

## C4.9 Elektromagnetische Verträglichkeit

F		
E		
D		
C		
B		
A		
0	Erst-Erstellung	24.01.2025
Rev.-Index	Anmerkung	Datum

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Geltungsbereich.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Allgemeines.....</b>	<b>4</b>
2.1	Allgemeine Bestimmungen .....	4
2.2	Abkürzungen.....	5
<b>3</b>	<b>Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV im Kraftwerk .....</b>	<b>5</b>
3.1	Einteilung in EMV Schutzzonen.....	6
3.2	Massung, Erdung, Potenzialausgleich .....	8
3.3	Filterung, Entstörung .....	8
3.4	EMV gerechte Verkabelung und Leitungsführung .....	9
3.5	Schirmung von Leitungen, Gehäusen und Räumen .....	9
3.6	Potentialtrennung.....	9
3.7	Begrenzung .....	9
<b>4</b>	<b>Erhöhte Anforderungen im Kraftwerksbereich .....</b>	<b>9</b>
4.1	Störphänomen – ESD.....	10
4.2	Störphänomen – HF Felder .....	10
4.3	Störphänomen – EFT / Burst .....	10
4.4	Stoßspannungen .....	11
4.5	HF-leitungsgeführt .....	11
4.6	Magnetfelder technischer Frequenzen .....	11
4.7	Impulsförmige Magnetfelder .....	11
4.8	Gedämpft schwingende Magnetfelder .....	11
4.9	Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen, Spannungs-schwankungen .....	12
4.10	Gedämpfte Schwingungen.....	12
<b>5</b>	<b>Geräte- und Systemgrenzwerte für Störfestigkeit und Störaussendung .....</b>	<b>12</b>
5.1	Störfestigkeit.....	12
5.1.1	Zone 0 und 1A .....	13
5.1.2	Zone 1B und 2 .....	14
5.2	Störaussendung.....	14
5.2.1	Störaussendung in der Zone 0, 1A und 1B .....	15
5.2.2	Produktspezifische Störaussendung in der Zone 0, 1A und 1B.....	15
5.2.2.1	Aufzüge.....	15
5.2.2.2	Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) .....	15
5.2.2.3	Beleuchtungen .....	15
5.2.2.4	Nachrichtentechnik und Informationstechnik .....	16
5.2.2.5	Lichtbogenschweißgeräte.....	16
5.2.2.6	NS-Schaltgeräte (Halbleiter-Motor-Steuergeräte und Motorstarter für Wechselspannung).....	16
5.2.2.7	NS-Schaltgeräte (Steuer- und Schutz-Schaltgeräte CPS) .....	16
5.2.2.8	Drehzahlveränderliche elektrische Antriebe.....	16
5.2.2.9	Störaussendung in der Zone 2 .....	16
5.2.3	Produktspezifische Störaussendung in der Zone 2 .....	17
5.2.3.1	Beleuchtungseinrichtungen .....	17
5.2.3.2	Nachrichtentechnik und Informationstechnik .....	17
<b>6</b>	<b>Weitere technische Maßnahmen .....</b>	<b>17</b>

6.1	Filtereinsatz .....	17
6.2	Anordnungsplanung.....	17
6.3	Verkabelung umrichtergesteuerter Antriebe .....	17
6.4	Erdung in NS Schaltanlagen.....	18
6.5	Umschalt- oder Parallelbetrieb von Einspeisungen .....	18
6.6	Schaltschränke .....	19
6.7	Klassifizierung leitungsgebundener Signale .....	21
6.8	Auswahl der Kabel und Leitungstypen.....	21
6.8.1	Empfohlene Kabel- und Leitungstypen in Abhängigkeit von der Klasse des geführten Signals.....	21
6.8.2	Empfohlene Kabel- und Leitungstypen in Abhängigkeit der Entkopplung.....	22

## 1 GELTUNGSBEREICH

Die vorliegende Spezifikation enthält allgemeine Richtlinien und Vorschriften für Grundmaßnahmen zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) in Kraftwerken von elektrischen und elektronischen Komponenten sowie Betriebsmitteln im Kraftwerkseigenbedarfsnetz.

## 2 ALLGEMEINES

Kraftwerke stellen im Sinne der EMV Richtlinie bzw. des EMV Gesetzes Anlagen dar. Gemäß dem Leitfaden der Kommission ist eine Anlage definiert als „eine Kombination mehrerer Apparate, Systeme, Endprodukte und/oder Bauteile, die von einem Assembler / Errichter an einem bestimmten Ort zusammengefügt und / oder installiert werden“.

### 2.1 Allgemeine Bestimmungen

Für die elektrotechnischen Ausrüstungen gelten folgende Vorschriften in der jeweils letztgültigen Fassung:

- EMV-Gesetz
- EMV Richtlinie
- Leitfaden zur Anwendung der EMV Richtlinie
- VDE-Richtlinien
- Berufsgenossenschaftliche Richtlinien und Vorschriften
- Störfestigkeits- und Störaussendungsanforderungen
  - Grundnormen DIN EN
  - Fachgrundnormen DIN EN
  - Produktfamiliennormen DIN EN
  - Produktnormen DIN EN

Auszug:

DIN EN 61000-2-4 und 61000-	Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen
DIN EN 61000-4-2 bis 12	EMV Grundnormen
DIN EN 61800-3	Störfestigkeits- und Störaussendungsanforderungen für drehzahlveränderliche Antriebssysteme

Die hier aufgeführten Bestimmungen haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da in den letzten Jahren ein verstärkter Trend zur Schaffung von Produktnormen zu verzeichnen ist. Das führt zu einer stetig wachsenden Anzahl von EMV Normen. Jeder Lieferant bzw. Hersteller von Bauteilen, Baugruppen, Anlagenteilen oder Anlagen ist verpflichtet, die für sein Aufgabengebiet bzw. die Schnittstellen zutreffenden Bestimmungen, Vorschriften oder Richtlinien zu kennen, sich anzueignen und einzuhalten. Darüber hinaus sind die in dieser Spezifikation aufgeschlüsselten erhöhten Anforderungen im Kraftwerksbereich zu beachten und zu erfüllen.

## 2.2 Abkürzungen

EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ESD	Elektrostatische Entladung

## 3 MAßNAHMEN ZUR SICHERSTELLUNG DER EMV IM KRAFTWERK

Kraftwerke als komplexe, räumlich ausgedehnte elektrische Anlagen bereiten besondere Probleme bei der Sicherstellung der EMV durch die Vielzahl der typischerweise auftretenden Störphänomene und –quellen:

- Atmosphärische Entladungen (Blitz)
- Schalthandlungen
- Entladungen statischer Elektrizität (ESD)
- Netzzrückwirkungen (harmonische und zwischenharmonische Oberschwingungen, Spannungsschwankungen, Flicker, Spannungsunsymmetrien)
- hohe elektrische und magnetische Felder
- Elektromagnetische Felder (Strahlung)

Durch die räumliche Ausdehnung und Komplexität der Anlage ist es in der Regel kaum möglich, Koppelpfade eindeutig zu identifizieren oder zu beschreiben. Große Kabellängen bieten außerdem Angriffsmöglichkeiten für die Störgrößeneinkopplung. Die Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit in Kraftwerken ist somit nicht in erster Linie ein Geräteproblem, d. h. ein Problem der Störfestigkeit bzw. Störaussendung einzelner Komponenten, sondern ein komplexes Problem der Anlagenplanung.

