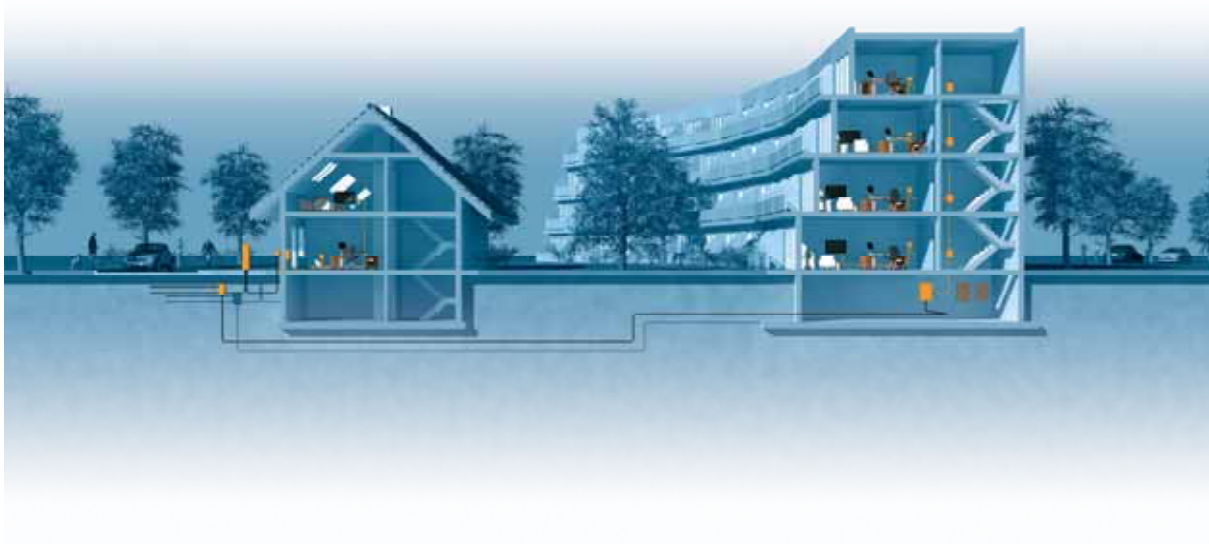


# EMV in Gebäuden



## Erdung, Schirmung und Potentialausgleich

## Einleitung

Erdung, Schirmung und Potentialausgleich sind ein wesentlicher Teil aller neuen Gebäude und Einrichtungen. Diese haben einen großen Einfluss auf die EMV des Systems und auf die Migration von EMB<sup>1</sup>, wo immer anwendbar. Da die Zahl der elektrischen sowie elektronischen Komponenten stetig zunimmt, sind Gebäudebesitzer gut beraten, alle, dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden, EMV-Schutzmaßnahmen nicht allein zu berücksichtigen sondern auch einzuhalten. Im Hinblick auf die Telekommunikations-Ausrüstung und auf das Verkabelungssystem, besteht jedoch oft eine Unsicherheit bzw. Unklarheit darüber, was zu tun ist und was korrekt – das heißt erforderlich, hinreichend und notwendig – für eine einwandfreie Installation wäre. Diese Anleitung soll zu diesem Thema einige grundlegende Erläuterungen geben, soweit es Verkabelungssysteme betrifft. Allgemein betrachtet, ist die EMV ein weites Feld und folglich gibt es dazu zahlreiche Bücher sowie eine umfangreiche Literatur. Seit 1986 existiert die EMV-Richtlinie der EU, was die Bedeutung dieses Themas ebenfalls unterstreicht. Diese Richtlinie liefert Grundlagen für:

- Lieferanten von Verkabelungskomponenten;
- System-Integratoren;
- Verkabelungs-Installateure;
- Architekten und Planer;
- und generell für alle, die Verantwortung für die Einhaltung dieser Normen tragen.

Diese Richtlinie ist allgemein gehalten. Sie beschreibt Geltungs- und Anwendungsbereiche und definiert das allgemeine Ziel der EMV. Zum Verständnis der EMV in einem Gebäude, muss man alle Gewerke berücksichtigen. Sämtliche Betrachtungen gelten sowohl für geschirmte als auch für ungeschirmte Verkabelungen, und für Verkabelungen mit Lichtwellenleiter (LWL). Häufig herrschen Missverständnisse sowie Unklarheiten bezüglich der Anforderungen an Erdung und Potentialausgleich bei IT Verkabelungen im Allgemeinen als auch bei geschirmten und ungeschirmten Systemen im Besonderen. Diese Missverständnisse liegen oftmals in der Praxis begründet. Zudem sieht die Öffentlichkeit regelmäßig den Elektroinstallateur oder Architekten in der Verantwortung für die Einhaltung der Richtlinien – und nicht den Netzwerkinstallateur. Tatsächlich trifft die Verantwortung alle an einem Gewerk Beteiligten. Bezüglich der EMV sind es während der Planung und Errichtung der Planer sowie der Installateur. Danach ist es die Aufgabe des Betreibers, Sorge zu tragen, dass ein installiertes System in Bezug auf die EMV auch tauglich ist. Die EMV wird immer wichtiger, so dass es von entscheidender Bedeutung ist, sie zu verstehen. Die Europäischen Normengremien als auch die EU sind stets bemüht, diese Bedeutung zu betonen. Mit 10 Gigabit Ethernet müssen die meisten Vorschriften überarbeitet werden.

Thorsten Punke Dipl. Ing.

Program Manager EMEA

[tpunke@tycoelectronics.com](mailto:tpunke@tycoelectronics.com)

---

<sup>1</sup> Elektromagnetischer Beeinflussung

---

## Inhalt:

<b>1.</b>	<b>Was ist EMV?</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>EMV-Richtlinie, Normen und EMV-Parameter</b>	<b>5</b>
2.1	Für die Verkabelung relevante Normen	7
2.2	Transferimpedanz	10
2.3	Kopplungsdämpfung	11
<b>3.</b>	<b>Grundlagen der EMV-Mechanismen</b>	<b>13</b>
3.1	Galvanische Kopplung	13
3.2	Kapazitive Kopplung	14
3.3	Induktive Kopplung	15
3.4	Elektromagnetische Wellenkopplung	21
<b>4.</b>	<b>Erdung und Potentialausgleich</b>	<b>23</b>
4.1	Erdungssystem	26
4.2	Sicherheit	30
4.3	Potentialausgleich	31
4.4	Blitzschutz	37
4.5	Stromversorgung	43
<b>5.</b>	<b>Installation von geschirmten Systemen</b>	<b>50</b>
5.1	Geschirmte Komponenten	52
5.2	Verbindung des Verkabelungssystems mit dem Potentialausgleich	58
5.3	Warum wird ein Schirm benötigt?	60
<b>6.</b>	<b>Wie verbessert man bestehende Netzwerke?</b>	<b>74</b>
<b>7.</b>	<b>Planung einer neuen Installation / eines neuen Gebäude</b>	<b>78</b>
<b>8.</b>	<b>Oft gestellte Fragen</b>	<b>81</b>
	<b>Anhang</b>	<b>85</b>

# 1. Was ist EMV?

EMV bedeutet Elektromagnetische Verträglichkeit. Wegen der zahlreichen elektrischen und elektronischen Geräte und Komponenten ist es wesentlich, deren gegenseitige Beeinflussung zu (er)kennen. Die EMV Richtlinien & Gesetze sollen helfen, dass alle Geräte fehlerfrei arbeiten und einander gegenseitig nicht beeinflussen.

Ziel ist ein ungestörter Betrieb aller Geräte für sich und der Systemkomponenten untereinander.

Die Anlage, das System oder der Apparat kann Fehlfunktionen aufweisen oder komplett ausfallen, wenn sie nicht so konzipiert ist, dass sie über die Fähigkeit verfügt in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.

Im Falle von Verkabelungssystemen würde dies bedeuten, dass es keine Beeinflussung zwischen Transceiver und Transmitter geben soll und keine Funktionen von einer anderen Quelle gestört wird oder diese ihrerseits andere Geräte stört. Aktuelle Probleme sind ANEXT und das sog. Hintergrundrauschen, die die größten Schwierigkeiten bei 10 Gigabit Ethernet-Übertragungen über eine ungeschirmte Verkabelung verursachen.

Alle Komponenten und Systeme sollen zertifiziert sein und dieser Richtlinie entsprechen, denn Vorbeugen ist deutlich günstiger, als im Nachhinein Probleme zu lösen.

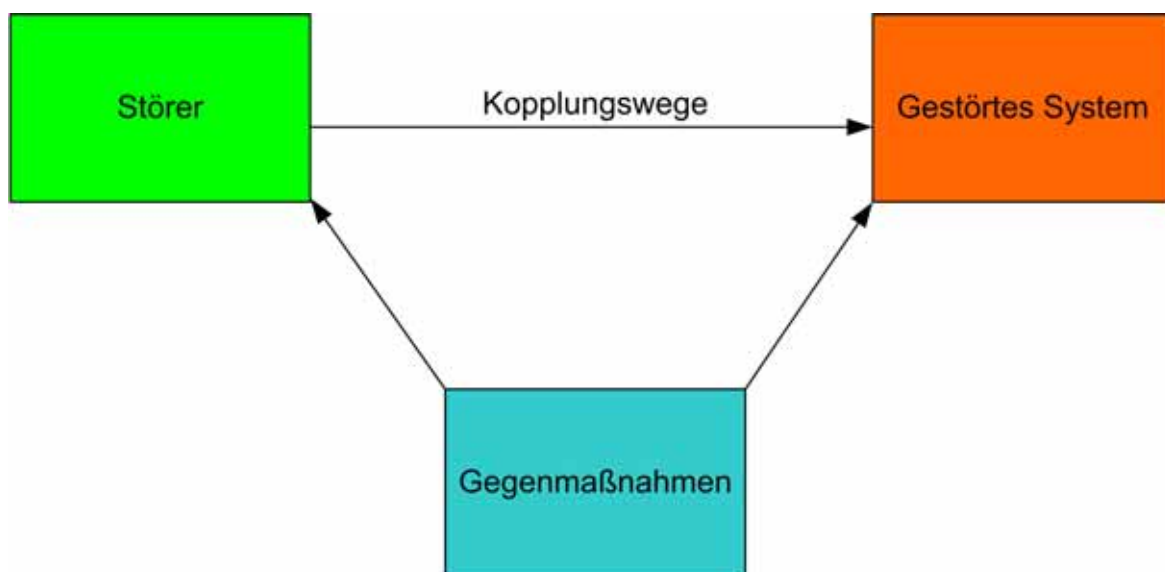


Bild1: EMV Kopplungs-Mechanismus

---

## EMV im Gebäude

EMV muss als gemeinsames Problem unter unterschiedlichen Systemen gesehen werden. Oft werden nur einzelne Aspekte betrachtet, was nicht genügt um die Konformität sicherzustellen. Dies ist nicht nur wichtig für neue Gebäude sondern auch für alte, wenn diese saniert werden sollen.

**Wichtig: Die Verkabelung ist nur ein Teil des gesamten Konzepts! Es gibt unzählige Systeme und Anlagen, die auf ein gutes und funktionierendes Konzept aufsetzen.**

Die wichtigsten Punkte sind:

- Stromversorgung
- Potentialdifferenzen
  - Alle angewendeten Potentialausgleichssysteme
- Grundrauschen
- EMV Umgebung

Die oben aufgeführten Kriterien müssen so sorgfältig wie möglich gemessen und das Gesamtsystem so konzipiert werden, dass sie die einschlägigen Richtlinien befolgen und eine möglichst gute EMV gewährleisten. Speziell die Stromversorgung und das Erdungskonzept sind hierbei zu berücksichtigen. Beide Systeme sind zwar nicht Bestandteil der IT-Verkabelung, aber beide Systeme beeinflussen die IT-Verkabelung, sofern sie nicht korrekt geplant und installiert sind.

Die Verkabelung ist nicht das einzige System, welches beeinflusst werden kann. Die ganze empfindliche elektronische Ausrüstung kann beeinflusst bzw. in Mitleidenschaft gezogen werden.

Es liegt in der Verantwortung des Planers oder des Architekten sicherzustellen, dass alle Subsysteme der Endinstallationen der EMV-Richtlinie entsprechen. Bezüglich der Verkabelungssysteme zeigt die EN 50173 Serie die Relationen zwischen Verkabelungssystemen und anderen relevanten Normen für Verkabelungssysteme der Informationstechnologie auf.

## 2. EMV-Richtlinie, Normen und EMV-Parameter

Bezüglich der EMV ist die EU Richtlinie einer der meist umstrittenen Bereiche. Dieser wurde vor Jahren dereguliert, um den Ländern die Einführung eigener Gesetze zu gestatten. Heute ist die Situation klarer. Übergreifende Vorschrift ist die Europäische EMV-Richtlinie. Diese beschreibt in geraffter Form, dass alle im EU-Raum in den Verkauf gebrachten oder betriebenen elektronischen Gerätschaften den einschlägigen EMV-Vorschriften entsprechen müssen.

Die aktuelle Richtlinie ist die 2004/108/EG. Sie kann kostenlos in den europäischen Amtssprachen heruntergeladen werden (<http://eur-lex.europa.eu/>).

**Es gibt einen indirekten Einfluss auf Verkabelungssysteme, der aber nicht explizit erwähnt wird. Die Richtlinie erklärt in der Begründung, Absatz 9: „Betriebsmittel, die**

aufgrund ihrer Beschaffenheit keine elektromagnetischen Störungen verursachen, bedürfen keiner Regelung durch diese Richtlinie.“

Die Richtlinie selbst liefert keine detaillierte Spezifikationen oder technische Referenzanforderungen.

Geräte gemäß Kapitel 1, Artikel 1 §-(1) der 2004/108/EG können in Europa eingesetzt werden, sofern der Lieferant oder der Distributor (mit Sitz in einem EU-Land) in der Lage ist,

- Konformität mit geltenden Gesetzen
- CE-Zeichen auf den Komponenten, Verpackungen oder Anleitungszettel

zu gewährleisten.

Diese Konformität muss sichtbar sein und ist gültig für Geräte, die Störungen aussenden oder empfangen können. Die Liste der betreffenden Geräte umfasst:

- Telekommunikations-Endgeräte
- Haushaltsgeräte, tragbare Werkzeuge und ähnliche Ausrüstungen
- Ausrüstungen für Radioamateure
- Radio- und TV-Empfänger
- Ausbildungs-Equipment
- Informatik-Ausrüstungen
- Telekommunikations-Geräte
- Industrie-Ausrüstungen
- Leuchten und Fluoreszenz-Lampen
- Radio- und TV-Geräte
- Radio-Apparate für Luftfahrt und Marine
- Fluoreszenz-Leuchten mit Startern

Für alle elektrischen und elektronischen Apparate und Systeme ist ein CE-Zeichen erforderlich. Nebst der CE-Kennzeichnung muss der Lieferant weitere Informationen zur Verfügung stellen wie zum Beispiel ein Info-Blatt, welches den Benutzer befähigt, das Gerät korrekt zu benutzen. Dies können Informationen sein wie:

- EMV - Umgebung
- Installations-Richtlinien (korrekte Anschlüsse)

Ist das Gerät / System an einem Ort mit CE-Komponenten aufgebaut, so wird die Konformität als gegeben angenommen. Dazu ist es wichtig, dass das eindeutig aus den Unterlagen hervorgeht.

Die Richtlinie unterscheidet zwischen Produkten, welche:

- Frei auf dem Markt erhältlich sind
- Nur für bestimmte Spezialisten und Experten zugänglich sind

Die nachfolgende Tabelle ist eine Zusammenfassung der Dokumente / Bestimmungen, welche unterzeichnet werden müssen.

	Frei erhältlich	Experten/Spezialisten
Komponenten	Nein, sofern sie nicht automatisch arbeiten	
Bausätze, Nicht-Standalone-Ersatzteile und Zulieferteile	Ja, Kapitel 1, § Artikel 6, Absatz 4	Nein
Systeme welche vor Ort montiert und angeschlossen werden	Nicht erforderlich, solange das System auf Komponenten mit CE-Zeichen basiert. Das System muss jedoch die EMV-Richtlinie erfüllen.	

## 2.1 Für die Verkabelung relevante Normen

Was bedeutet diese Richtlinie für das Verkabelungssystem?

Für passive Komponenten ist keine CE-Kennzeichnung erforderlich. Die nachfolgenden Normen sind bezüglich EMV wichtig und relevant:

EN 50173

EN 50310 (US ANSI/TIA/EIA 607)

EN 55022, EN 55024

EN 50174 (US = ANSI TIA/EIA-568B)

**EN 50310** ist wichtig für:

- Stromversorgung
- Potentialausgleich

**Bemerkung:** Viele Länder haben lokale Normen in Bezug auf Stromversorgung und Sicherheitsvorschriften.

Falls die europäischen Richtlinien oder Vorschriften nicht angewendet werden, müssen die lokalen Gesetze und Richtlinien befolgt werden.

**EN 50174-2** ist wichtig für:

- die Installation, in Bezug auf Einhaltung der EMV
- EN 50174-2 beruft sich auf EN 50310 in Bezug auf den Potentialausgleich und auf die Stromverteilung.

**EN 55022** (Einrichtungen der Informationstechnik Funkstöreigenschaften - Grenzwerte und Messverfahren) beschreibt Methoden und Charakteristiken für den Test aktiver Komponenten. Die Norm ist aufgeteilt in die Teile A und B. Die Klasse A lässt eine Störaussendung von 10 dB mehr zu als die Klasse B. Klasse A Geräte können, sofern sie in einer Wohn/Büroumgebung (Klasse) betrieben werden, zu Störungen führen. Manche Switches unterscheiden sogar die Klasse je nach Verkabelungssystem. Klasse A mit UTP und Klasse B mit STP System. Die Absicht hinter diesen Klassen ist, dass Klasse A Geräte in der Nähe anderer Klasse A Geräte desselben Eigentümers betrieben werden. In den USA hat die FCC (Federal Communications Commission) dieselbe Struktur und unterscheidet die Testanforderungen in Klasse A und Klasse B, wenn auch mit leicht unterschiedlichen Grenzwerten.

Alle passiven Komponenten wie Dosen, Stecker, Rangierverteiler und Kabel benötigen keine CE-Zeichen. Diese strahlen keine elektromagnetische Energie aus und können auch nicht durch diese gestört werden, sofern sie nicht Bestandteil eines durchgehenden Systems sind. Sie gehören zur ersten Gruppe von Komponenten, ohne Eigenfunktion.

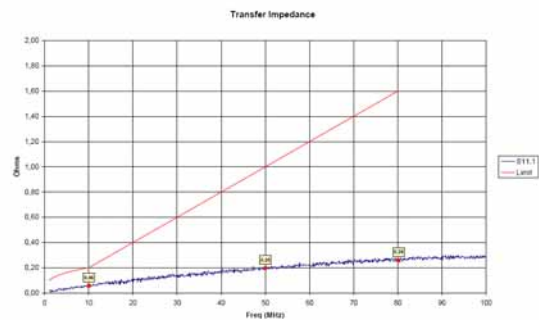


Bild 3: Transferimpedanz AMP-TWIST-6S SL Jack

Ist andererseits das ganze System abgeschlossen und mit Switch und NIC verbunden, so muss es die EMV-Richtlinie erfüllen. Der Link ist aktiv und in der Lage, Störeinflüsse zu senden und Störeinflüsse zu empfangen. Daher muss der Lieferant sowohl durch ein entsprechendes Produkt-Design als auch durch die Installationsvorgaben sicherstellen, dass der Anwender jederzeit in der Lage ist, die Anforderungen der Richtlinie zu erfüllen.

Für die Nachrichtentechnik ist die Norm EN 55022 die wichtigste. Durch Anwendungen wie 10 Gigabit Ethernet, oder auch Ethernet im Industrieumfeld, wird die EN 55024 (Informatik-Ausrüstungen – Immunitäts-Charakteristiken – Grenzwerte und Messmethoden) in naher Zukunft genauso wichtig.

Wie sensibel das Ganze ist, zeigt die Tatsache, dass Hersteller von aktiver Technik das Erreichen einzelner Klassen von geschirmter oder ungeschirmter Technik abhängig machen.

Zitate aus einem Datenblatt: „For CISPR 22 class B, the use of shielded (i.e. screened) CAT5 or equivalent Ethernet cable is required.”

“This apparatus complies with EN55022 Class A and EN55024 standards when used as ITE/TTE equipment, and EN 300 386-2 (EN55022 class B with shielded CAT5 Ethernet cable, non-central office equipment) for Telecommunications Network Equipment (TNE).”

Hierbei ist zu beachten, dass es seitens der FCC keine Norm zur Immunität gibt. Jedes Gerät mit einem FCC Label ist nur auf die Störaussendung geprüft worden.

Die EN 50310 gibt eine gute Übersicht von der Einbindung weiterer relevanter Normen.



<b>Gebäudeplanungsphase</b>	<b>Verkabelungs-Entwurfsphase</b>	<b>Planungsphase</b>	<b>Realisierungsphase</b>	<b>Betriebsphase</b>
<p>EN 50310</p> <p>5.2 Gemeinsame Potentialausgleichsanlage / (CBN) in einem Gebäude</p> <p>6.3 AC-Verteilung und Anschluss des Schutzleiters (TN-S)</p>	<p>Reihe EN 50173 außer EN 50173-4</p> <p>4: Topologie</p> <p>5: Leistungsvermögen der Übertragungsstrecke</p> <p>7: Anforderungen an Kabel</p> <p>8: Anforderungen an Verbindungstechnik</p> <p>Anhang A: Grenzwerte für Strecken</p> <p>Und EN 50173-4</p> <p>4 und 5: Topologie</p> <p>6: Leistungsvermögen der Übertragungsstrecken</p> <p>8: Anforderungen an Kabel</p> <p>9: Anforderungen an Verbindungstechnik</p> <p>10: Anforderungen an Schnüre</p> <p>Anhang A: Grenzwerte für Strecken</p> <p>Oder (und) EN 50098-1</p> <p>Oder (und) EN 50098-2</p> <p>Oder (und) andere Anwendungsnormen</p>	<p>EN 50174-1</p> <p>4: Betrachtungen zu Festlegungen</p> <p>5: Qualitätssicherung</p> <p>7: Verwaltung der Verkabelung</p> <p>Und EN 50174-2</p> <p>4 Sicherheitsanforderungen</p> <p>5: Allgemeine Festlegungen für die Verlegung von metallener Verkabelung und LWL-Verkabelung</p> <p>6 Zusätzliche Festlegungen für die Verlegung metallener (Anmerkung: hier fehlt die Fortsetzung)</p> <p>7: Zusätzliche Festlegungen von Lichtwellenleiterverkabelung</p> <p>Und EN 50174-3</p> <p>Siehe EN 50174-2 und (Anmerkung: hier fehlt die Fortsetzung)</p> <p>8: Zusätzliche Installationspraktiken für besondere Orte und Dienste</p> <p>Und (für Potentialausgleich)</p> <p>EN 50310</p> <p>5.2 Gemeinsame Potentialausgleichsanlage (CBN) in einem Gebäude</p> <p>6.3 AC-Verteilung und Anschluss des Schutzleiters (TN-S)</p> <p>Und (für Potentialausgleich)</p> <p>EN 50310</p> <p>5.2 Gemeinsame Potentialausgleichsanlage (CBN) in einem Gebäude</p> <p>6.3 AC-Verteilung und Anschluss des Schutzleiters (TN-S)</p>	<p>EN 50174-1</p> <p>6: Dokumentation</p> <p>7: Verwaltung der Verkabelung</p> <p>4: Sicherheitsanforderungen</p> <p>5: Allgemeine Festlegungen für die Verlegung von metallener Verkabelung und LWL-Verkabelung</p> <p>6 Zusätzliche Festlegungen für die Verlegung metallener</p> <p>7: Zusätzliche Festlegungen von Lichtwellenleiterverkabelung</p> <p>Und EN 50174-3</p> <p>Siehe EN 50174-2 und</p> <p>Und EN 50174-3</p> <p>Siehe EN 50174-2 und</p> <p>8: Zusätzliche Installationspraktiken für besondere Orte und Dienste</p> <p>Und (für Potentialausgleich)</p> <p>EN 50310</p> <p>5.2 Gemeinsame Potentialausgleichsanlage (CBN) in einem Gebäude</p> <p>6.3 AC-Verteilung und Anschluss des Schutzleiters (TN-S)</p> <p>Und EN 50346</p> <p>4: Allgemeine Anforderungen</p> <p>5: Prüfparameter für Symmetrische Kupferverkabelung</p> <p>6: Prüfparameter für LWL-Verkabelung</p>	<p>5: Qualitätssicherung</p> <p>7: Verwaltung der Verkabelung</p> <p>8: Instandsetzung und Instandhaltung</p>

## Durch Normen anerkannte EMV-Parameter für Verkabelungssysteme.

### 2.2 Transferimpedanz

Die Transferimpedanz ist ein Qualitätsmerkmal, das die Effizienz einer Abschirmung und deren EMV-Eigenschaften beschreibt. Ursprünglich basierend auf Koax-Kabel, ist diese auch gültig für symmetrische geschirmte Kabel. Die Testmethode ist in der EN 50289-1-6 beschrieben, die Anforderungen an die Komponenten in der IEC 60603-7-5.

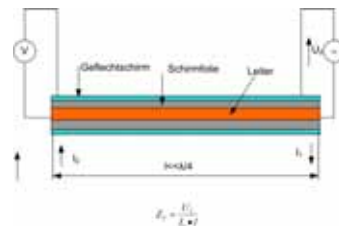


Bild 4: Prinzip Transferimpedanz

Eine Spannung wird am Schirm angelegt. Dadurch fließt ein Strom durch die inneren Leiter des Kabels; als Folge der Transferimpedanz des Kabels.

**Bemerkung: AMP NETCONNECT testet alle geschirmten Produkte bis 100 MHz!**

Frequenz MHz	Maximum Transferimpedanz			Komponenten
	$\Omega$			
	Kat. 5	Kat. 6	Kat. 7	EN 60512-23-7
1	0,10	0,10	0,05	
16	0,32	0,32	0,16	
30	0,60	0,60	0,30	
100	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben
250	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben
600	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben

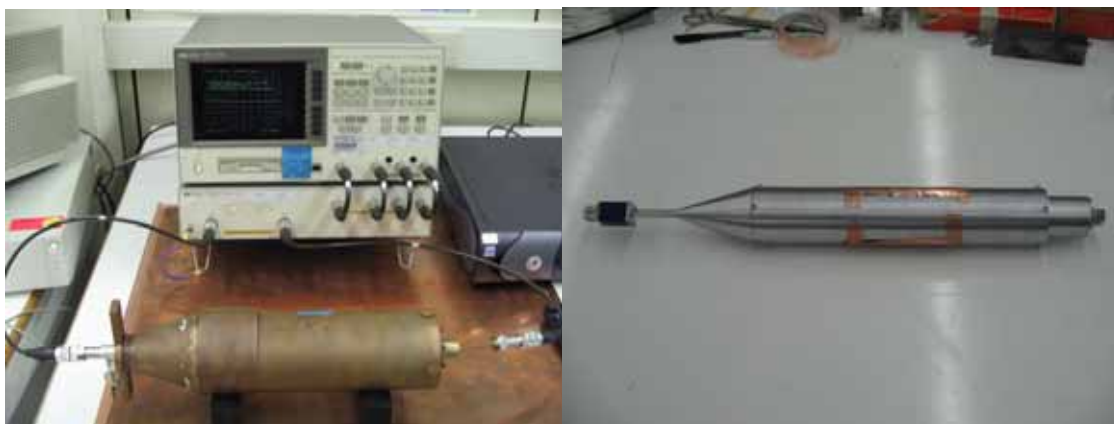


Bild 5: Realer Testaufbau im Tyco Electronics Labor

---

## 2.3 Kopplungsdämpfung

Ein wichtiger Parameter ist die Kopplungsdämpfung. Diese gibt einen Hinweis über die EMV-Festigkeit der Komponenten und Kabel. Der Vorteil ist dabei, dass alle relevanten EMV-Parameter einbezogen werden:

- Schirmdämpfung
- Unsymmetrie der Übertragungsleitung (TCL)

Dies ist der gebräuchlichste Parameter zur Definition der EMV-Qualität eines Verkabelungssystems und wird Bestandteil der nächsten Ausgabe der Verkabelungsnorm werden. Dies ist bei 10 Gigabit Ethernet sehr wichtig, wenn Grundrauschen und AlienNext bestimmt werden müssen. Ein weiterer sensibler Bereich ist mittlerweile der Sicherheitsabstand zwischen IT und Energiekabeln, siehe Seite 67.

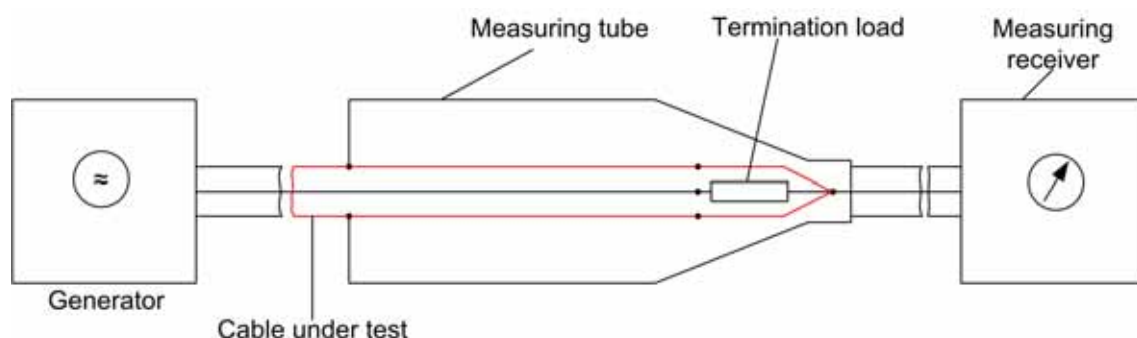


Bild 6: Prinzip Triaxial -Messaufbau

**Bemerkung: Die Kopplungsdämpfung ist prinzipiell sowohl für geschirmte als auch für ungeschirmte Systeme anwendbar.**

In der EN 50173-1:2007 Seite 110 ist im Anhang E folgender informativer Anhang zu finden: „Die Eigenschaften der Symmetrie und der Schirmwirkung dürfen in einem Parameter, der Kopplungs­dämpfung, zusammengefasst werden; die Kopplungs­dämpfung ist das Verhältnis zwischen der erwünschten Signalleistung und der unerwünschten, von der Verkabelung abgestrahlten Leistung. Die Kopplungs­dämpfung wird gewöhnlich im Bereich von 30 MHz bis 1000 MHz gemessen. **Die Kopplungs­dämpfung kann auf geschirmte und auf ungeschirmte Elemente angewandt werden.**“

In diversen Normen wird versucht, die Unsymmetriedämpfung nur für UTP zu definieren, während die Kopplungs­dämpfung nur für geschirmte Systeme definiert sein soll. Der Grund dafür liegt in der Normpolitik in den USA, welche die enormen Leistungsunterschiede im EMV Verhalten verschleiern soll.

Es gibt drei Methoden zur Messung dieses Parameters:

- Triaxial-Rohr
- Injection line
- Absorbing clamps Messzangen

Das Triaxialverfahren ist das gebräuchlichste Verfahren und entspricht der Norm ISO /IEC 11801 2nd edition für Verbindungstechnik. Die untenstehende Tabelle zeigt einige typische Werte für diverse Kabel.

<b>Kabel</b>	<b>Kopplungsdämpfung</b>
U/UTP-Kabel	40 dB
F/UTP-Kabel	60 dB
S/FTP PiMF-Kabel	90 dB

Das zeigt, dass PiMF-Kabel in der Lage sind, Störsignale bis über 50 dB zu mildern! Dies wird besonders im ANEXT und im Grundrauschen erkannt, wo UTP-Systeme stets Probleme mit Anwendungen wie 10 Gigabit Ethernet haben.

Mit der aktuellen Ausgabe der ISO / IEC 11801 bzw. EN 50173 sind auch erstmalig EMV Anforderungen für Verkabelungssysteme gefordert.

