elektrische Relais, Isolationskoordination für Messrelais und Schutzeinrichtungen – Anforderungen und Prüfungen

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 30/39
Strom		

- [2]: Gemeinsame Bestimmungen für Hochspannungs-Schaltgeräte-Normen, Abschnitt 6.2.10: Dielektrische Prüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen

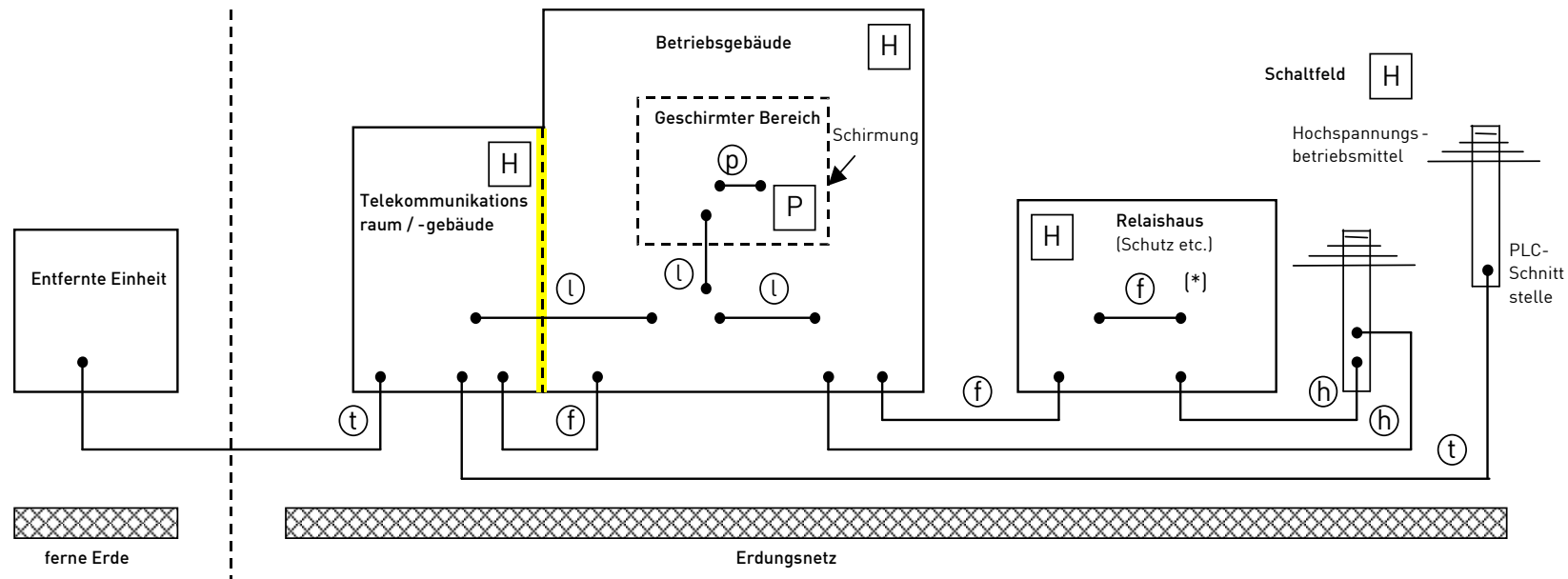
Prüf- und Messverfahren für die verschiedenen Isolationsprüfungen sind in den Normen DIN EN 61180-1 und DIN EN 61180-2 (VDE 0432 Teile 10 und 11) beschrieben. In den o. g. Produkt- oder Produktfamiliennormen wird darauf jeweils verwiesen.

