

Grundlagenreihe EMV Richtlinien Teil 7

Induktive Kopplung

Definition

Der Störer und das Opfer sind durch ein magnetisches Feld gekoppelt. Das Ausmaß der Störung hängt von den Spannungsschwankungen (di/dt) und der induktiven Kopplung ab.

Die induktive Kopplung erhöht sich mit:

- der Frequenz,
- der Nähe des Störers zum Opfer und der Länge der parallelen Kabel,
- der Höhe der Kabel in Bezug auf eine Bezugsmasse,
- der Lastimpedanz des Störkreises.

Beispiele

(siehe Abb. R38)

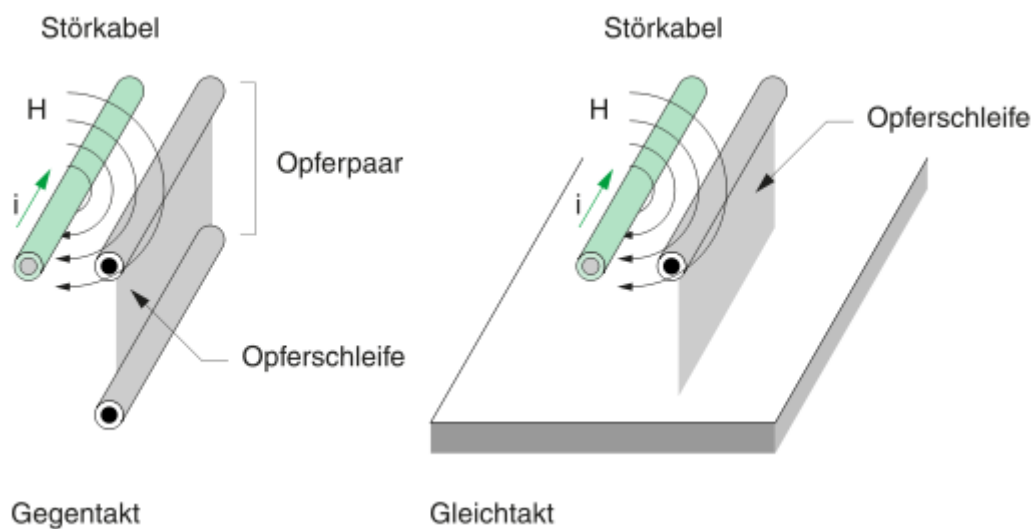


Abb. R38: Beispiel für induktive Kopplung

- Nahegelegene Kabel unterliegen schnellen Stromschwankungen (di/dt),
- Kurzschlüsse,
- Fehlerströme,
- Blitzschläge,
- Stator-Steuerungssysteme,
- Schweißmaschinen,
- Drosseln.

Gegenmaßnahmen

Die vorrangigen Gegenmaßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen der induktiven Kopplungen sind nach EN 50174-2 (VDE 0800-174-2):

- Symmetrische Übertragung auf symmetrische Leitungsanlagen:

Die einzelnen Leiter sind miteinander verdreht; die Oberfläche möglicher Induktionsschleifen sind sehr klein. Nur wenige Magnetfeldlinien durchdringen diese Schleifen. Benachbarte Verdrehungen induzieren Spannungen entgegengesetzter Phase, die sich folglich gegenseitig auslöschen. Die induzierten Spannungsdifferenz zwischen den beiden Leitern ist annähernd Null. Andererseits wird eine Gleichtaktstörung in der Schleife induziert, die aus den (verdrehen) Leitern und der Erdung (engl.: earth) gebildet wird. Der Einfluss auf das Gerät wird durch die Gleichtaktunterdrückung des zugehörigen Signalanschlusses verringert.

- Geschirmte Leitungsanlagen:

Geschirmte Leitungsanlagen bieten – abhängig von der Frequenz und den verwendeten Werkstoffen – Schutz gegen Magnetfelder, wenn der Schirm an beiden Kabelenden geerdet ist. Im Allgemeinen besteht kein ausreichender Schutz gegen Magnetfelder, wenn der Kabelschirm nicht mit Erdpotential verbunden ist. Es gibt Ausnahmen von dieser Regel, wenn z.B. der nichtverbundene Kabelschirm auf der Oberfläche von oder nah bei einer Erdungseinrichtung angebracht ist.

- Kabelführungssysteme aus Metall oder aus speziell für EMV-Zwecke ausgelegtem Verbundwerkstoff.