Trotz der Vielfalt der Störphänomene und der komplexen Koppelpfade lassen sich Maßnahmen zur Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit eines Kraftwerks prinzipiell auf die Verwirklichung einiger weniger technischer Prinzipien reduzieren:

- Einteilung in EMV Schutzzonen
- Massung, Erdung, Potenzialausgleich
- Filterung, Entstörung
- EMV gerechte Verkabelung und Leitungsführung
- Schirmung von Leitungen, Gehäusen und Räumen
- Festlegung von Geräte- und Systemgrenzwerten für Störfestigkeit und Störaussendung

Der Ausrüster und Hersteller der Anlagen bzw. Anlagenteile ist verpflichtet bereits in der Planungsphase seines Aufgabenbereiches bzw. Produktes sämtliche erforderliche Maßnahmen, die der Verbesserung der EMV dienen, anzuwenden und dabei auch auf das Zusammenwirken seiner Anlagen bzw. Anlagenteile mit denen anderer Ausrüster und Hersteller entsprechend des Verwendungszweckes bzw. Einsatzortes zu achten.

### 3.1 Einteilung in EMV Schutzzonen

Das Kraftwerk lässt sich nach den zu erwartenden elektromagnetischen Umgebungsbedingungen in EMV Schutzzonen einteilen. Die Umgebungsbedingungen ergeben sich insbesondere durch die in den einzelnen Kraftwerksbereichen vorhandenen Betriebsmittel (Störquellen) sowie die jeweilige Installation (Übertragungswege für die Störgröße). Nachfolgende Beschreibung der einzelnen EMV Zonen enthält eine Zuordnung zu den verschiedenen Kraftwerksbereichen.

#### Zone 0 - stark gestörte Umgebung:

- außerhalb von Gebäuden
- keine direkten Blitzeinschläge
- starke elektromagnetische Felder

Beispiel

- Freiluftanlagen

#### Zone 1A - normal gestörte Industrieumgebung

- innerhalb von Gebäuden

Beispiele

- verfahrenstechnische Räume, (z.B. Kesselanlagen, Maschinenhaus)
- Schaltanlagenräume
- Haustechnikräume
- Batterieräume
- Kabelschächte und –geschosse
- Werkstätten

#### Zone 1B - gering gestörte Industrieumgebung

- innerhalb von Gebäuden, entsprechende Entfernung zu Technologieräumen

Beispiele

- Büro- und Verwaltungsgebäude

#### Zone 2 - geschützte Umgebung

- innerhalb von Gebäuden,
- stark geschwächtes elektromagnetisches Feld,
- gut konzipierter Überspannungsschutz und Erdungssystem,
- Schutzmaßnahmen gegen ESD,
- Einschränkungen für Verwendung von tragbaren Funkgeräten / Mobiltelefone

Beispiele

- Rechnerräume
- Leittechnikräume

- E-Schutzräume
- Warten

#### Zuordnung zu den Anlagenbereichen

Für die einzelnen EMV Schutzzonen werden differenzierte EMV Anforderungen an die Komponenten bzw. Betriebsmittel gestellt. Um die Anforderungen an ein konkretes Betriebsmittel zu bestimmen, muss zunächst die EMV Zone ermittelt werden, in der das Betriebsmittel eingesetzt werden soll.

Die Zuordnung der Anlagenbereiche zu den jeweiligen EMV Schutzzonen ist in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet. Für Komponenten, die mehreren EMV Zonen zugeordnet werden können, ist der vorgesehene Einsatzort mit den höchsten Anforderungen, wie in der Einteilung in die Zonen 0, 1A, 1B und 2 (siehe oben) maßgeblich.

Anlagenbereich	Zone 0	Zone 1A	Zone 1B	Zone 2
<b>220/110-kV-Energieableitung</b>				
Trenner	•			
Überspannungsableiter	•			
Erdtrenner	•			
Sekundärtechnik (Steuerung, Schutz, Überwachung)	•	•		
<b>Generator</b>				
Generator		•		
Erregereinrichtung		•		
Umrichter		•		
<b>Transformatoren</b>				
Maschinentrafos	•	•		
Eigenbedarfstrafo	•	•		
Steuerung	•	•		
Kühlanlage für Maschinentrafo		•		
NS-Transformatoren		•		
<b>Generatorableitung und Generatorleistungsschalter</b>				
Generatorableitung	•	•		
Generatorleistungsschalter		•		
Steuerung		•		
Druckluft- und Kühlanlage		•		
Erder		•		
Spannungswandler		•		
Stromwandler		•		
<b>Mittelspannungs-Schaltanlagen</b>		•		
MS-Schaltanlagen		•		
Eigenbedarfsumschalteinrichtungen		•		
Steuerung		•		
Schutz		•		
<b>Niederspannungs-Schaltanlagen</b>				
NS-Schaltanlagen		•		
Steuerung / Schutz		•		
Umschaltautomatiken		•		
<b>Gleichspannungs- / Wechselspannungs- Erzeugung</b>				
Batterien		•		
Gleichrichter / Wechselrichter / Umrichter		•		
Verkabelung / Schaltschränke		•		
<b>Antriebe</b>				
<b>10 kV-Antriebe</b>		•		
drehzahlgeregelte Antriebe (Stromrichtertrafo, Frequenzumrichter, Motor, Verkabelung, Steuerung, Schutz als Komplettpaket)		•		
<b>Niederspannungsantriebe / drehzahlgeregelte Niederspannungsantriebe</b>		•		
<b>Blockschutz</b>				
Generatorschutz				•

	Transformatorschutz				•
	Messung / Zählung				•
	Verkabelung	•	•		•
<b>Leittechnik</b>					
	Prozessleittechnik				•
	Sensorik	•	•		
	Aktorik	•	•		
	Black Boxen	•	•		
	Verkabelung	•	•		•
<b>Verfahrenstechnische Black Boxen</b>					
<b>Kommunikations- und Sicherheitstechnik</b>					
	Brandmeldeanlagen			•	
	Rauchmelder	•	•	•	•
	Alarmierungsanlagen	•	•	•	•
	Funk	•	•	•	•
	Telekommunikationstechnik	•	•	•	•
	Videoüberwachung	•	•		
	Schranken	•			
	Personenrufanlagen	•	•	•	•
<b>Büro-, Verwaltungsräume Werkstätten</b>					
<b>Installationspaket</b>					
	Netzwerkverkabelung	•	•	•	•
	Beleuchtungsanlagen (innen / außen)	•	•	•	•

### 3.2 Massung, Erdung, Potenzialausgleich

Durch impedanzarme Verbindungen von Anlagen- und Schaltungsteilen, zwischen denen der Potentialunterschied möglichst gering sein soll. Dies bildet die Grundlage der Wirksamkeit von Schirmung, Filterung und Begrenzung.