9 Störfestigkeit von Sekundärgeräten: Anforderungen, abhängig vom Einsatzort der Geräte und ihren Anschlüssen bzw. Verbindungen; Störfestigkeits-Leistungsmerkmale für verschiedene Gerätefunktionen

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 31/39
Strom		

Bild 24 Auswahl der Störfestigkeitsanforderungen für verschiedene Einsatzorte von Geräten und deren Anschlüsse bzw. Verbindungen - Beispiel: Freiluftschaltanlagen (AIS)

In gasisolierten Schaltanlagen (GIS) können die Einrichtungen für Schutz, Vor-Ort-Steuerung und die Hochspannungsbetriebsmittel zusammen in einem Raum, einem Gebäude oder getrennt an verschiedenen Orten untergebracht sein (siehe Bild 25).



(*) Wo spezielle Vorsorgemaßnahmen (z. B. Schirmung) getroffen werden, ist (l) anzuwenden.

Typ des Einsatzortes für Gehäuse, Stromversorgungs- und Funktionserdeanschluss

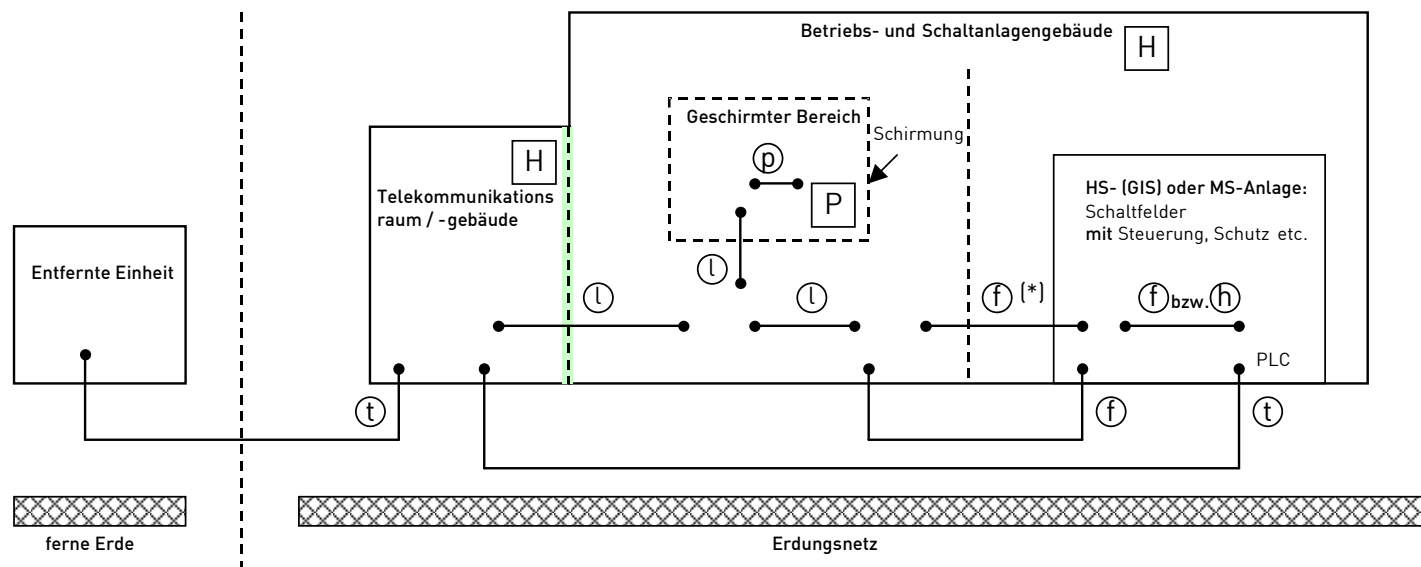
- H** Normaler Einsatzort in Hochspannungsschaltanlagen - Beispiel: Betriebsgebäude, Relaishaus und Schaltfeld
- P** ggf. geschützter Einsatzort, Beispiel: geschirmter Bereich innerhalb des Betriebsgebäudes

Typ der Signalverbindungen (siehe 8.1 „Begriffe zu Sekundärgeräten“)