### 3. Grundlagen der EMV-Mechanismen

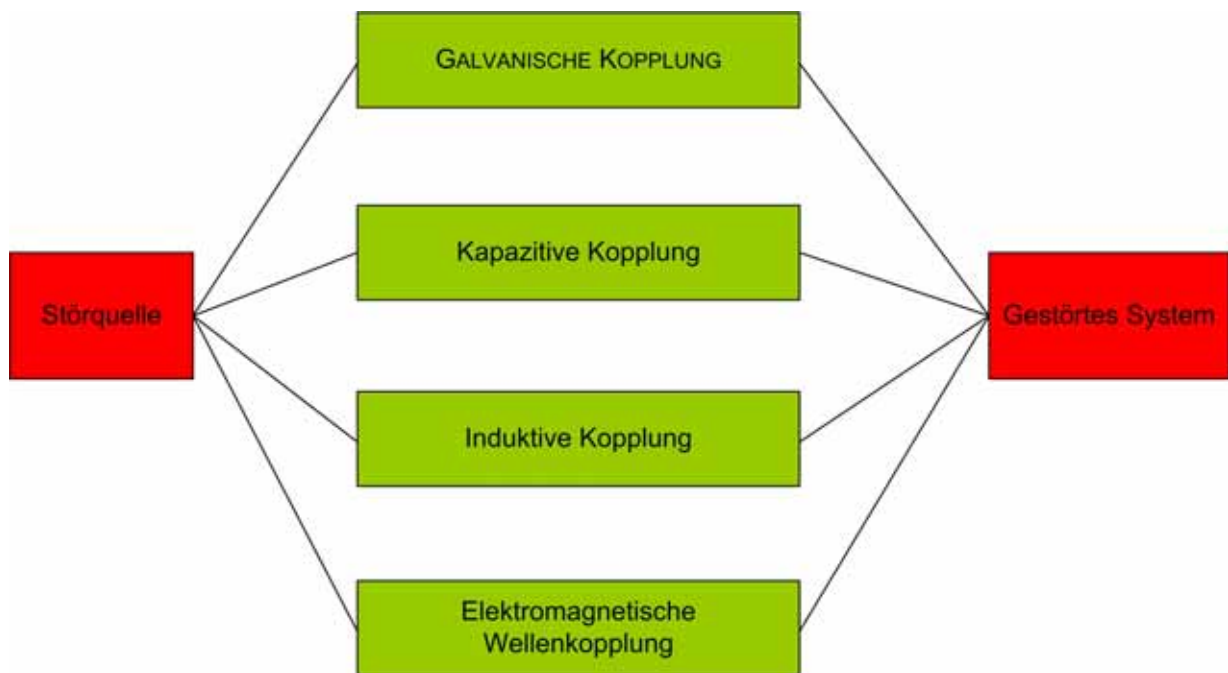


Bild 7: Kopplungsmechanismus

Es gibt verschiedene Wege, wie ein System ein anderes beeinflussen kann. Die genaue Art und Weise ist im Einzelfall unterschiedlich. In der Tat ist es nicht einfach herauszufinden, welcher der störende Mechanismus ist. Generell verhalten sich alle unterschiedlich und variieren in der Stärke.

Innerhalb eines Gebäudes können alle Kopplungsmechanismen, Systeme und Komponenten beeinflussen.

#### 3.1 Galvanische Kopplung

Galvanische Kopplung bedeutet, dass ein oder mehrere Schaltkreise durch eine gemeinsame Impedanz gekoppelt (verbunden) sind. Es kann sich dabei praktisch um z. B. eine Leiterplatte handeln.

Bei Verkabelungssystemen können zwei Gründe Quelle dieses Mechanismus sein.

- Galvanische Kopplung wegen fehlerhafter Isolation
- Galvanische Kopplung wegen mangelhafter Potentialtrennung

Fehlerhafte Isolation ist selten und kann meistens vernachlässigt werden. Der zweite Mechanismus kommt öfter vor und kann ein Problem sein. Normalerweise ist der Strom an einem Datenkabel zu gering, um eine Störspannung zu erzeugen. Dieser Kopplungsmechanismus ist frequenzabhängig.

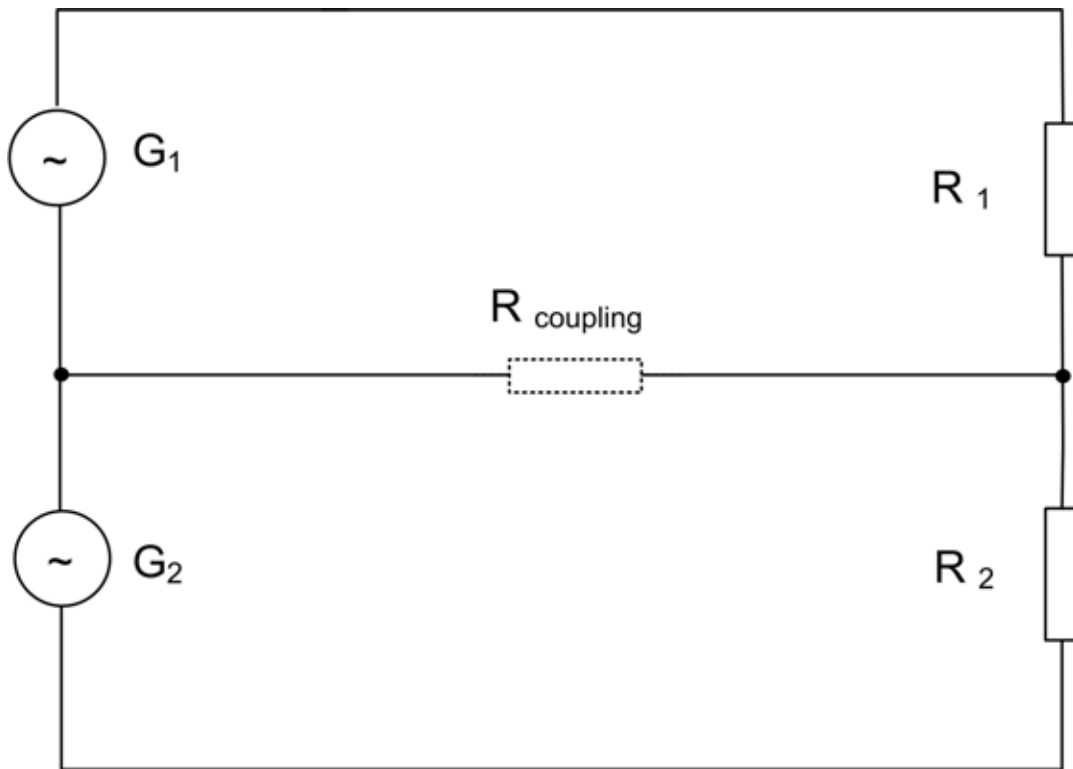


Bild 8: Galvanische Kopplung

Dies geschieht, wenn die Geräte eine Schutzerde auf der Stromversorgungsseite haben und zudem mit einer Datenleitung verbunden sind. Der wichtigste Teil ist das Stromversorgungssystem, insbesondere wenn das Erdpotential verschieden ist. Für eine ungestörte Übertragung empfiehlt EN 50310 eindringlich eine TN-S Installation (siehe Abschnitt 4.5). Grundsätzlich findet in der Praxis eine galvanische Kopplung immer statt, da alle Teile eines Potentialausgleichs verbunden sind. Bei normkonformer Auslegung ist aber keine Beeinflussung feststellbar.

### 3.2 Kapazitive Kopplung

Diese Erscheinung kann nur bei einem alternierenden elektrischen Feld auftreten sowie aufgrund von Potentialdifferenzen. Es ist die Übertragung elektrischer Energie von einem Stromkreis zum anderen durch die gegenseitige Kapazität zwischen den Stromkreisen.

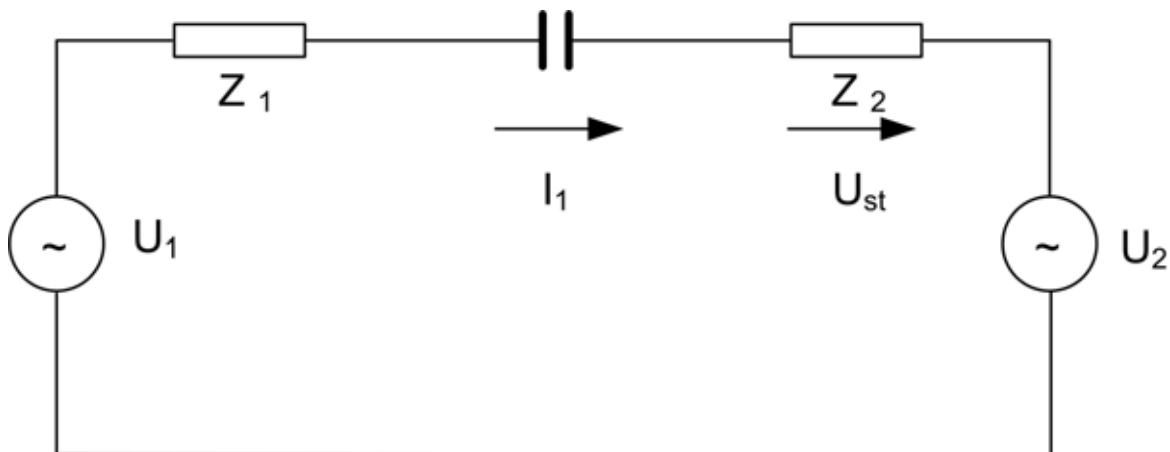


Bild 9: Kapazitive Kopplung

---

Die Kapazität  $C$  tritt meistens auf, wenn Drähte und Leitungen parallel zueinander installiert sind. Die Kapazität jedes Kabels definiert die gegenseitige Beeinflussung. Die kapazitive Kopplung ist proportional zur Länge der parallelen Kabel und ist frequenz- sowie distanzabhängig. Die Masseinheit dafür ist pF/m.

Deshalb ist der Verlegung der Kabel besondere Beachtung zu schenken, will man diesen Parameter in den Griff bekommen. Die Distanz zwischen den Kabeln hat einen direkten Einfluss auf den Pegel der kapazitiven Kopplung.

Dieser Aspekt hat in der Praxis eine ganz besondere Bedeutung, da in der Regel verschiedene Arten von Kabel verlegt werden. Aus praktischen Gründen sieht man sehr häufig die parallele Verlegung oder sogar das Mischen von verschiedenen Kabeln. Mehr dazu auf Seite 67.

### 3.3 Induktive Kopplung

Die induktive Kopplung kann durch einen Leiter mit einem magnetisch alternierendem Feld verursacht werden. Die Funktionsweise ist mit der eines Transformators vergleichbar.

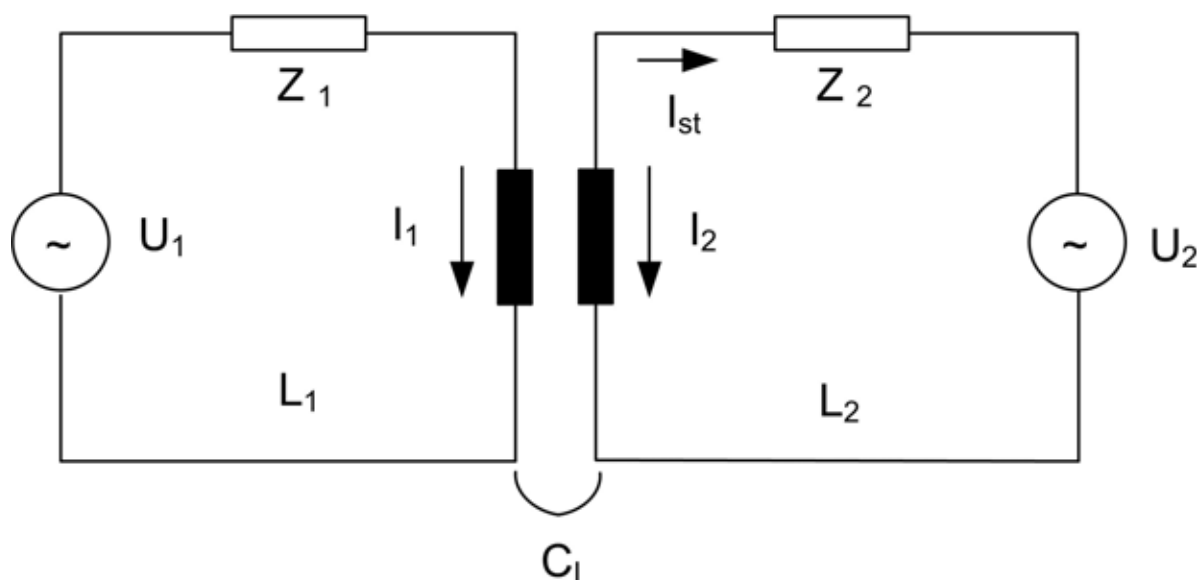


Bild 10: Induktive Kopplung

Die zwei Kreise sind durch den Induktionsfluss gekoppelt. Änderungen im Kreis 1 bewirken eine Änderung im Induktionsfluss, welche die Störspannung  $U_2$  und den Störstrom  $I_2$  hervorrufen.

Die magnetischen Felder sind in einer Schleife eingebunden in denen Strom fließt. Damit dies funktioniert, muss ein geschlossener Kreis vorhanden sein.

Die folgenden zwei Formeln zeigen die Korrelation zwischen der Kopplungs-Impedanz  $C_L$ , der Anzahl Spulen  $N$ , der Induktion und der Schleifen-Fläche  $A$ .

$$L = \frac{N^2 * \mu_r * \mu_0 * A}{l}$$

$$C_L = K * \sqrt{L_1 * L_2}$$

K ist der Kopplungsfaktor und dieser beschreibt, wie stark die beiden Induktivitäten miteinander gekoppelt sind. K kann den Maximalwert 1 haben. Schleifen haben meist eine Wicklung, daher ist die Induktion jeder Schleife proportional zur betreffenden Fläche. Die übrigen Parameter können nicht verändert werden oder es gibt keine mögliche Beeinflussung. Der Parameter A (die Schleifen-Fläche) ist der einzige Parameter, der verändert werden kann.

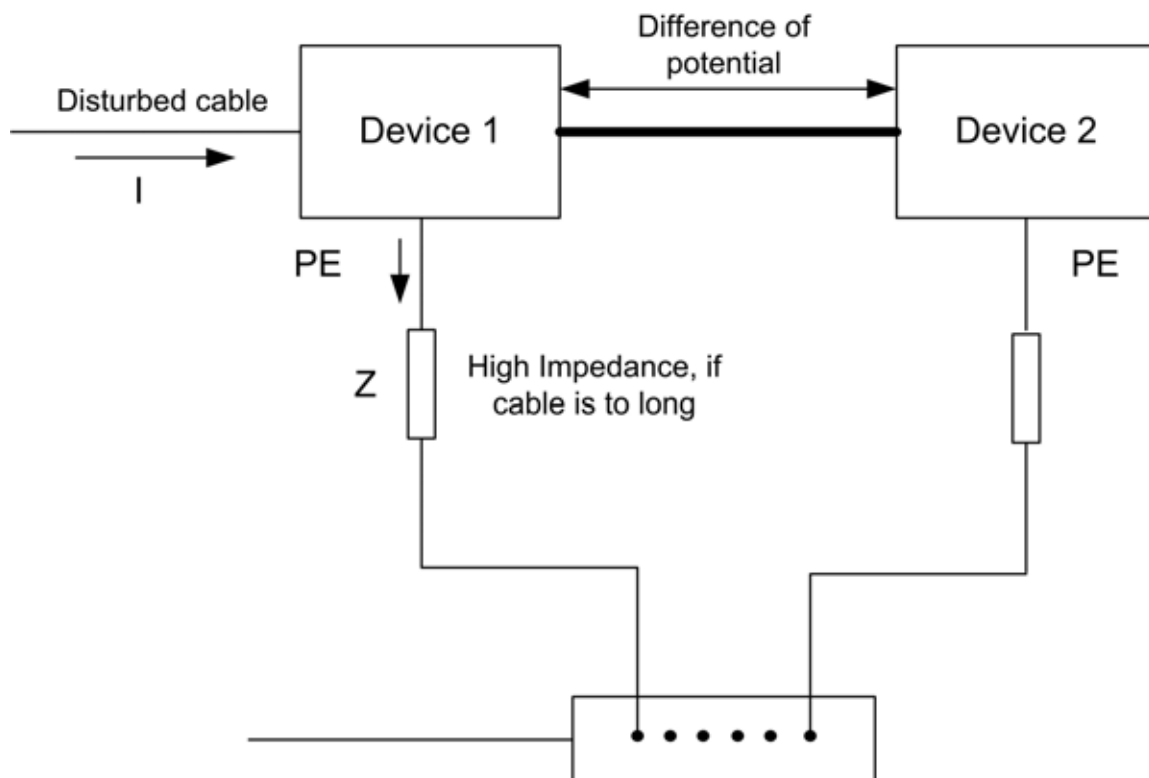


Bild 11: Stromschleife, verursacht durch Potentialdifferenzen

Es ist wichtig, dass die Schleife zwischen den Geräten und Anschlüssen mit der Potentialausgleichsanlage so klein wie möglich ist. Für Verkabelungssysteme ist dies die wichtige Aussage, vergl. hierzu auch EN 50174-2:2000



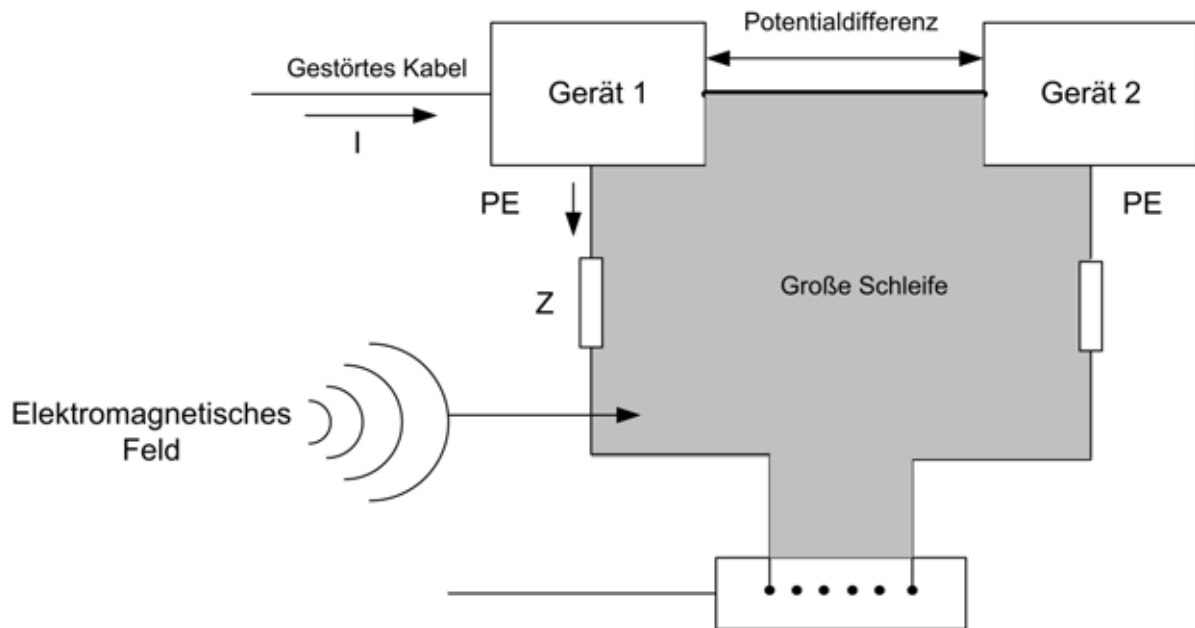


Bild 12: Durch Potentialdifferenzen wirksame Fläche

Die Größe der Schleife ist besonders bei Blitzschutzbetrachtungen interessant und wichtig. Der Blitz generiert je nach Größe einen LEMP (siehe Seite 42). Diese elektromagnetische Welle wird in diese Schleife eingekoppelt. Je kleiner die Schleife, desto geringer die Einkopplung.

**Bemerkung: Dies ist gleichermaßen gültig für ungeschirmte wie für geschirmte Verkabelungs-Systeme! Der Schirm dämpft aber die Energie des Signals um den Faktor 100 gegenüber einem ungeschirmten System.**

Das Märchen mit dem Twist, der die Einkopplung lindert und aufhebt, ist in der Praxis sowie auch messtechnisch jederzeit zu widerlegen.

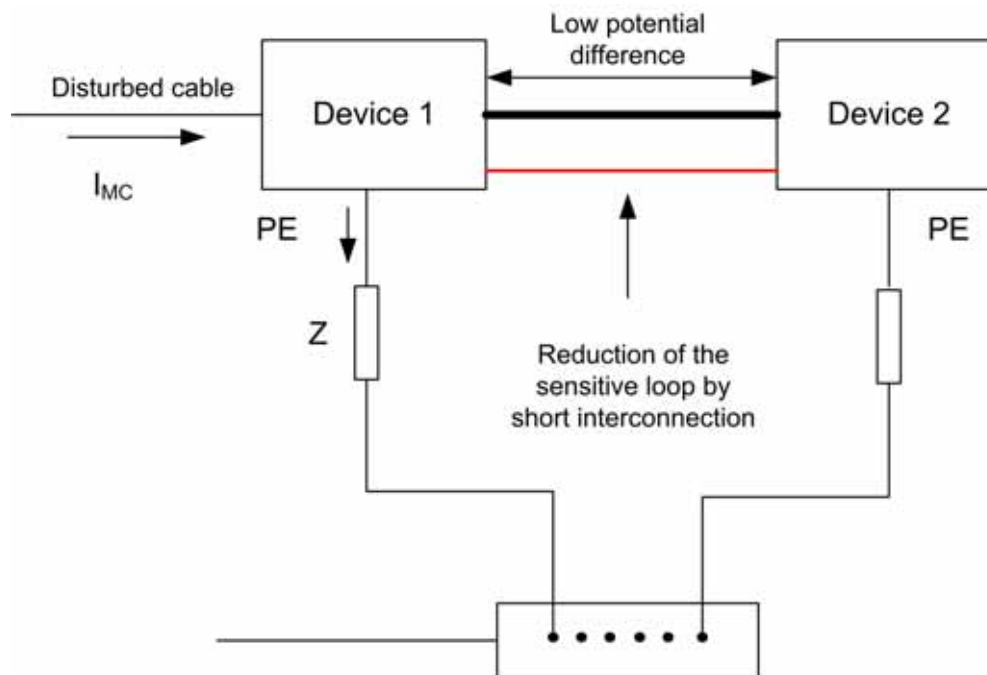


Bild 13: Verkleinerung der Schleifenreduktion durch Potentialausgleichsleiter

EN 50174-2:2000 (Abschnitt 6.7 Erdung und Potentialausgleich) empfiehlt dringend, die Schleifen klein zu halten. Eine mögliche Lösung besteht darin, die zwei Geräte miteinander zu verbinden. Die Fläche wird dadurch verkleinert. Der zusätzliche Potentialausgleichsleiter verbessert die EMV-Situation zwischen den beiden Geräten.

Der beste Weg zur Verhinderung einer induktiven Kopplung besteht in der Trennung des störenden Systems vom gestörten System. Daher

- Kürzestmögliche Verbindungen
- Genügend große Abstände zwischen den Geräten (Quelle und Senken)
- Parallel installierte Kabel vermeiden, speziell bei unterschiedlichen Leistungspegeln

**Bemerkung: Dieses gilt für ungeschirmte und geschirmte Verkabelungs-Systeme.**

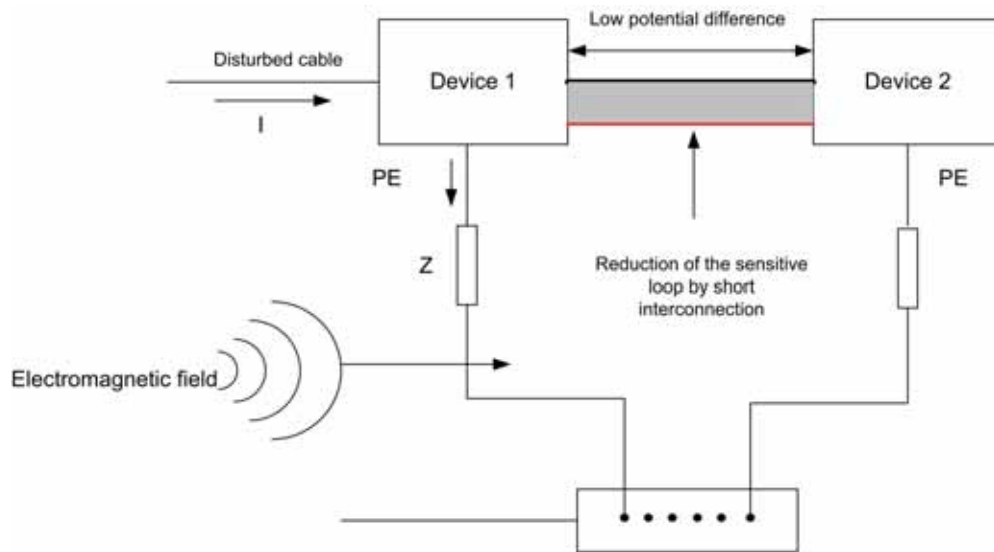


Bild 14: Reduktion der wirksamen Fläche durch Potentialausgleichs-Leiter

Wie auf der vorhergehenden Seite gezeigt, soll die Schleife zwischen den unterschiedlichen Potentialen der Potentialausgleichsanlage und Kabel so kurz wie möglich sein. Das Ziel ist es, die von der Schleife betroffene (wirksame) Fläche zu minimieren.

$$L = \frac{N^2 * \mu_r * \mu_0 * A}{l}$$

Dies trifft auch zu, wenn Kabel entlang eines Metallschutzes verlegt sind, der mit der Potentialausgleichsanlage oder mit dem Potentialausgleich verbunden ist.

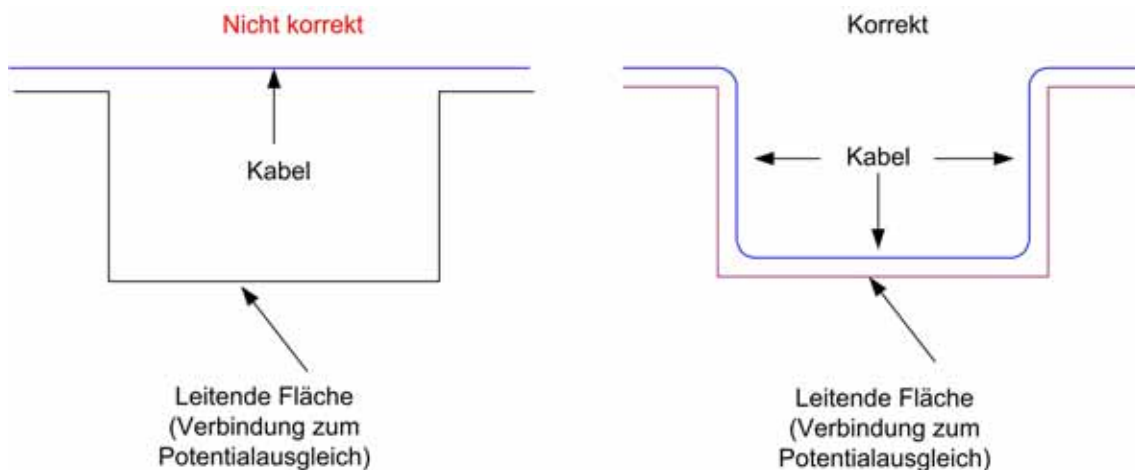


Bild 15: Installation entlang von metallischen Flächen.

**Bemerkung: Das gilt für ungeschirmte und geschirmte Verkabelungssysteme.**

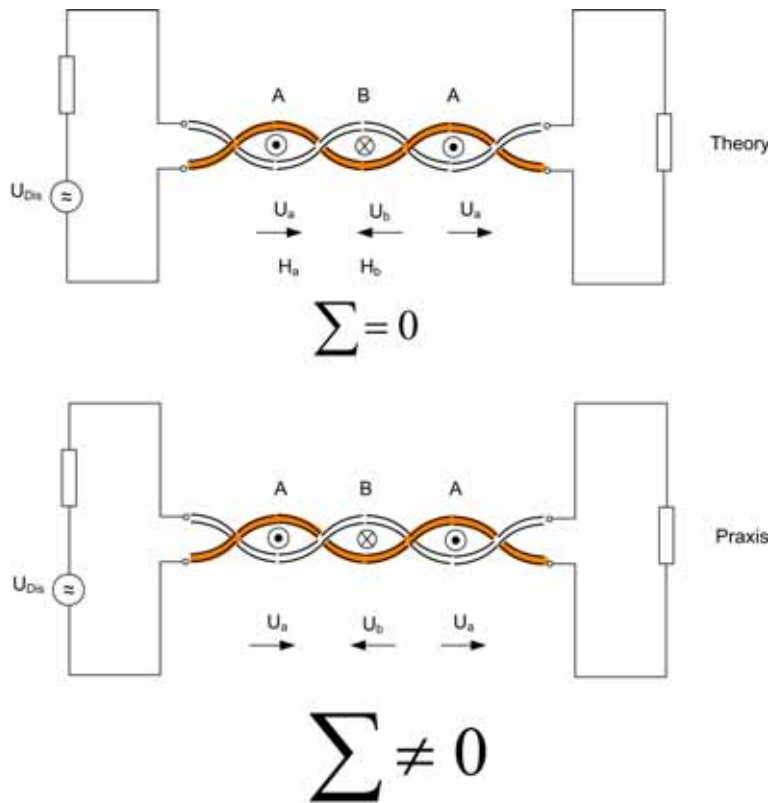


Bild 16: Effekt von verseilten Paaren

Die gebräuchlichste Methode zur Reduktion der induktiven Kopplung in Datenkabeln besteht darin, die einzelnen Leiterpaare zu verseilen. Die induzierte Spannung im Leiter Teil A ist entgegengesetzt der induzierten Spannung im Leiter Teil B. Wegen der unterschiedlichen Polarität, ist die Summe = 0

Die Schlaglänge beeinflusst die Effizienz. Je kürzer die Schlaglänge, desto größer die Abschwächung. Verseilte Paare helfen, diesen Effekt zu reduzieren, sind aber nicht in der Lage, diesen komplett abzuschwächen.

Eine zusätzliche Schirmung, entweder im Kabel oder in Form eines geschlossenen Metallkanals, hilft die Kopplung weiter zu unterbinden.

#### Bemerkung:

**Alle Datenkabel haben verseilte Paare, dies gilt sowohl für ungeschirmte als auch für geschirmte Kabel. Kein Kabel hat eine perfekte Verseilung. Das ist Theorie!**

**Der Beweis hierfür ist die Kopplungsdämpfung mit Werten von typischerweise 40 dB für UTP-Kabel und bis zu 90 dB für geschirmte Kabel. Wäre die Verseilung perfekt, dann läge die Kopplungsdämpfung unabhängig vom Kabelaufbau bei mehr als 100 dB.**

---

### 3.4 Elektromagnetische Wellenkopplung

Dieser Effekt gründet auf allen Anlagenteilen die in der Lage sind, elektromagnetische Wellen auszusenden.

In der Praxis kann z. B. die Quelle eines der folgenden Elemente sein:

- Radiosender (Besser: Sendestationen für Radio, TV, allg. Kommunikation, ...)
- Kosmische Strahlung
- Radarstationen
- Transiente Felder (Elektromagnetische Beeinflussungen durch Blitze)

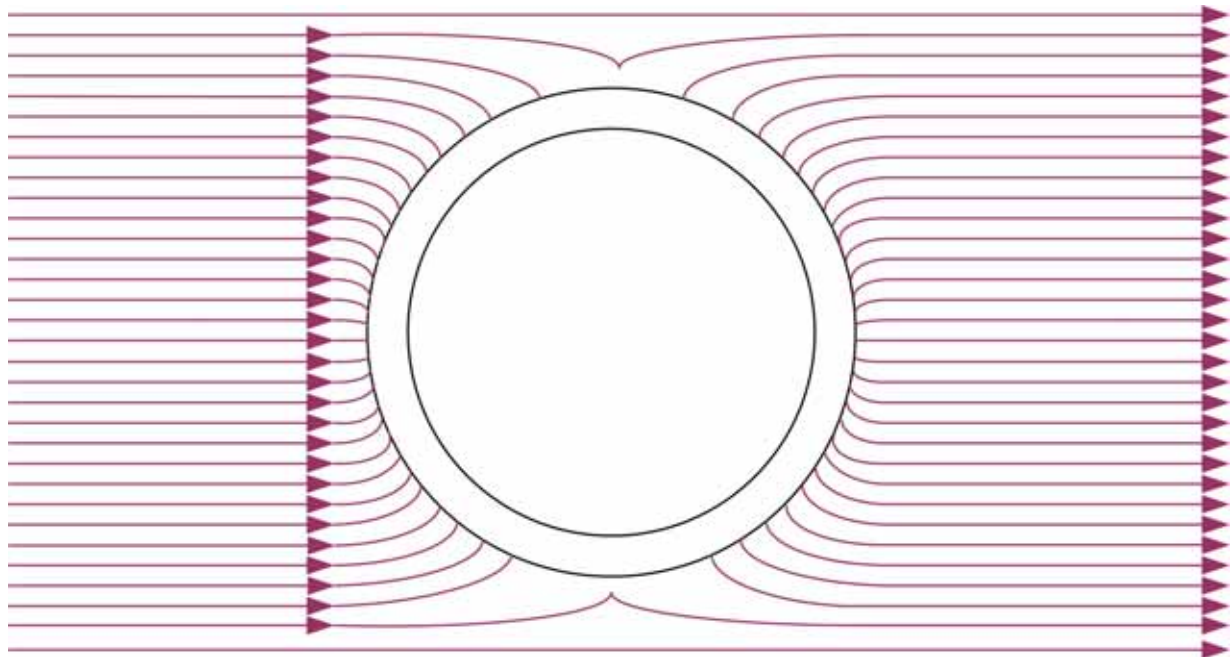


Bild 17: Magnetische Schirmung

Die effizienteste Art, diesen Effekt zu minimieren ist eine sog. elektromagnetische Schirmung. Ein elektromagnetischer Schirm kann, je nach Design und Materialwahl, elektrische oder magnetische Felder um ein Gerät herum leiten, welches gestört werden könnte. Die Dimensionierung und die Art des Materials bestimmen die Menge der Störungen, die abgeschwächt werden können.