Kabelführungssysteme aus Metall oder aus speziell für EMV-Zwecke ausgelegtem Verbundwerkstoff können den Einfluss von Magnetfeldern vermindern, wenn:

- o die Elemente einen ordentlichen Potentialausgleich haben,
- o das Kabelführungssystem an beiden Enden niederohmig geerdet ist,
- o die Frequenz oberhalb eines Mindestwertes liegt (abhängig von Werkstoff und Dicke).

Das störende Magnetfeld induziert auch einen Strom in der Schleife, die aus Kabelführungssystem und der Erde gebildet wird. Dieser Strom erzeugt ein entgegengesetztes Magnetfeld, welches das ursprüngliche kompensiert. Der Effekt kann zumindest mit einem parallel zum Kabel verlegten Parallelerdungsleiter (PEC) verbessert werden. Sein Prinzip wird in IEC/TR 61000-5-3 erklärt.

Da sowohl kapazitive als auch induktive Kopplung gleichzeitig vorhanden sind, berücksichtigt der Verbundwerkstoff die Wirkung eines jeden Beitrages, sofern nicht einer von beiden vernachlässigt werden darf.

Strahlungskopplung

Definition

Der Störer und das Opfer sind über ein Medium gekoppelt (z.B. Luft). Das Ausmaß der Störung hängt von der Stärke der Strahlungsquelle und der Wirksamkeit der Sende- und der Empfangsantenne ab. Ein elektromagnetisches Feld enthält sowohl ein elektrisches als auch ein magnetisches Feld. Die beiden Felder korrelieren miteinander. Die elektrischen und die magnetischen Komponenten können separat analysiert werden.

Das elektrische Feld (E-Feld) und das magnetische Feld (H-Feld) sind in Kabel- und Leitungsanlagen über die Leitungen und Schleifen gekoppelt (siehe **Abb. R39**).

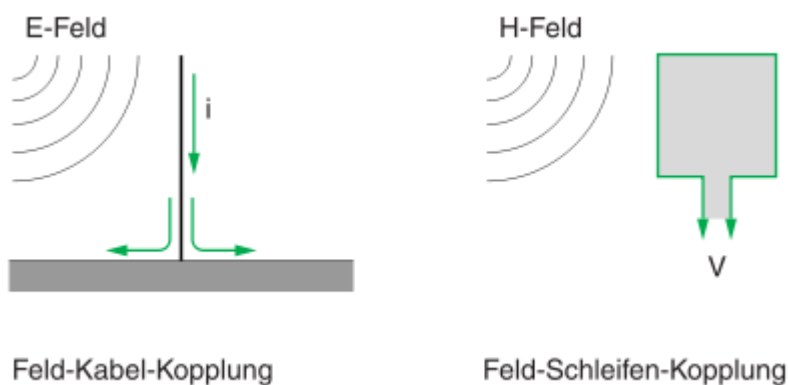


Abb. R39: Definition der Strahlungskopplung

Wenn ein Kabel einem veränderlichen elektrischen Feld ausgesetzt ist, wird im Kabel ein Strom erzeugt. Diese Erscheinung wird Feld-Kabel-Kopplung genannt.

Ebenso gilt, wenn ein veränderliches magnetisches Feld durch eine Schleife fließt, wird eine Gegen-EMK erzeugt, die zwischen den beiden Enden der Schleife eine Spannung erzeugt. Diese Erscheinung wird Feld-Schleifen-Kopplung genannt.

Beispiele

(siehe **Abb. R40**)