- l** lokal - Beispiel: Verbindungen innerhalb des Betriebsgebäudes
- f** Feldbereich - Beispiele: Verbindung innerhalb des Feldes und innerhalb des Relaishauses
- h** Hochspannungsbetriebsmittel - Beispiele: Verbindungen zu Leistungsschaltern, Spannungs-/Stromwandler etc.
- t** Telekommunikationsverbindungen - Beispiele: Verbindungen zu PLC und entfernten Einheiten
- p** ggf. geschützter Bereich - Beispiel: Verbindungen innerhalb eines geschirmten Raumes

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001
		Rev.: 01
Strom		Stand: 10/2010
		Seite: 32/39

Bild 25 Auswahl der Störfestigkeitsanforderungen für verschiedene Einsatzorte von Geräten und deren Anschlüsse bzw. Verbindungen - Beispiel: Innenraum-Schaltanlagen (z. B. GIS)



(*) Wo spezielle Vorsorgemaßnahmen (z. B. Schirmung) getroffen werden, ist (L) anzuwenden.

Typ des Einsatzortes für Gehäuse, Stromversorgungs- und Funktionserdeanschluss

- [H] Normaler Einsatzort in Hochspannungsschaltanlagen - Beispiel: Betriebs- und Schaltanlagengebäude
- [P] ggf. geschützter Einsatzort, Beispiel: geschirmter Bereich innerhalb des Betriebsgebäudes

Typ der Signalverbindungen (siehe 8.1 „Begriffe zu Sekundärgeräten“)

- (L) lokal - Beispiel: Verbindungen innerhalb des Betriebsgebäudeteils
- (f) Feldbereich - Beispiele: Verbindung zwischen Betriebs- und Anlagengebäudeteil, Verbindungen innerhalb des Sekundärteils der Schaltanlage
- (h) Hochspannungsbetriebsmittel - Beispiele: Verbindungen zu Spannungs-/Stromwandler
- (t) Telekommunikationsverbindungen - Beispiele: Verbindungen zu PLC und entfernten Einheiten
- (p) ggf. geschützter Bereich - Beispiel: Verbindungen innerhalb eines geschirmten Raumes

Tabelle 3 Störfestigkeitsanforderungen – Gehäuse

Prüfung	Umgebungsbedingung	Grundnorm	Gerät eingesetzt in (1)				Bemerkungen
			Kraftwerken G		HS- und MS-Schaltanlagen H		
			Pegel	Prüfwert	Pegel	Prüfwert	
1.1	Magnetfeld mit energie-technischer Frequenz	DIN EN 61000-4-8	2	3 A/m dauernd	2	3 A/m dauernd	Anzuwenden nur für Monitore mit Kathodenstrahlröhre, gemäß CISPR 24, Anhang B2
			5	100 A/m dauernd 1000 A/m während 1 s	5	100 A/m dauernd 1000 A/m während 1 s	Anzuwenden nur für Geräte, die gegen Magnetfelder empfindlich sind, z. B. Hall-Elemente, magnetische Feldsensoren.
1.2	Gestrahltes elektromagnetisches HF-Feld 80 MHz – 3000 MHz (2)	DIN EN 61000-4-3	3	10 V/m (3)	3	10 V/m (3)	Für diesen Prüfpegel kann normalerweise eine mobile Sendeeinrichtung in 1 bis 2 m Abstand vom eingebauten Gerät verwendet werden (siehe Einzelheiten in der Grundnorm)
1.3	Elektrostatische Entladung	DIN EN 61000-4-2	3	6 kV Kontakt 8 kV Luft	3	6 kV Kontakt 8 kV Luft (4)	-

Hinweise:

(1) G, H : siehe Bild 4. Geräte in „geschützten“ Bereichen P müssen den Anforderungen der entsprechenden Fachgrundnorm oder Produktnorm entsprechen.

(2) Über 1 GHz soll die Prüfung in dem in der Grundnorm spezifizierten Frequenzbereich durchgeführt werden.

(3) Höhere Anforderungen können an Geräte in besonderer Umgebung gestellt werden (z. B. in der Nähe von Sendeanlagen).






(4) Höhere Prüfwerte sollen für Geräte unter härteren elektrostatischen Umgebungsbedingungen außerhalb von Gebäuden angewendet werden.