Die Abschwächung hängt ebenso davon ab, ob die Abschirmung aus solidem Material (Folien, Metallplatten) oder perforiertem Material (z.B. Geflecht) besteht.

Geflechte und ähnliche Strukturen können Störspannungen in den unteren Frequenzbereichen unterdrücken. Oberhalb einer gewissen Frequenz, wird keine Verbesserung erreicht.

Nur solide Materialien wie z. B. Folien sind in der Lage, höhere Frequenzen hinreichend gut zu unterdrücken, am besten geeignet sind magnetische Materialien.

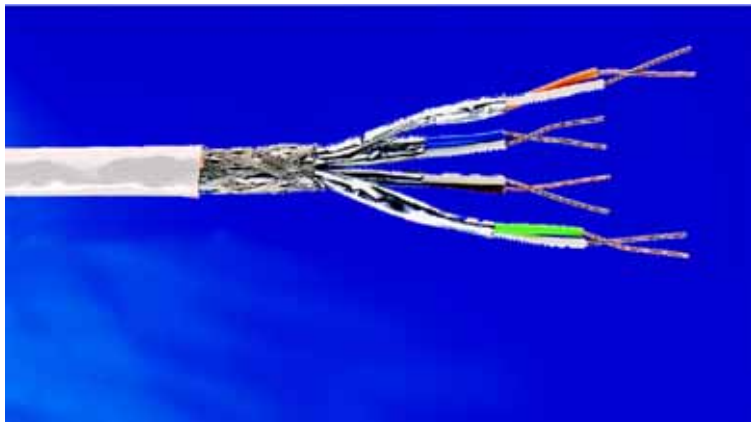


Bild 18: PiMF-Kabel mit 1500 MHz

Aus diesem Grunde werden für geschirmte Systeme PiMF-Kabel (S/FTP od. SF/FTP) sehr empfohlen. Diese Kabel haben beide Schirmvarianten und sind somit geeignet, den ganzen bestehenden Frequenzbereich zu unterdrücken. Der Frequenzbereich, ist in diesem Fall der Arbeitsbereich der Anlage, das heisst, von 10 MHz bis 1000 MHz. In diesem Frequenzbereich werden Dienste und Protokolle übertragen.

Ungeschirmte Systeme haben nur einen einzigen Schutz, die verseilten Paare. Dieser kann nur einen Teil des Kopplungsmechanismus unterdrücken; nicht jedoch elektromagnetische Strahlung. Die Unterdrückung durch ungeschirmte Systeme ist viel schwächer als durch ein geschirmtes System. Dies erklärt die Schwierigkeit der Erreichung der Anforderungen an Hintergrundrauschen und ANEXT bezüglich 10 Gigabit Ethernet. Die einzigen Wege, diese Situationen zu lösen sind:

- Trennung von Kabeln und Komponenten
- Kabel in geschlossenen Metallkanälen

Die Metallkanäle müssen gleich behandelt werden wie der Schirm beim geschirmten Kabel.

### Zusammenfassung

Alle hier beschriebenen Vorkehrungen können installierte Systeme und Geräte beeinflussen. Es ist wichtig festzuhalten, in welchen Frequenzbereichen das System funktioniert und in welchen Frequenzbereichen dieses gestört wird. Mit 10 Gigabit Ethernet wurde die Übertragungsbandbreite auf 500 MHz angehoben. Fast Ethernet hat beispielsweise eine Bandbreite von rund 30 MHz.

Dienst	Datenrate	Bandbreite
Ethernet	10 Mbit/s	10 MHz
Fast Ethernet	100 Mbit/s	31,25 MHz
Gigabit Ethernet	1000 Mbit/s	83 MHz
10 Gigabit Ethernet	10.000 Mbit/s	417 MHz

Nur eine (Ab)schirmung ist in der Lage, alle signifikanten Einflüsse der Kopplungsmechanismen und den daraus resultierenden unerwünschten Effekten zu unterdrücken. Unabhängig davon, ob der Schirm mit dem System geliefert wurde oder nachträglich darum herum gebaut wurde (z. B. ein Metallrohr).

---

## 4. Erdung und Potentialausgleich

Beide Parameter werden oft Synonym verwendet, obwohl dies nicht korrekt ist, sind aber untrennbar miteinander verbunden und haben eine wichtige Aufgabe:

### **Im Fehlerfall das Leben von Menschen und Tieren zu schützen.**

**Potentialausgleich:** Bezeichnet in der Praxis die leitende elektrische Verbindung unterschiedlicher Leiter und metallischer Gewerke, wie z.B den PE-Leiter der Stromverteilung, Metallschränke, Stützen eines Doppensoden, metallische Rohre usw.

Der Potentialausgleich kann praktisch überall durchgeführt werden, also z.B. auch im Flugzeug oder im Weltall. Auf der Erde ist aber dieser Potentialausgleich mit der Erde verbunden. Dies kann erreicht werden durch Anschluss einer niedrigen Impedanz am Schutzleiter. Am anderen Ende dieses Leiters befindet sich eine Verbindung zu einer Elektrode an das Erdpotential. Die Hauptverbindung zum Erdpotential heisst Schutzerde und ist typischerweise mit den Farben gelb/grün gekennzeichnet.

Ein zweiter Aspekt besteht darin, in der Stromversorgung einen definierten Weg für Spannungsspitzen, Blitze und Störungen von draußen, wie Radarstationen, Radio und TV-Sendern etc. zu haben. Es ist wichtig zu wissen, dass nur mit einem einwandfreien Erdungssystem Schaden durch die obigen Einflüsse vermieden werden kann. Die Absicht der Norm EN 50310 ist es für bestmögliche Erdung und Potentialausgleich an Gebäuden zu sorgen. Auch wenn der Kern dieses Dokumentes bei Gebäuden mit installierter Kommunikationstechnologie liegt, soll die Norm mindestens für alle neuen Gebäude und wenn möglich auch für bestehende Gebäuden angewendet werden.

Alle Bürogebäude verfügen heute über eine installierte Kommunikationsinfrastruktur und zunehmend auch privat genutzte Räume und Wohnungen. Vielfach beruhen Probleme mit der Kommunikationsinfrastruktur auf einem „unsauberen“ Potentialausgleichssystem. In der Praxis werden Abschirmung, Erdung und Potentialausgleich vermischt. Um es zu verdeutlichen:

**Die Anwendung von Erdung und Potentialausgleich ist notwendig für die EMV und aus Gründen der Sicherheit! Sicherheit hat Vorrang vor allem.**

**Bemerkung: Erdung und Potentialausgleich müssen für ungeschirmte wie auch geschirmte Verkabelungssysteme angewendet werden!**

Die Erdung hat zwei prinzipielle Aufgaben; die sog. Schutzerdung und Funktionserdung. Eine Kombination beider Erdungsaufgaben in einem ist zulässig und üblich. Dabei gilt die Berücksichtigung gewisser Randbedingungen.

**Schutzerdung:** Schützt den Menschen vor gefährlicher Berührungsspannung von Komponenten, die bei einem elektrischen Defekt gefährliche Spannungen führen könnten. Als Regel werden alle Metallgehäuse mit allen anderen Metallteilen wie Rohre, Schienen, Gitter, etc. verbunden, dies als Teil des Potentialausgleichs-Netzwerks. Der Zweck des Potentialausgleichs-Netzwerks ist es, die EMV-Eigenschaften zu verbessern.

**Funktionserdung:** Eine Funktionserdung dient einem anderen Zweck als dem Schutz gegen elektrischen Schlag. Im Gegensatz zur Schutzerdung kann eine Funktionserdung - während der normalen Funktion des Gerätes - einen Strom leiten. Funktionserdungen werden eingesetzt bei der Unterdrückung von Spannungsspitzen, EMV-Filtern, verschiedenen Typen von Antennen und einigen Messinstrumenten. Häufig wird die Schutzerde auch als Funktionserdung verwendet, obschon in manchen Situationen damit Vorsicht geboten ist.



## Lokale Vorschriften:

Sicherheits-Vorschriften betreffend Elektrizität werden häufig lokal definiert.

Deutschland:	VDE 0100
Österreich:	Elektrotechnikgesetz 1992 – ETG 1992 BGBl. Nr. 106/1993 Elektrotechnikverordnung 2002 – ETV 2002 + A1 BGBl. II Nr. 222/2002 und BGBl. II Nr. 33/2006 Niederspannungsgeräteverordnung 1995 – NspGV 1995 BGBl. Nr. 51/1995
Schweiz:	NIN 2005
Frankreich:	NFC 15100
Vereinigtes Königreich:	BS 7671
Niederlande:	NEN 1010
Nordamerika:	NEC 800.30 (A) NFPA 70
Australien/Neuseeland:	AS/NZS 3000:2000 (Electrical Wiring Rules)
Thailand:	NEC Article 250
China:	GB/T50311 – 2000
Singapur:	CP5

**Bemerkung:** In den meisten Teilen der Welt heisst die Verbindung zur Erde „Erdung“. In Nordamerika heisst sie „grounding“, aber:

### Earthing = Grounding

In Europa bezieht der Potentialausgleich die metallischen, leitenden Teile ein. Es gibt keine Unterschiede zwischen den Funktionsteilen. Dies macht auch Sinn, insofern dass alle Teile mit dem Potentialausgleichs-Anschluss verbunden werden.

Nordamerika und andere Englisch sprechende Regionen machen in der Sprachweise Unterschiede zwischen

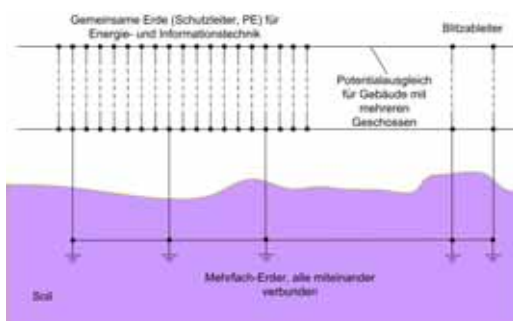


Bild 19: Befestigung von Erdungssystemen

- Erden (Energietechnik)
- Potentialausgleich  
Telekommunikationsanlage
- Potentialausgleich Blitzschutz-System

Im Endeffekt werden alle mit dem Potentialausgleich-Anschluss verbunden. Vom elektrischen Standpunkt aus betrachtet, gibt es keinen Unterschied zwischen den zwei Arten, nur die Frage der Definition.

**Bemerkung: Wir haben nur eine Erde! Die Unterscheidung zwischen Power Earth (schmutzige Erdung) und sauberer Erdung ist irreführend und falsch.**

## 4.1 Erdungssystem

Das Erdungssystem ist für jedes Gebäude ausschlaggebend und gilt als „das Herz“ aller EMV- und Sicherheits-Aspekte. Das Hauptprinzip des Erdungssystems besteht darin, eine niederohmige Verbindung zur Erde (Masse) herzustellen. Daher sind Gebäude von einem System von Erdungselektroden umgeben. Das System enthält eine oder mehrere Stab-Elektroden.

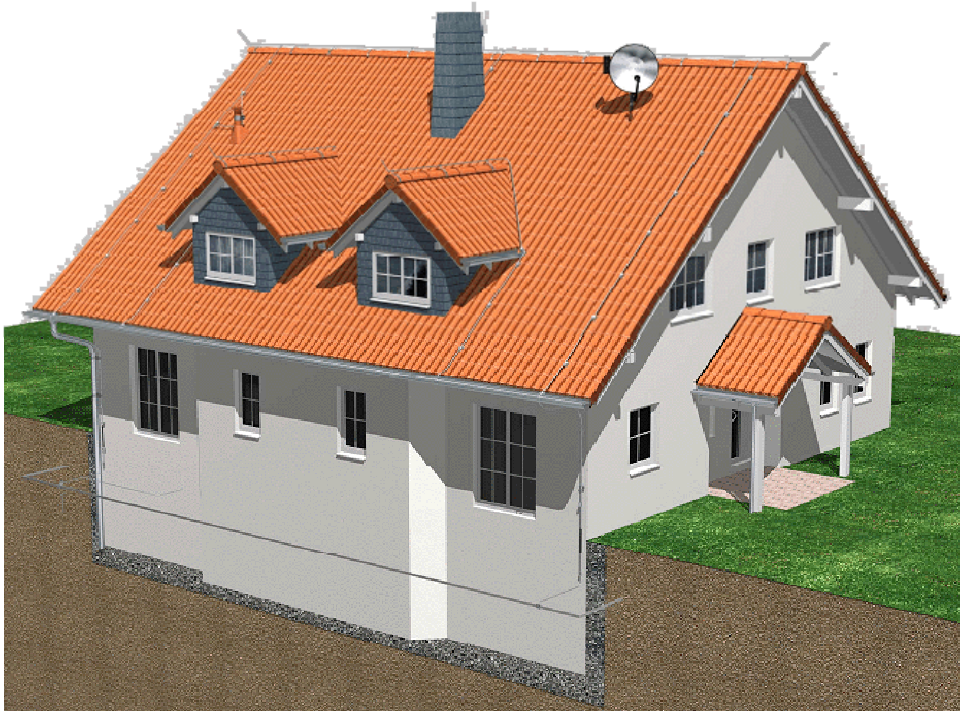
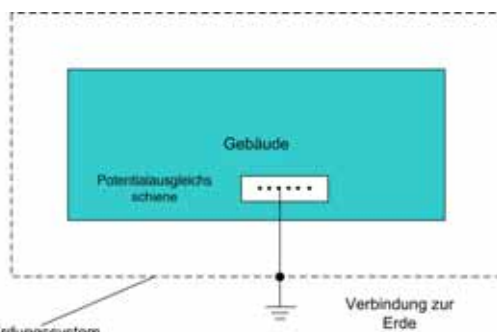


Bild 20: Erdungssystem mit Blitzschutz (Obo-Bettermann)



Erdungssystem  
Bild 21: Erdung eines Gebäudes durch Erdungs-Elektroden

**Bemerkung: Bei Sternstruktur wird nur eine einzige Verbindung zum Haupt-Erdungsanschluss installiert.**

Bei neuen Gebäuden ist das Erdungselektroden-System im Fundament untergebracht. Bei älteren Gebäuden können Erdungselektroden als Ringsystem nachinstalliert werden. Die DIN 18014 (2007) beschreibt konkrete Details vom Aufbau einer Fundamenterderanlage.

---

Der Ring soll sich mindestens 0,5m tief im Boden befinden. Die Distanz zum Gebäude soll 1m sein. Diese Werte können je nach Land und Gegend variieren. Das sollte auf jeden Fall mit den lokalen Normen verglichen werden. Das untere Bild zeigt eine fehlerhafte Installation. Das Stahlband liegt nicht tief genug, somit ist die Verbindung zur Erde ungenügend.



Fig 22: Stahlband ist nicht tief genug im Boden verlegt (Obo Bettermann)

Um die Erdungseigenschaften zu verbessern, können zusätzliche Verstärkungen eingesetzt werden. Generell sollten die Erdungseigenschaften bei Baubeginn überprüft werden. Jeder Teil des Erdbereichs hat einen spezifischen Widerstand.

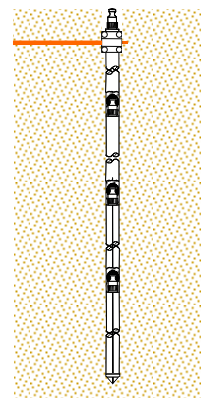


Bild 23: Tiefenerder (Obo Bettermann)



Bild 24: Armierungseisen mit Stahl-Bändern geerdet.



Bild 25: Anschluss der Erdungs-Stahlbands am Armierungseisen

Die Tabelle zeigt den Effekt von „trockenen Verbindungen“ und ob die Tiefe korrekt ist.

Erden-Art	Feuchtigkeit	Spezifischer Erdwiderstand in $\Omega$
Meerwasser		0,2... 1,0
Wasser aus Fluss oder Schwimmbad		10...100
Sumpf oder Moor	Sehr feucht	5,0... 40
Lehm, Acker	feucht	150
Feiner Sand (tiefe Schicht)	feucht	60
Abrasiver Sand, (tiefe Schicht)	feucht	200
Sand (obere Schicht)	feucht	400
Sand (obere Schicht)	trocken	1000
Zement oberirdisch	trocken	$10^5$

### Korrosion von Erdungs-Elektroden

Diese kann ein Problem darstellen und soll vor und nach der Installation überprüft werden. Korrosion kann einen hohen Widerstand erzeugen und deshalb eine „schlechte“ Verbindung zur Erde. Es ist hauptsächlich eine galvanische Reaktion entweder in der Erde oder zwischen zwei ungleichen Metallstücken als Bestandteile einer Verbindung.



Bild 26: Korrosion als Folge von unterschiedlichen Materialien

---

## Einführung von Leitungen in ein Gebäude

Heute werden generell zahlreiche Leitungen in ein Gebäude eingeführt. Aus EMV-Sicht sollten alle an derselben Stelle eingeführt werden.

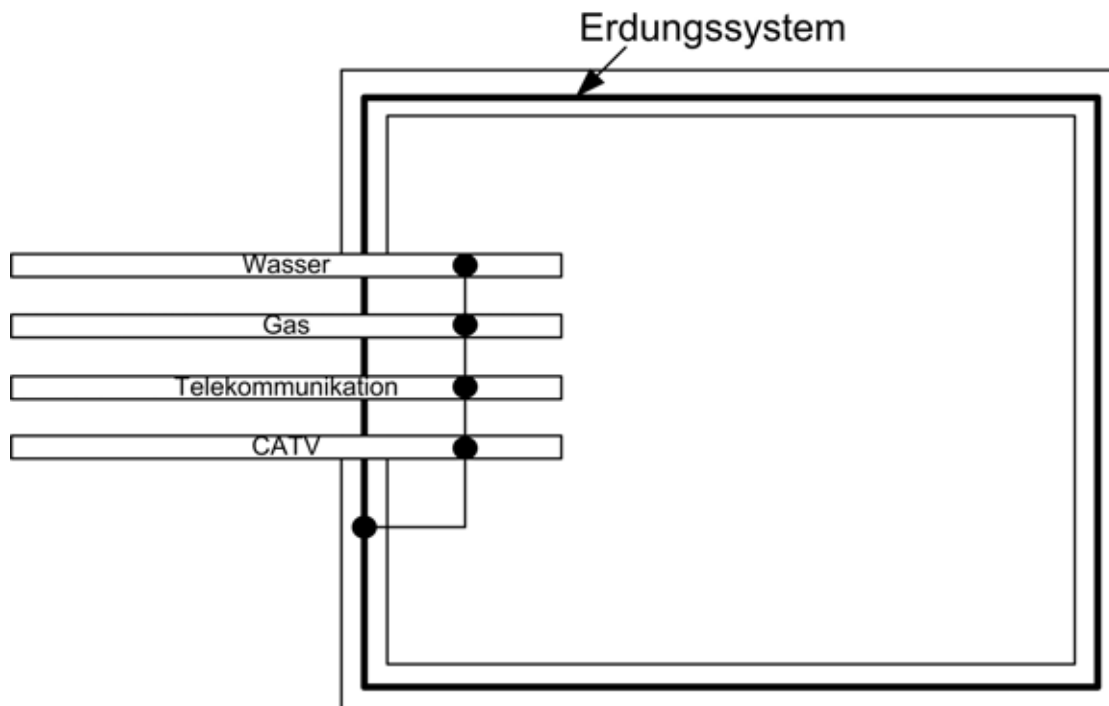


Bild 27: Einführung von Versorgungsleitungen

Der Grund ist, nahezu gleiche Potentiale zu erzeugen, im Fall einer Strompanne oder eines Blitzeinschlages. Speziell der Blitzeinschlag ist nicht zu unterschätzen. Liegen die Leitungen zu weit auseinander und der Blitz trifft eine Leitung, besteht ein erheblicher Potentialunterschied zu den benachbarten Systemen. Liegen die Leitungen nahe zusammen und sind sie alle am gleichen Potentialausgleichssystem angeschlossen, dann ist die Potentialdifferenz niedrig.

**Bemerkung:** Aus Sicherheitsgründen ist ein gut funktionierendes Erdungssystem erforderlich! Ein Verkabelungssystem ist Teil eines gut konzipierten Erdungskonzeptes.

Dies ist anwendbar für ungeschirmte und geschirmte Systeme. Selbst wenn eine LWL-Verkabelung installiert ist, bleibt ein voll funktionsfähiges Erdungssystem unabdingbar.

## 4.2 Sicherheit

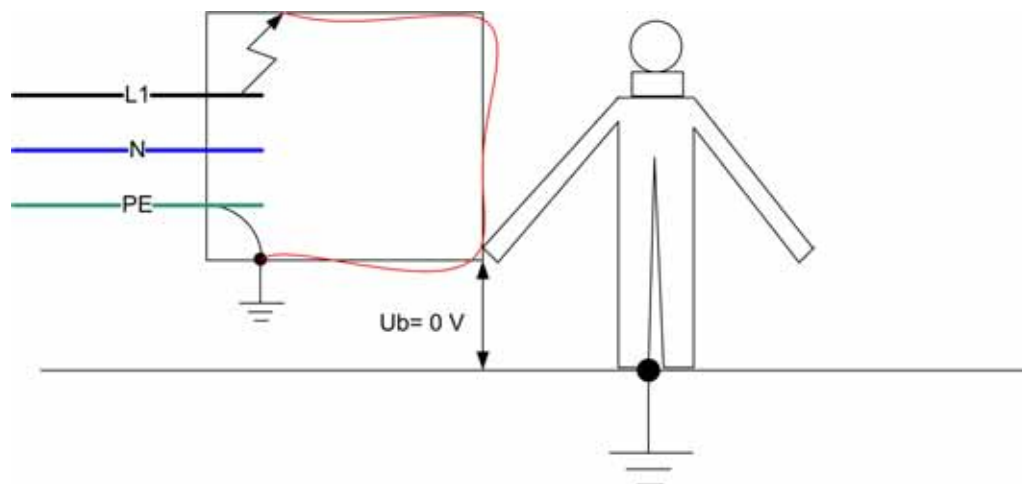


Bild 28: Erdungsprinzip bei elektrischem Schlag

Hauptgrund für Erdungsvorrichtungen ist, im Fall von fehlerhaften Stromleitungen, Leben retten zu können. Daher haben Geräte, die berührungsfähige Teile haben. Stromkabel mit drei Leitern.

Ist das Gehäuse mit der Erde verbunden, resultiert ein Kurzschluss und der Leistungsschalter öffnet sich.

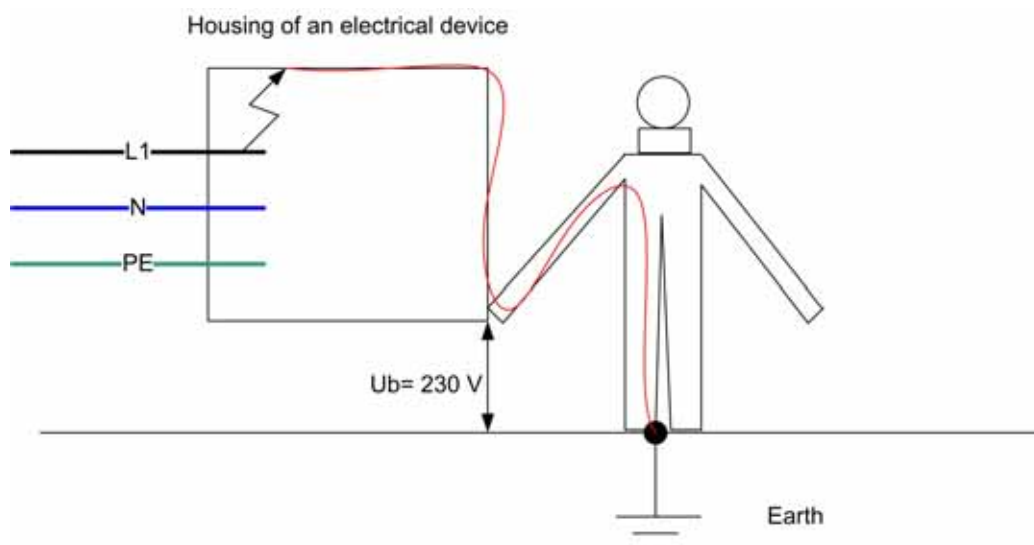


Bild 29: Effekt ohne Erdung

Ist das Gehäuse nicht mit der Erde verbunden, steht die volle Spannung am Gehäuse an. Berührt nun eine Person das Gehäuse, so erhält diese einen Stromschlag, der tödlich sein kann. Die tatsächliche Spannung hängt vom Widerstand der Person und vom Widerstand des Bodens ab, auf dem sie steht.

Die Erdung ist nicht erforderlich, wenn:

- die Geräte der Schutzklasse II angehören
- die maximale Spannung innerhalb von SELV<sup>2</sup> (AC 25 V ~ and DC 60V) liegt

<sup>2</sup> SELV= safety extra-low voltage = Schutzkleinspannung

Geräte der Schutzklasse II sind im Heimbereich gebräuchlich. Deshalb werden hier die meisten Stromkabel mit nur zwei Leitern geliefert. Der Grund dafür ist die Abkapselung des Transformators vom Gehäuse, so dass im Fehlerfall kein Kontakt zum Gehäuse entstehen kann. Diese Geräte haben keinen Einfluss auf das Schutzerde-System.



Bild 30: Netzstecker mit 2 und 3 Stiften

### 4.3 Potentialausgleich

Dies bedeutet, dass alle Metallteile beziehungsweise leitende Teile innerhalb eines Elektropanels oder einer Maschine mit der Schutzerde verbunden sein müssen. Der Potentialausgleich hat einen Sicherheits- und einen EMV-Aspekt. In Gebäuden gilt:

- Alle metallischen Leitungen innerhalb eines Gebäude, wie Wasser- und Gas-Leitungen
- Alle metallischen Teile am Gebäude respektive an der Konstruktion
  - Stahlträger
  - Metall-Fassade
  - Stahl und Zement
- Metallische Datenschränke und Schränke für die Stromverteilung
- Hohlböden auf Metallstützen

Alle Verbindungen enden am zentralen Anschluss für den Potentialausgleich.

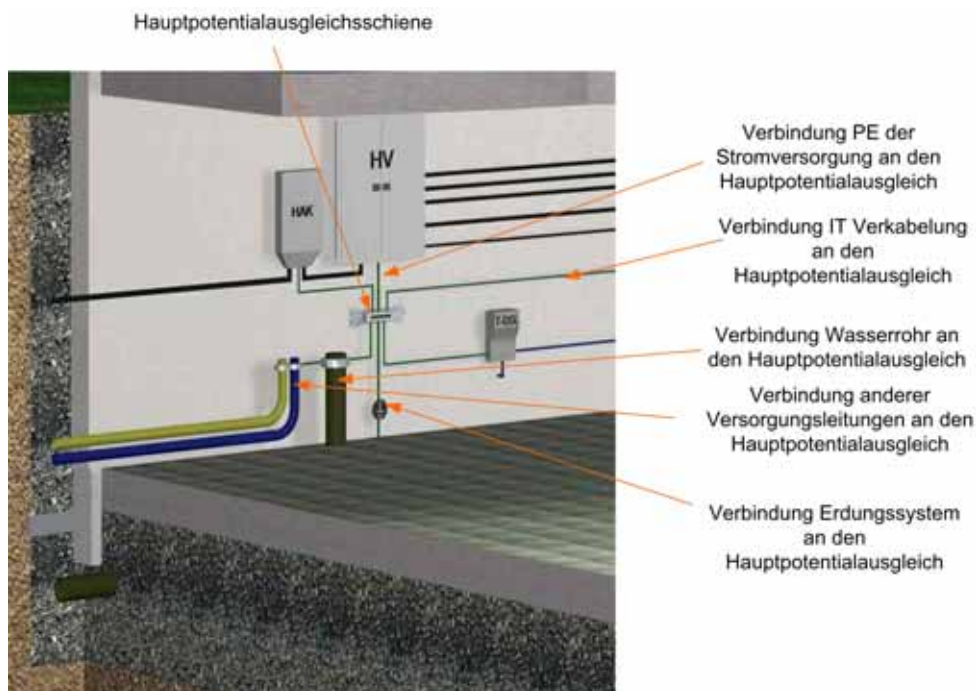


Bild 31: Hauptanschluss der Erdung (Obo Bettermann)

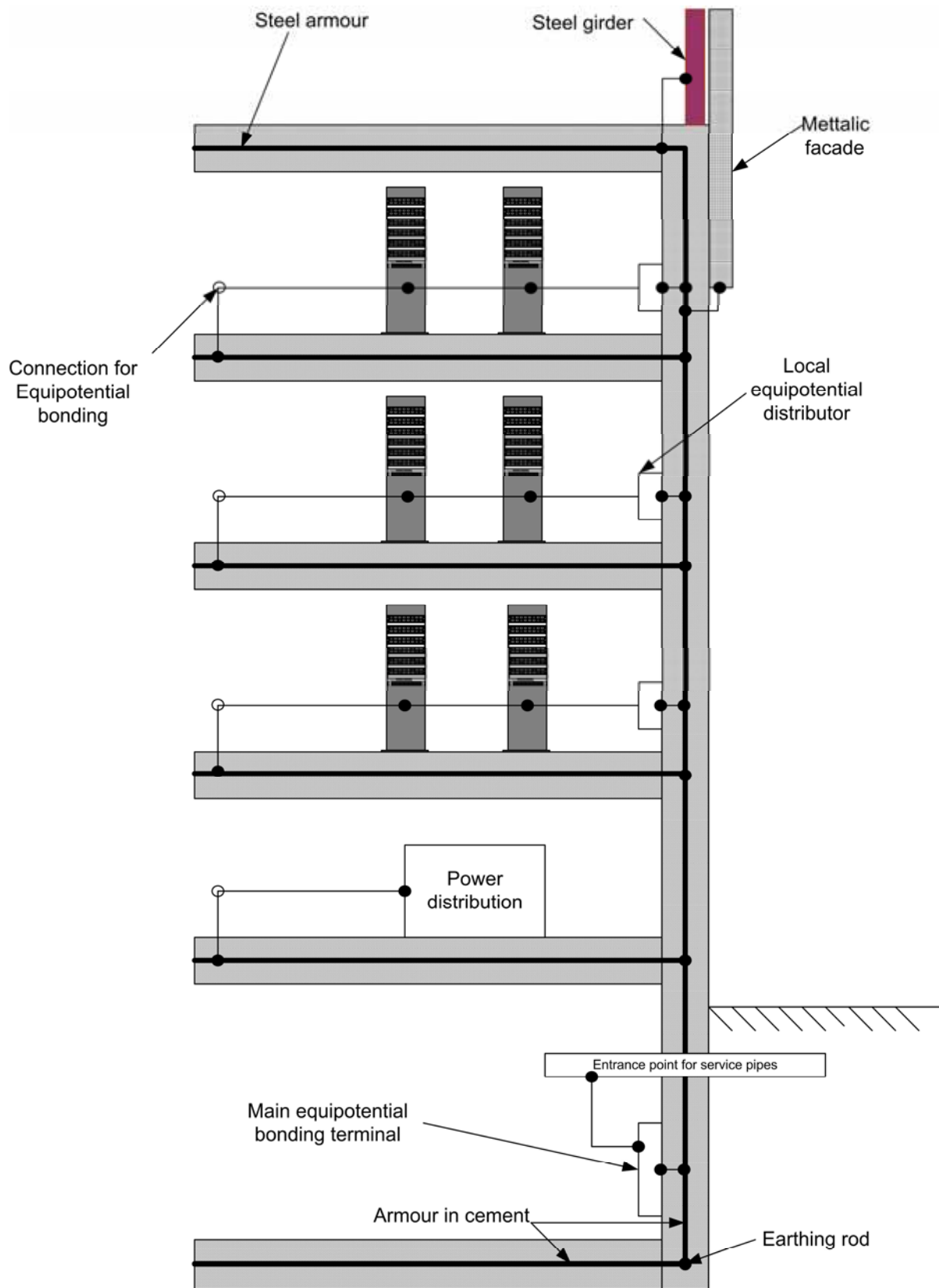


Bild 32: Vermaschtes Potentialdifferenz-Netzwerk



## Warum ist ein Potentialausgleich notwendig?

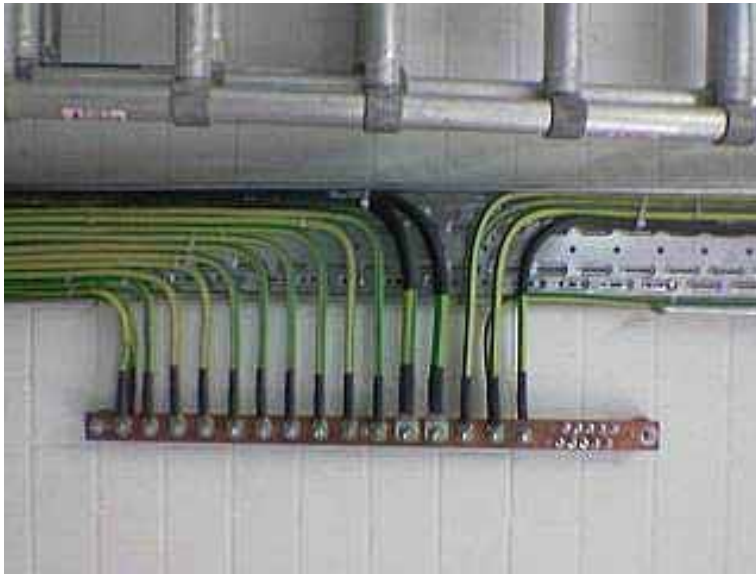


Bild 33: Örtliche Potentialausgleichsschiene

Der Potentialausgleich stellt sicher, dass alle mit der Masse verbundenen Geräte am gleichen Potential angeschlossen sind. Somit sind Personen, im Falle eines Erdungsdefektes, vor gefährlichen Betriebsspannungen geschützt, die bei der Berührung zweier unterschiedlicher Teile entstehen können (Wasserleitung oder anderes Metallteil).