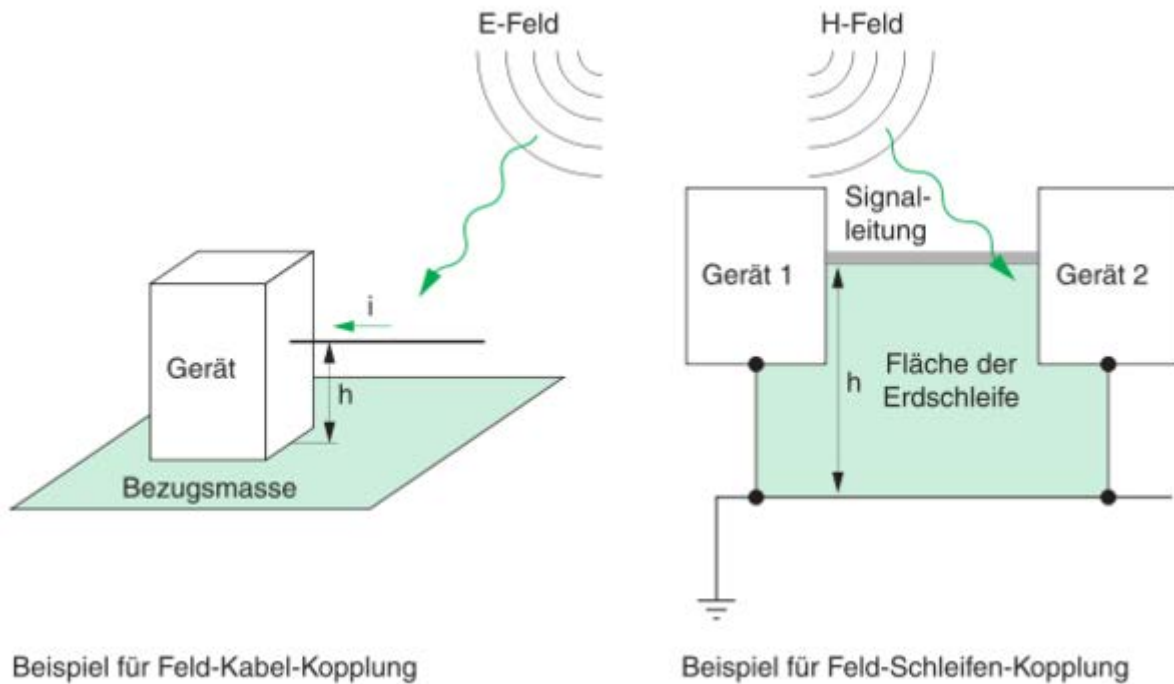


Abb. R40: Beispiele für Strahlungskopplung

- Funkübertragungsausrüstungen (Funksprechgeräte, Radio- und Fernsehsender, Mobile Services),
- Radar,
- Zündungssysteme von Kraftfahrzeugen,
- Lichtbogenschweißgerät,
- Induktionsöfen,
- Niederspannungsschaltanlagen,
- elektrostatische Entladungen (ESD),
- Beleuchtung.

Gegenmaßnahmen

Die vorrangigen Gegenmaßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen der gestrahlten Kopplung sind:

Bei einem Feld auf ein Kabel

- Verringern der Antennenwirkung des gestörten Kabels durch:
 - o Verringerung der Höhe (h) des Kabels in Bezug auf die Bezugsmasse
 - o Verlegen des Kabels in aus Metall oder aus für EMV-Zwecke ausgelegtem Verbundwerkstoff (Rohr, Kabelkanal, Kabelwanne)
- Verwenden von geschirmten Kabeln und bestimmungsgemäß mit dem Potentialausgleich verbundene Kabel
- verlegete Parallelerdungsleiter (PECs)
- Einbau von Filtern oder Ferritringen am gestörten Kabel usw.

Bei Feld-Schleifen-Kopplung

- Verringern der Fläche der Opferschleife durch Verringerung der Höhe (h) und der Länge des Kabels. Verwenden der Lösungen für die Feld- auf Kabel-Kopplung. Nutzen des Prinzips des Faraday'schen Käfigs.

Verwendung des Prinzips des Faraday'schen Käfigs:

Eine mögliche Lösung ist ein geschirmtes Kabel, das an beiden Enden mit der Schirmung des Gerätes verbunden ist. Das Gerät braucht im Falle hoher Frequenzen nicht geerdet zu sein. Werden beide Geräte mit Erde verbunden, sollten Schleifenströme vermieden oder zumindest verringert werden. Abgestrahlte Kopplung nimmt mit der Entfernung und durch die Verwendung der symmetrischen Übertragung auf symmetrische Verkabelung ab.

Das EMV-Konzept

Fragestellungen im Hinblick auf die praktische Ausführung von EMV-Konzepten nach EN 50174-2 (VDE 0800-174-2).

Man beantworte die EMV Prüfliste in der nachfolgenden Tabelle schrittweise und hake die Punkte ab, sofern zutreffend.