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001
		Rev.: 01
Strom		Stand: 10/2010
		Seite: 34/39

Tabelle 4 Störfestigkeitsanforderungen – Signalanschlüsse

Prüfung	Umgebungsbedingung	Grundnorm	Verbindungen (1)								Bemerkungen
			lokal <div>l</div>		im Feldbereich <div>f</div>		zu HS-Betriebsmitteln <div>h</div>		Telekommunikation <div>t</div>		
			Pegel	Prüfwert	Pegel	Prüfwert	Pegel	Prüfwert	Pegel	Prüfwert	
2.1	Netzfrequente Störspannung	DIN EN 61000-4-16	-	-	4	30 V dauernd 300 V während 1 s	4	30 V dauernd 300 V während 1 s	4	30 V dauernd 300 V während 1 s	-
2.2	Stoßspannung 1,2/50 µs Leiter - Erde Leiter - Leiter	DIN EN 61000-4-5	2 1	1 kV 0,5 kV	3 2	2 kV 1 kV	4 3	4 kV 2 kV	4 3	4 kV (2) 2 kV (2)	Für symmetrische Leitungen und kurze Datenbusverbindungen siehe Tabelle A1 in DIN EN 61000-4-5
2.3	Gedämpfte Schwingungen Leiter - Erde Leiter - Leiter	DIN EN 61000-4-12	-	-	2	1 kV 0,5 kV	3	2,5 kV 1 kV	3	2,5 kV (3) 1 kV	Die Prüfung wird mit 1 MHz durchgeführt (höhere Frequenzen sind in Beratung, um GIS zu berücksichtigen)
2.4	Schnelle transiente Störgrößen/ Burst	DIN EN 61000-4-4	3	1 kV	4	2 kV	x	4 kV	x	4 kV	Wiederholungsrate von 2,5 kHz bei 4 kV
2.5	Leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder	DIN EN 61000-4-6	3	10 V	3	10 V	3	10 V	3	10 V	10 V = 140 dB(µV)

Hinweise:

- (1)     : siehe Bild 4. Geräte in „geschützten“ Bereichen  müssen den Anforderungen der entsprechenden Fachgrundnorm oder Produktnorm entsprechen.
- (2) Stoßwellenform 10/700 µs wird für Prüfungen an Signalanschlüssen empfohlen, die für eine Verbindung mit Telekommunikationsnetzen oder zu Betriebsmitteln an einem entfernten Standort vorgesehen sind.
- (3) Nur anzuwenden für Verbindungen zu Power Line Carrier.

 Regional AG	<h1 style="text-align: center;">Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung</h1> <h2 style="text-align: center;">Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW</h2>	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 35/39
Strom		

Tabelle 5 Störfestigkeitsanforderungen – Wechselspannungs-(Niederspannungs-)Netzanschluss, Ein- und Ausgänge

Prüfung	Umgebungsbedingung	Grundnorm	Gerät eingesetzt in (1) (2)				Bemerkungen
			Kraftwerken G		HS- und MS-Schaltanlagen H		
			Pegel	Prüfwert	Pegel	Prüfwert	
3.1	Spannungseinbrüche (voltage dips)	DIN EN 61000-4-11	-	ΔU 30% während 1 Periode ΔU 60% während 50 Perioden (3)			nicht anzuwenden bei Wechselspannungsausgängen
3.2	Spannungsunterbrechungen		-	ΔU 100% während 5 Perioden ΔU 100% während 50 Perioden (3)			
3.3	Stoßspannung 1,2/50µs Leiter - Erde Leiter - Leiter	DIN EN 61000-4-5	3 2	2 kV 1 kV	4 3	4 kV 2 kV	-
3.4	Schnelle transiente Störgrößen/ Burst	DIN EN 61000-4-4	3	2 kV	4	4 kV	-
3.5	Gedämpfte Schwingungen Leiter - Erde Leiter - Leiter	DIN EN 61000-4-12	2	1 kV 0,5 kV	3	2,5 kV 1 kV	Die Prüfung wird mit 1 MHz durchgeführt (höhere Frequenzen sind in Beratung, um GIS zu berücksichtigen)
3.6	Leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder	DIN EN 61000-4-6	3	10 V	3	10 V	10 V = 140 dB(µV)

Hinweise:

(1) G, H : siehe Bild 4. Geräte in „geschützten“ Bereichen P müssen den Anforderungen der entsprechenden Fachgrundnorm oder Produktnorm entsprechen.