Ein weiterer Grund für den Potentialausgleich ist die Erstellung einer guten EMV. Keine Potentialunterschiede zwischen leitenden Teilen bedeutet automatisch kein Strom und folglich keine Beeinflussung durch irgendwelche Kopplungsmechanismen. Besteht ein Potentialunterschied, dann fließt Strom und die empfangende Ausrüstung wird gestört. Die Wichtigkeit eines gut konzipierten Potentialausgleichssystems ist in Bild 34 dargestellt. Wegen einer Potentialdifferenz und des daraus resultierenden Stromes, ist das Wasserrohr korrodiert.



Bild 34: Korrodiertes Wasserrohr (GHMT AG)



Bild 35: Strom auf dem PE (Patzke Consulting)

Ein Faradayischer-Käfig ist ein anderer Grund für Potentialausgleich. Dies ist wichtig für abgestrahlte Interferenzen und Blitzeinschläge nahe am Gebäude. Alle Verbindungen



Bild 36: Anschluss von Erdungssystem an Armierungsstahl für vermaschtes Potentialausgleichskonzept (Obo Bettermann)

müssen niederohmig und großflächig sein. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, bereits in der ersten Bauphase ein vermaschtes Erdungssystem zu haben. Der Armierungsstahl ist ein hervorragendes Material, um diese Methode zu unterstützen. Daher ist die Verbindung zum Erdungssystem wichtig. Bild 37 zeigt einen Potentialausgleichspunkt während der Bauphase. Das orange Plastik ist lediglich ein Schutz. Wenn die strukturelle Bauphase beendet ist, wird das Plastik entfernt und die ganze Metallfläche erzeugt eine niederohmige Verbindung als Potentialausgleich.



Bild 37: Potentialausgleichspunkt während der Bauphase. (Obo Bettermann)

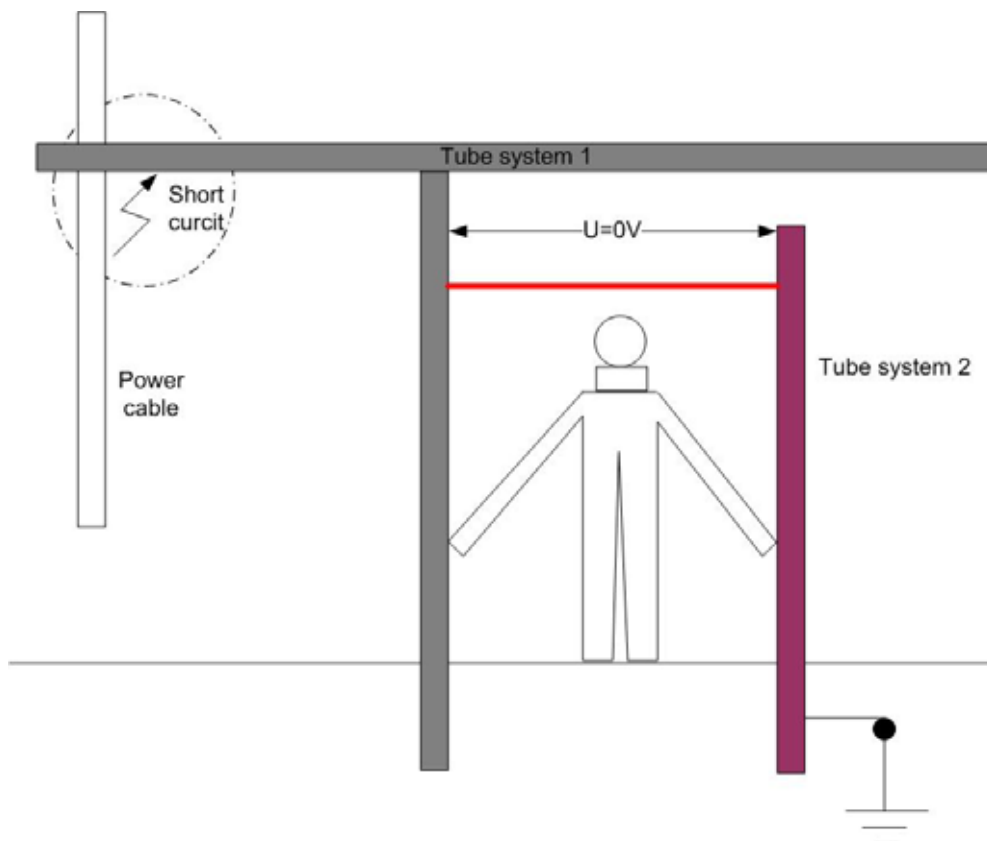


Bild 38: Sicherheitsaspekte des Potentialausgleichs

Wegen des Potentialausgleichs-Leiters, haben beide Leiter dasselbe Potential. Daher ist die Spannung zwischen diesen zwei Leitern = 0V

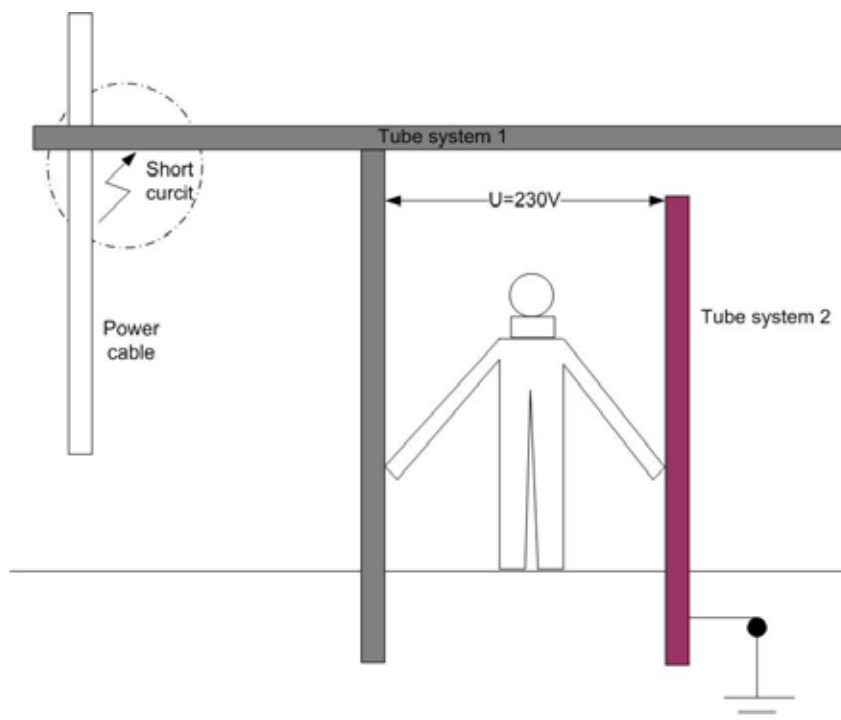


Bild 39: Sicherheitsaspekte ohne Potentialausgleichsleiter

In derselben Situation, aber ohne Potentialausgleichsleiter, ist die Potentialdifferenz beinahe gleich dem Potential des Stromkabels (ca. 230V), und das ist gefährlich.

## Planungs-Richtlinien:

In der EN 50174-2 sind folgende Empfehlungen zu finden:

„Für beste Resultate soll das Erdungssystem in drei Dimensionen ausgeführt werden. Speziell für mehrgeschossige Gebäude mit einem IT-Netzwerk. Es soll daran erinnert werden, dass eine der größten Gefahren das Einschleppen von elektromagnetischen Feldern eines Stromstosses in die Erdungsschleife ist. Die Überspannungsebene ist im Wesentlichen horizontal und induziert die größten Streuspannungen in vertikale Schleifen.“

Zwei angrenzende Geschosse sollen durch alle Leitungen miteinander verbunden werden, welche durch das Erdreich führen. Diese Verbindungen sollen entweder durch bestehende Leitungen erstellt werden (Rohrleitungen, Kabelkanäle etc.) oder durch Installation von zusätzlichen Leitern mit großem Querschnitt. Die bevorzugte Maschenweite für vertikale Verbindungen ist 3m auf 4m, speziell in Zonen mit hoher Konzentration an elektronischen Ausrüstungen.“

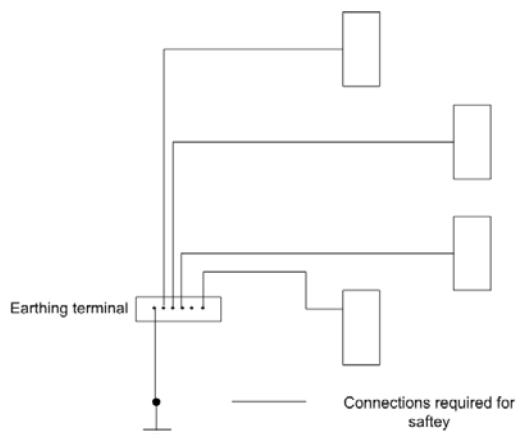


Bild 40: Stern-Topologie für Potentialausgleichs-Netzwerk

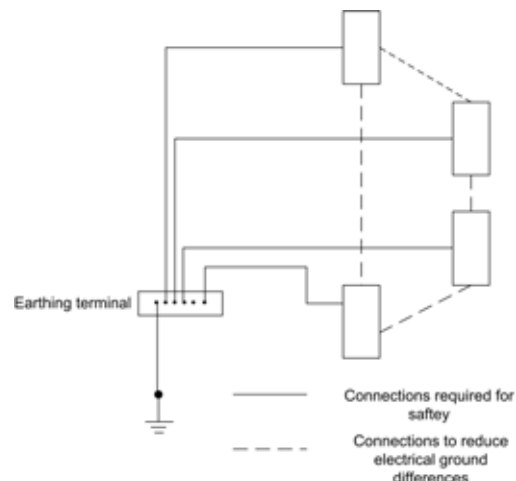


Bild 41: Verbesserter vermaschter Potentialausgleich

In der Praxis kann jeder Leiter zum Potentialausgleich beitragen. Erdleiter, metallische Rohre, Kabelrohre, Metallstrukturen, Decken, Platten, Fenstertürze, Gitterroste, Eisenträger, metallische Strukturen, Türrahmen, etc. Diese Art von Potentialausgleich verbessert oft die elektromagnetischen Eigenschaften eines Systems wesentlich und trägt zur Personensicherheit bei.

Generell kann das Potentialausgleichsnetzwerk zwei verschiedene Topologien aufweisen, sternförmig oder vermascht

Der notwendige Erdschutzleiter ist ebenfalls der Leiter für das Potentialausgleichssystem. Solche Systeme sind effizient für kleine Gebäude sofern die Länge des Schutzerde-Leiters innerhalb eines gewissen Bereichs liegt. Das beste EMV-Verhalten wird erreicht mit einer vermaschten Erdungs-Topologie. EN 50174-2 rät zu quadratischen Maschen von 3x 3m. In einem vermaschten System, verbinden zusätzliche Elemente alle Metallteile. Dies ist besonders wichtig, falls Blitze direkt ins Gebäude einschlagen. Eine andere Situation ergibt sich aus indirekten Beeinflussungen. Diese sind ein größeres Problem und bergen in sich ein höheres Schadenpotenzial als ein direkter Blitzeinschlag.

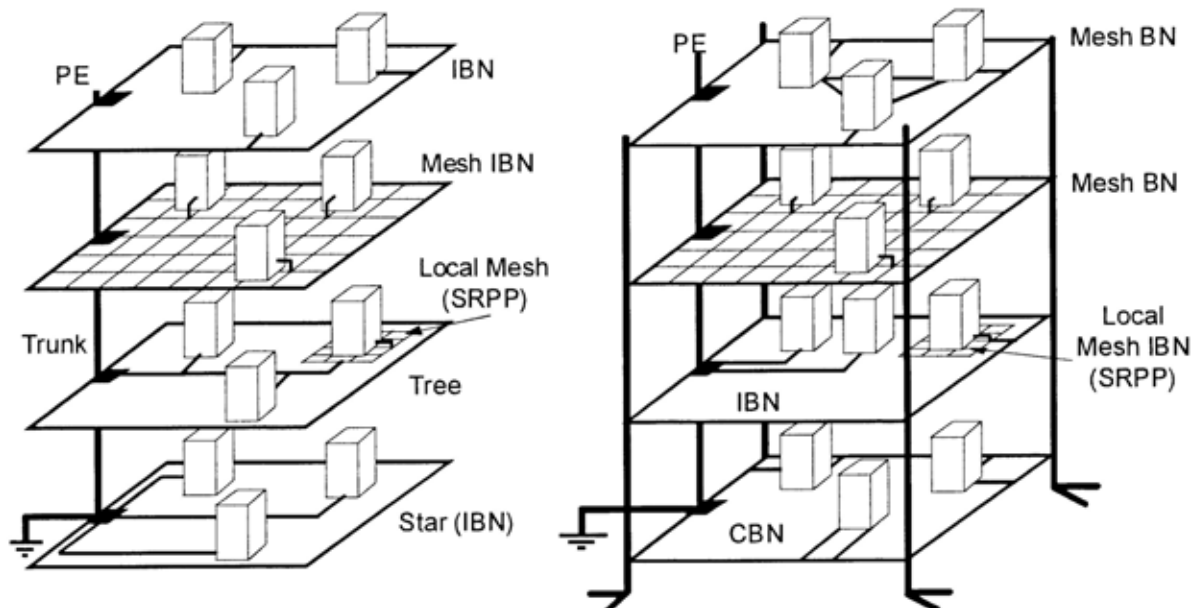


Bild 41: Vermaschter Potentialausgleich EN 50174-2

#### 4.4 Blitzschutz

Ein anderer wichtiger Punkt ist der Blitzschutz. Jährlich werden zahlreiche Gebäude und Geräte infolge von direkten Blitzeinschlägen direkt oder indirekt beschädigt oder zerstört. Charakteristiken von Blitzeinschlägen sind:



Bild 42: Blitzeinschlag (Obo Bettermann)

- Extrem steiler Anstieg
- Maximaler Strom (bis zu 200kA)
- Hochspannung

Zweck des Blitzschutz-Systems ist es, die Energie des Blitzes von den spezifischen Leitern zur Erde zu lenken, sowie seinen Energiegehalt soweit wie möglich von sensiblen Systemen fernzuhalten.

Daher ist es unterteilt in:

- Externer Blitzschutz
- Interner Blitzschutz

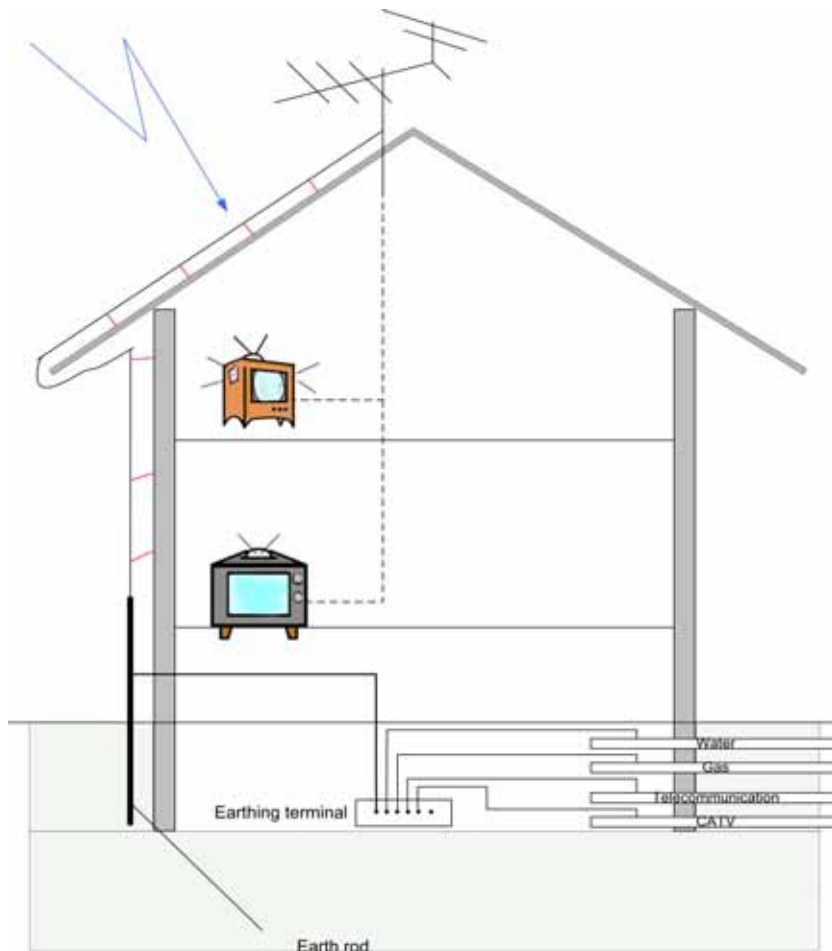


Bild 43: Externer Blitzschutz

Der externe Schutz hat für einen passenden Erdungspfad zu sorgen, sofern das Gebäude direkt von einem Blitzschlag getroffen wird. Aus Sicherheitsgründen ist es zwingend, dass:

- alle Verbindungen so kurz wie möglich sind
- genügend Abstand zum Gebäude besteht
- alle Kontaktflächen so groß wie möglich sind, damit die Spannung möglichst niedrig gehalten werden kann.

**Bemerkung:** Ein Blitzschutz soll Teil des Erdungssystems sein. Ist kein Blitzschutz vorhanden, so kann der Blitzschlag weite Teile der elektronischen Ausrüstung beschädigen. Wegen des großen Stromes, wird ein riesiges Magnetfeld in jedes leitende Material eingekoppelt.

Minimaler Querschnitt gemäss DIN EN 62305-3

Material	Fläche
Kupfer	16 mm <sup>2</sup>
Aluminium	25 mm <sup>2</sup>
Stahl	50 mm <sup>2</sup>

**Bemerkung:** Die Werte können von Land zu Land variieren.

Es gibt verschiedene Arten des externen Schutzes für ein Gebäude. Der externe Schutz erfolgt durch Fangstangen an bestimmten Stellen auf dem Gebäude. Alle Leiter enden im Erdungssystem. Die Absicht dabei ist, den Blitz "anzuziehen" und einen definierten und sicheren Weg zur Erde herzustellen. Die praktische Erfahrung zeigt jedoch eher ein ernüchtertes Bild. Der größte Schaden erfolgt aber durch die indirekte Wirkung (LEMP) und nicht durch direkte Einschläge.



Bild 44: Fangstange auf einem Flachdach (Obo Bettermann)



Bild 45: Fangstange (Obo Bettermann)

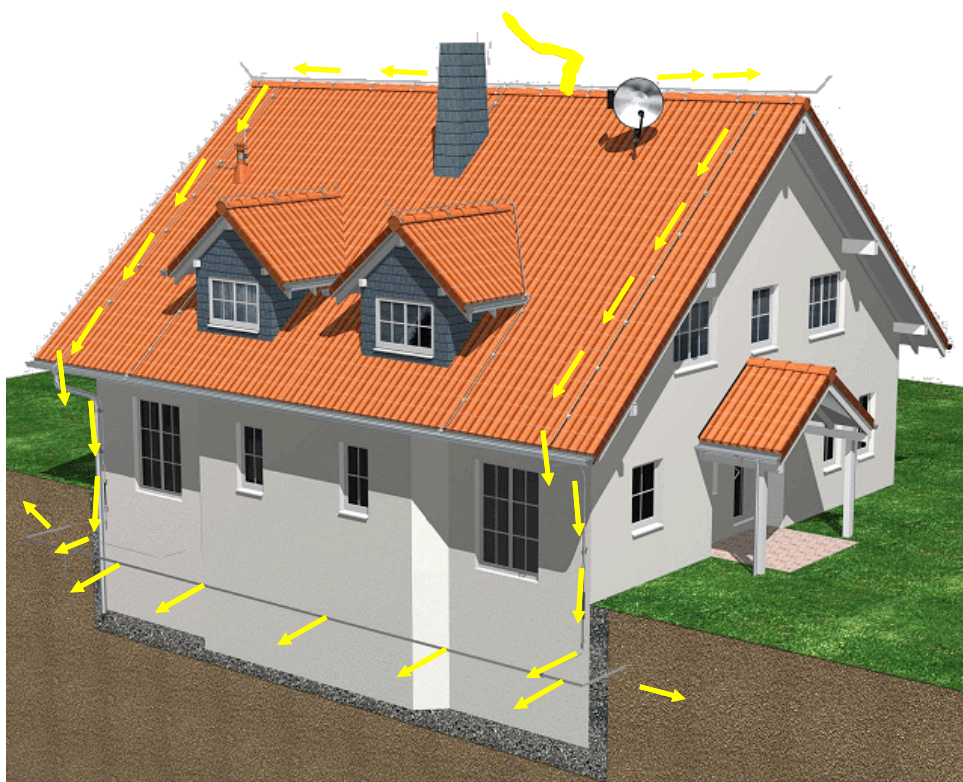


Bild 46: Der Weg des Blitzstromes (Obo Bettermann)

Ein Überspannungsableiter wird normalerweise installiert, um – bei Normalbetrieb - den Blitzschutz vom Potentialausgleich zu trennen. Im Fall eines Stromstoßes verbindet der Ableiter das Potentialdifferenz-System mit dem Blitzschutzerdungssystem. Beide Systeme liegen dann am selben Potential.

## Interner Blitzschutz

Der externe Schutz verhindert Schäden durch einen direkten Stromschlag. Der größte Schaden wird durch einen indirekten Stromschlag verursacht. Daher wird auch interner Schutz benötigt. Der wichtigste Punkt ist die Verbindung des externen Blitzschutzes mit dem Potentialausgleichssystem sowie dem Erdungssystem.

Die andere Methode besteht darin, empfindliche Teile vor Stromstößen zu schützen. Dies kann durch Schutz nach der Leitungseinführung ins Gebäude geschehen, in Stromverteilern auf der Etage oder Ausgangsseitig. Auch der Daten/Kommunikationsanschluss kann geschützt werden. Dies kann für Server oder empfindliche Vorrichtungen notwendig werden.

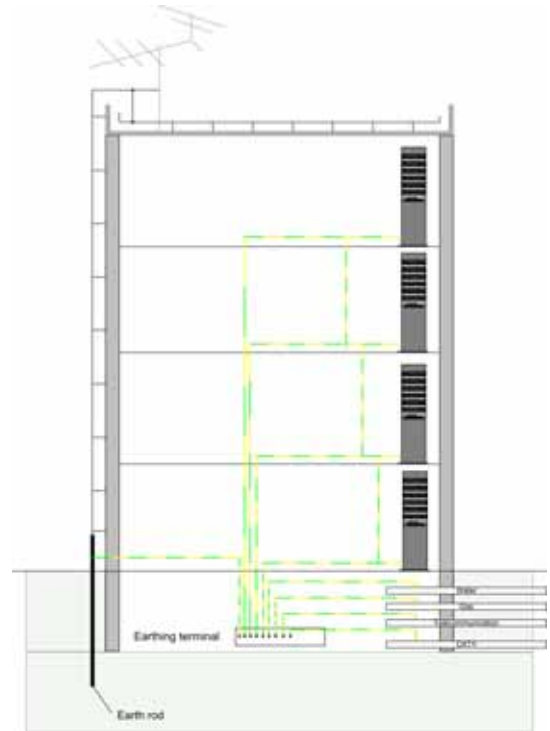


Bild 47: Interner Blitzschutz

Die meisten Schäden durch Blitzeinschläge werden durch die Stromverkabelung verbreitet. Dies kann durch direkten Einschlag in eine benachbarte Leitung geschehen oder selbst durch eine entfernt erzeugte und durch Energie- oder Kommunikationskabel geführte Entladung.

Wenn die direkte Verbindung zwischen Potentialausgleich und Blitzschutz nicht möglich oder nicht erlaubt ist, hilft eine Trennfunkstrecke. Diese verbindet den externen Schutz nur im Fehlerfall mit dem Potentialausgleich.



Bild 53a: Funkenstrecke (Obobettermann)

Die Normierung für den Blitzschutz ist abgeschlossen. Die Norm dafür ist die EN 62305-x Serie.

Dieser Standard gliedert sich wie folgt:

- EN 62305-1 Allgemeine Grundsätze
- EN 62305-2 Risiko-Management
- EN 62305-3 Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- EN 62305-4 Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen



---

Der Einfluss des Verkabelungssystems auf den Blitzschutz wird durch die Formel und durch die Tabelle in der EN 62305-2 aufgezeigt.

$$P_M = K_{S1} + K_{S2} + K_{S3}$$

$P_M$  ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Blitz in der Nähe der Anlage Schäden an den internen Systemen verursacht.

$K_{S3}$  ist ein Faktor betreffend die interne Verdrahtung.

Art der Verdrahtung	$K_{S3}$
Ungeschirmtes Kabel - ohne Verlegevorschrift um Schleifen zu vermeiden	1
Ungeschirmtes Kabel - Verlegevorschrift zur Vermeidung großer Schleifen	0,2
Ungeschirmtes Kabel - Verlegevorschrift zur Vermeidung von Schleifen	0,02
Geschirmtes Kabel mit Schirmwiderstand $R \geq 5 \Omega/\text{km}$	0,1
Geschirmtes Kabel mit Schirmwiderstand $1 \leq R < 5 \Omega/\text{km}$	0,02
Geschirmtes Kabel mit Schirmwiderstand $R < 1 \Omega/\text{km}$	0,01

Tabelle B5 Werte für Faktor  $K_{S3}$  IEC 62305-2

Das geschirmte System entspricht einem potentiellen Wahrscheinlichkeitsfaktor  $P_M$  welcher 100 Mal niedriger ist als der eines ungeschirmten Systems.

**Bemerkung: Wo ein vermaschter Potentialausgleich vorgesehen ist, werden die Werte  $K_{S1}$  und  $K_{S2}$  auf die Hälfte reduziert.**

Grundsätzlich ist es möglich den internen Blitzschutz durch folgende Maßnahmen zu gewährleisten bzw. zu verbessern:

- Alle Wände, Decken und vor allem das Dach besitzen Metallelemente (Käfigstruktur)
- Kabel werden in geschlossene metallische Kabelkanäle installiert
- Leitungen des externen Blitzschutzes werden soweit weg wie möglich von sensiblen Kabeln und System verlegt
- Sensible Anlagen und Systeme werden im Gebäude in einen metallischen Käfig gebaut
- Alle leitfähigen Einführungen von außen werden abgesichert
- Sehr sensible Geräte oder Gebäudeabschnitte werden mit Überspannungsschutz versehen.

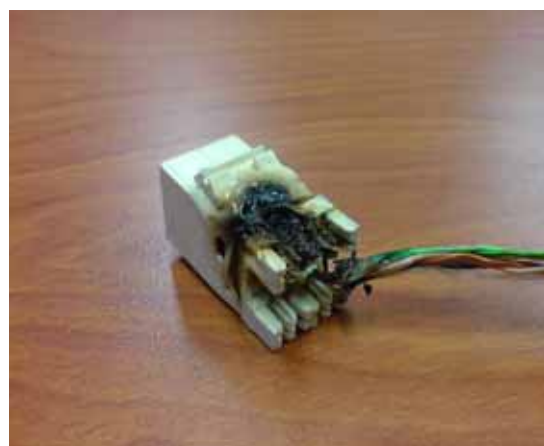


Bild 53b: Überspannungsschaden an einer UTP Verkabelung nach Blitzeinschlag

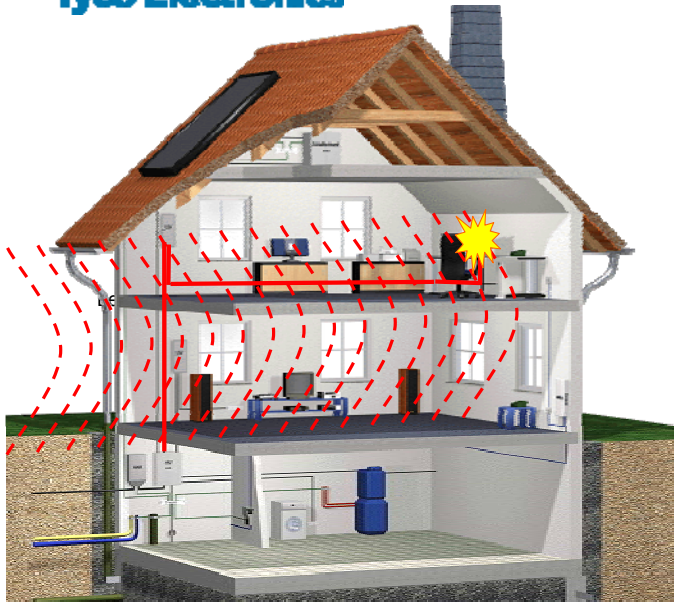


Bild 48: Durch einen Blitz generierter LEMP (Obo Bettermann)

Jeder Blitzschlag generiert einen starken LEMP<sup>3</sup>. Dieses Feld wird in die Stromkreise induziert und zeigt für einen kurzen Moment einen hohen Spitzenwert. Ebenso werden alle Kommunikationskabel davon betroffen. Der einzige Weg dies zu verhindern ist, für eine Abschirmung zu sorgen. UTP-Kabel haben keinen Schirm. Die Paarverseilung kann diese Einflüsse nicht wirksam genug unterdrücken. Jeder leitende Draht ist diesen Einflüssen unterworfen.

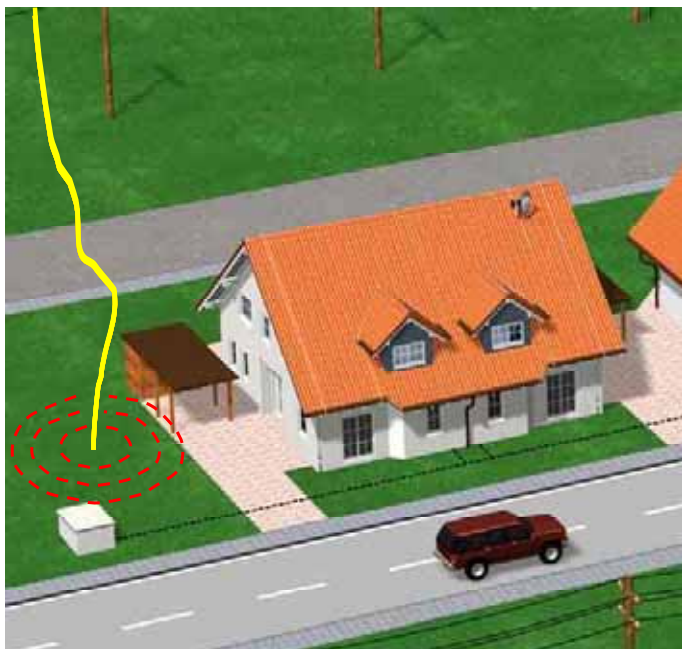


Bild 49: Blitzeinschlag im Erdreich (Obo Bettermann)

Eine weitere Gefahr ist ein Blitzeinschlag nahe am Gebäude, bei dem die Stromzuleitung im Erdreich getroffen wird. Hierfür ist ein Blitzschutz am Gebäudeeingang sehr zu empfehlen.

Dieser generiert ein starkes Magnetfeld und induziert einen Strom durch galvanische Kopplung.

**Bemerkung: Der Blitzschutz ist nur gewährleistet, wenn Energie- und die Datenleitungen geschützt sind.**

Dafür gibt es verschiedene Produkte auf dem Markt. Bild 54 zeigt eine Lösung für Fast Ethernet

– Ports.