Erdung, Blitzschutz, Potenzialausgleich siehe hierzu die Spezifikation C4.7 „Erdung, Blitzschutz, Potentialausgleich“.

Masse (Funktionserde) wird allgemein als Bezugspotenzial bezeichnet, die nicht mit der Erde verbunden ist, und für räumlich begrenzte Anlagen oder Schaltungen verwendet wird.

### 3.3 Filterung, Entstörung

Wenn absehbar ist, dass die einzusetzenden Anlagen bzw. Anlagenteile eine Überschreitung der zulässigen Störpegel erreichen und diese herstellungsbedingt nicht verändert oder abgestellt werden können, müssen Entstörmaßnahmen durch den Einsatz von

Entstörkondensatoren

- Durchführungsfilter
- Funkenlöschkombinationen
- Entstördrosseln
- Netzleitungsfilter

durchgeführt werden. Die dadurch erreichten Verbesserungen sind dem AG nachzuweisen und zu dokumentieren.

Das gleiche gilt für Anlagen bzw. Anlagenteile, bei denen die leitungsgeführten Störgrößen (z. B. Netzzurückwirkungen) zu Problemen während des Betriebes führen. Die Probleme hierfür können vielfältig sein. Es sind zu viele Oberschwingungserzeuger vorhanden. Es bestehen Schaltzustände innerhalb des Netzes, die den Resonanzpunkt verschieben auf eine charakteristische Oberschwingungsfrequenz



und dadurch eine Resonanzverstärkung verursachen. Weitere Störgrößen werden über einen Koppelweg in das Kabelnetz eingespeist.

Hierbei sind

- Passive Filter
- Aktive Filter
- Netzdrosseln

zu verwenden um die für den Betrieb der Anlagen bzw. Anlagenteile notwendigen Randbedingungen einzuhalten.

### **3.4 EMV gerechte Verkabelung und Leitungsführung**

Alle Kabel und Leitungen sind so zu verlegen das sie bei Kreuzungen 90° zueinander verlaufen, Steuerleitungen in 30 cm Abstand bzw. durch Abschirmung von Leistungskabel zu verlegen sind. Reserveleitungen sind min. einseitig zu erden. Es sind Doppeladern statt gemeinsamen Rückleiter zu installieren (symmetrische Signalübertragung bei symmetrischen Quellen- und Senkenimpedanzen).

Weitere Punkte sind der Spezifikation C4.6 „Verkabelung, Installation, Beleuchtung, Steckdosen“ zu entnehmen.

### **3.5 Schirmung von Leitungen, Gehäusen und Räumen**

Leitungen sind den Umgebungsbedingungen anzupassen, die Gehäuse und Schränke sind zu erden und die Räume der Nutzung entsprechend in der Bauphase zu erden und schirmen. Weitere Details sind der Spezifikation C4.7 „Erdung, Blitzschutz, Potentialausgleich“ zu entnehmen.

### **3.6 Potentialtrennung**

Galvanische Trennung der Signalstromkreise an der Systemgrenze, unter Beachtung der parasitären Kopplungseigenschaften der potentialtrennenden Bauelemente.

### **3.7 Begrenzung**

Spannungsbegrenzende Bauelemente (Überspannungsableiter) zur Begrenzung der Spannung, jedoch geringer Einfluss auf Steilheit und die Quellen neuer Störgrößen wegen der Nichtlinearität. Ist mehr zum Schutz vor Zerstörung als zur Vermeidung von Funktionsbeeinträchtigung. Siehe hierzu auch Spezifikation C4.7 „Erdung, Blitzschutz, Potentialausgleich“

## **4 ERHÖHTE ANFORDERUNGEN IM KRAFTWERKSBEREICH**

Die Störgrößen für die einzelnen Störphänomene (siehe Punkt 4) sind im Kraftwerksbereich erhöht. Dadurch ergeben sich für sensible Bereiche im Kraftwerk niedrigere Grenzwerte, die teilweise unter denen der verschiedenen Normen liegen.

Für die folgende Aufschlüsselung werden die Kraftwerksbereiche betrachtet:

- Hochspannungsschaltanlagen
- Verfahrenstechnische Räume (Kesselhaus, Maschinenhaus u. a.)
- Schaltanlagenräume
- Batterieräume
- Leittechnikräume
- Warten
- Rechnerräume
- Haustechnikräume
- Kabelschächte und –geschosse

Die Normen für Prüf- und Messverfahren für die nachfolgend aufgeführten Störphänomene enthalten Prüfschärfegrade, die an die entsprechend auftretende Umgebung angelehnt sind. Die in diesem Abschnitt aufgeschlüsselten Kraftwerksbereiche werden nacheinander für jedes Störphänomen in die entsprechende Umgebungsklasse eingeordnet.

Zu jedem Störphänomen wird Eingangs der Vergleich auf den Prüfschärfegrad (Umgebungs-klasse) gezogen, wie er in der Fachgrundnorm DIN EN 61000-6-2 geltend für die Störfestigkeit im Industrie-be-reich vorgegeben wird.

## **4.1 Störphänomen – ESD**

DIN EN 61000-4-2

Die Vorgaben der Fachgrundnorm zum ESD bezogen auf die Prüfschärfegrade beinhalten die Klasse 2 und 3.

Die vorgenannten Kraftwerksbereiche sind alle, außer Büro und Verwaltung, in die Klasse 2 einzuordnen.

## **4.2 Störphänomen – HF Felder**

DIN EN 61000-4-3

Die Fachgrundnorm, bezogen auf den Prüfschärfegrad, gibt nur die Klasse 3 an.

Besonderheit: keine Prüfung oberhalb von 1000 MHz vorgeschrieben (DIN EN 61000 6 2:1999); Einschränkungen für Anwendung von tragbaren Sende- bzw. Empfangsfunkgeräten in der Nähe von Betriebsmitteln (Bereiche der Klasse 2).

## **4.3 Störphänomen – EFT / Burst**

DIN EN 61000-4-4

Die Fachgrundnorm bezieht sich beim EFT / Burst nur auf die Umgebungsklasse 3.

Die Freiluftanlagen können der Klasse 4 zugeordnet werden.

Besonderheit: Funktionserderanschlüsse werden wie Signalanschlüsse geprüft (halbe Prüfspannung der Stromversorgungsanschlüsse).