Zu berücksichtigende Gesichtspunkte		Antwort	Kommentar	
		Ja	Nein	
1	Gebäude	$\Delta^{[1]}$	$O^{[1]}$	
1a)	Bestehendes Gebäude	Δ	O	
1b)	Neues Gebäude geplant?	Δ	O	
1c)	Neues Gebäude vorhanden?	Δ	O	
1d)	Neues und bestehendes Gebäude gemischt?	Δ	O	
1e)	Krankenhaus	Δ	O	
2	Stromverteilungsanlage			
2a)	TN-S?	O	O	beste Lösung
2c)	TN-C-S?	Δ	O	
2d)	TN-C?	Δ	O	

2e)	TT?	Δ	O	
2f)	IT?	Δ	O	
3	Störquellen			
3a)	Umspannstation?	Δ	O	
3b)	Nähe zu elektrischen Transportmitteln?	Δ	O	
3c)	Nähe zu Hochspannungsleitungen?	Δ	O	
3d)	Lichtbogenschweißgerät?	Δ	O	
3e)	Frequenzinduktionsheizgeräte?	Δ	O	
3f)	Übertragungseinrichtungen (Rundfunk, Fernsehen, Funktelefon und Radar?	Δ	O	
3g)	Entsprechen die installierten Einrichtungen(2) den betreffenden europäischen EMV-Normen?	O	Δ	
3h)	Geschirmte Stromversorgungsleitungen?	Δ	O	
3i)	Nähe zu koaxialer oder unsymmetrischer Verkabelung?	Δ	O	
4	Kundenanforderungen bezüglich Vertraulichkeit			
4a)	Sehr empfindliche Anwendung(en)?	Δ	O	
4b)	Krankenhausumgebung?	Δ	O	
5	Struktur der bestehenden oder (und) zukünftigen Erdungs- und Potentialausgleichsanlage			
5a)	Vermaschte Topologie, gemeinsame Potentialausgleichsanlage (CBN) oder vermaschte Potentialausgleichsanlage (MESH-BN)?	O		
5b)	Sterntopologie, getrennte Potentialausgleichsanlage (IBN) oder vermaschte getrennte	Δ		

	Potentialausgleichsanlage (MESH-IBN)?			
5c)	Stammstruktur?	Δ		
5d)	Mehr als eine Antwort zu a), b), c)?	Δ		
6	Kabelführungssysteme, Doppelböden			
6a)	1. Anwendungsneutrale Leitungsanlage parallel zu Stromversorgungsleitungen? 2. Gebäudeverkabelung parallel zu Stromversorgungsleitungen?	Δ Δ	O O	
6b)	Kabelführungssystem aus Kunststoff oder Metall (Aluminium oder Stahl)?	Δ Δ Δ	O O O	Kunststoff Stahl Aluminium
6c)	Trennung zwischen informationstechnischer Verkabelung und Stromversorgungsleitungen aus Kunststoff oder Metall?	Δ O O	Δ Δ Δ	Kunststoff Stahl Aluminium
6d)	Sind die Kabelführungssysteme (aus Metall oder speziell für EMV-Zwecke ausgelegtem Verbundwerkstoff) regelmäßig oder wenigstens an den beiden Enden geerdet?	O	Δ	
6e)	Ist die Verkabelung zwischen Gebäuden mit metallenen Kabeln ausgeführt?	Δ	O	

Anmerkung 1: O = keine Handlungsbedarf, Δ = s.u. (Maßnahmen auf die Antworten von Tabelle)

Anmerkung 2: Dies bezieht sich nicht nur auf die angeschlossenen Geräte, sondern auch auf andere Geräte in der Umgebung (z.B. Kopierer, Beleuchtung mit Fluoreszenzlampen).

Maßnahmen auf die Antworten von Tabelle

- Gebäude

1a) Bestehendes Gebäude?

Ja In alten Gebäuden ist die Wahrscheinlichkeit am größten, dass ungünstige Stromverteilungsanlagen vorliegen und das Erdungs- und Potentialausgleichssystem auf sehr alten Konzepten beruht. Darüber hinaus sind einige ältere Gebäude durch besondere Gesetze geschützt, die nicht alle Veränderungen am Gebäude zulassen. Zum Beispiel ist es nicht überall zulässig, Löcher zu bohren oder Holzteile zu entfernen, und technische Einrichtungen müssen ohne Beeinträchtigung der Architektur eingebracht werden.

Besonders kritisch:

Es ist eine vollständige und sehr präzise Analyse erforderlich. Man beantworte alle Fragen und erstelle einen Maßnahmenkatalog, um sicherzustellen, dass die Installation funktionieren wird. Korrekturmaßnahmen sind teuer, daher sind frühzeitig Informationen seitens des Kunden zur Entscheidungsfindung und Kostenplanung erforderlich.