Bild 50 Überspannungsschutz (Obo Bettermann)



Bild 51: Überspannungsschutz für RJ 45 Ports (Obo Bettermann)

<sup>3</sup> LEMP = Lightning electromagnetic Impulse

---

## 4.5 Stromversorgung

Dies ist ein Schlüssel-Thema, welches sowohl elektrische wie auch EMV-Belange betrifft. Es gibt in der Praxis mehrere Stromversorgungssysteme. Generell sind es 3 Grundvarianten:

- TN
- TT
- IT

Diese Buchstaben entsprechen folgenden Definitionen:

1. Beziehung zwischen Stromversorgung zur Erde (erster Buchstabe T,T,I)
2. Beziehung zwischen elektrische Ausrüstung zur Erde (zweiter Buchstabe N,T,T)

IT und TT werden in besonderen Applikationen verwendet (Betriebsräume). In öffentlichen Bauten und Wohnbauten wird häufig das TN-System verwendet. Das TN-System kann in eines von den 3 nachfolgend genannten verschiedenen Untertypen eingeteilt werden:

- TN-S
- TN-C
- TN-C-S

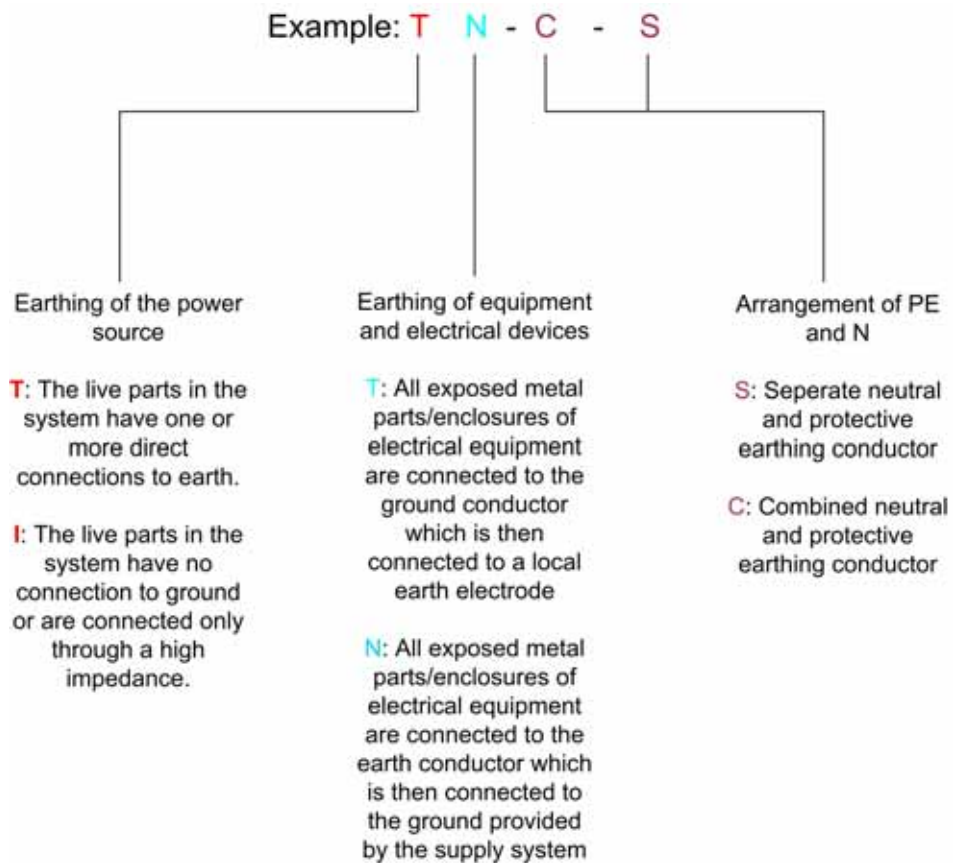


Bild 52: Erklärung der Symbole für Stromversorgungen

## TN-S

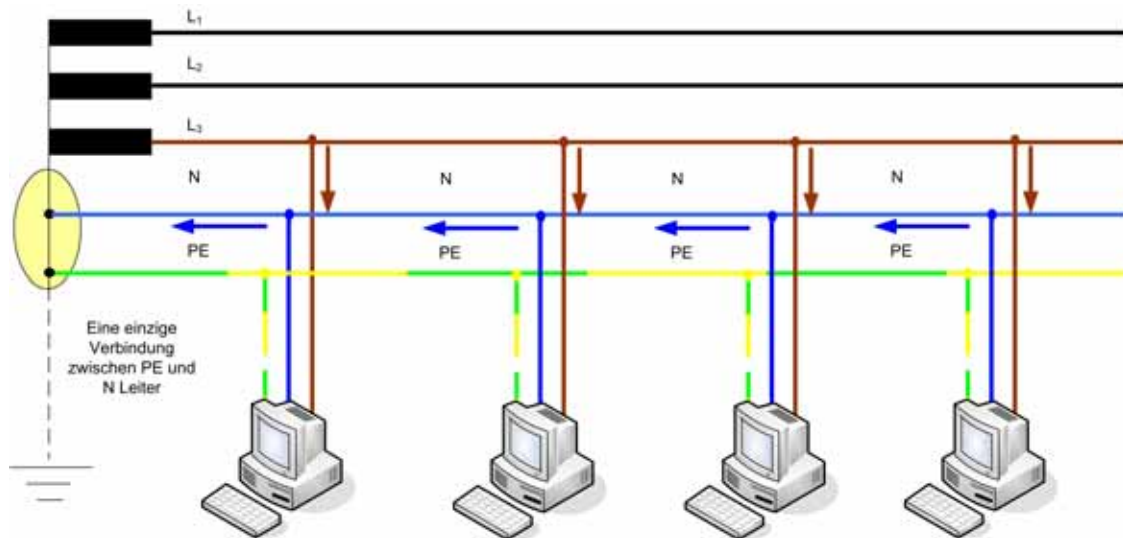


Bild 53: TN-S System

In einem TN-S Netzwerk, sind N und PE immer voneinander getrennt. Aus EMV-Perspektive ist dies die beste Lösung.

## TN-C

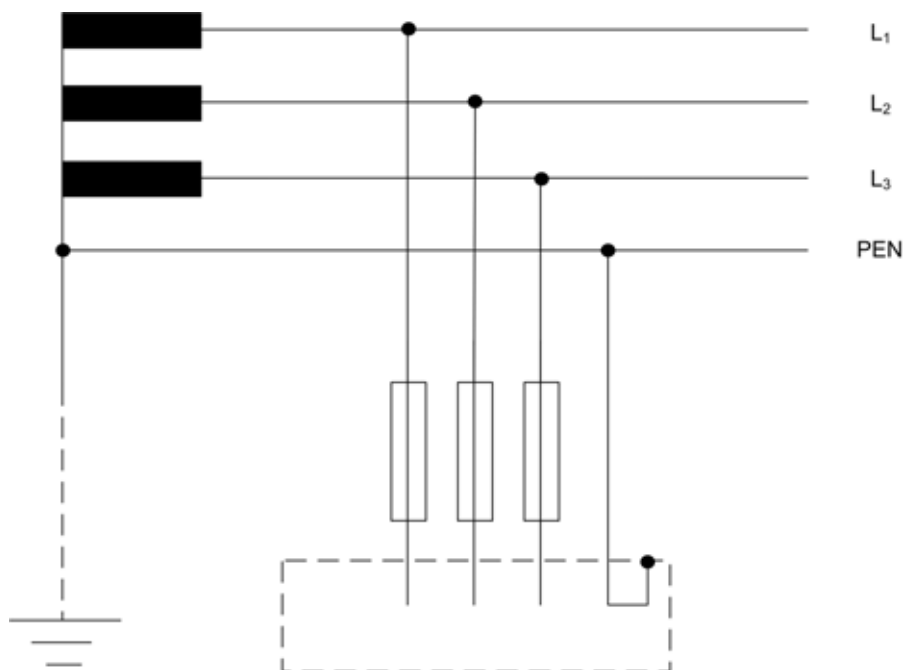


Bild 54: TN-C System

Dieses wird oft für reine 3-Phasen-Stromsysteme verwendet, hat jedoch ein schlechtes EMV-Verhalten.

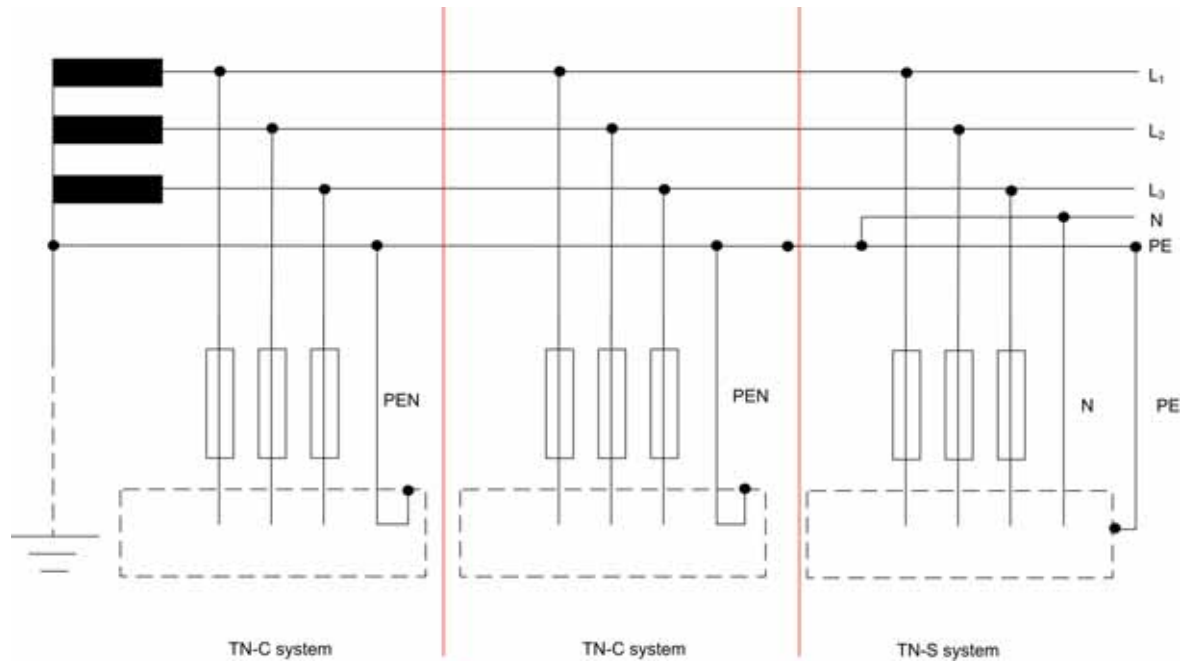


Bild 55: TN-C-S System

Dies sind Null-Leiter in der ersten und der zweiten Abteilung, sowie Trennung von N und PE in der letzten Abteilung. Sie besitzen ein ähnlich mäßiges EMV-Verhalten.

### Koexistenz zwischen Stromverteilung und EMV-Anforderungen.

Rund um dieses Thema bestehen viele Missverständnisse. Einerseits betrifft dies die Stromversorgung, andererseits die EMV-Anforderungen. Alle Teile müssen jedoch als ein Ganzes gesehen werden. Insbesondere Gebäude mit allen Arten von IT-Installationen und einem Stromverteilssystem.

**Bemerkung:** EMV-Anforderungen beziehen sich nicht nur auf Kommunikations-Infrastrukturen. Eigenartige Effekte, defekte Stromversorgungen oder ein großer Schaden nach einem Blitzeinschlag können Folge einer mangelhaften Stromverteilung sein, respektive einer nicht geeigneten Potentialausgleichsanlage.

EN 50310 Abschnitt 6.2 Tabelle 2 besagt:

Externe Verteilung	Gebäude-interne Installation	Bemerkungen
TN-S	TN-S	Bestes Stromverteilungssystem in Bezug auf EMV
TN-C	TN-S	Nicht empfohlen
TN-C	TN-C-S	Nicht empfohlen
TT	TT	EMV-geschützt für gebäudeinterne IT-Installationen Nicht EMV-geschützt, für Verbindungen unter Gebäuden mit IT-Installationen. Information technology; Potentialausgleichs-Verbinder erforderlich
TT	Um TN-S-Eigenschaften zu erreichen, muss ein Isolations-Transformator installiert werden.	Positiv für die EMV
IT	TT	Nicht üblich in der öffentlichen Stromverteilung. (Ausnahmen: in Frankreich und in Norwegen) Es gelten dieselben Anmerkungen wie für TT-TT
IT	Um TN-S-Eigenschaften zu erreichen, muss ein Isolations-Transformator installiert werden.	Positiv für die EMV

Als Resultat, macht EN 50174-2 Abschnitt 6.4.3 die nachfolgenden Empfehlungen:

„Die verschiedenen Stromverteilungssysteme (TN-S-, TN-C-S-, TN-C-, TT- und IT System) werden in HD 384.3 S2 beschrieben. Jedoch darf ein PEN-Leiter, über den unsymmetrische Ströme sowie überlagerte Ströme mit Oberschwingungen und anderen Störungen fließen, nicht als geeignete Erdung angesehen werden. Darüber hinaus müssen IT- und TT- Verteilungssysteme weitere Ausgleichsmaßnahmen aufweisen, insbesondere bezüglich Überspannungen. Deshalb sollte a) es im Gebäude keinen PEN-Leiter geben, das heißt, die betreffende Option in HD 384.5.54 S1:1988, 546.2.1, sollte nicht angewendet werden; b) wenn irgend möglich, das TN-S-System angewendet werden (siehe EN 50310). Ausnahmen gelten bei Hochspannungs- Verteilungsanlagen, die als TT- oder IT- System ausgeführt sind, oder falls im Hinblick auf die Anwendung (Krankenhäuser) oder auf nationale Vorschriften ein hoher Versorgungsgrad gefordert wird.“

Eben deshalb, sollen TN-S Systeme installiert werden. Es ist abzusehen, dass statt des heutigen „soll“, in naher Zukunft ein „muss“ sein wird. Für ein neues Gebäude ist es keineswegs ein Problem; es gibt generell nur Vorteile.

Die folgenden Wirkungen können von einer mangelhaften Stromverteilung verursacht werden.

- Beschädigung des Kompensationssystems

- Flimmernde Monitore
- Beschädigte oder zerstörte Stromversorgungen
- Korrosion an Metallteilen
- Zerstörte Ausrüstungen nach Blitzeinschlag

**Bemerkung: Diese Effekte treten generell auf, bei ungeschirmten wie bei geschirmten Systemen.**

Was ist das Problem eines TN-C oder eines TN-C-S Systems?

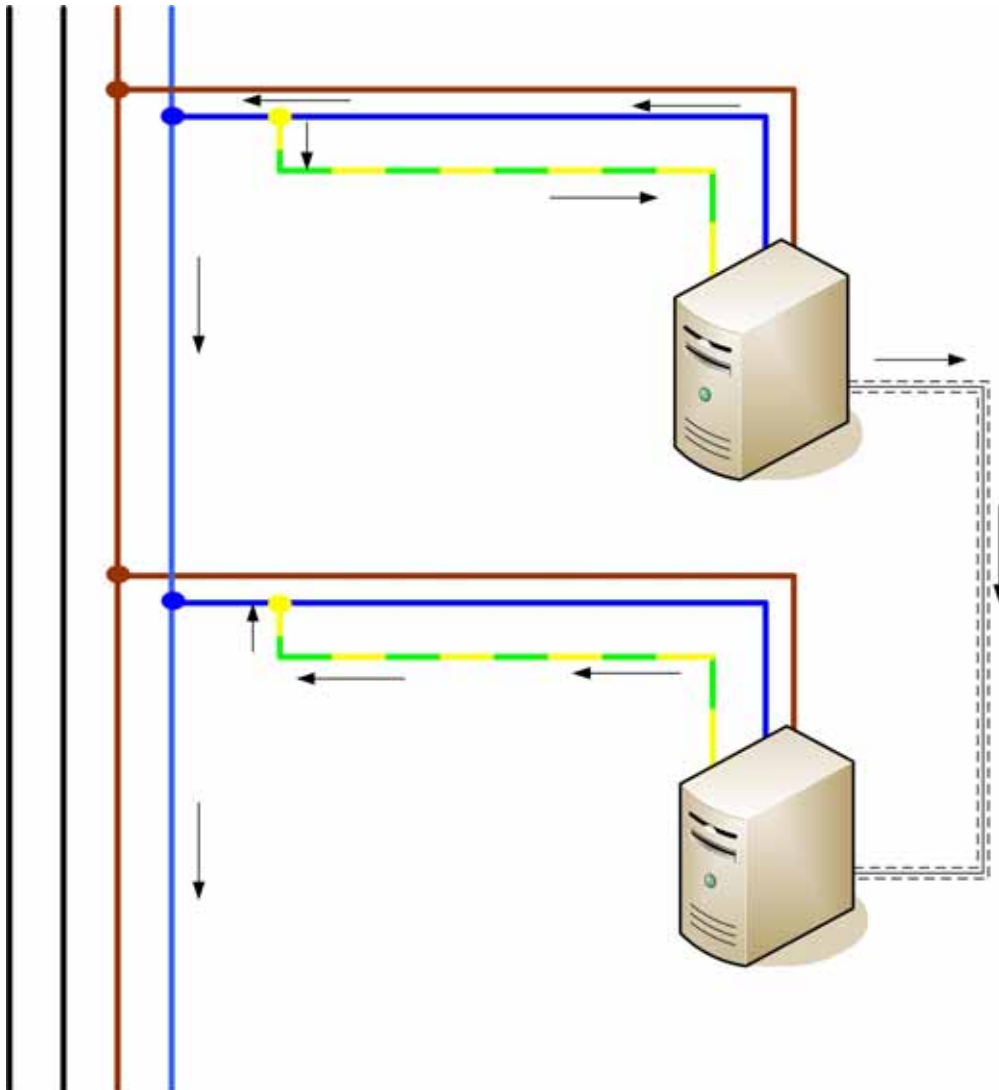


Bild 56: Probleme einer Nullleiter-Installation

Wenn eines dieser Systeme installiert ist, kann das folgende Phänomen auftreten: Der N-Leiter und der PE-Leiter werden normalerweise mit der elektrischen Unterverteilung verbunden. Bild 56 zeigt zwei mit Datenleitungen verbundene Geräte auf verschiedenen Stockwerken und auf verschiedenen Subsystemen. Deswegen wird der Strom geteilt und dieser fließt über beide Leiter. Ein Teil des Stroms fließt auch auf der Schutz Erde. Tritt ein Problem auf, empfehlen sich als Lösungen ein Potentialausgleichsleiter der die Geräte



---

verbindet (siehe Seite 47), oder die Trennung der Geschosse mittels LWL-Kabel. Die wesentlich bessere Lösung ist aber, zum TN-S - System zu wechseln.

Dieser Effekt wird oft als „Erdschleife“ oder „Masseschleife“ bezeichnet. Er tritt nur in diesem Fall auf und nur innerhalb von älteren Installationen. Neue Gebäude und Installationen haben meist TN-S - Installationen und dort gibt es keine diesbezüglichen Schleifen.

**TN-S - System = keine Schleifen = kein Strom auf der Schutzerde**

## Oberwellen

Kritischer ist die Tatsache, dass mehr und mehr elektrische Ausrüstungen geschaltete Netzteile besitzen. Diese erzeugen Phasenverschiebungen und Oberwellen. Der Strom dieser Oberwellen wird für jedes Gerät zu einem unerwünschten Effekt addiert: Der Strom im N-Leiter ist viel höher als erwartet. Dieser hohe Strom benutzt nun den Null-Leiter als Rückweg. **Resultat:** Der N-Leiter (Null-Leiter) ist überlastet und kann beschädigt werden oder durchbrennen. Es gibt auch schlimmere Folgen, die nicht in direktem Zusammenhang mit der Situation stehen:

- Transformatoren (Überhitzung)
- Motor / Generator (Stotternder Betrieb)
- Überstrom-Schutz (Lasttrenner und Sicherungen → Auslösung mit Geräuschen)

## Fakten:

- Erdung und Potentialausgleich sind ein MUSS für Sicherheit und aus Gründen der EMV
- Ist ein TN-S System installiert, so gibt es keine Rückkopplungen auf das Verkabelungssystem!
- Ist ein TN-S System installiert so gibt es keinerlei Rückkopplungen auf die mit der Schutzerde verbundenen Teile (z.B. Wasserrohre, Armierungsstahl, Stromversorgungen).
- Das Stromverteilungssystem muss hinsichtlich der EMV-Anforderungen geprüft werden.
- TN-S wird sehr empfohlen
- Das Potentialausgleichs-System muss Teil des EMV-Konzeptes sein.
- Alle Metallteile müssen einbezogen werden.
- Ein vermaschtes Potentialausgleichssystem ist besser als ein sternförmiges.

Eine ungeschirmte Lösung ist nicht in der Lage, Probleme der Stromversorgung zu lösen. Der Planer und der Installateur müssen für eine „saubere“ Stromversorgung und für ein vermaschtes Potentialausgleichskonzept sorgen.

Schäden und Probleme entstehen auch ohne jegliche Telekommunikationsausrüstung, wenn Erdung und Potentialausgleich fehlen oder schlecht ausgeführt sind.

## 5. Installation von geschirmten Systemen

Die Installation von geschirmten Systemen ist in Zentraleuropa schon sehr lange etabliert und wird im deutschsprachigen Raum zu weit über 90% angewendet. Trotzdem hat es in den letzten Jahren starke Verbesserungen seitens der Installationsstechnik gegeben.

Die Werte basieren auf 10 Gigabit Systemen.

	<b>Geschirmt</b>	<b>Ungeschirmt</b>
Installationsdauer	1 Min	1 Min
Kabel-Durchmesser	7,4 mm	8,2 mm
Durchmesser Patch-Kabel	5,9 mm	8,2 mm
Leistung MHz	1500 MHz	500 MHz
EMV-Güte	hoch	niedrig
Grundrauschen	exzellent	niedrig
Relativer Preis	0,8	1

**Allgemein:** Der Kabeleinzug ist – systemunabhängig – kritisch. Wird das Kabel während der Installation deformiert, so ändert sich dessen Geometrie. Dies kann die EMV-Beständigkeit negativ beeinflussen.

Die am meisten betroffenen Parameter sind Symmetrie, Rückflusdämpfung und Impedanz. Ein gutes praktisches Beispiel ist ein im Werk getestetes Kabel, welches alle Qualitäts-Tests erfolgreich erfüllt hat. Nach der Installation liegen die Werte für Rückflusdämpfung und Einfügedämpfung nahe den Limits oder sogar darunter.

Wie im Kapitel 3.3 beschrieben, sind verseilte Leiterpaare eine Option, um das EMV-Verhalten zu verbessern. Aufeinanderfolgende Schleifen in den verseilten Leiterpaaren müssen die gleiche Geometrie haben. Werden Kabel gestreckt, sind die Schleifen nicht symmetrisch.

Die Summe ist nie Null. UTP-Kabel sind sehr empfindlich, denn die Paarverseilung ist der einzige Schutz gegen EMB (elektromagnetische Beeinflussung).

---

Ein paar allgemeine Kommentare zum Anschluss von geschirmten Komponenten / Systemen oder Übertragungsstrecken:

- Der Kabelschirm muss rund um das Kabel und auf dessen gesamten Länge anliegen.
- Jede Verbindung am Schirm muss eine niederohmige Impedanz zum Potentialausgleich haben und sollte eine geschlossene geometrische Form besitzen.
- Schirm-Verbindungen sollen so großflächig wie möglich sein (Ziel: 360° Kontaktierung).
- Der Schirm eines angeschlossenen Kanals soll nie unterbrochen werden.
- Der ganze Kanal soll ausschließlich aus geschirmten Produkten bestehen.

Fast alle Systeme auf dem Markt basieren auf Einzeljackkomponenten. Alle oben genannten Eigenschaften werden heute fast immer automatisch erfüllt. Alle Qualitätsprodukte verfügen über Vollmetallausführung und haben integrierte EMV Features.

Für ungeschirmte Systeme ist folgendes zu beachten:

- Ausreichend Abstand zu Energiekabeln (bis zu 25cm)
- Keine Beschädigung oder Verformung der Kabelgeometrie, ansonsten Verschlechterung der EMV
- Wenn potentielle Störquellen vorhanden sind, zusätzliche Schirmung vorsehen
- Ausreichend großen Abstand zu den Ableitern des externen Blitzschutz einhalten

## 5.1 Geschirmte Komponenten

Geschirmte Komponenten sind schon viele Jahre auf dem Markt erhältlich. Heute besteht das Material für Schirmverbindungen komplett aus Metall.

In Zentraleuropa bieten viele Lieferanten Doppeldosen an, komplett aus Druckguss. Während der letzten zwei Jahre haben die Märkte zum Jack gewechselt, wie von den ungeschirmten Märkten her bekannt. Die Anschlusstechnik der neusten Generation geschirmter Jacks ist so einfach wie bei den ungeschirmten Jacks.



Bild 57: AMP-TWIST-7-S Buchse

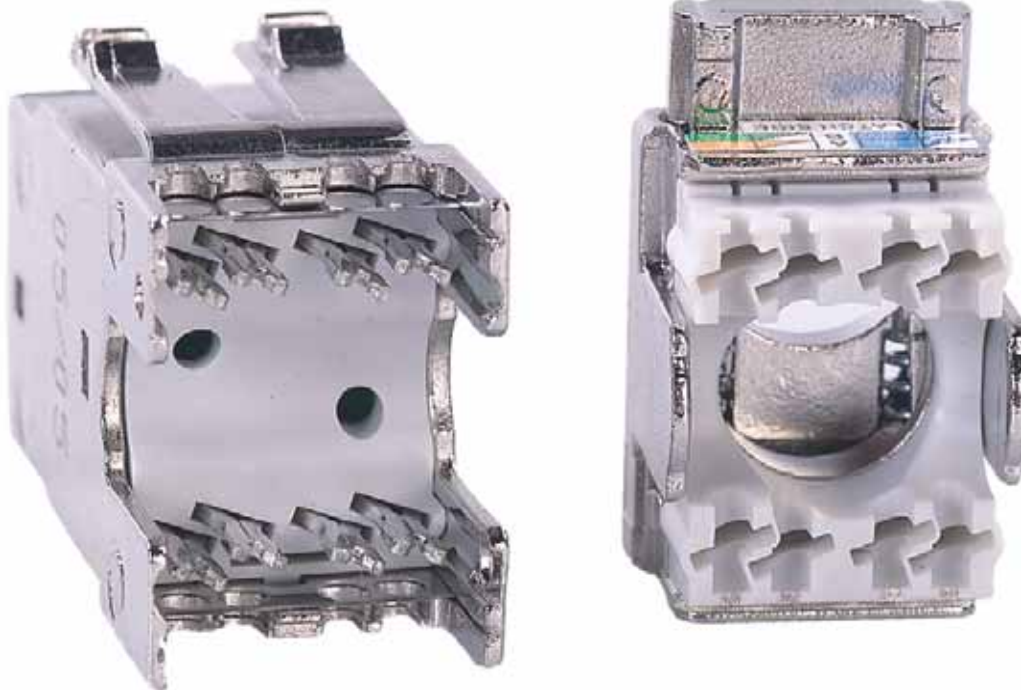


Bild 58: AMP-TWIST-6S SL Buchse

Die Bilder zeigen Jacks aus der AMP-TWIST Familie. Sie bestehen aus lediglich zwei Teilen und ganz aus Druckguss. Die Installation ist sehr einfach und die meisten EMV-Anforderungen werden automatisch realisiert. In der Tat ist eine geschirmte Verbindung heute so einfach wie die Installationen eines ungeschirmten Jacks. Die meisten früher diskutierten EMV-Anforderungen werden über ein geschicktes Produkt-Design gewährleistet.

## Installation eines modernen Jacks

1. Das Kabel wird vorbereitet. Während der Vorbereitung sicherstellen, dass der Schirm nicht beschädigt wird. Falls ein Kabel mit Geflechtsschirm, wie bei einem PIMF Kabel, installiert wird, muss das Geflecht gemäss Bild 59 um das Kabel angeordnet werden.

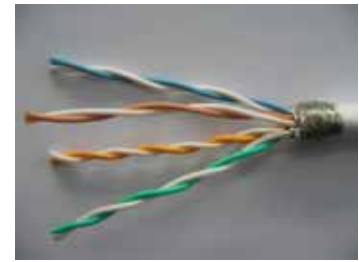


Bild 59: Vorbereitetes Kabel

2. Die Kabelklemme wird zusammengepresst und das Kabel durch die Öffnung geführt.

Jetzt wird gut sichtbar, wie leicht eine 360°-Abschirmung entsteht. Auf Grund des durchdachten Designs kann der Installateur automatisch eine exakte 360°-Abschirmung erstellen.

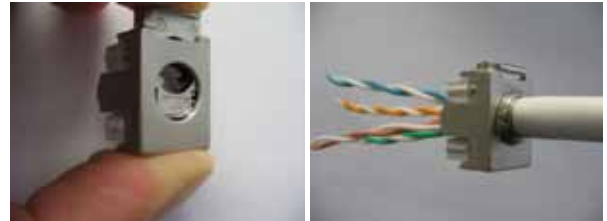


Bild 60: Kabel Einführung

**Bemerkung:** Es ist generell sicherzustellen, dass jede Verbindung gut abgedeckt wird. Die verbundene Oberfläche soll so groß wie möglich sein.

Wie im Bild rechts dargestellt, wird der Schirm über 360°, auf einer niederohmigen Impedanz mit dem Jack angeschlossen. In der Praxis ist dies dank der metallischen Ausführung einfach herzustellen. Ein Beispiel ist im Kapitel Patch Panel Installation zu sehen.



Bild 61: Drähte bereit für Anschluss

3. Im nächsten Schritt, werden die Paare / Adern gem. Belegungsschema in die entsprechende Kammer eingeführt.

4. Die zwei Teile werden zusammengeschoben.

5. Das revolutionäre AMP NETCONNECT AWC SL Werkzeug erstellt reproduzierbare, verlässliche Qualitätsverbindungen. Während des Pressvorgangs werden die überstehenden Drähte automatisch abgeschnitten.

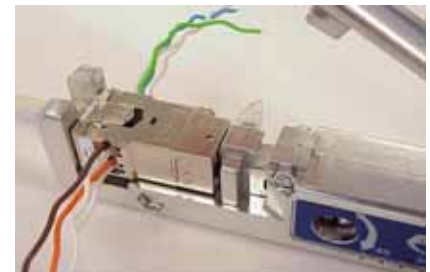


Bild 62: Anschluss

Fertig!

Aus der EMV-Perspektive sind alle Anforderungen erfüllt:

- Schirm-Kontakt über 360°
- Große Kontakt-Oberfläche
- Kompaktes Produkt
- Exzellente Jack/Plug-Verbindung

Dieser Prozess stellt sicher, dass der ganze Link geschirmt ist und dass dabei keine Lücken bestehen. Der Anschluss ist so einfach wie bei ungeschirmten Produkte und erfüllt alle EMV-Anforderungen.



Bild 63: Angeschlossener geschirmter Jack

## Schirmübergang Jack-RJ 45 Plug



Bild 64: Transfer Plug/Jack

Die Durchgängigkeit des Schirms zwischen Jack und Plug ist wichtig. Ein anderer wichtiger Punkt ist ein geschlossenes Gehäuse. Wie in dem Bild dargestellt, wird dies automatisch erreicht. AMP NETCONNECT Produkte sorgen für maximale Federkraft, zwecks Erreichung einer exzellenten Schirm-Kontaktierung.

Bild 64 zeigt den AMP-TWIST 6S SL Jack und den EMT Plug. EMT bedeutet Electromagnetic technology (elektromagnetische Technologie). Der Plug sorgt für:

- Kurze Signalwege
- Schirm über volle 360°
- Adermanagement in Plug

Der Plug ist ganz vom Jack umgeben und sorgt für maximale EMV-Leistung.



Bild 65: Übergang Stecker-Jack-Kabel

Bild 65 zeigt die Kontinuität des Schirms vom Kabel bis zum Stecker. Alle geschirmten Kopplungsstellen haben exzellente Verbindungen und eine Schirmkontaktierung über 360°.

Nahezu alle modernen Qualitätssysteme namenhafter Hersteller auf dem Markt funktionieren nach ähnlichen Prinzipien. Produkte und Systeme aus früheren Tagen sind damit nicht zu vergleichen.

## Patch Panel

Wenn der Jack im Patch-Panel verwendet wird, wird keine weitere Schirmungskontaktierung benötigt.

Alternativ dazu kann ein Leiterplatten-Panel installiert werden. In diesem Fall wird der Schirm mit metallischen Kabelbriden abgefangen.

**Bemerkung:** Beide Patch-Panel-Typen müssen mit dem Potentialausgleichs-System verbunden sein, ebenso das Rack.

Die Installation ist einfach und es ist empfehlenswert, diese Anregung mit EN 50174-2 in einer realen Installation einfließen zu lassen. Die Kabelbride und die metallische Oberfläche bewirken eine 360° Abschirmung.