## **4.4 Stoßspannungen**

DIN EN 61000-4-5

Einige Kraftwerksbereiche sind den Bereichen der geforderten Umgebungsklasse 1 (Leittechnikräume, Warten, Rechnerräume) und 2 der Fachgrundnorm zuzuordnen bzw. haben höhere Anforderungen und sind der Klasse 3 (verfahrenstechnische Räume, Maschinenhaus, Schaltanlagenräume, Batterieräume, Haustechnikräume, Kabelschächte und –geschosse) bzw. 4 (Freiluftanlagen) zuzuordnen.

## **4.5 HF-leitungsgeführt**

DIN EN 61000-4-6

Die Fachgrundnorm bezieht sich nur auf die Umgebungsklasse 3.

Die Leittechnikräume, Warten und Rechnerräume werden der Klasse 2 zugeordnet.

Besonderheit: keine Prüfung im Frequenzbereich von 9 kHz bis 150 kHz erforderlich (DIN EN 61000-6-2); Einschränkungen für Anwendung von tragbaren Sende- bzw. Empfangsfunkgeräten in der Nähe von Betriebsmitteln (Bereiche der Klasse 2).

## **4.6 Magnetfelder technischer Frequenzen**

DIN EN 61000-4-8

Die Fachgrundnorm bezieht sich auf die Umgebungsklasse 4.

Die Freiluftanlagen können der Klasse 5 zugeordnet werden.

## **4.7 Impulsförmige Magnetfelder**

DIN EN 61000-4-9

Die Leittechnikräume, Warten, Rechnerräume, Büros und Verwaltung sowie Werkstätten werden der Klasse 2 zugeordnet. In die Klasse 4 fallen verfahrenstechnische Räume, Maschinenhaus, Schaltanlagenräume, Batterieräume, Haustechnikräume, Kabelschächte und Geschosse. Die Klasse 5 wird den Freianlagen zugeteilt.

Besonderheit: Impulsförmige Magnetfelder sind in der Fachgrundnorm DIN EN 61000-6-2 nicht erfasst.

## **4.8 Gedämpft schwingende Magnetfelder**

DIN EN 61000-4-10

Siehe Impulsförmige Magnetfelder

Besonderheit: Impulsförmige Magnetfelder

## **4.9 Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen, Spannungs-schwankungen**

DIN EN 61000-4-11

Gilt nur für Anlagenteile mit einem Netzeingangsstrom < 16 A.

Besonderheit: In der DIN EN 61000-4-11 sind keine Umgebungsklassen angegeben. Die DIN EN 61000-6-2 enthält nur Vorgaben für Spannungseinbrüche und –unterbrechungen (anwendbar nur für Wechselspannungsnetzeingänge mit einem Eingangsstrom < 16 A / Leiter).

## **4.10 Gedämpfte Schwingungen**

DIN EN 61000-4-12

Die Leittechnikräume, Warten, Rechnerräume, Büros und Verwaltung sowie Werkstätten werden der Klasse 2 zugeordnet. In die Klasse 3 fallen verfahrenstechnische Räume, Maschinenhaus, Schaltanlagenräume, Batterieräume, Haustechnikräume, Kabelschächte und Geschosse sowie die Freianlagen.

Besonderheit: Gedämpfte Schwingungen sind in der Fachgrundnorm DIN EN 61000-6-2 nicht erfasst. Für die Freianlagen gilt zusätzlich bei Nichteinhalten der Klasse 3 sind entsprechende Abhilfemaßnahmen zu treffen, da die Klasse 4 nicht anwendbar ist (DIN EN 61000-4-12).

# **5 GERÄTE- UND SYSTEMGRENZWERTE FÜR STÖRFESTIGKEIT UND STÖRAUSSENDUNG**

## **5.1 Störfestigkeit**

Für die Bewertung der Störfestigkeitsprüfung eines Gerätes (Betriebsmittels) sind folgende Bewertungskriterien gemäß DIN EN 61000-6-2 anzuwenden:

### Kriterium A:

Das Gerät (Betriebsmittel) muss während und nach der Prüfung bestimmungsgemäß arbeiten. Es darf keine Beeinträchtigung der Betriebsqualität bzw. kein Funktionsausfall unterhalb einer vom Hersteller beschriebenen minimalen Betriebsqualität bei bestimmungsgemäßen Betrieb auftreten. In bestimmten Fällen kann die minimale Betriebsqualität durch einen zulässigen Verlust der Betriebsqualität ersetzt werden. Sofern die minimale Betriebsqualität oder der zulässige Verlust der Betriebsqualität vom Hersteller nicht vorgegeben sind, darf jede dieser beiden Angaben aus der Produktbeschreibung und den Produktunterlagen abgeleitet werden, sowie aus dem, was der Nutzer bei bestimmungsgemäßem Gebrauch vernünftigerweise vom Gerät (Betriebsmittel) erwarten kann.

### Kriterium B:

Das Gerät (Betriebsmittel) muss nach der Prüfung bestimmungsgemäß arbeiten. Es darf keine Beeinträchtigung der Betriebsqualität bzw. kein Funktionsausfall unterhalb einer vom Hersteller beschriebenen minimalen Betriebsqualität bei bestimmungsgemäßigem Betrieb auftreten. In bestimmten Fällen kann die minimale Betriebsqualität durch einen zulässigen Verlust der Betriebsqualität ersetzt werden. Während der Prüfung ist eine Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens erlaubt, eine Änderung der eingestellten Betriebsart oder der Verlust gespeicherter Daten sind jedoch nicht zulässig. Sofern die minimale Betriebsqualität oder der zulässige Verlust der Betriebsqualität vom Hersteller nicht vorgegeben sind, darf jede dieser beiden Angaben aus der Produktbeschreibung und den Produktunterlagen abgeleitet werden, sowie aus dem, was der Nutzer bei bestimmungsgemäßigem Gebrauch vernünftigerweise vom Gerät (Betriebsmittel) erwarten kann.

#### Kriterium C:

Ein zeitweiliger Funktionsausfall ist erlaubt, sofern sich die Funktion selbst wiederherstellt oder durch Betätigen der Einstell- und Bedienelemente wiederherstellbar ist.

#### Kriterium D:

Das Gerät (Betriebsmittel) muss weiterhin bestimmungsgemäß arbeiten. Es darf keine Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens sowie kein Funktionsverlust auftreten, außer ein Fehlverhalten, das in einen sicheren Zustand fällt.

Wird das Gerät (Betriebsmittel) infolge der in dieser Richtlinie beschriebenen Prüfungen gefährlich oder unsicher, so ist anzunehmen, dass die Prüfung nicht bestanden wurde.

Sofern für ein Gerät (Betriebsmittel) eine Produktfamilien- oder Produktnorm existiert, die detailliertere Bewertungskriterien enthält, so sind diese anstelle der oben genannten allgemeinen Kriterien zu verwenden.