1b) Neues Gebäude geplant?

Ja Man nutze die Gelegenheit, die Planungstätigkeit des Architekten zu beeinflussen, um ein integriertes EMV-Konzept zu erhalten, z.B.:

- o Stromverteilungsanlagen in TN-S-Ausführung
- o Raum für Kabelführungssysteme, Schränke
- o Bereitstellung von Erdung und Potentialausgleich in angemessener Weise an der geforderten Stelle
- o Trennung der Wege für anwendungsneutrale Verkabelung und Beleuchtung mit Fluoreszenzlampen

1c) Neues Gebäude vorhanden?

Ja Es treffen die gleichen Probleme zu, die in 1a) beschrieben sind, ausgenommen:

- o im Allgemeinen ist die Verteilungsanlage in TN-S-Ausführungen vorhanden
- o eine Potentialausgleichsanlage ist verfügbar.

1d) Neues oder bestehendes Gebäude gemischt?

Ja Die Kombination von alten und neuen Gebäuden ist genauso problematisch wie Installationen in alten Gebäuden. Die Kombination verschiedener Systeme schafft viele Probleme. Man prüfe, ob die Stromverteilungsanlage vom gleichen Typ ist, vorzugsweise ein TN-S-System.

Mögliche Lösungen:

- o Alle Gebäude haben ein TN-S-System.
- o Man verbinde beide Schutzleiter der TN-C-Systeme am Haupterdungsanschluss.
- o Man verwende Trenntransformatoren.
- o Man verwende Lichtwellenleiter ohne metallenen Mantel.
- o Informationen über Erdung und Potentialausgleich wie vor beschrieben.

1e) Krankenhaus?

Ja Bei Installationen in Krankenhäusern sind aus folgenden Gründen abweichende Vorkehrungen erforderlich:

- o Einfluss informationstechnischer Signale auf medizinische Geräte:

Einrichtungen für die Intensivpflege, Herzschrittmacher, Überwachungseinrichtungen usw.

- o Einfluss der Signale medizinischer Geräte auf informationstechnische Signale:

Geräte mit starker Signalabstrahlung, Mikrowellen usw.;

- o höhere Klasse von Brandschutzmaßnahmen: Man erkundige sich nach allen für den Krankenhausbereich zutreffenden Gesetzen und Verordnungen und befolge diese genau. Es werden keine Ausnahmen zugelassen.

- Stromverteilungsanlage

2a) TN-S-System?

Ja Beste EMV-Lösung.

2b) TN-C-S-System?

Ja Weitere Informationen wie vor beschrieben.

Bei geschirmter Verkabelung in Verbindung mit einem TN-C- oder TN-C-S-System und Geräten der Schutzklasse I ist eine Schirmunterbrechung und im Allgemeinen die Installation einer Schutzeinrichtung erforderlich, die die Unterbrechung überbrückt.

2c) TN-C-System?

Ja Der Hinweis in 2b) bezüglich der Unterbrechung von Schirmen gilt auch hier.

2d) TT-System?

Ja Weitere Informationen wie vor beschrieben

- Störquellen

3a) Umspannstation?

Ja Erzeugung störender 50-Hz-Magnetfelder. Anstieg des Erdungspotentials.

3b) Nähe zu elektrischen Transportmitteln?

Ja Siehe 3e).

3c) Nähe zu Hochspannungsleitungen?

Ja Siehe 3e).

3d Lichtbogenschweißgerät?

Ja Siehe 3e).

3e Frequenzinduktionsheizgeräte?

Ja In dieser Umgebung treten häufig Phänomene mit niederfrequenten Strömen hoher Stärke auf.

Mögliche Lösungen:

- o Man stelle die Verwendung von Geräten mit erhöhten Störfestigkeitsanforderungen sicher;
- o Man vermeide galvanische und induktive Kopplung.
- o Man fordere vom Hersteller Informationen über Feldstärken bezogen auf die Abstände;
- o Man verwende
 - Schirmtechniken;
 - ausreichenden Abstand von der Hochspannungsinstallation
 - nebeneinander liegende Wege von Stromversorgungsleitungen und Signalkabeln für die informationstechnischen Geräte
 - geschirmte Stromversorgungsleitungen und Signalkabel. Der Schirm muss an beiden Enden dem Gerät auf gleiches Potential gelegt werden.
 - Stahlröhren mit dickerer Wand, die an vielen Stellen geerdet sind;
 - Lichtwellenleiter ohne metallenen Mantel.