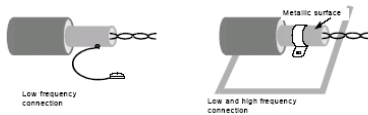


Bild 67: Empfehlung EN 50174-2

**Bemerkung:** Alle metallischen Panels müssen an den Potentialausgleich angeschlossen werden! Inbegriffen sind auch die Panels für die ungeschirmten Jacks & LWL! Siehe Seite 49



Bild 66: Erdungsklemme



Bild 68: Erdungs-Anschluss mit Kabelklemmen auf Leiterplatten- Panel



Bild 69: Im Panel angeschlossene Installierte Einzel-Jacks

## Schirmanschluss/Potentialausgleich auf einer oder auf beiden Seiten?

Soll es auf einer oder auf beiden Seiten sein?

Um die beste EMV-Wirkung zu erreichen, muss die Schirmung durchgängig, auf beiden Seiten mit der Verbindungstechnik (Jack) verbunden werden. Die Verbindung zum Potentialausgleichs-System soll mindestens auf einer Seite erfolgen. Diese Verbindung wird durch das Patch-Panel im Verteilerraum hergestellt, welches über den Schrank mit dem örtlichen Potentialausgleich verbunden sein muss. Am Arbeitsplatz wird die geschirmte



Bild 70: Beidseitig Verbindung der Schirms mit der Hardware

Verbindung häufig durch den geschirmten NIC-Port erweitert.

**Zusammenfassung: Schirmanschlüsse auf beiden Seiten, Anschluss zum Potentialausgleich (SRPP) nur auf einer Seite!** In der Praxis wird durch geschirmte RJ 45 Ports eine zusätzliche Verbindung an die NIC's erstellt, da deren Ports immer geschirmt sind! Hier wird keine zusätzliche Erdung der Ausgänge benötigt, da diese bereits der EN 50310 und EN 50174-2 entsprechen, was in der Praxis mehr als ausreicht.

Ab und zu wird diskutiert, ob der geschirmte Link für den zusätzlichen Potentialausgleich verwendet werden kann. Der Schirm hat die Primäraufgabe, die Signalpaare zu schützen bzw. die Performance des Kanals zu verbessern. Der zusätzliche Potentialausgleich ist quasi eine Beigabe, aber nicht umgekehrt.

Der Schirm ist kein Potentialausgleichsleiter, dafür ist er nicht konzipiert und es gibt dafür auch wesentlich bessere / geeignetere Materialien sowie Lösungen!

**Zitat EN 50310, Abschnitt 5.5, Anmerkung 2: „Obwohl Kabelschirme gewöhnlich zu schwach ausgelegt sind, um für Zwecke des Potentialausgleichs oder der Schutzerdung verwendet zu werden, und beträchtliche Widerstandswerte aufweisen, können sie doch aufgrund ihrer vielfachen Ausführung die Qualität der MESH-BN verbessern.“**



---

Auch der DKE hat in einer Mitteilung vom Juli 2007 zu dem Thema eine eindeutige Stellungnahme abgegeben.

Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Aktuelle Normungsarbeiten (aktualisiert: Juli 2007) Mitteilung des DKE/GUK 715.3 "Informationstechnische Verkabelung von Gebäudekomplexen"

### **Punkt 3 Potentialausgleich und Schirmung**

Hier sind zwei Aspekte zu berücksichtigen. Für den Anwender ist einerseits die Übertragungstechnische Systemsicherheit sehr relevant. Um die Übertragung nicht unnötig zu verlangsamen, dürfen nur möglichst wenige Pakete verloren gehen. Dies wird mit einem guten Potentialausgleichskonzept innerhalb des Gebäudes – das gilt beim Einsatz sowohl ungeschirmter als auch geschirmter informationstechnischer Verkabelung – und zusätzlich mit der Schirmung der informationstechnischen Verkabelung erreicht (s. Schirmung).

Andererseits müssen Sicherheitsaspekte berücksichtigt werden (s. Potentialausgleich).

#### **Schirmung**

Aus Gründen der EMV sind Schirme folgendermaßen zu behandeln:

- Der Schirm muss beidseitig aufgelegt werden und durchgängig sein, um einen Faradayschen Käfig zu erhalten.
- Damit Störströme abfließen können, ist der Anschluss des Schirmes an den Gebäudepotentialausgleich angebracht, aber nicht zwingend.

#### **Potentialausgleich**

Der Personenschutz verlangt:

- **Einseitiger Anschluss** an den Gebäudepotentialausgleich ist Pflicht!
- Die Sicherheitsnorm DIN EN 50310 (VDE 0800-2-310):2006-10, Seite 17 Absatz 2, besagt:

Kabelschirme müssen an beiden Enden mit dem Schirm der Anschluss technik verbunden werden. Rundumkontaktierung (d. h. 360°) ist am wirksamsten (Anmerkung: dies erfolgt für die Schirmung). Kabelschirme müssen mindestens an einem Ende mit der Systembezugspotentialebene (SRPP) leitend verbunden werden (Anmerkung: dies erfolgt für den Personenschutz).

## 5.2 Verbindung des Verkabelungssystems mit dem Potentialausgleich

Wie in Kapitel 3.4 vermerkt, ist ein Schirm das einzige Mittel um elektromagnetische Strahlungen zu unterdrücken. Im Fall einer Störung, benötigt der Strom einen definierten Weg zur Erde. Deswegen muss die Schirmung mit dem örtlichen Potentialausgleich verbunden sein.

Neue Produkte besitzen bereits einen exzellenten Schirmanschluss zum Panel. Dies wird bereits bei der Produktentwicklung berücksichtigt. Ist das Kabelende einmal konfektioniert, braucht der Jack nur noch in das Panel eingerastet zu werden. Mehr ist nicht nötig, um den Jack zu erden.

Im Schrank werden alle Patchpanels mit dem Schrank verbunden. Der Schrank wird in der Folge mit dem Potentialausgleichssystem verbunden. Alle eingebundenen Panels müssen mit der Anschluss-Schiene (Bild 73) verbunden werden. Die Isolationsfarbe des Erdleiters muss gelb/grün sein, wie für die Schutz Erde.



Bild 71: Schirmübergabe-Panel und angeschlossener geschirmter Jack

Den Schirm mehr als einmal anzuschliessen ist möglich, jedoch nicht notwendig. Die Primärfunktionen der Schirmung ist Schutz der Signalpaare und nicht die Anwendung als Potentialausgleichsleiter!

**Bemerkung: Der Anschluss von Panels gilt für geschirmte und ungeschirmte Systeme & LWL!**

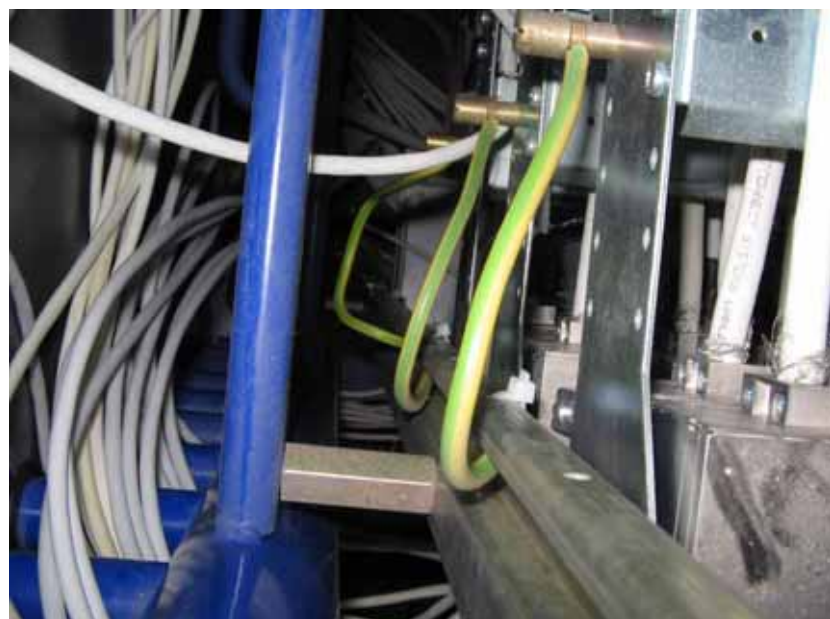


Bild 72: Im Schrank eingebundene Panels



Bild 73: Panels mit Anschluss-Schiene verbunden

Alle Teile im Rack müssen an der Erdungsschiene angeschlossen sein. Einschließlich der Schranktüren und Metallteile, welche eventuell elektrisch isoliert sind.

Die Ausgangsseite mit einem geschirmten Patchkabel ist mit dem NIC verbunden. Die Metallgehäuse der RJ-45 Jacks sorgen für den Erdanschluss im Gerät. Manche Anschlusskomponenten besitzen eine Erdungsschraube. Diese kann genutzt werden, um - sofern nötig - beiderseits die Potentialdifferenz zu reduzieren.



Bild 74 : Schirm-Übergang vom Stecker zum Jack

Der Leiter wird zwischen dem Ausgang und dem nächsten freien Punkt am Potentialausgleichs-System angeschlossen. (Bemerkung: Dies ist in einigen Ländern nicht erlaubt).

Alle NIC's und Anschlüsse von Aktivkomponenten haben geschirmte RJ-45 Jacks. Sie haben Verbindung zur Schutz Erde auf der Stromversorgungsseite.

Das stellt dann eine zusätzliche Verbindung dar. Der ausreichende einmalige Anschluss erfolgt immer durch das Patchpanel.



Bild 75: Verbindung im Rack



Bild 76: Schirm-Uebergang Jack/RJ45 jack an Aktivkomponenten

### 5.3 Warum wird ein Schirm benötigt?

Der Schirm hat zwei wichtige Charakteristiken. Dies sind:

- Unterdrückung von Ausstrahlung und Aufbau von Immunität
- Verbesserung der elektrischen Charakteristik / Funktion von Kabel und System

Wie in Kapitel 3 besprochen, kann nur eine Abschirmung, (induktive, kapazitive) und (?) eingestrahlte Kopplungsmechanismen unterdrücken. Galvanische Kopplung ist der andere Mechanismus, der vom elektrischen Schirm nicht abgeschwächt wird.

Ein anderer Grund ist das elektrische Verhalten. Bild 77 zeigt ein PiMF (Pairs in Metal Foil) Kabel.

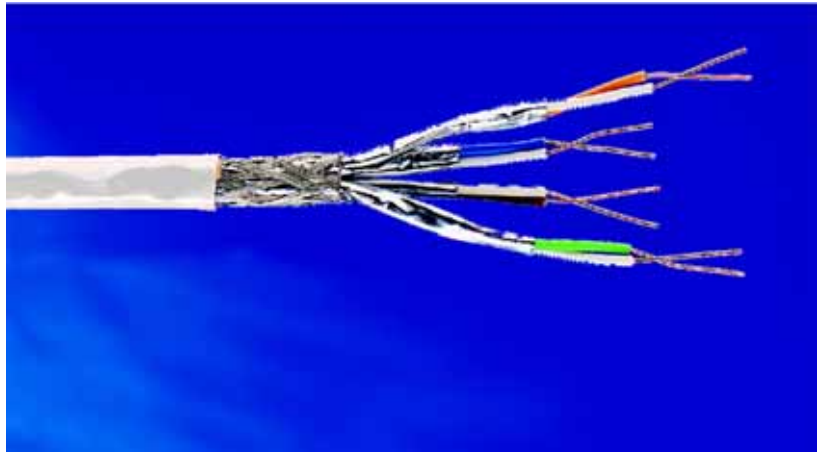


Bild 77: PiMF 1500 MHz Kabel

Ein PiMF-Kabel verbessert generell das Übersprechen zwischen Aderpaaren und Kabeln. Dies zeigt sich in einem sehr guten NEXT und im Fall von 10 Gigabit Ethernet; komplette Unterdrückung von ANEXT (Übersprechen zwischen Kabeln und Komponenten).

Cable	Immunity			Crosstalk	Emmissions
	LF	HF	Mag		
UTP	✓	✓	✓	✓	✓
FTP	✓✓	✓✓✓	✓	✓	✓✓
S-FTP	✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓	✓	✓✓✓
PiMF	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓

Dank dieser Konstruktion erfüllen heute geschirmte Produkte und Systeme mit diesem Kabel die Anforderungen für 10 Gigabit Ethernet bis 100m, auch im 4-Stecker-Modell. ANEXT und Grundrauschen limitieren ungeschirmte Systeme auf max. 55m, wegen des fehlenden Schirms bzw. aufgrund der nicht ausreichenden Unterdrückungseigenschaften der Kopplungsmechanismen. Dies ist einer der Gründe, wieso ungeschirmte Systeme Probleme mit diesen zwei Parametern haben.

Neue Klasse E <sub>A</sub> / Kategorie 6 <sub>A</sub>	Geschirmt		Ungeschirmt	
	250 MHz	500 MHz	250 MHz	500 MHz
PSANEXT	-60 dB	-55 dB	-40 dB	-35 dB

## ANEXT:

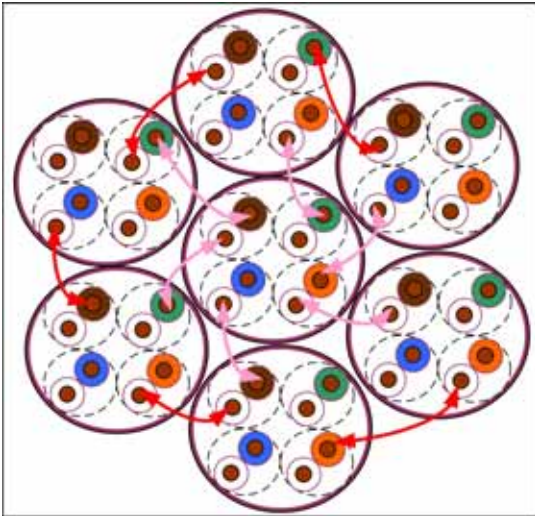


Bild 78: Der ANEXT-Effekt

10 Gigabit Ethernet erfordert eine größere Bandbreite als 100 Mbit/s oder 1 Gigabit Ethernet. Der aktuelle Bedarf liegt bei etwa 500 MHz. Deshalb ist das interne und externe Übersprechen zwischen Kabel und Verbindungselementen stärker denn je.

Jedes Kabel / jeder Steckverbinder stört das danebenliegende, wie im Bild dargestellt. Der rosa Pfeil zeigt das "worst case" Szenario auf, für das Kabel in der Mitte. Ein Kabel, welches von 6 Kabeln umgeben ist, wird von diesen 6 Kabeln beeinträchtigt. Das ist ein typisches Szenario in einem Kabelrohrsystem. Eine Abschirmung kann dies wirkungsvoll unterdrücken. Dies erklärt die Resultate von Seite 51. Der einzige Weg für ungeschirmte

Systeme, das ANEXT-Problem zu überwinden besteht darin, Kabel und Verbindungs-Hardware zu trennen.

ANEXT ist ein typisches EMV Problem, da hier ein Link in seiner Funktion von anderen Störquellen beeinflusst wird und seine eigene Störfestigkeit im Falle von ungeschirmter Verkabelung unzureichend ist.

Die Auswirkungen von ANEXT sind in der Praxis erheblich.

- Mindestlänge von Verkabelungsstrecken
- Abstand von Datenkabeln zu Energiekabeln
- Abstand von Datenkabeln zu Störquellen im Arbeitsbereich
- Installation von Kabeln mit unterschiedlichen Diensten
- Zertifizierung

Der Effekt von ANEXT ist am Ausgang des Senders am stärksten, da das Signal dort auch noch am größten ist. Tests in verschiedensten Laboren haben gezeigt, dass speziell bei ungeschirmten Systemen eine extrem hohe Sensibilität besteht.

Erst ab ab ca. 15m ist eine gesicherte Datenübertragung möglich. Daher findet man im Amendment 1 der ISO/IEC 11801 erstmalig eine Mindestlänge 15m für Verkabelungsstrecken. Aus Gründen der Neutralität ist es dort für beide Technologien definiert. Die Praxis wie auch interne und externe Tests zeigen aber auch hier die Wirkung von hochwertigen geschirmten Systemen. Dort können Kurzlängen bis zu 4,5m installiert werden.

Min. Länge	Permant Link	CP Kabel	Cross Connect	Patchkabel	Resultat
Standard	<b>15m</b>	5m	2m	2m	
4 Steckverbinderkanal	15m	5m	2m	2m	PASS
4 Steckverbinderkanal	10m	5m	2m	3m	PASS
4 Steckverbinderkanal	5m	8m	2m	3m	PASS
2 Steckverbinderkanal	10m	NA	NA	1m	PASS
2 Steckverbinderkanal	<b>4,5m</b>	NA	NA	1,5m	PASS

Da 10 Gigabit Ethernet über Kupfer speziell im Rechenzentrum zum Einsatz kommen wird, ergibt sich in der Praxis ein ungewohntes Problem. Wird ein ungeschirmtes System eingesetzt, müssen 15m installiert und verlegt werden. Ist die Strecke aber nur 8m lang ergibt sich eine Überlänge von 7m, die irgendwo verstaut werden müssen.

Der einzige Ausweg bei UTP Systemen ist das Auseinanderlegen der gestörten Kanäle, was in der Praxis nahezu unmöglich zu kontrollieren ist. Geschirmte Systeme sind per Design immun gegen solche Effekte.

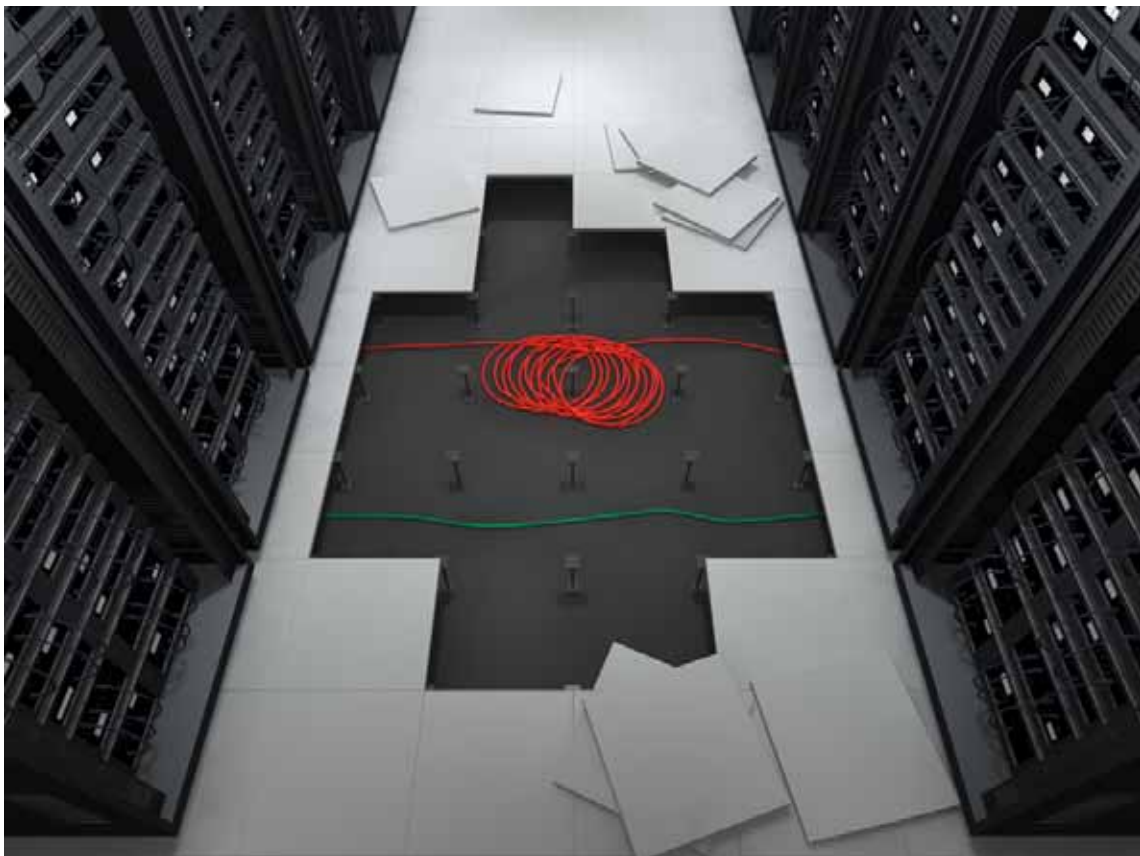


Bild 79: Kurzlänge im Rechenzentrum

Allgemein werden in der IT-Welt sehr viele geschirmte Steckverbinder verwendet. Hauptgrund dafür ist die Verbesserung der Immunität. Die Signale sind klein und daher empfindlich gegen Interferenzen. Das untenstehende Bild zeigt einige typische Geräte. Andere Anwendungsgebiete sind das Kabelfernsehen und militärische Applikationen.

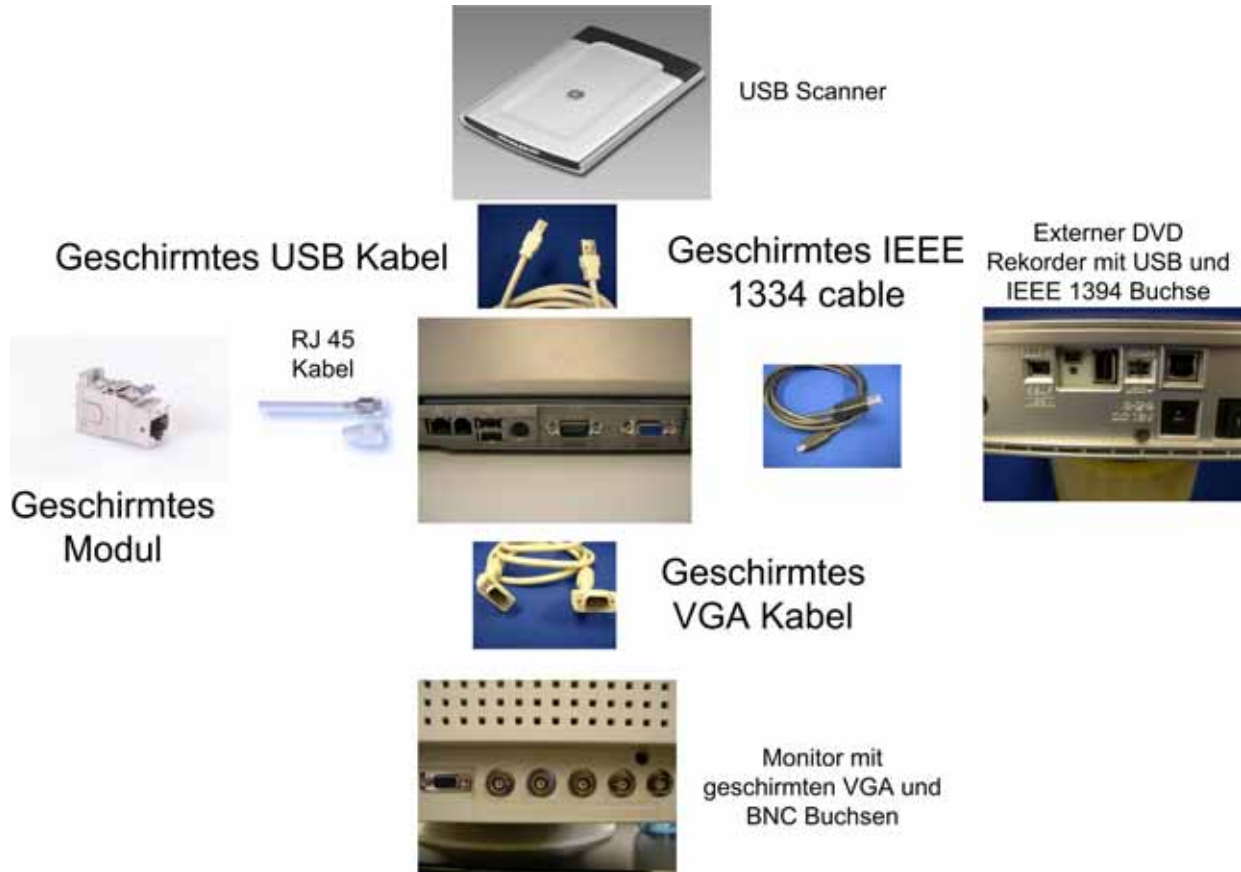


Bild 80: Geschirmte Peripherie-Geräte und -Kabel

## Grundrauschen

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Tests über die Wirksamkeit und Vergleiche zwischen den verschiedenen Applikations-Systemen durchgeführt. Mit der 10 Gigabit Ethernet-Norm und der zunehmenden Verbreitung von zahlreichen EMB-Quellen wie Mobiltelefone, Radiosender und die terrestrische Verbreitung von TV-Programmen, haben sich die Anforderungen an die Verkabelung geändert.

### Warum ist das so?

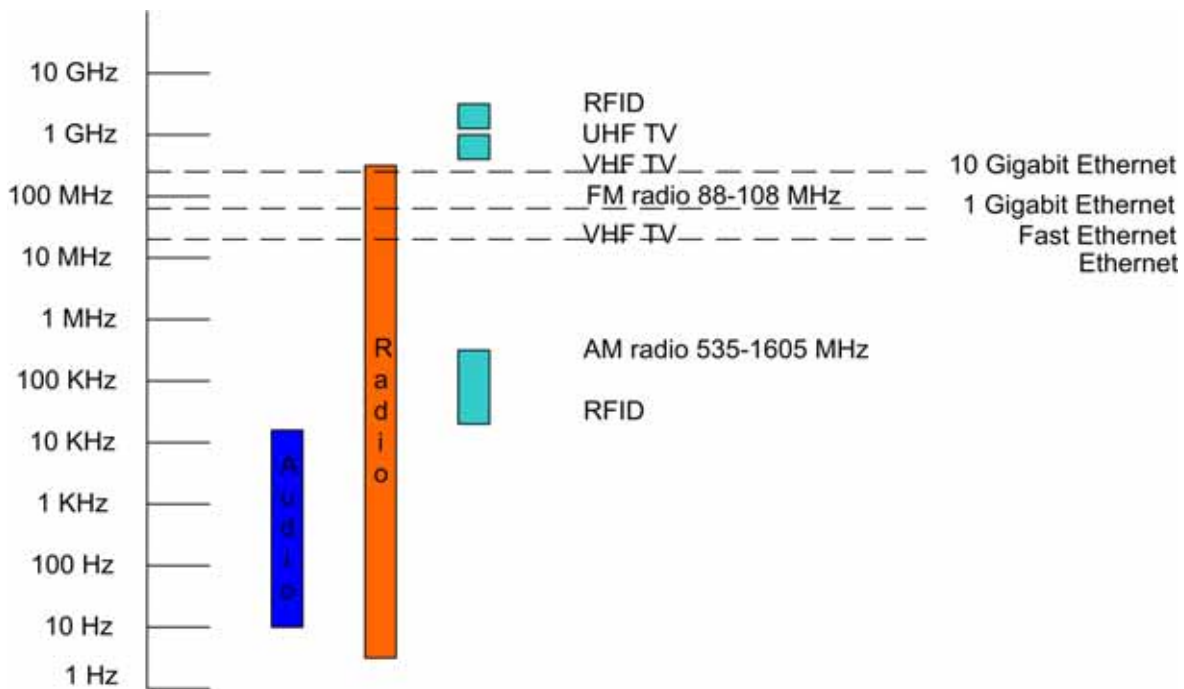


Bild 81: Verschiedene Dienste und deren Frequenzband.

Wie auf Seite 22 diskutiert, hängt der Frequenzbereich von der Bandbreite und von der Kodierung ab. Mit 10 Gigabit Ethernet beträgt die benötigte Bandbreite etwa 500 MHz. Dies ist völlig anders gegenüber früheren Applikationen, wo der Bereich unter 100 MHz lag.

Grundrauschen resultiert vom Überlappen von Frequenzbändern dieser Applikationen und der Bandbreite der übertragenen Signale welche in dem respektiven Frequenzbereich arbeiten. Daraus resultiert eine höhere BER<sup>4</sup>. Der Faktor um das EMV-Verhalten zu erkennen ist die Kopplungsdämpfung. Jedes Verkabelungssystem ist von Rauschen in der Umgebung betroffen. Bester Beweis ist das ANEXT. Die Kopplungsdämpfung ist der Faktor der aufzeigt, wie gut oder weniger gut das System in der Lage ist, dieses Rauschen zu unterdrücken.

<sup>4</sup> BER=Bit Error Rate



---

Umgekehrt zeigt diese Kopplungsdämpfung an, wie viel Reserve das System hat, um gegen das Umgebungsrauschen zu schützen. Die Kopplungsdämpfung wird seitens ISO/IEC 11801 sowie auch in der EN 50174 behandelt und soll voraussichtlich in der nächsten Ausgabe implementiert werden.

Hierbei gibt es allerdings erhebliche Differenzen, da einige Hersteller einen direkten Vergleich bezüglich der EMV Performance unter allen Umständen vermeiden möchte.

Die politische Lösung ist die Definition von TCL wie auch ELTCTL für UTP Systeme und die Kopplungsdämpfung (coupling attenuation) für geschirmte Systeme.

System	Kopplungsdämpfung
U/UTP - System	45 dB
F/UTP- System	60 dB
S/FTP - System	80 dB

### **Mehr spürbare Reserve gegen Umgebungs-Rauschen!**

In den relevanten Standards wird zurzeit daran gearbeitet, technische Parameter zu definieren um die EMV Fähigkeit zu bestimmen. Wenn diese bekannt sind, lassen sie auch Rückschlüsse auf andere Eigenschaften zu.

### **Einfluss der EMV Performance in typischen Installationsumgebungen**

Es ist nicht empfehlenswert, Kabel mit unterschiedlichen Leistungspegeln gemischt im selben Kabelkanal zu verlegen.

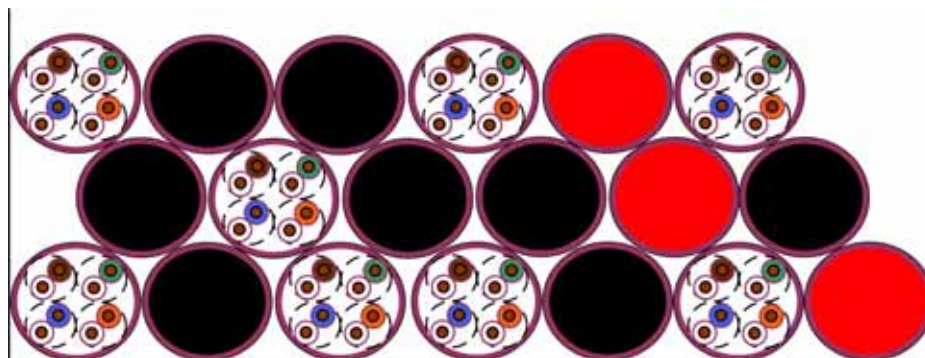


Bild 82: Unterschiedliche Kabeltypen in einem Kabelkanal

In der EN 50174-2 ist dazu eine klare Aussage zu finden:

„Der Minimal-Abstand zwischen IT-Kabeln und fluoreszierenden Lampen, Neonlampen, Quecksilberdampf-Lampen (oder andere Hochleistungslampen) soll 130 mm betragen. Elektrische Verbindungen und Datenverbindungen sollten idealerweise in getrennte Schränke geführt werden. Daten-Racks und elektrische Ausrüstungen sollten immer getrennt werden.“

Kabelkreuzungen sollen im rechten Winkel gelegt werden. Kabel für unterschiedliche Zwecke (z. B. Stromversorgung und Datenkabel) sollten sich nicht im selben Kabelbündel befinden. Kabelbündel sollen elektromagnetisch voneinander getrennt werden. Dies ist nur durch metallische Trennungen und separate Kanäle möglich. Diese metallische Trennungen und separate Kanäle müssen am Potentialausgleichssystem angeschlossen sein

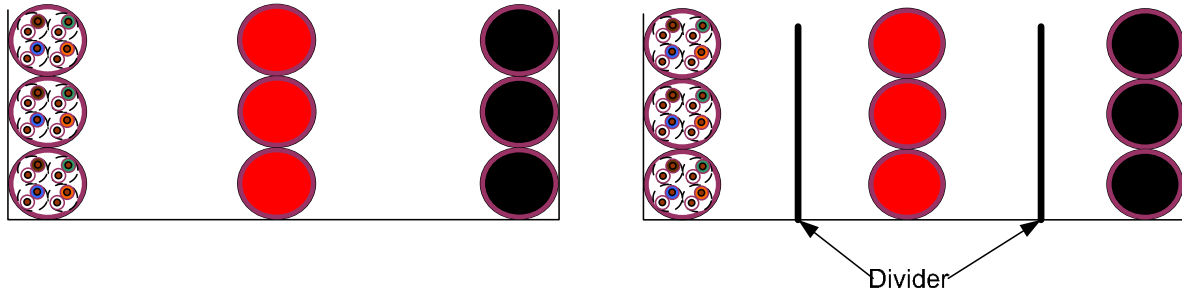


Bild 83: Trennung unterschiedlicher Kabel

**Bemerkung:** Dies gilt für geschirmte und ungeschirmte Systeme. Wenn der Schutz der Strom führen kann, so kann es die Datenkabel dadurch beeinflussen, dass Strom auf den Metallteilen (Trennungen und Kanäle) geführt wird.

Der ideale Aufbau ist in Bild 83 dargestellt. Alle unterschiedlichen Teile von Verkabelungssystemen, speziell die mit unterschiedlich Leistungspegeln, müssen voneinander getrennt sein.