Die Störfestigkeitsanforderungen für die Zonen 0, 1A, 1B und 2 sind wie in der Definition beschrieben im Punkt 2.1 in folgende Schnittstellen unterteilt und jede Schnittstelle ist auf die entsprechenden Störphänomene nach DIN EN 61000-4-2 bis 12 (siehe Punkt 4) zu untersuchen. Das anzuwendende Kriterium A bis D ist in Klammern dargestellt (Randbedingungen für bestimmte Geräte, Bauteile und Anlagen beachten).

### **5.1.1 Zone 0 und 1A**

#### Gehäuse

- Elektromagnetisches HF Feld, amplitudenmoduliert (A)
- Magnetfelder energietechnischer Frequenz (A)
- Impulsförmige Magnetfelder (B)
- Gedämpft schwingende Magnetfelder (B)
- Entladung statischer Elektrizität (Kontaktentladung, Luftentladung) (B)

#### Signalanschlüsse

- Leitungsgeführte HF Störgrößen, asymmetrisch (A)
- Schnelle Transienten (B)
- Stoßspannungen (unsymmetrisch und symmetrisch) (B)
- Gedämpfte Schwingungen (unsymmetrisch und symmetrisch) (B)

#### Gleichspannungsnetzeingänge und –ausgänge

- Leitungsgeführte HF Störgrößen, asymmetrisch (A)
- Schnelle Transienten (B)
- Stoßspannungen (unsymmetrisch und symmetrisch) (B)
- Gedämpfte Schwingungen (unsymmetrisch und symmetrisch) (B)

Wechselspannungsnetzeingänge und –ausgänge

- Leitungsgeführte HF Störgrößen, asymmetrisch (A)
- Schnelle Transienten (B)
- Stoßspannungen (unsymmetrisch und symmetrisch) (B)
- Spannungseinbrüche (B und C)
- Spannungsunterbrechungen (C)
- Gedämpfte Schwingungen (unsymmetrisch und symmetrisch) (B)

Funktionserdeanschlüsse

- Leitungsgeführte HF Störgrößen, asymmetrisch (A)
- Schnelle Transienten (B)

### **5.1.2 Zone 1B und 2**

Gehäuse

- Elektromagnetisches HF Feld, amplitudenmoduliert (A)
- Magnetfelder energietechnischer Frequenz (A)
- Entladung statischer Elektrizität (Kontaktentladung, Luftentladung) (B)

Alle übrigen Schnittstellen sind wie bei den Zonen 0 und 1A zu prüfen.

## **5.2 Störaussendung**

Für die von dieser Spezifikation erfassten Betriebsmittel sind nachfolgend die Störaussendungen für die einzelnen EMV Zonen aufgeführt. Die Einhaltung der Grenzwerte ist durch Messung der Störaussendung für die vorhandenen Anschlüsse (Schnittstellen entsprechend der Definition im Punkt 3.1) des Gerätes (Betriebsmittels) nachzuweisen.

Die Störaussendungspegel sollten die Pegel der Störfestigkeit nicht überschreiten. Das gilt vor allem für Störphänomene, für die es keine festgelegten Grenzwerte in der Normung gibt.

Die Grenzen der Spannungseinsenkungen im Kraftwerkseigenbedarfsnetz sind in der Spezifikation C4.1 Elektrotechnische Ausrüstungen erläutert.

Eine Beschreibung der jeweiligen Messverfahren (Messaufbau, Durchführung, Messtechnik) findet sich in den zugehörigen Bezugsnormen

- DIN EN 55011 (Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte – Funkstörungen)

- DIN EN 55015 (Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen und ähnlichen Elektrogeräten)
- DIN EN 55022 (Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von Einrichtungen der Informationstechnik).

Da diese Standards eigenständige Produktfamiliennormen darstellen, bezieht sich der Verweis nur auf die Teile der Normen, welche die Messverfahren beschreiben.

### **5.2.1 Störaussendung in der Zone 0, 1A und 1B**

DIN EN 55011

Grenzwerte für leitungsgeführte Störgrößen – Wechselspannungsnetzanschluss

Grenzwerte für abgestrahlten Störgrößen bei einer Messentfernung von 30 m zum Gehäuse

### **5.2.2 Produktspezifische Störaussendung in der Zone 0, 1A und 1B**

#### **5.2.2.1 Aufzüge**

DIN EN 55011

Für Baugruppen von Aufzügen gemäß DIN EN 12015 mit einem Nennstrom  $I_{Nenn} < 25$  A gelten erleichterte Grenzwerte für die leitungsgeführten Störgrößen.

Grenzwerte für leitungsgeführte Störgrößen - Wechselspannungs-Netzanschluss

#### **5.2.2.2 Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV)**

DIN EN 50091-2; 55011

Für die USV-Systeme gelten die jeweiligen aktuellen DIN VDE und EN Normen in Bezug auf EMV.

Für die Netzanschlüsse sind die Störspannungsgrenzwerte der aktuellen VDE 0558-520 anzuwenden. Zusätzlich ist die Einhaltung von Störspannungsgrenzwerten für die Wechselspannungsausgänge nachzuweisen, hierzu sind die Werte der aktuellen DIN EN Norm zu entnehmen.

#### **5.2.2.3 Beleuchtungen**

DIN EN 55015

Es ist die Einhaltung der Grenzwerte nachzuweisen (zur Anwendbarkeit der einzelnen Prüfungen vgl. DIN EN 55015). Sofern Beleuchtungseinrichtungen bzw. ihre Zusatzgeräte mit Hochfrequenz arbeiten, sind zusätzlich die Grenzwerte für gestrahlte Störgrößen bei den für ISM-Geräten zugeteilten Frequenzen in einer Messentfernung von 10 m zum Gehäuse einzuhalten.

Grenzwerte für leitungsgeführte Störgrößen – Lastanschlüsse

Grenzwerte für leitungsgeführte Störgrößen – Steueranschlüsse

Grenzwerte für leitungsgeführte Störgrößen – Stromversorgungsanschlüsse

Grenzwerte der magnetischen Komponente der Störfeldstärke – Gehäuse

Grenzwerte für gestrahlten Störgrößen bei den für ISM-Geräten<sup>\*1)</sup> zugeteilten Frequenzen in einer Messentfernung von 10 m zum Gehäuse

\*1) ISM = Industrial, Scientific and Medical (deutsche industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte)

#### **5.2.2.4 Nachrichtentechnik und Informationstechnik**

DIN EN 55022

Für Einrichtungen der Informationsverarbeitungstechnik und Telekommunikationstechnik (ITE) entsprechend DIN EN 55022 ist zusätzlich zu den Anforderungen für die Störaussendung in den Zonen 0, 1A und 1B die Einhaltung der Grenzwerte für die Störspannung an den Telekommunikationsanschlüssen nachzuweisen.