3f) Übertragungseinrichtungen (Rundfunk, Fernsehen, Funktelefon und Radar)?

Ja 1) Fest installierter Sender: Man messe die Feldstärke und installiere die Bauteile entsprechend den Messwerten.

2) Beweglicher Sender: Man analysiere die ungünstigste Situation der Übertragungseinrichtung, den Hersteller oder das Telekommunikationsunternehmen nach Signalpegeln und installiere Bauteile entsprechend den angegebenen Werten. Das Konzept für Erdung und Potentialausgleich ist im Einzelnen zu prüfen, um den bestmöglichen Zustand zu erreichen.

3g) Entsprechen die installierten Einrichtungen den betreffenden europäischen EMV-Normen?

Nein Man verwende nur Geräte, die den betreffenden EMV-Anforderungen entsprechen (CE-Kennzeichnung). Bei besonderen Anwendungen (Koexistenz mit anderen Anlagen) können für Geräte, die höheren Anforderungen entsprechen, strengere Installationspraktiken erforderlich sein.

3h) Geschirmte Stromversorgungsleitungen?

Ja Geschirmte Stromversorgungsleitungen sind sehr selten installiert, doch kann man sie in Rechenzentren und ähnlichen Einrichtungen finden. Eng benachbarte informationstechnische Installationen sind kritisch, doch stelle man sicher, dass die Schirme der Stromversorgungsleitungen im Konzept für Erdung und Potentialausgleich enthalten sind.

- Kundenanforderungen bezüglich Vertraulichkeit

4a) Sehr empfindliche Anwendung(en)?

Ja In einigen Bereichen sind sehr aufwendige Vorkehrungen erforderlich, um Ausfälle aufgrund elektromagnetischer Verträglichkeitsphänomene zu verhindern, z.B. Produktionssteuerung in der chemischen Industrie und Anwendungen mit Lebensgefahr. Für sehr empfindliche Installationen sind Bauteile höchster Qualität, höchstqualitative Ausführung, Reserveleitungen, eine zweite Garnitur Sternverteiler, automatische Datensicherungsverfahren, ein hohes Dokumentationsniveau, Dokumentation der Sicherungsaktivitäten usw. erforderlich.

4b) Krankenhausumgebung?

Ja Krankenhausumgebungen müssen analysiert werden, um EMV-Gefahren für Leben erhaltende Maschinen zu verringern. Keine Störung Leben erhaltender oder überwachender Geräte usw. Die Installation ist nur möglich, wenn der Krankenhausbetrieb es zulässt.

- Struktur der bestehenden oder (und) zukünftigen Erdungs- und Potentialausgleichsanlage

5a) Vermaschte Topologie, gemeinsame Potentialausgleichsanlage (CBN) oder vermaschte Potentialausgleichsanlage (MESH-BN)?

Ja Grundlegende Anordnungen wie vor beschrieben.

5b) Sterntopologie, getrennte Potentialausgleichsanlage (IBN) oder vermaschte getrennte Potentialausgleichsanlage (MESH-IBN)?

Ja Grundlegende Anordnungen wie vor beschrieben.

5c) Stammstruktur?

Ja Grundlegende Anordnungen wie vor beschrieben.

5d) Mehr als eine Antwort zu a), b), c)?

Ja In Beratung.

- Kabelführungssysteme, Doppelböden

6a) Parallel zu Stromversorgungsleitungen?

Ja Die Mindestabstände müssen eingehalten werden; es wird jedoch eine parallele Kabelführung empfohlen, um große Induktionsschleifen zu vermeiden.

6b) und 6c) Kabelführungssysteme aus Kunststoff oder Metall, Trennung?

Ja Kabelführungssysteme aus Kunststoff stellen innerhalb nachgewiesener Grenzwerte einen bestimmten Abstand sicher. Kabelführungssysteme aus Metall oder einem speziell für EMV-Zwecke ausgelegten Verbundwerkstoff lassen einen geringeren Abstand zu, falls metallene Trennung (korrekt am Potentialausgleich angeschlossen) vorgesehen ist.

6d) Sind die metallenen Abschnitte geerdet?

Nein Man installiere die Erde normgerecht.

6e) Verkabelung zwischen Gebäuden mit metallenen Kabeln ausgeführt?

Ja Überspannungsschutz erforderlich.