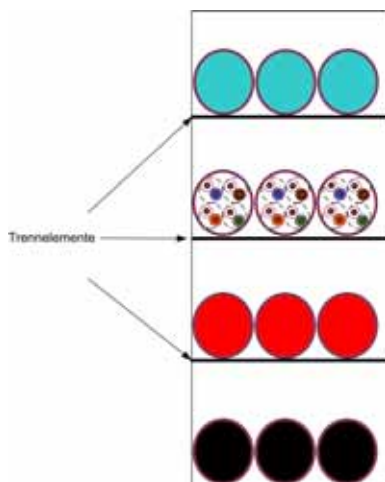


Bild 84: Optimale Trennung von Kabeln.

Dies bedeutet für die Installation von Kabeln folgendes:

- Wenn möglich, parallele Kabel vermeiden
- Trennelemente verwenden
- Kabelmanagement-Systeme einsetzen um Minimalabstände zu erzielen.

EN 50174-2 Ausgabe 2000 liefert in Abschnitt 6.5.2 Konstruktionshinweise. In Bezug auf Verkabelungssysteme werden folgende Informationen geliefert:

- Einzig bei **geschirmten Systemen** und Längen unter 35m sind keine Trennelemente erforderlich.
- Bei Längen über 35m werden Trennelemente auf der ganzen Länge benötigt, außer auf den letzten 15m unmittelbar vor den Anschlussdosen.

Der wirksamste Aspekt ist die Trennung. Für Verkabelungssysteme gibt EN 50174-2:2000 folgende Hinweise:

Installations-Typ	Distanz A		
	Ohne Trennelement oder ohne nichtmetallischem Trennelement	Aluminium-Trennelement	Stahl-Trennelement
Ungeschirmte Stromkabel und ungeschirmte Datenkabel	200mm	100 mm	50 mm
Ungeschirmte Stromkabel und geschirmte Datenkabel	50 mm	20 mm	5 mm
Geschirmte Stromkabel und ungeschirmte Datenkabel	30 mm	10 mm	2 mm
Geschirmte Stromkabel und geschirmte Datenkabel	0 mm	0 mm	0 mm

Das geschirmte Datenkabel muss der Norm EN 50288-x (x ist Abhängig von der Kategorie des Kabels) entsprechen. Es ist verständlich, dass Abschirmung mit Trennelementen die effizienteste Art ist, die kapazitive Kopplung zu unterdrücken. Weitere Gründe werden in Abschnitt 5.3. erläutert. Die Industrie liefert zurzeit zahlreiche Übertragungsmedien und Kabelkanal-Systeme, welche jederzeit dafür geeignet sein müssen.

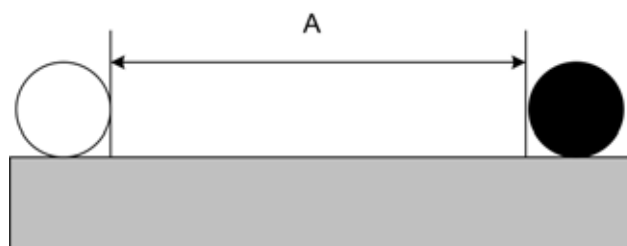


Bild 85: Abstand A zwischen Kabeln, EN 50174-2

Die EN 50174 wird zurzeit überarbeitet. Hintergrund ist die zunehmende Sensibilität der Installationstechnik- und Art, sowie der EMV Einfluss mit 10 Gigabit Ethernet.

Die Art der Verlegung, sowie die präzisere Definition der Abstände zu Energiekabeln werden dabei intensiv diskutiert. Der EMV Faktor wird hier mit höchster Wahrscheinlichkeit das entscheidende Kriterium sein. Zusätzlich werden auch die Zahl der Energiekabel, die Stromstärke sowie Spannungshöhe berücksichtigt.

Eine praktische Hilfe gibt die folgende Faustformel, die so ähnlich auch in der neuen Ausgabe der EN 50174-2 zu finden sein wird.

Der Abstand kann anhand folgender wichtiger Parameter berechnet werden:

- EMV Faktor (Kopplungsdämpfung)
- Energiekabel (Höhe der Spannung und Anzahl der stromführenden Leiter)
- Art des Kabelkanals
- Trennsteg

Zuerst wird anhand der Kabeltyps die Kopplungsdämpfung und somit eine Typenklasse festgelegt. Für PIMF Kabel wäre das dann zum Beispiel die Klasse A.

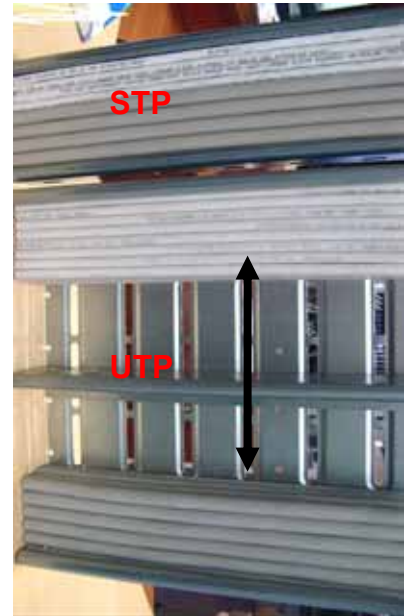


Bild 86: Abstand zu Energiekabeln

EMV Faktor (Kopplungsdämpfung)	Kabelkonstruktion	Produktstandards	Typische Kopplungsdämpfung
A	Geschirmt (S/FTP, S/STP)	IEC 61156-1 Type I EN 50288-2-1 EN 50288-4-1 EN 50288-5-1	80-100 dB
B	Geschirmt (FTP)	IEC 61156-1 Type II EN 50288-2-1 EN 50288-4-1 EN 50288-5-1	55-80 dB
C	Ungeschirmt (UTP)	IEC 61156-1 Type III EN 50288-3-1 EN 50288-6-1	> 40 dB
D	Ungeschirmt (UTP)		25-39 dB

**Hinweis: Die Kopplungsdämpfung ist grundsätzlich für geschirmte und ungeschirmte Systeme anwendbar.**

Kopplungsdämpfung	Art des Energiekabels	Minimum Abstand in mm	
		Nicht metallischer Kabelkanal oder Trennsteg	Metallischer Kabelkanal oder Trennsteg
A	Ungeschirmt	50	5
	Geschirmt	0	0
B	Ungeschirmt	100	20
	Geschirmt	20	0
C	Ungeschirmt	200	50
	Geschirmt	30	2
D	Ungeschirmt	300	75
	Geschirmt	200	50

Mit Hilfe dieser Tabellen kann man in der Praxis sehr gut die erforderlichen Abstände berechnen. Die Berechnung geht von ca. 15 stromführenden Leitern sowie 230V aus. Bei höheren Spannungen sowie einer höheren Anzahl von stromführenden Leitern kann ein Korrekturfaktor benutzt werden. Dieser wird mit dem Abstand multipliziert

Art der Energieversorgung	Anzahl der stromführenden Leiter	Korrekturfaktor
20 A 230 V 1 Phase	1-15	1
20 A 230 V 1 Phase	16-30	1,5
20 A 230 V 1 Phase	31-60	2
20 A 230 V 1 Phase	61-90	2,5
20 A 230 V 1 Phase	91+	3
20A 400 V 3 Phasen	1-3	2
100 A 400 3 Phasen	1+	5

### Beispiel:

PiMF Kabel, 10 aktive stromführende Leiter im Energiekabel (ungeschirmt) 230V 1 phasig, Kabelkanal aus Kunststoff.

Das Kabel entspricht der Klasse A und mit den anderen Bedingungen ergibt das einen Abstand von 50mm.

Bei einem ungeschirmtten Kabel ist die Klasse C zu nehmen, welches zu einem Abstand von 200mm führt.

Um auch praktische Erfahrungen zu sammeln, sind bei den Delta Labs in Dänemark Tests durchgeführt worden. Dieser Test hat hochinteressante Ergebnisse erbracht. Dabei wurden Energiekabel und Datenkabel nebeneinander in verschiedenen Konfigurationen zueinander verlegt und typische Transienten auf die Energiekabel gebracht. Transienten sind Impulse mit einer extremen steilen An- und Abstiegszeit, welche typischerweise beim Ein- und Ausschalten entstehen. In Europa müssen solche Systeme mindestens Tests mit 1000 V bestehen.

Dabei ist folgendes festzustellen:

- UTP Klasse E Systeme brauchen bis zu 500 mm, Abstand zu den Energiekabeln
- STP Klasse E Systeme können mit 0 mm auskommen

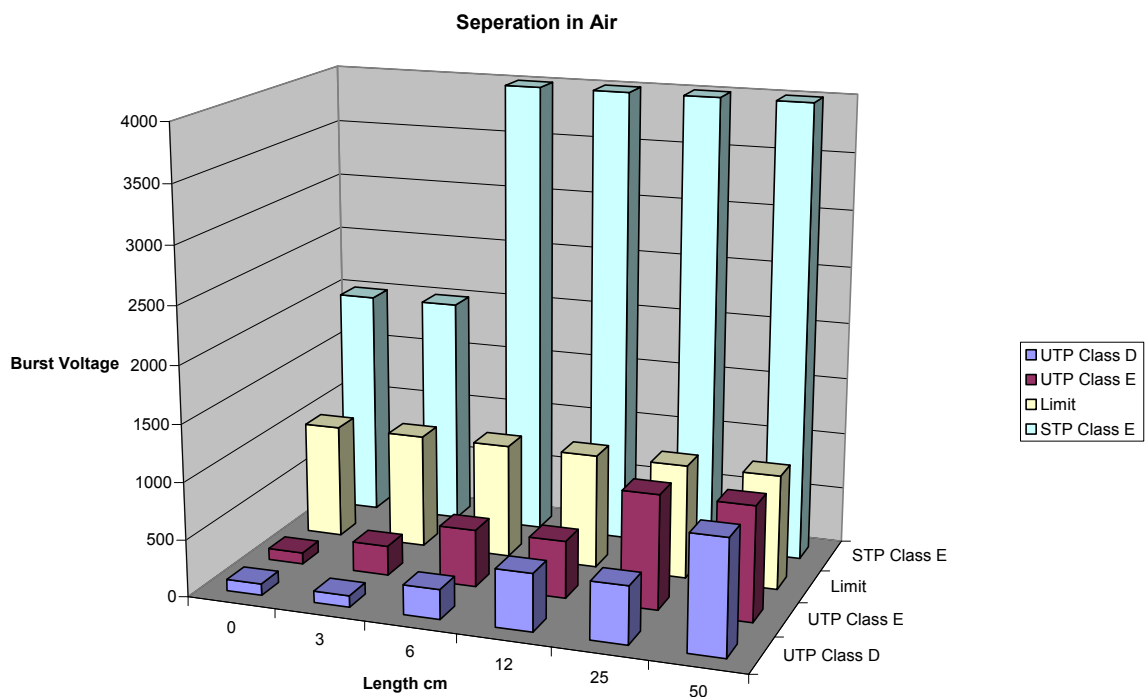


Bild 87: Abstand Energiekabel zu Datenkabeln in Abhängigkeit von Burstimpulsen

## Effizienz von Unterdrückungsmechanismen

In der Ausgabe 5/2000 hat LANline<sup>5</sup> einige EMC-Testresultate publiziert, die die Leistungsfähigkeit von ungeschirmten und geschirmten Verkabelungssystemen vergleichen. Die Tests wurden unter realen Betriebsbedingungen, d.h. inklusive von verkabelten Channeln und Aktivkomponenten, durchgeführt. Die Tests wurden von GHMT, einem neutralen, akkreditierten Labor gemäß EN 17025, durchgeführt.

Die Testresultate:

Messung	ungeschirmt		geschirmt	
	10BaseT	100 BaseTX	10BaseT	100 Base TX
<b>Elektrostatistische Entladung (EN 6100-4-2)</b>				
Kontakt	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Luft	-	Zerstörte Ports	i.O.	i.O.
Koppelplatte	Beeinflussung	Absturz	i.O.	i.O.
<b>Elektromagnetisches Feld (EN 61000-4-3)</b>	Zerstörung	Absturz	i.O.	i.O.
<b>Burst (EN 6100-4-4)</b>				
Datenkabel	Beeinflussung	Absturz	i.O.	i.O.
Netzkabel	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
<b>Störfestigkeits-Test (EN 61000-4-6)</b>	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
<b>Elektromagnetisches Feld in Leitung (EN 610004-6)</b>				
Datenkabel	Beeinflussung	Absturz	i.O.	i.O.
Netzkabel	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
<b>Ausgleichsströme auf den Schirm ( in Anlehnung an EN 6100-4-8)</b>	-	-	i.O.	i.O.
<b>Impulsförmiges Magnetfeld (Blitz)</b>	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.

- Die Übertragung bei ungeschirmten Systemen wurde merklich durch die Simulation von Sendesignalen (z.B. Radio, TV und Mobiltelefone) gestört.
- Hohe Bitfehlerraten wenn schwache elektromagnetische Felder die Datenleitung stören. Das können alle Radiostationen sein sowie andere Ausrüstungen dieser Art.
- Das ungeschirmte-System fiel aus bei EN 55022 Klasse B, welche für Büro- und Wohn-Gebäude gilt.

Für 10 Gb/s wären diese Resultate weitaus schlechter. Grund ist der höhere Frequenzbereich, in dem die Applikation arbeitet. Das untere Testresultat ist ein Indikator für das abgestrahlte elektrische Feld wie etwa von TV- und Radio-Sendern. UTP ungeschirmte Systeme fielen bei Büro- wie auch Privat-Anwendungen aus.

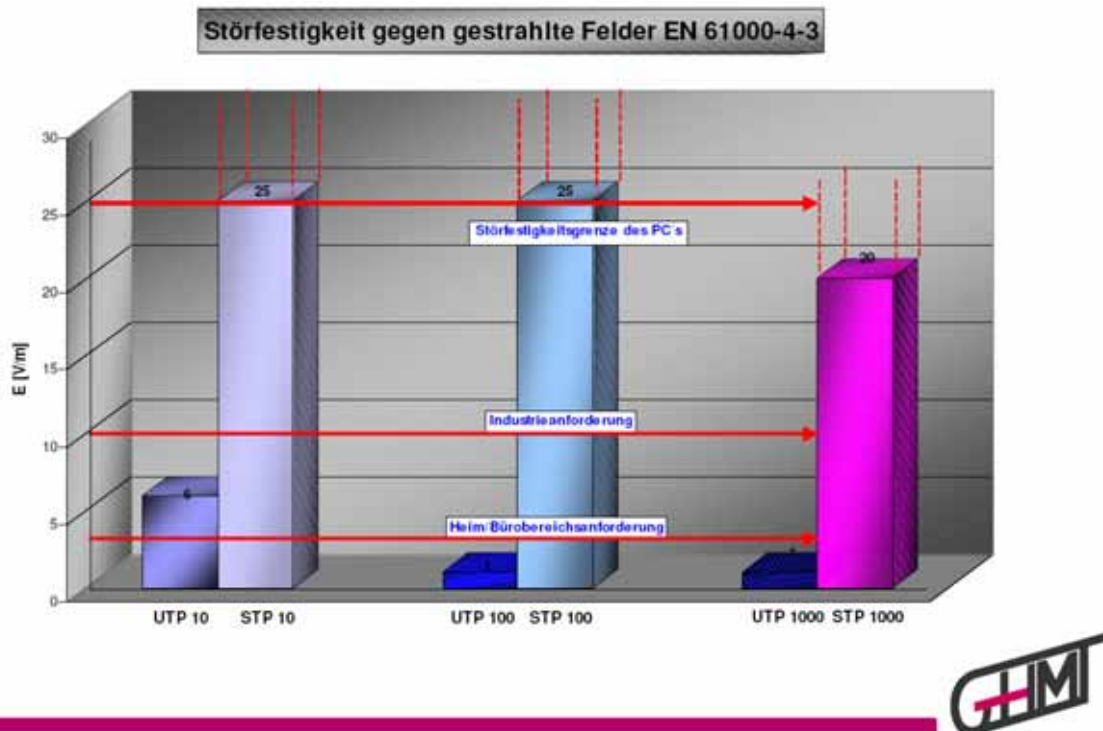


Bild 88: Test mit eingestrahlten Radio-Frequenzen / elektromagnetische Feld-Immunität

### Schlussfolgerung:

- Ein korrekt installiertes geschirmtes System, ist der einzige Weg um alle EMV-Anforderungen in jeder Beziehung zu erfüllen
- Kabel mit einer Folie und einem Geflecht sind die beste Lösung um den typischen EMB-Frequenzbereich zu unterdrücken
- Bei Verwendung der richtigen Hardware werden alle relevanten EMV-Parameter automatisch erfüllt
- Der ganze Link soll geschirmte Produkte enthalten
- Zusammen mit einer „sauberen“ Stromversorgung ist das geschirmte System der einzige Weg, alle EMV-Anforderungen zu unterstützen

Die Installation von geschirmten Systemen ist heute noch ungeschirmten Systemen ähnlich. Mit der Einführung von 10 Gigabit Ethernet sind die EMV-Anforderungen anspruchsvoller geworden. ANEXT und Grundrauschen sind Parameter, die immer berücksichtigt werden müssen. Beide Parameter werden Teil der nächsten Ausgabe von ISO/IEC 11801, EN 50173 sowie TIA-EIA 568 sein.

<sup>5</sup> LANLine= Deutschsprachiges Magazin für Netzwerktechnik



Tests in neutralen Labors haben ausserdem gezeigt dass:

- Ungeschirmte-Systeme die Norm EN 55022 B nicht erfüllen
- Ungeschirmte-Systeme haben – wenn sie gestört werden – eine erhöhte Bit-Fehler-Rate
- Ein geschirmtes System hat eine um 20 dB grössere Reserve gegen Grundrauschen

Im Rahmen der MICE<sup>6</sup> Spezifikation wird auch die elektromagnetische Verträglichkeit berücksichtigt. Hintergrund ist das immer weitere Spektrum der Einsatzmöglichkeiten einer strukturierten Verkabelung. Im industriellen Umfeld der Klasse 3 ist nur eine geschirmte oder LWL Lösung möglich.

Gewöhnliche Büroumgebungen gehören zur Klasse E1 oder E2. Die Klasse E1 ist nur dann anzunehmen, wenn die Datenkabel weit genug von potentiellen Transientenquellen entfernt sind. In der Praxis bedeutet das, einen ausreichend hohen Abstand zu Energiekabeln oder eine hohe Kopplungsdämpfung der Datenkabel. Siehe dazu auch Seite 67.

Elektromagnetisch	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Entladung statischer Elektrizität - Kontakt (0,667 jC)	4kV	4kV	4kV
Entladung statischer Elektrizität - Luft (0,132 mC)	8kV	8kV	8kV
	EN 61000-6-1/EN 61326		
Abgestrahlt, Hochfrequenz, amplitudenmoduliert (HF - AM)	3 V/m bei (80 bis 1 000) MHz  3 V/m bei (1 400 bis 2 000) MHz  1 V/m bei (2 000 bis 2 700) MHz	3 V/m bei (80 bis 1 000) MHz  3 V/m bei (1 400 bis 2 000) MHz  1 V/m bei (2 000 bis 2 700) MHz	10 V/m bei (80 bis 1 000) MHz  3 V/m bei (1 400 bis 2 000) MHz  1 V/m bei (2 000 bis 2 700) MHz
	IEC/TS 61000-2-5		
Leitungsgeführt, Hochfrequenz (HF)	3 V/m bei 150 kHz bis 80 MHz	3 V/m bei 150 kHz bis 80 MHz	10 V/m bei 150 kHz bis 80 MHz
	EN61000-6-1/EN 61326		EN 61000-6-2/EN 61326
Schnelle elektrische Transiente/Burst, EFT/B (Signalleitung)	AC 500 V  EN 61000-6-1	AC 1 000 V  IEC/TS 61000-2-5/EN 61131-2	AC 1 000 V  EN 61326:1997, Tabelle A.1
Stoßspannung (transiente Erdpotentialdifferenz) - Signalleitung/Erde	500 V	1 000 V	2 000 V
	EN 61000-6-2		
Magnetfeld (50/60 Hz)	1 A/m	3 A/m	30 A/m
		EN 61000-6-1	EN 61000-6-2/EN 61326
Magnetfeld (60 Hz bis 20 000 Hz)	ffs	ffs	ffs

Tabelle G5 – Ableitung der Grenzen für elektromagnetische Eigenschaften EN 50173-1 2007

<sup>6</sup> MICE= Mechanical, Ingress, Climatic, Electromagnetic

## 6. Wie verbessert man bestehende Netzwerke?

Soll ein Verkabelungssystem in eine bestehende Umgebung installiert werden, sollten einige Punkte berücksichtigt werden.

1. Zuerst die Stromverteilung prüfen und durchmessen.
  - An verschiedenen Orten Strom auf dem PE messen
  - Stromverteilung auf PEN Brücken untersuchen
2. Sicherstellen, dass sich das Potentialausgleichnetzwerk in einem guten Zustand befindet. Sicherstellen, dass alle Anschlüsse guten Kontakt haben. (Kleinstmöglicher Widerstand gegen Erde.)



Bild 89: Überprüfung der PE Leiter (Patzke Consulting)

Wenn die Potentialdifferenz zwischen zwei Geräten oder z.B. zwei Gebäuden zu groß ist, dann ist ein Potentialdifferenz-Leiter eine mögliche Lösung. Dies ist in der Norm EN 50310 beschrieben.

Sind zwei Gebäude durch eine geschirmte Kommunikationsleitung verbunden, dann ist ein Potentialausgleichsleiter eine einfache Lösung. Dies ist normalerweise nicht notwendig,

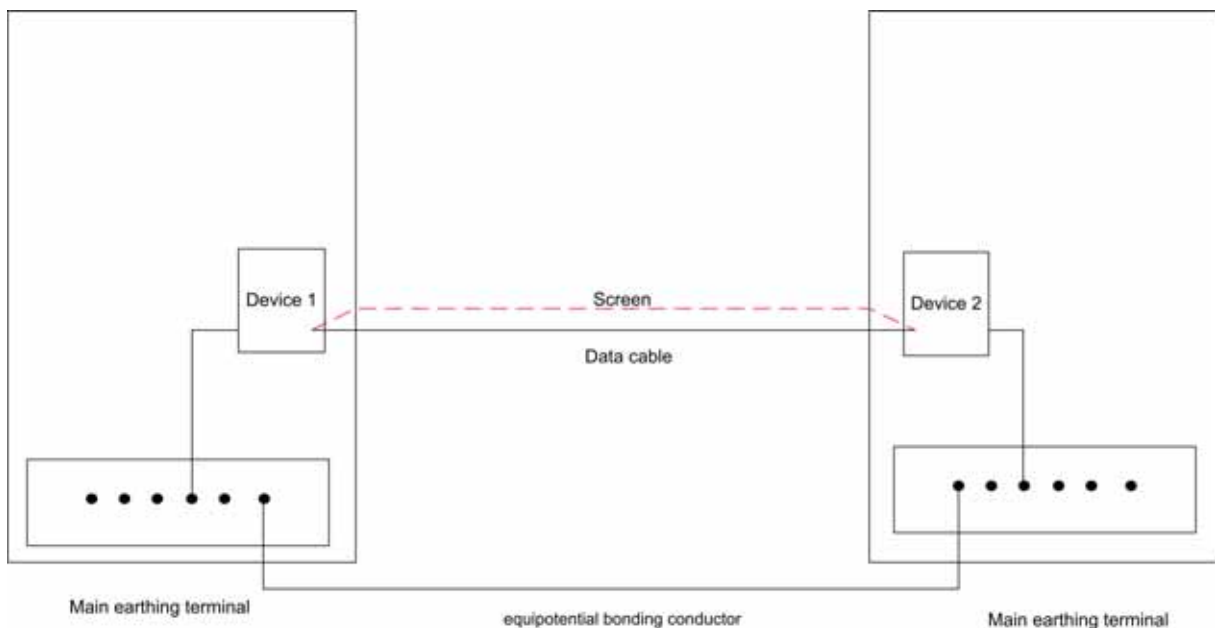


Bild 90: Prinzip eines Potentialausgleichs-Leiters

sofern eine Stromverteilung Typ TN-S installiert ist. Ansonsten, wenn die Potentialdifferenz grösser als 1V ist, wird die Installation eines Lichtwellenleiters (LWL)-Kabels ohne metallischen Nagetierschutz empfohlen. Der LWL ist das beste Medium bezüglich der EMV. Dies ist eine übliche Methode als Verbindung zwischen Gebäuden.

Wahl des Potentialausgleichs-Leiters.

- 
- Der Potentialausgleichs-Leiter soll so kurz wie möglich sein und den größtmöglichen Querschnitt aufweisen (niederohmige Impedanz)
  - Der Potentialausgleichs-Leiter soll flach und nicht rund sein (niedrigere Induktion).

**Bemerkung: Wie in Kapitel 4.5 erwähnt, gibt es verschiedene gute Gründe, die Stromverteilung auszuwechseln. Stand der Technik ist z. Zt. das System TN-S, welches von der Norm EN 50310 anerkannt und ausdrücklich empfohlen wird.**

### **Verwendung von ungeschirmten Systemen für die Klasse E<sub>A</sub> bzw. 10 Gigabit Ethernet**

Bei der Verwendung von ungeschirmten Systemen sind zusätzliche folgende Dinge zu beachten bzw. prüfen:

- Einhaltung des Sicherheitsabstandes zu Energiekabeln gemäß EN 50174-2
- Verwendung von Trassen und Kanälen mit metallischen Trennwänden
- Sicherstellen, dass keine gemischten Applikationen wie z.B. 1 und 10 Gigabit Ethernet in einem Kabelbündel betrieben werden
- Ausreichend Abstand zum äußeren Blitzschutz
- Überprüfung von TCL and ETCL vor der Installation
- Sicherstellung des Abstandes der Kabel zueinander im Verteilfeld zur Erreichung der ANEXT und AEFEXT Grenzwerte
- Überprüfung jeden Kabels auf ANEXT und AEFEXT zur Sicherstellung der Betriebssicherheit
- Wenn im Umfeld Störungen oder Applikation im Frequenzbereich  $\geq 250$  MHz zu erwarten sind, muss das ungeschirmte System auf coupling attenuation bis 1000 MHz überprüft werden. 10 Gigabit Ethernet arbeitet z.B. bei 417 MHz.

## Lichtwellenleiter (LWL)

LWL sind immun gegen EMB. Daher sind sie hervorragend geeignet, EMV-Probleme zu lösen.

Sofern EMV, Kosten und Leistung betroffen sind, wird generell ein DNA-Netzwerk installiert.

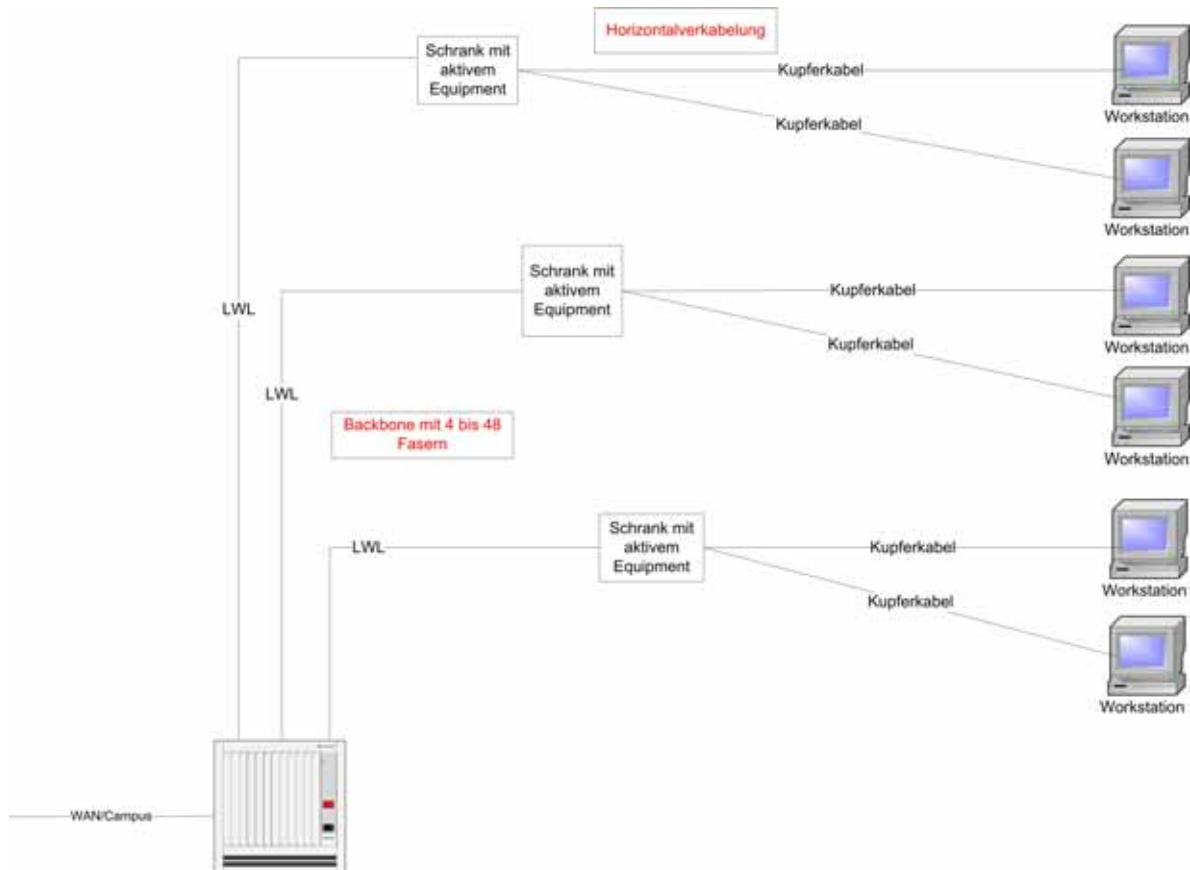


Bild 91: DNA (Dezentrale Netzwerk Architektur)

Alle Daten-Racks sind gegenseitig isoliert und somit ist keine Beeinflussung möglich. Die meisten Switches besitzen LWL-Ausgänge, ebenso einige Basis-Modelle.



Bild 92: Switch mit geschirmten Buchsen

## Stromverteilungs-System

Fragen zur Stromverteilung bestehen im ganzen elektrischen Netzwerk. Ist die Installation eines TN-S – Typs möglich, so sind die meisten möglichen Probleme einfach gelöst. Auf jeden Fall ist Strom auf der Schutzterde zu jeglichem Zeitpunkt zu vermeiden. Ein weiteres Problem in bestehenden Gebäuden sind mehrfache Stromeinspeisungen, besonders wenn sie unterschiedliche Bezugspotentiale aufweisen. Zur Vermeidung von Potentialdifferenzen ist es notwendig, dass alle Verteilpunkte dasselbe Potential haben. In diesem Fall soll ein ausreichend dimensionierter Potentialausgleichs-Leiter installiert werden, der zu allen Verteilpunkten führt.