Grenzwerte für asymmetrische leitungsgeführte Störgrößen – Telekommunikationsanschlüsse.

#### **5.2.2.5 Lichtbogenschweißgeräte**

DIN EN 55011

Es gelten erleichterte Grenzwerte für die Störspannung an den Netzanschlussklemmen und für die elektromagnetische Störstrahlung.

Grenzwerte für leitungsgeführte Störgrößen - Wechselspannungs-Netzanschluss.

Grenzwerte für abgestrahlten Störgrößen bei einer Messentfernung von 30 m zum Gehäuse.

#### **5.2.2.6 NS-Schaltgeräte (Halbleiter-Motor-Steuergeräte und Motorstarter für Wechselspannung)**

DIN EN 55011

Halbleiter-Motor-Steuergeräte und Motorstarter für Wechselspannung.

Es gelten die erleichterten Grenzwerte für die Störspannung an den Netzanschlussklemmen wie nach Punkt 5.2.2.5.

#### **5.2.2.7 NS-Schaltgeräte (Steuer- und Schutz-Schaltgeräte CPS)**

DIN EN 55011

Für Steuer- und Schutz-Schaltgeräte mit einem Bemessungsbetriebsstrom  $I_e > 100$  A gelten die erleichterten Grenzwerte für die Störspannung an den Netzanschlussklemmen wie nach Punkt 5.2.2.5.

#### **5.2.2.8 Drehzahlveränderliche elektrische Antriebe**

DIN EN 55011

Es sind die Grenzwerte der Störspannung an den Netzanschlüssen wie nach Punkt 5.2.2.1 nachzuweisen.

Für die abgestrahlte Störaussendung gelten folgende Grenzwerte:

Grenzwerte für abgestrahlten Störgrößen bei einer Messentfernung von 30 m zum Gehäuse.

#### **5.2.2.9 Störaussendung in der Zone 2**

DIN EN 55022



Grenzwerte für leitungsgeführte Störgrößen - Wechselspannungs-Netzanschluss.

Grenzwerte für gestrahlten Störgrößen bei einer Messentfernung von 10 m zum Gehäuse.

### **5.2.3 Produktspezifische Störaussendung in der Zone 2**

#### **5.2.3.1 Beleuchtungseinrichtungen**

Für Beleuchtungseinrichtungen gemäß DIN EN 55015 sind die Grenzwerte der Beleuchtungseinrichtungen für die Zonen 0, 1A und 1B einzuhalten.

#### **5.2.3.2 Nachrichtentechnik und Informationstechnik**

Für Einrichtungen der Informationsverarbeitungstechnik und Telekommunikationstechnik (ITE) entsprechend DIN EN 55022 ist zusätzlich die Einhaltung der Grenzwerte für die Störspannung an den Telekommunikationsanschlüssen nachzuweisen.

## **6 WEITERE TECHNISCHE MAßNAHMEN**

### **6.1 Filtereinsatz**

Der Spannungsklirrfaktor ist bei den großen drehzahlgeregelten Einheiten weitgehend auf die Motorschienen zu begrenzen.

Die Klirrfaktorbelastung der NS- und MS-Schienen sind demzufolge durch Filter bei den einzelnen Umrichtern so gering wie möglich zu halten.

### **6.2 Anordnungsplanung**

Bei der Anordnung von Antrieben mit Umrichtersteuerungen ist darauf zu achten, dass Umrichter und Antrieb möglichst nahe beieinander angeordnet werden, um zwischen diesen Einheiten große Kabellängen zu vermeiden.

Das gleiche gilt für die Entfernung zwischen Umrichtertrafo und Umrichter bei drehzahlregelbaren Antrieben großer Leistung.

Bei größeren Leitungslängen sind Sinus-Filter einzusetzen.

### **6.3 Verkabelung umrichtergesteuerter Antriebe**

Die Leistungskabel von umrichtergesteuerten Antrieben sind oberwellenbehaftet. Zur Vermeidung kapazitiver Einstreuungen in parallel verlaufende Kabel und Leitungen sollten deshalb für die Verlegung von Leistungskabeln umrichtergesteuerter Antriebe grundsätzlich geschirmte Kabel zum Einsatz kommen. Kabeltyp und Querschnitt sind jeweils mit dem Umrichterlieferant abzustimmen.

Bei 12 oder höher pulsigen Antrieben ist zu beachten, dass die Leistungskabel zwischen Umrichtertrafo und Umrichter, sowie zwischen Umrichter und Motor alle 6pulsigen Anteile der Harmonischen aufweisen. Die Auslöschung der niedrigeren Harmonischen erfolgt erst im Umrichtertrafo. Da die niedrigeren

Harmonischen im allgemeinen größere Amplituden aufweisen als die höheren Harmonischen, ist bei umrichtergesteuerten Antrieben großer Leistung besonders sorgfältig auf Schirmung der Leistungskabel zu achten, ggf. muss die Kabelverlegung auf geschlossenen Kabelpritschen erfolgen. Der Einsatz von speziellen symmetrischen Mehraderleitungen ist mit den Umrichterlieferanten abzuklären.

## 6.4 Erdung in NS Schaltanlagen

In NS-Verteilnetzen mit unsymmetrischen Belastungen (Speisung einphasiger Verbraucher) und einem PEN Leiter (TN-C Netz) können EMV Störungen auftreten, da

- der Betriebsstrom eine ständige Spannung mit Netzfrequenz zwischen zwei beliebigen Stellen des PEN-Leiters entstehen lässt,
- wegen des Ein- und Ausschaltens von Verbrauchern der PEN-Leiter Spannungsausgleichsvorgängen unterworfen ist.

Bei getrennter Verlegung von N-Leiter und PE-Leiter (TN-S Netz) treten diese EMV Nachteile nicht auf, wodurch ein störungsfreier Betrieb elektrischer Betriebsmittel ermöglicht wird.