(2) Für Geräte mit einem Eingangsstrom von > 16 A sollten die Prüfungen auf die Stromversorgungsanschlüsse der elektronischen Geräte/Module etc. beschränkt werden

(3) Nur anzuwenden auf Stromversorgungsanschlüsse, die direkt mit dem öffentlichen Niederspannungsnetz verbunden sind

Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung

Nr.: TTG 1001
Rev.: 01
Stand: 10/2010
Seite: 36/39

Tabelle 6 Störfestigkeitsanforderungen – Gleichspannungs-(Niederspannungs-)Netzanschluss, Ein- und Ausgänge

Prüfung	Umgebungsbedingung	Grundnorm	Gerät eingesetzt in (1) (2)				Bemerkungen
			Kraftwerken G		HS- und MS-Schaltanlagen H		
			Pegel	Prüfwert	Pegel	Prüfwert	
4.1	Spannungseinbrüche (voltage dips)	DIN EN 61000-4-29	-	ΔU 30% während 0,1 s und ΔU 60% während 0,1 s		nicht anzuwenden bei Gleichspannungsausgängen	
4.2	Spannungsunterbrechungen		-	ΔU 100% während 0,05 s			
4.3	Wechselanteile in der Gleichspannungsversorgung	DIN EN 61000-4-17	3	10% U _n			
4.4	Störspannung mit energietechnischer Frequenz	DIN EN 61000-4-16	3	10 V dauernd 100 V während 1 s	4 30 V dauernd 300 V während 1 s	-	
4.5	Stoßspannung 1,2/50µs Leiter - Erde Leiter - Leiter	DIN EN 61000-4-5	3 2	2 kV 1 kV	3 2 2 kV 1 kV	-	
4.6	Schnelle transiente Störgrößen/ Burst	DIN EN 61000-4-4	3	2 kV	4 4 kV	-	
4.7	Gedämpfte Schwingungen Leiter - Erde Leiter - Leiter	DIN EN 61000-4-12	2	1 kV 0,5 kV	3 2,5 kV 1 kV	Die Prüfung wird mit 1 MHz durchgeführt (höhere Frequenzen sind in Beratung, um GIS zu berücksichtigen)	
4.8	Leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder	DIN EN 61000-4-6	3	10 V	3 10 V	10 V = 140 dB(µV)	

Hinweise:

(4) G, H : siehe Bild 4. Geräte in „geschützten“ Bereichen P müssen den Anforderungen der entsprechenden Fachgrundnorm oder Produktnorm entsprechen.

(5) Für Geräte mit einem Eingangsstrom von > 16 A sollten die Prüfungen auf die Stromversorgungsanschlüsse der elektronischen Geräte/Module etc. beschränkt werden.

Tabelle 7

Prüfung	Umgebungsbedingung	Grundnorm	Gerät eingesetzt in (1)				Bemerkungen
			Kraftwerken G		HS- und MS-Schaltanlagen H		
			Pegel	Prüfwert	Pegel	Prüfwert	
5.1	Schnelle transiente Störgrößen/ Burst (kapazitive Koppelzange) (2)	DIN EN 61000-4-4	3	2 kV	4	4 kV	Anzuwenden auf spezielle, vom Schutzleiteranschluss getrennte Funktionserdverbindungen 10 V = 140dB(µV)
5.2	Leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder	DIN EN 61000-4-6	3	10 V	3	10 V	

Hinweise:

(1) G, H : siehe Bild 4. Geräte in „geschützten“ Bereichen P müssen den Anforderungen der entsprechenden Fachgrundnorm oder Produktnorm entsprechen.