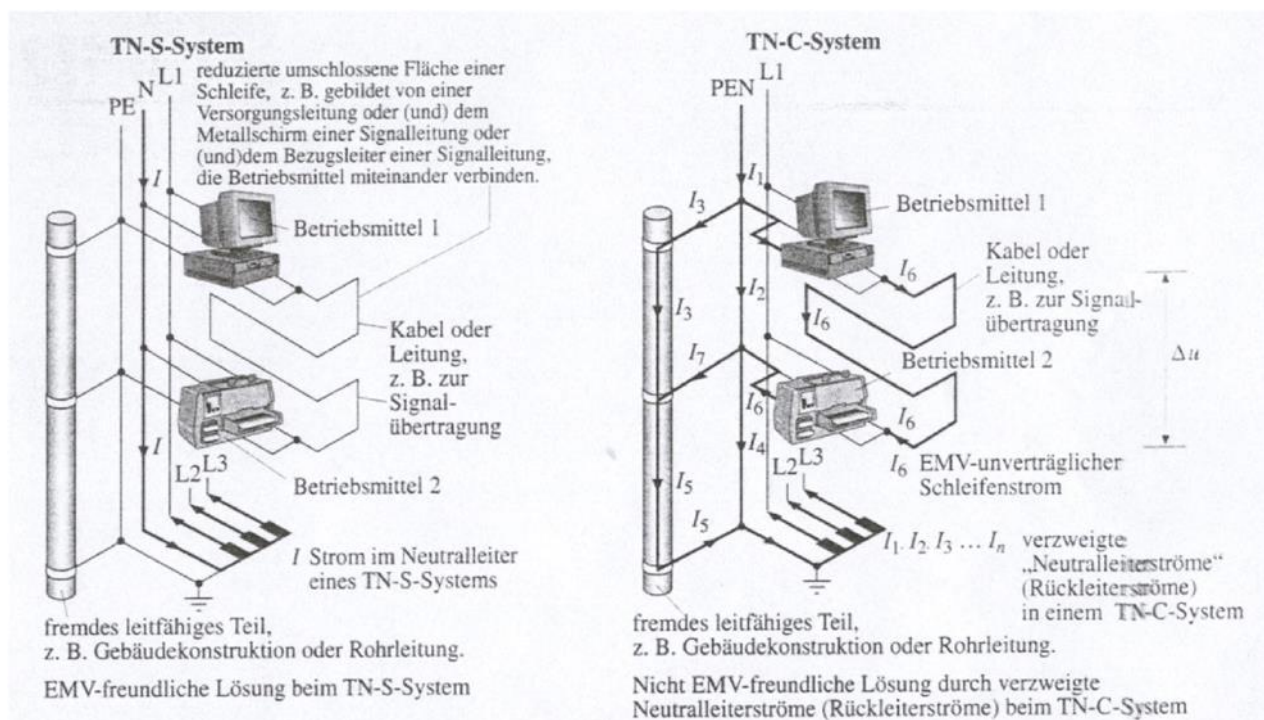


Bild: 1

Bild: 2

Quelle: VDE Schriftenreihe 66 (EMV nach VDE 100)

## 6.5 Umschalt- oder Parallelbetrieb von Einspeisungen

Bei Mehrfach-Einspeisungen (Umschalt- oder Parallelbetrieb) von Transformatoren werden häufig auch mehrere Erdungsanlagen (Erder) parallel geschaltet, wodurch es ebenfalls Probleme mit der EMV

geben kann. Die Probleme entstehen durch Ausgleichsströme (Unsymmetrieströme) auf dem PEN-Leiter, dem Schutzleiter, der Potentialausgleichsschiene, dem Fundamenterder und im Erdreich.

Abhilfe kann eine Schaltung gemäß Bild 3 schaffen. Zu beachten ist, der PEN-Leiter muss in seinem gesamten Verlauf isoliert verlegt sein. (Siehe auch IEC 60364-5-54:1980-01 / Abschnitt 546.2.2 oder DIN VDE 0100 Teil 540:1991-11/Abschnitt 8.2.2)

Die konsequente und lückenlose Umsetzung der Erdungsmaßnahmen gemäß Bild 3 für die 400 V - NS-Schaltanlage sowie die daran angeschalteten Unterverteilungen und Black-Boxen ist entscheidend für den störungsfreien Betrieb der Anlagen.

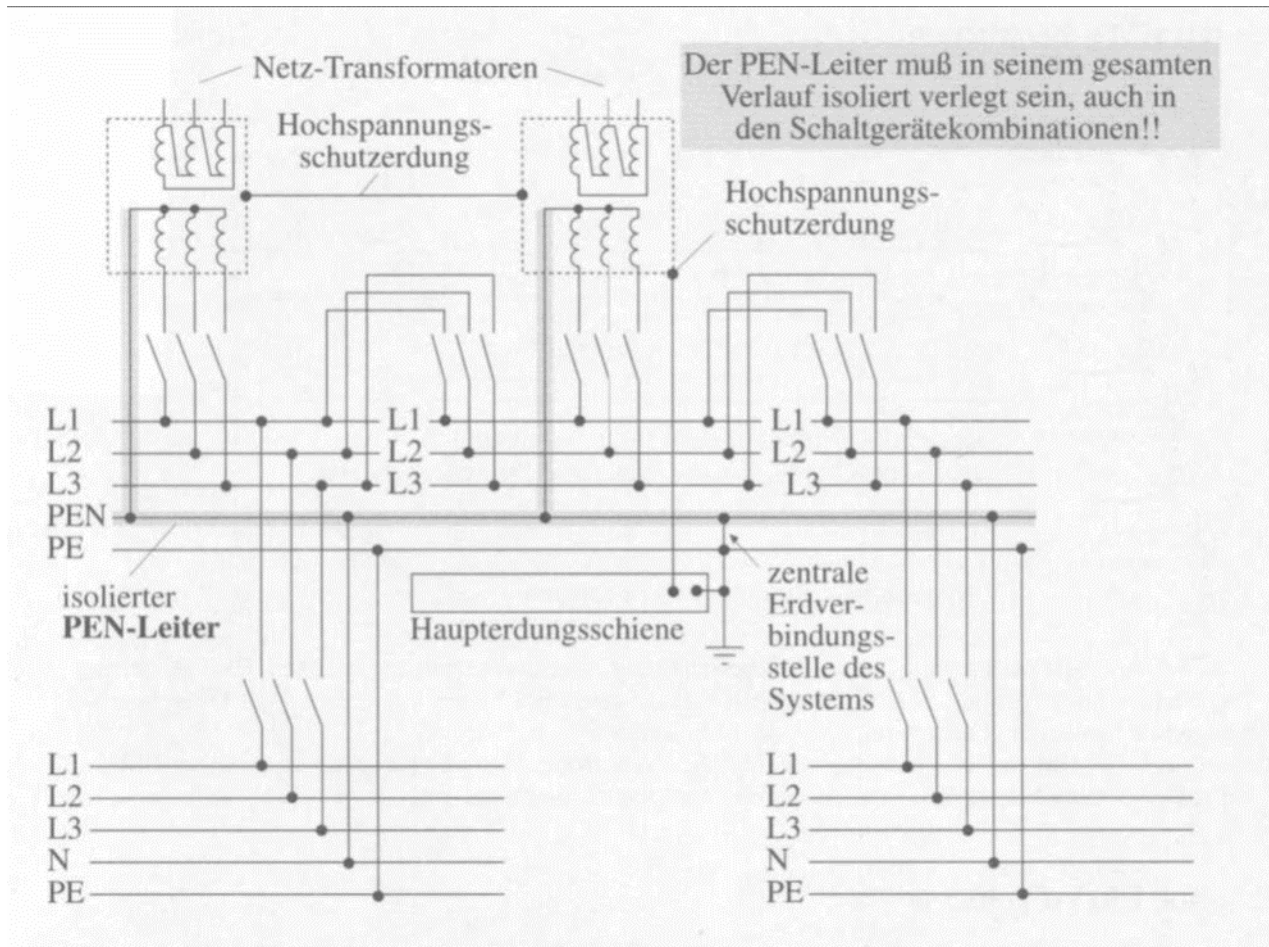


Bild: 3 Elektromagnetisch verträgliches TN – System bei Einspeisung mehrerer Transformatoren, die „zentrale Erdverbindungsstelle“ sollte möglichst symmetrisch zwischen den Stromquellen angeordnet werden. Quelle: VDE Schriftenreihe 66 (EMV nach VDE 100)

## 6.6 Schaltschränke

Die Anordnung der Komponenten im Schaltschrank hat wesentlichen Einfluss auf den ungestörten Zustand der Anlage und die Maschinenfunktion. Um elektromagnetische Beeinflussungen wirksam auszuschließen, ist es zweckmäßig, eine Aufteilung in Bereiche unterschiedlichen Leistungs- und Störniveaus vorzunehmen. Des Weiteren ist es sinnvoll die zum Einsatz kommenden Baugruppen hinsichtlich der EMV-Verträglichkeit zu bewerten. Für den Schrank selbst sind folgenden Punkte mit zu beachten:

Bei Gehäusen und Schränken sind alle abnehmbaren Teile mit einem Potentialausgleichsleiter zu verbinden. Weiterhin sind die Gehäuseteile selbst untereinander mehrfach leitend zu verbinden.

Für eine hohe Schirmungsdämpfung sind alle Dichtungen als Metallgeflechte auszuführen und alle Lüftungsöffnungen mit HF-Metallgitter abzudecken.

Eintretenden Leitungen sind sofern möglich über Schirmklemmen zu führen, falls dies nicht möglich ist sind geeignete Filter vorzusehen.

Die Montageplatte sollte zur besseren hochfrequenten Verbindung unlackiert sein.

Im Schrank ist ein zentraler Erdungspunkt zu definieren, üblicherweise eine Erdungsschiene.

Bei Schrankreihen sind diese untereinander über die Erdungsschienen zu verbinden.

Störquellen (Betriebsmittel) sind großflächig und niederohmig zu erden.

Relais, Schütze und Magnetventile müssen durch Funkenlöschkombinationen bzw. durch überspannungsbegrenzende Bauelemente beschaltet sein.

Netzfilter oder Funkentstörfilter in Abhängigkeit der Störfrequenzen am Netzeingang erhöhen die Störfestigkeit der Schaltsysteme.

## 6.7 Klassifizierung leitungsgebundener Signale

Klassifizierung der Signale nach Störvermögen und Störfestigkeit:

Klasse	Störbehaftet	Empfindlich	Beispiel: Übertragene Signale bzw. angeschlossene Geräte
1 Empfindlich		++	- Kleinleistungsgeräte mit Analogausgang, Messwandler, usw. Meßkreise (Sonden, Messwandler, usw.)
2 Wenig empfindlich		+	- Steuerstromkreise für Widerstandslasten - digitale Kleinleistungstechnik (Bus, usw.) - Kleinleistungsgeräte mit Digitalausgang Messwandler usw.) - Gleichstromnetze für kleine Leistungen
3 Geringfügig störbehaftet	+		--- Steuerstromkreise für induktive Lasten (Relais, Schütze, Spulen, Wechselrichter, usw.) mit entsprechendem Schutz Wechselstromnetzteile Hauptstromversorgung von Geräten mit hoher Leistungsaufnahme
4 Störbehaftet	++		- Schweißautomaten -- Laststromkreise im allgemeinen Leistungselektronik (Frequenzumrichter) - Schaltregelnetzteile, usw.

## 6.8 Auswahl der Kabel und Leitungstypen

### 6.8.1 Empfohlene Kabel- und Leitungstypen in Abhängigkeit von der Klasse des geführten Signals

Klasse	EMV-Verhalten	Eindrätig	Verdrillte Zweidrahtleitung	Geschirmte Leitung	Geschirmt (Folien-schirmung)	Geschirmtes Hybridkabel (Folien- und Geflechschirmung)
1	Empfindlich	-	+	+	o	o
2	Wenig empfindlich	+	+	+	o	o
3	Gering störbehaftet	+	+	+	o	o
4	Störbehaftet	-	-	-	+	+

(-) Nicht empfehlenswert

(+) Empfehlenswert Kosten vertretbar

(o) Wenig empfehlenswert relativ hohe Kosten



## 6.8.2 Empfohlene Kabel- und Leitungstypen in Abhängigkeit der Entkopplung

Typ	Leitungsgebunden	Gestrahlt			Kopplung			Schärfe-grad	Anwendungsgebiet
		NF: 0-50Hz	HF<5MHz	HF>5 – 30MHz	Asym- metr. Spannung	Symmetr. Span- nung	sprechen, kapazi- tive/ in- duktive Kopplung		
eindräftig	Keine Auswirkung	Durchschnittlich	Zufriedenstellend	Mangelhaft	Schlecht	Schlecht	Schlecht		Unempfindliche Geräte, nur für niederfrequente Anwendungen
Zweidräftig parallel		Durchschnittlich	Zufriedenstellend	mangelhaft					
Zweidräftig verdreht		gut	Gut bis 100 kHz	Zufriedenstellend	Schlecht	Gut	Schlecht	Geringfügig störbehaftete Geräte	Büroumgebung Industrieumgebung mit geringem Verschmutzungsgrad
Zweidräftig verdreht geschirmt		Gut	Gut	Durchschnittlich	Gut	Ausgezeichnet	Gut	Geringfügig industrielle Störungen	Büroumgebung Industrieumgebung mit geringem Verschmutzungsgrad geführte Signale <10 MHz
Schirmung mit Al-Folie		Durchschnittlich	Zufriedenstellend	mangelhaft			Durchschnittlich	Geringfügig industrielle Störungen (Rundfunksender, Leuchtstoffröhren)	Industrieumgebung mit geringem Verschmutzungsgrad LAN-Vernetzung EDV-Geräte in Büroumgebung
Geflecht		Ausgezeichnet	Ausgezeichnet	gut			gut	Klassische industrielle Störungen	Klassische industrielle Umgebung, EDV-, Meß- und Regeltechnik LAN-Vernetzung Motorsteuerung, usw
Doppelschirm		Ausgezeichnet	Ausgezeichnet	Ausgezeichnet			gut	Industrielle Störungen	Signalleitungen
Folien + Geflecht-schirmung		Ausgezeichnet	Ausgezeichnet	Ausgezeichnet			gut	Starke industrielle Störungen (Schwerindustrie)	Hochempfindliche Geräte in stark gestörten Umgebungen