(2) Nur anzuwenden auf Anschlüsse, die gemäß Betriebsanweisung des Herstellers mit Kabeln von evtl. über 3 Meter Gesamtlänge verbunden sind

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001
		Rev.: 01
Strom		Stand: 10/2010
		Seite: 38/39

Tabelle 8 Störfestigkeits-Leistungsmerkmale für die wesentlichsten Gerätefunktionen (mit in der Reihenfolge nach unten abnehmender Bedeutung)

Funktionen (*)	Annahmekriterien		
	Kontinuierliche Vorgänge	Transiente Vorgänge mit hoher Auftrittshäufigkeit	Transiente Vorgänge mit niedriger Auftrittshäufigkeit
Schutz und Schutzsignalübertragung (**)	siehe Produktnorm DIN EN 50263 / VDE 0435 Teil 320		
Online-Funktionen und Regelung			
Zählung			
Befehl und Steuerung	Normales Betriebsverhalten innerhalb der festgelegten Grenzen		kurze Verzögerung (1)
Überwachung			Vorübergehender Verlust, selbsttätige Wiederherstellung (2)
Mensch-Maschine-Schnittstelle			Unterbrechung und Systemrücksetzung (3)
Warnung		kurze Verzögerung (4), Vorübergehende Falschanzeige	
Datenübermittlung und Telekommunikation (***)		kein Verlust, Erhöhung der möglichen Bitfehlerrate (5)	Vorübergehender Verlust (5)
Datenerfassung und Speicherung		Vorübergehende Funktionsminderung (2) (6)	
Messung		Vorübergehende Funktionsminderung, selbsttätige Wiederherstellung (7)	
Offline-Funktionen		Vorübergehende Funktionsminderung (6)	Vorübergehender Verlust und Zurücksetzung (6)
Passives Monitoring		Vorübergehende Funktionsminderung	Vorübergehender Verlust (5)
Selbstdiagnose		Vorübergehender Verlust, selbsttätige Wiederherstellung (8)	

 Regional AG	Grundlagen – Hoch- und Höchstspannung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltanlagen der EnBW	Nr.: TTG 1001 Rev.: 01 Stand: 10/2010 Seite: 39/39
Strom		

Anmerkungen zu Tabelle 8:

- [*] Für die Anwendung der Annahmekriterien für Geräte mit mehreren oder gleichzeitigen Funktionen (z. B. Überwachung und Monitoring) ist die kritischste Funktion zu betrachten.
- [**] Für eine Schutzübertragung mittels PLC kann für das „normales Betriebsverhalten“ im Fall der Betätigung von Hochspannungstrennschaltern ein geeignetes Nachweisverfahren erforderlich sein.
- [***] In Automations- und Steuerungssystemen als Hilfsfunktion neben anderen Funktionen verwendet, z. B. als Koordinierungsfunktion.

- (1) Annehmbar ist eine Verzögerung, deren Dauer gegenüber der Zeitkonstante des gesteuerten Prozesses unerheblich ist.
- (2) Vorübergehender Verlust der Datenerfassung und Abweichungen bei der Ereignisprotokollierung sind annehmbar, die richtige Reihenfolge der Ereignisse jedoch soll erhalten bleiben.
- (3) Manuelle Wiederherstellung durch Bediener ist erlaubt.
- (4) Entsprechend der Dringlichkeit (nicht am Prozess orientiert)
- (5) Vorübergehend erhöhte Bitfehlerrate kann die Kommunikation beeinträchtigen; nach jeglicher Unterbrechung muss die Kommunikation automatisch wiederhergestellt werden.
- (6) Keine Beeinträchtigung der gespeicherten Daten oder der Prozessgenauigkeit.
- (7) Ohne Beeinträchtigung der Messgenauigkeit der analogen oder digitalen Anzeigen
- (8) Innerhalb des System-Diagnosezyklus