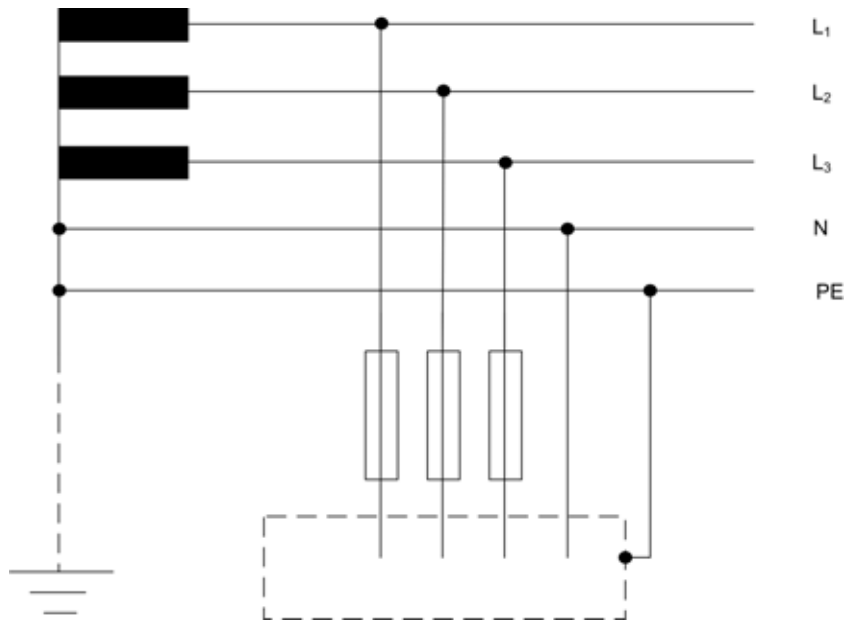


Bild 93: TN-S System

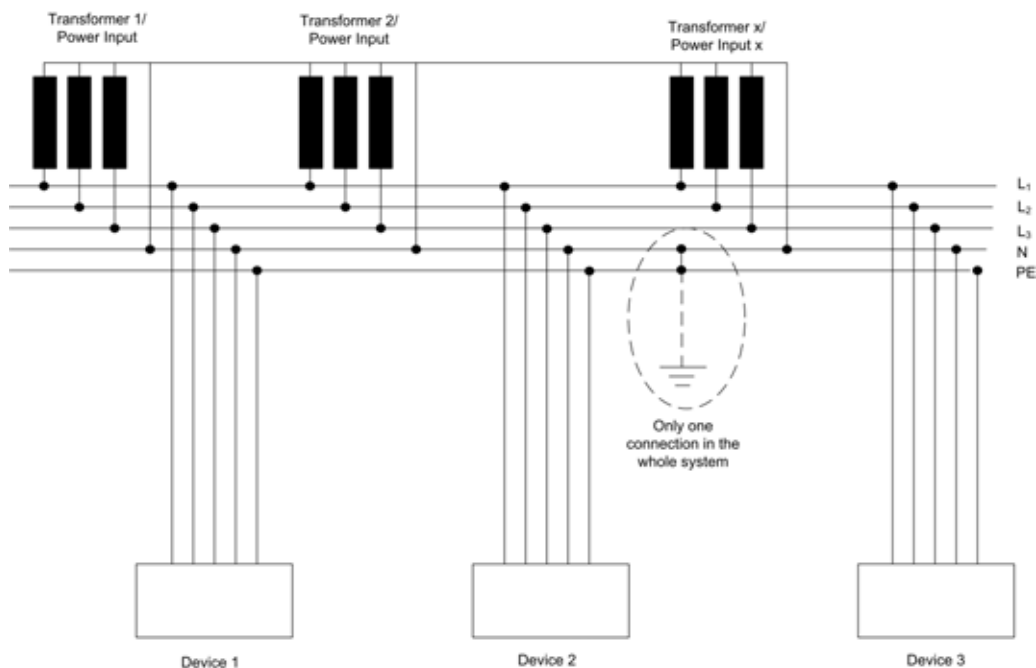


Bild 94: Mehrfacheinspeisung im TN-S Netz

## 7. Planung einer neuen Installation / eines neuen Gebäudes

Wird ein neues Gebäude geplant, so müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- Gleicher Eingang für externe Zuleitungen
- Vermaschtes Potentialausgleichs-Konzept nach EN 50310/EN 50174-1/2
- Stromverteilung ausschließlich vom Typ TN-S
- Potentialausgleichs-System welches folgendes einschließt:
  - Stahlträger
  - Fassade aus Metall
  - Stahlarmierter Zement
  - Metallische Installationsrohre
  - Blitzschutz
- Blitzschutz als Teil des Potentialausgleichs-Systems
- Voll geschirmtes System mit automatischen EMV-Eigenschaften
- Neutral getestet, mit ANEXT- und AFEXT- Messungen
- Das System muss eine Kopplungsdämpfung von **70 dB** übertreffen
- Die Komponenten müssen EN 55022 **B** erfüllen

Geschirmte Komponenten müssen in der Lage sein, Impedanzen gemäss EN 50173-1:2007. zu übertragen. Unter Verwendung von EN 50310 und 50174-2, ist der Planer jederzeit in der Lage, Strukturen mit gutem EMV-Verhalten zu konzipieren. Es wird empfohlen, die Richtlinien und Instruktionen in diesen Dokumenten zu befolgen. EN 50174-2 liefert dazu gute Checklisten.

**Bemerkung:** Der Planer bzw. Endanwender ist für die Einhaltung der EMV-Richtlinien verantwortlich. Wenn ein Teil oder Teile im Gebäudes andere Systeme stören oder die relevanten EMV-Normen nicht erfüllen, so können die relevanten Systeme oder Teile davon durch die lokal zuständige Stelle ausgeschaltet werden!

Zur Erinnerung: Dies ist allgemein gültig und nicht ausschließlich auf Verkabelungen bezogen. Selbst Firmen wie CISCO und andere machen klare Aussagen bezüglich Erdung und Potentialausgleich. Ebenso haben alle Aktivkomponenten Richtlinien für Erdung und Potentialausgleich. Ein ungenügendes Stromverteilungs-System beeinflusst alle Arten von elektrischen und elektronischen Systemen, wie unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) und Computer.

**Zur Erinnerung: Der wichtigste Punkt ist das Stromverteilungs-System. Nur ein TN-S – System kann Sicherheitsaspekte und bestes EMV-Verhalten der IT-Ausrüstung unterstützen.**

**Checkliste für ein EMV Konzept (Quelle: EN 50174-2:2000)**

Zu berücksichtigende Aspekte		Antwort		Kommentar
		Ja	Nein	
<b>1</b>	<b>Gebäude</b>			
<b>1a)</b>	Bestehendes Gebäude?	▲ <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>	
<b>1b)</b>	Neues Gebäude in Projektierung?	▲	0	
<b>1c)</b>	Neues bestehendes Gebäude?	▲	0	
<b>1d)</b>	Neues und bestehendes Gebäude gemischt	▲	0	
<b>1e)</b>	Krankenhaus?	▲	0	
<b>2</b>	<b>Stromverteilungs-System</b>			
<b>2a)</b>	TN-S?	0	0	Beste Lösung
<b>2b)</b>	TN-C-S?	▲	0	
<b>2c)</b>	TN-C?	▲	0	
<b>2d)</b>	TT?	▲	0	
<b>2e)</b>	IT?	▲	0	
<b>3</b>	<b>Verteiler-Quellen</b>			
<b>3a)</b>	Transformatoren-Station?	▲	0	
<b>3b)</b>	Nähe zu elektrischer Traktion?	▲	0	
<b>3c)</b>	Nähe zu Hochspannungs-Leitungen?	▲	0	
<b>3d)</b>	Lichtbogen-Schweissgeräte?	▲	0	
<b>3e)</b>	Induktions-Öfen?	▲	0	
<b>3f)</b>	Sendeanlagen (Radio, Fernsehen, schnurlose Telefone und Radar)?	▲	0	
<b>3g)</b>	Erfüllt die installierte Ausrüstung die relevanten Europäischen EMV-Normen?	○	A	
<b>3h)</b>	Sind die Energiekabel geschirmt?	▲	0	
<b>3i)</b>	Nähe zu koaxialen oder unsymmetrischen Kabeln?	▲	0	
<b>4</b>	<b>Kundenspezifische Bedürfnisse bezüglich Sicherheit</b>			
<b>4a)</b>	Sehr empfindliche Anwendungen?	▲	0	
<b>4b)</b>	Spital-Umgebung?	▲	0	
<b>5</b>	<b>Struktur des bestehenden und/oder zukünftigen Erdungs- und Potentialnetzwerks</b>			
<b>5a)</b>	Vermaschte Topologie, CBN oder MESH-BN?	0		
<b>5b)</b>	Stern-Topologie, IBN oder MESH-IBN?	▲		
<b>5c)</b>	Bündel Struktur?	▲		
<b>5d)</b>	Mehr als seine Antwort a),b),c)	▲		
<b>6</b>	<b>Kabel-Management Systeme, Hohlböden</b>			
<b>6a)</b>	1. Universelle Verkabelung parallel zu Stromleitungen 2. Gebäudeverkabelung parallel zu Starkstromleitungen	▲ ▲	0 0	
<b>6b)</b>	Kabel-Management-Systeme aus Kunststoff oder aus Metall (Aluminium oder Stahl)	▲ ▲ ▲	0 0 0	Kunststoff Aluminium Stahl
<b>6c)</b>	Trennungen aus Kunststoff oder Metall zwischen IT-Verkabelung und Stromleitungen?	▲ ○ ○	A A A	Plastik Stahl Aluminium
<b>6d)</b>	Sind die metallischen und nichtmetallischen Kabelmanagement-Systeme speziell für EMV-Zwecke konstruiert für wiederholte Erdung oder im Minimum für beidseitige Erdung?	0	A	
<b>6e)</b>	Ist die Verkabelung zwischen Gebäuden mit metallischen Kabeln ausgelegt?	▲	0	
<p>Bemerkung 1 0 = Keine Aktion erforderlich ▲ = Siehe A.6.2. NOTE 2 Dies bezieht sich nicht nur auf angeschlossene Ausrüstung, sondern auch auf andere Ausrüstung in der Umgebung (z.B. Kopierer und Leuchtstoffröhrenlampen)</p>				

Das Dokument liefert einige Kommentare und Hinweise, was in welchem Fall zu tun ist.

### **Schlussfolgerung:**

Die Installation eines geschirmten Netzwerks ist global beliebter geworden und nicht aufwendiger oder komplexer als die Installation eines ungeschirmten Netzwerks.

Zahlreiche überholte Vorurteile müssen neu überdacht werden. Das AWC-Werkzeug (Automatic Wire Cutting) und andere ausgeklügelte Technologien tragen dazu bei, hohe Qualität und die Erfüllung der EMV-Richtlinien zu erreichen. Kabeldurchmesser und Biegeradien sind sogar besser in der Ausführung als bei neuen, fortschrittlichen ungeschirmten Kabelsystemen.

In Zentraleuropa wird schon seit Jahren hauptsächlich geschirmt installiert. Die 10 Gigabit Entwicklung gibt jedem Kunden recht, der geschirmte Class E oder höher einsetzt.

Der kritischste Teil ist die Stromversorgung. Daher wird ausdrücklich empfohlen, ausschließlich TN-S-Systeme zu installieren. Ist dies getan, so gibt es keine Probleme – weder mit jeglicher geschirmten Verkabelung, noch für die übrige IT-Ausrüstung.

Unerwünschte Effekte und beschädigte Komponenten kommen bei ungenügenden oder nicht vorhandenen Erdungen und Potentialausgleichen vor.

In EMB-empfindlichen Umgebungen wie Forschung, Entwicklung, Testlaboratorien, muss die beste EMV-Qualität installiert werden.

Ein geschirmtes System ist in der Lage, das EMV-Verhalten deutlich zu verbessern. Eine Alternative dazu kann eine LWL-Installation bilden.

Geschirmte Systeme funktionieren in Europa schon seit vielen Jahrzehnten erfolgreich und tun dies weiterhin sehr erfolgreich seit der Einführung von 1 GbE und 10 Gb/s.

Die Bandbreite ist in den letzten 10 Jahren von 10 MHz auf 500 MHz angewachsen.

In der Automobilindustrie gilt die Aussage: „Es gibt keine Alternative zu mehr Hubraum, außer mehr Hubraum, dies gilt auch für die Übertragungstechnik: „Es gibt keinen Ersatz für die Bandbreite, außer mehr Bandbreite“. Geschirmte Systeme unterstützen dies problemlos. In einem geschirmten System – mit Bandbreite von bis zu 1500 MHz – gibt es genügend Reserve für zukünftige Entwicklungen. Der weltweite Trend zeigt in Richtung geschirmter Systeme. Immer mehr Kunden erkennen den Vorteil dieser Technologien.

Eine Alternative ist jederzeit eine LWL-Installation.

Tyco Electronics hat mehr als 20 Jahre Erfahrung und weltweit zahlreiche geschirmte Produkte installiert.



---

## 8. Oft gestellte Fragen

Frage: Benötigen passive Komponenten das CE-Zeichen?

Antwort: Nein, passive Komponenten haben keine Funktionen, sie benötigen keine CE-Zeichen.

Frage: Habe ich höhere Risiken, wenn ich ein geschirmtes System verwende?

Antwort: Nein. Wenn eine TN-S – Stromversorgung installiert ist, verhält sich das System besser als jedes UTP-System. Ungenügende Erdungen oder Stromversorgungen beeinflussen jede Art von Kupfer-Verkabelung. Ist eine Stromversorgung Typ TN-C oder TN-C-S installiert, wird in beiden Fällen Strom auf dem Nulleiter fließen. Im Fall eines geschirmten Systems fließt der Strom auf dem Schirm und auf dem Bezugspotential. Ist ein UTP-System installiert, fließt der Strom über alle metallene Elemente des Potentialausgleichs. Im Fall eines Blitzeinschlags, ist die Gefahr eines Schadens mit einem geschirmten System weit geringer als mit einem UTP-System.

Frage: Ich habe ein TN-C oder ein TN-C-S System. Wie kann ich eine Verkabelung einsetzen?

Antwort: Zuerst den Strom auf der Schutz Erde in der Stromversorgung messen. Falls die Potentialdifferenz  $>1V$  ist, muss ein Potentialausgleichsleiter zwischen den Verteilpunkten eingesetzt werden. Effizienter ist es, das Stromverteilungssystem auszuwechseln. Der Potentialausgleichsleiter schafft Besserung, ist aber nicht die Ideallösung.

Frage: Soll ich den Schirm einseitig oder beidseitig anschliessen?

Antwort: Der Schirm ist immer beidseitig (z.B. Jack im Patch-Panel und Jack in der Anschlussdose) um EMV-Effekte effizient zu unterdrücken. Der gesamte geschirmte Kanal muss einmal mit dem örtlichen Potentialausgleich verbunden werden.

Frage: Muss ich bei geschirmten Systemen in den Kabelkanälen auch metallische Trennwände verwenden?

Antwort: In der Regel nicht, nur in einigen sehr speziellen Fällen (Hohe Spannungen oder Ströme)

Frage: Genügt es, F/UTP-Kabel zu verwenden oder ist es besser PiMF zu verwenden?

Antwort: Aus der Sicht von Leistung und EMV sind PiMF-Kabel die beste Lösung. F/UTP Lösungen eignen sich für Umgebungen mit einem schwachen EMV Umfeld (Klasse E1).

Frage: Kann ein Blitzeinschlag auch eine UTP-Verkabelung stören?

Antwort: Ja. Der magnetische Fluß so stark, dass die Leiterverdrillung im UTP-Kabel nicht genügt, um das Störsignal zu unterdrücken. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Blitz in der Nähe einer UTP-Anlage den Ausfall von ganzen Anlagen-Teilen verursacht, ist 100 Mal grösser, als mit geschirmten Systemen. So beschreibt es die IEC 62305-2. Praktische Erfahrungen und Statistiken belegen das. Bei hochsensiblen Leitungen ist es jedoch ratsam, geschirmte wie auch ungeschirmte Kabel in einen geschlossenen Metallkanal zu verlegen.

Frage: Ist ein UTP-System in der Lage, EMV-Anforderungen zu erfüllen?

Antwort: Kann sein. Bis heute gibt es für UTP-Verkabelungen noch keine entsprechende Norm. Aus der Sicht der Systeme gibt es keine Vorgaben, die eingehalten werden müssen. Die EMV-Richtlinien besagen nur, dass der Betreiber dafür verantwortlich ist, dass das System keine anderen Systeme stören soll und gegen andere Systeme immun ist. Tests haben gezeigt, dass UTP-Systeme EN 55022 B nicht erfüllen. Diese Norm gilt für Wohn- und Büro-Umgebungen. Bei 10 Gigabit Ethernet über ungeschirmte Kupferleitungen gibt es etliche Betriebssituationen, wo die europäische Directive nicht erfüllt wird.

Frage: Ich habe ein UTP-System. Benötige ich dazu ein Erdungssystem?

Antwort: Ja. Die Erdung ist für die Sicherheit gedacht und ist vorgeschrieben bei Elektroinstallationen >25VAC, >60VDC und bei Spannungen im Schwachstrom-Bereich. Selbst bei LWL-Installationen ist eine gut geplante und funktionierende Erdung vorgeschrieben.

Frage: Ich habe ein UTP-System. Benötige ich dazu ein Potentialausgleichssystem?

Antwort: Ja. Das Potentialausgleichssystem ist für die Sicherheit gedacht und ist für alle Elektroinstallationen vorgeschrieben. Zudem verbessert es die EMV-Eigenschaften. Es ist ebenso gültig für alle Arten von Verkabelungssystemen.

Frage: Mein Systemlieferant gibt mir eine EMV-Garantie für mein Verkabelungssystem. Erfülle ich damit alle meine Verpflichtungen?

Antwort: Nein, bis heute gibt es keine definierten Limits, wenn das System passiv ist. Die EMV Directive ist dann anzuwenden, wenn der Übertragungskanal aktiv beschaltet ist. Dann sind die EN 55022 und EN 55024 anzuwenden.

Frage: Mein UTP-System hat als Schutz verdrehte Aderpaare. Genügt das für die effiziente Unterdrückung von Interferenzen?

Antwort: Nein. Die Verdrillung kann Interferenzen reduzieren, aber diese nicht effizient löschen oder eliminieren. Die Verdrillung kann keine elektromagnetische Strahlung unterdrücken. Das ist kritischer falls das Kabel während der Installation überdehnt oder zerdrückt wurde. Die Geometrie ist nicht mehr konsistent.

Frage: Ich habe ein UTP-System und möchte dessen EMV-Verhalten verbessern. Was kann ich tun?

Antwort: Der effizienteste Weg wäre, Kabel und Komponenten in geschirmte Umgebungen zu legen. Das könnten geschirmte Kabelrohre oder – Pritschen sein. Geschirmte Racks und Panels bieten etwas Schutz. Bemerkung: Alle Teile müssen mit dem Potentialausgleichssystem verbunden werden.

---

Frage: Ich habe ein geschirmtes System und möchte ein ungeschirmtes Patch-Panel verwenden. Ist dies möglich?

Antwort: Grundsätzlich ist das möglich. Eine Seite des Kanals muss aber am Potentialausgleich angeschlossen sein. Das ist am einfachsten mit dem Panel möglich. An der anderen Seite findet aber keine komplette EMB-Unterdrückung statt. Darum sollten immer geschirmte Patch-Kabel verwendet werden.

Frage: Was ist der Unterschied zwischen Erdung und Grounding?

Antwort: Eigentlich keiner, es sind nur zwei Worte mit derselben Bedeutung. Grounding wird in den USA benutzt, während in Europa und vielen anderen Ländern Erdung (Earthing) als Begriff benutzt wird.

Frage: Geschirmte Systeme wirken wie eine Antenne, ziehen Strahlung an und senden Strahlung aus, stimmt das?

Antwort: Jedes leitfähige Material wird von der Umgebungsstrahlung durchdrungen bzw. getroffen. In einem Fall der Schirm, im anderen Fall die verdrehten Signalpaare. Der Schirm wirkt dabei wie eine Schutzhülle und hat als zusätzlichen Schutz die verdrehten Paare.

Eine Aussendung kann nur dann stattfinden, wenn Energie vorhanden ist. Ein stromloser Schirm kann nicht senden! Die Signalpaare „strahlen“ in beiden Fällen, Beweis dafür ist NEXT und ANEXT.

Frage: Für welche Frequenzen muss ich meine Verkabelung aus Sicht der EMV betrachten?

Antwort: Grundsätzlich für die Frequenzen, bei welcher meine Protokolle arbeiten und solche, die in meiner Umgebung sind. Im Fall der strukturierten Gebäudeverkabelung ist das heute von 10 MHz bis 1000 MHz. In anderen Umgebungen, z.B. im industriellen Umfeld ist ein weiteres Spektrum vorzusehen.

Frage: In verschiedenen lokalen Normen sowie in der EN 50174-2 wird empfohlen, einen maschenförmigen Potentialausgleich zu gewährleisten. Ist der Schirm eines symmetrischen Datenkabels dazu geeignet?

Antwort: Grundsätzlich nein. Der Schirm eines symmetrischen Datenkabels hat die Aufgabe, die Signalpaare gegen Einflüsse von außen zu schützen, sowie Strahlung nach außen zu unterdrücken. Er ist nicht dazu dimensioniert, als Potentialausgleichsleiter zu dienen. Hierzu sind geeignete Kabel oder leitende Materialien zu verwenden. Der Schirm kann aber die Vermaschungssituation positiv beeinflussen.

Frage: In Österreich gib es die ÖVE / ÖNORM E 8014 Teil 3 die einen vermaschten Potentialausgleich vorsieht. Vereinzelt wird behauptet, man muss daher die Anschlussdose zwingend zusätzlich an den Potentialausgleich anschließen, stimmt das?

Antwort: Nein, das ist Interpretation Einzelner um Stimmung gegen STP Systeme zu machen. Der Schirm hat die primäre Aufgabe, die Aderleitungen gegen EMB zu schützen.

Der Schirm ist kein Potentialausgleichsleiter. Das gesamte Verkabelungssystem wird einmal an den Potentialausgleich angeschlossen, d.h. am Panel. Das ist weltweit in allen relevanten Normen so beschrieben und wird seit Jahrzehnten in Europa so angewendet.

Frage: Kann eine Verseilung in der Praxis ausreichend gegen elektrische und magnetische Felder schützen?

Antwort: Grundsätzlich hängt das von der Frequenz und der Stärke der Felder ab. In der üblichen Praxis aber nicht. Der Verseilung reicht oft nicht mehr aus, um ausreichend zu schützen. Das betrifft vor allem den Blitzschutz, aber auch das Bündeln von Kabeln. ANEXT zeigt, wie schwach die Verseilung ist. Nur eine zusätzliche Schirmung ist in der Lage, die EMV zu verbessern.

Frage: In Österreich wird von Einzelnen behauptet, man müsse bei Leitungslängen grösser 50m einen zusätzlichen Anschluss an den Potentialausgleich vorsehen, stimmt das?

Antwort: Nein, diese Aussage ist falsch. Das ist anwendbar, wenn ein sogenannter paralleler Erdungsleiter (Potentialausgleichsleiter) verwendet wird. Das sind Kupferkabel mit einem Querschnitt ab  $4\text{mm}^2$ . Wenn diese mehrfach an den Potentialausgleich angeschlossen werden, verbessert man die Maschenwirkung. Der Schirm eines Übertragungskanal ist aber per Definition kein paralleler Erdungsleiter und wird somit mindestens einmal an den Potentialausgleich angeschlossen (Seite 55 und 56).

## Anhang

Folgende Definitionen basieren auf EN 50310 / EN 50174-2:

<b>Erder</b>	Leitfähiges Teil, das in den Boden oder ein bestimmtes leitfähiges Medium, zum Beispiel Beton oder Koks eingebettet sein kann und in elektrischen Kontakt mit Erde steht
<b>Erdungsleiter</b>	Leiter, der eine leitfähige Verbindung oder einen Teil derselben zwischen einem bestimmten Punkt in einem System oder in einer Anlage oder in einem Betriebsmittel und dem Erder oder einem Erdernetz herstellt
<b>Erdungsleiter</b>	Teil einer Erdungsanlage, der nur die Erder und ihre elektrischen Verbindungen untereinander umfasst
<b>Potentialausgleich</b>	Herstellen elektrischer Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, um Potentialgleichheit zu erzielen
<b>Haupterdungs-Anschlusspunkt Haupterdungsklemme</b>	Anschlusspunkt oder Schiene, die Teil der Erdungsanlage einer Anlage ist und die elektrische Verbindung von mehreren Leitern zu Erdungszwecken ermöglicht
<b>Neutralleiter (N)</b>	Leiter, der mit dem Neutralpunkt verbunden und in der Lage ist, zur Verteilung elektrischer Energie beizutragen
<b>Schutzleiter (PE)</b>	Leiter, der für einige Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme erforderlich ist, um die elektrische Verbindung zu einem der nachfolgenden Teile herzustellen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Körper der elektrischen Betriebsmittel,</li> <li>- fremde leitfähige Teile,</li> <li>- Haupterdungsklemme,</li> <li>- Erder,</li> <li>- geerdeter Punkt der Stromquelle oder künstlicher Sternpunkt</li> </ul>
<b>Potentialausgleichsanlage (BN)</b>	Miteinander verbundene leitfähige Konstruktion, die einem „elektromagnetischen Schirm“ für elektronische Systeme und Personal im Frequenzbereich von Gleichstrom( DC) bis zum unteren Hochfrequenzbereich (HF-) bilden  Anmerkung: Der Ausdruck „elektromagnetischer Schirm“ bezeichnet eine beliebige Anordnung zum Ableiten, Abblocken oder Dämpfen elektromagnetischer Energie. Im Allgemeinen braucht eine Potentialausgleichsanlage (BN) nicht mit Erde verbunden zu sein, aber alle in diesem Dokument behandelten Potentialausgleichsanlagen (BN) haben eine Erdverbindung.
<b>gemeinsame Potentialausgleichsanlage (CBN)</b>	Wichtigstes Mittel für wirksamen Potentialausgleich und Erdung innerhalb von Gebäuden mit informationstechnischer Ausstattung  Anmerkung: Die CBN besteht aus der Gesamtheit der Metallteile, die gewollt oder zufällig miteinander verbunden sind, um die Grund-BN eines Gebäudes zu bilden. Hierzu gehören: Stahlkonstruktion oder Bewehrungseisen, metallene Rohrleitungen, Leitungsrohre für die Wechselstromversorgung, Schutzleiter (PE), Kabelpritschen und Potentialausgleichsleiter. Die DBN ist mit dem Erdungsnetz verbunden.
<b>Metallene(s) informationstechnische(s) Kabel (Verkabelung)</b>	Kabel (Verkabelung) mit metallenen Leitern zur Signalübertragung
<b>DC-C-System</b>	Stromverteilungsanlage, in der die Gleichstrom-Rückleiter mit der gemeinsamen Potentialausgleichsanlage (CBN) verbunden sind, sodass die Versorgungs- und Schutzfunktionen gleichzeitig sichergestellt werden. ANMERKUNG: Das DC-C-System wird auch „Zwei-Leiter-System“ genannt.

<b>DC-I-System</b>	Stromverteilungsanlage, in der die Stromrückleitung und die Erdung der Betriebsmittel getrennt ausgeführt sind
<b>Erde</b>	Teil der Erde, der sich in elektrischem Kontakt mit einem Erder befindet und dessen elektrisches Potential nicht notwendigerweise gleich null ist ANMERKUNG: Unter „Erde“ ist hier der Planet mit seiner gesamten Substanz zu verstehen.
<b>Erdernetz</b>	Teil einer Erdungsanlage, der nur die Erder und ihre elektrischen Verbindungen untereinander umfasst
<b>Funktionserdungsleiter</b>	Leiter, die nur zur Funktionserdung dienen (nicht zum Schutz)
<b>Gleichstrom-Rückleiter</b>	(+)-Leiter der -48-V- oder -60-V-Sekundär-Gleichstromversorgung IEN 300253:2002, 3.1.21
<b>Hochspannung</b>	Wechselspannung mit einem Effektivwert über 1000 V oder Gleichspannung über 1500 V
<b>Isolierte Potentialausgleichsanlage (IBN)</b>	Potentialausgleichsanlage, die einen einzigen Verbindungspunkt entweder zur gemeinsamen Potentialausgleichsanlage oder einer anderen isolierten Potentialausgleichsanlage hat. Anmerkung: Alle hier betrachteten isolierten Potentialausgleichsanlagen haben über den einzigen Verbindungspunkt Verbindung mit Erde.
<b>Paralleler Erdungsleiter (PEC)</b>	Ein parallel zum Stromversorgungskabel oder informationstechnischen Kabel verlaufender Erdungsleiter
<b>PEN-Leiter</b>	Leiter, der zugleich die Funktionen eines Schutzerdungsleiters und eines Neutralleiters erfüllt
<b>Potentialausgleichsmatte</b>	Wesentliches Mittel zur Bereitstellung einer Systembezugspotentialebene (SRPP) durch eine sichtbare, nahezu regelmäßige Maschenstruktur Anmerkung: Die Potentialausgleichsmatte darf unter- oder oberhalb einer Gruppe von Betriebsmitteln angeordnet sein, die einen Systemblock bilden.
<b>Potentialausgleichsringleiter BRC (Abkürzung)</b>	Erdungssammelleiter in Form eines geschlossenen Rings. Gewöhnlich hat ein Potentialausgleichsringleiter (BRC) mehrfach Verbindung mit der gemeinsamen Potentialausgleichsanlage (CBN) und steigert damit deren Qualität.
<b>Schutzleiter</b>	Leiter zum Zweck der Sicherheit, zum Beispiel zum Schutz gegen elektrischen Schlag.
<b>Schutzleiter (Bezeichnung: PE)</b>	Leiter zum Zweck der Sicherheit, zum Beispiel zum Schutz gegen elektrischen Schlag
<b>Schutzpotentialausgleichsleiter</b>	Schutzleiter zur Herstellung des Schutzpotentialausgleichs
<b>Schutzpotentialausgleichsanlage (PEB S)</b>	Potentialausgleichsanlage, die Schutzpotentialausgleich herstellt
<b>Signalerdungsleiter</b>	Leiter, der in Signalstromkreisen den Bezug zum Erdpotential herstellt. Die Signalfunktion solcher Stromkreise kann zwischen unterschiedlichen Einbauorten die Signalmrückleitung über Erde einschließen. Ein Schutzleiter (PE) kann gleichzeitig Signalerdungsleiter (SE) sein, wenn die Signalfunktionen mit den auferlegten Sicherheitsanforderungen abgestimmt sind. Die gemeinsame Potentialausgleichsanlage (CBN) (mit dem Schutzleiter (PE) als Teil davon) kann die Funktion eines Signalerdungsleiters (SE) erfüllen.
<b>Systemblock</b>	funktionelle Gruppe von Betriebsmitteln, die in Bezug auf Betriebsfähigkeit und Betriebsabwicklung von dem Anschluss an ein und dieselbe Systembezugspotentialebene (SRPP) abhängig sind, welche durch eine vermaschte Potentialausgleichsanlage (MESH-BN) gebildet wird
<b>System</b>	im Regelfall zusammenarbeitende oder voneinander abhängige Gruppe von Geräten, die ein einheitliches Ganzes bilden

<b>Stromversorgung</b>	<p>Primärversorgung: öffentliches Stromversorgungsnetz oder, unter Notfallbedingungen, örtlich erzeugte Wechselstromversorgung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sekundärversorgung: aus der Primärversorgung abgeleitete Stromversorgung für Betriebsmittel der Telekommunikationstechnik, Gestelle oder Systemblöcke</li> <li>- Tertiärversorgung: aus der Sekundärversorgung abgeleitete Stromversorgung für Betriebsmittel der Telekommunikationstechnik</li> </ul>
<b>Systembezugspotentialebene (SRPP)</b>	<p>leitende massive Ebene als Idealziel des Potentialausgleichs, wird in der Praxis durch horizontale oder vertikale Vermaschung annähernd erreicht</p> <p>ANMERKUNG 1 Die Maschenweite ist an den in Betracht kommenden Frequenzbereich angepasst. Horizontale und vertikale Maschen dürfen zur Bildung einer Gitterstruktur verbunden sein, um annähernd einen Faraday'schen Käfig zu bilden.</p> <p>ANMERKUNG 2 Die Systembezugspotentialebene (SRPP) ermöglicht die Signalisierung mit Bezug auf ein gemeinsames Potential.</p>
<b>Trennung</b>	<p>Durch Isolation (mittels geerdeter leitender Trennwände) oder physikalischer Trennung erzielte Verhinderung der Störung von Schaltungen, die Telekommunikationsverkabelung nutzen, durch elektromagnetisches Rauschen aus der Stromversorgungsverkabelung</p>
<b>Überspannungsschutzgeräte</b>	<p>Gerät zum Schutz elektrischer Geräte (Betriebsmittel) vor hohen transienten Überspannungen und zum Begrenzen der Dauer und häufig auch der Amplitude des Folgestroms.</p> <p>Anmerkung: Das Gerät enthält mindestens eine nichtlineare Komponente.</p>
<b>Unverformte Stromversorgung (en: non-deformed mains power supply)</b>	<p>Netzversorgung, die die Auswirkungen nichtlinearer elektrischer, Oberschwingungsströme erzeugender Lasten (Leuchtstofflampen, Schaltnetzteile usw.) ausschließt.</p>
<b>vermaschte Potentialausgleichsanlage (MESH-BN)</b>	<p>Potentialausgleichsanlage, in der alle beteiligten Rahmen, Gestelle und Schränke der Betriebsmittel und im Regelfall auch der Rückleiter der Gleichstromversorgung sowohl untereinander als auch an vielen Stellen mit der CBN leitend verbunden sind.</p> <p>Anmerkung: Folglich ergänzt die vermaschte BN die CBN.</p>
<b>Widerstandsfähigkeit</b>	<p>Fähigkeit telekommunikationstechnischer Geräte oder beliebiger Netze, den Auswirkungen bestimmter physikalischer Phänomene bis zu einem bestimmten, festgelegten Ausmaß und entsprechend einem festgelegten Kriterium zu widerstehen.</p>

## Literatur:

H. Schmolke, D. Vogt	Potentialausgleich, Fundamenterder, Korrosionsgefährdung, VDE
Doris Behrendt	LANLINE Issue 5/2000, Die EMV gibt den Ausschlag
Wilhelm Rudolph, Otmar Winter	EMV nach VDE 0100
Karl-Heinz Krefter	DIN VDE 0100
British standard institution	A guide to Electromagnetic Compatibility and structured cabling
Alfred Weber	EMV in der Praxis
Joseph J. Carr	The technician's EMB handbook
Föste/Öing	EMV Design Richtlinien
EN 50310	Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment
EN 50174-2	Information technology – cabling installation Part 2: Installation planning and practise inside buildings
ANSI/TIA-568-B.1-2	Addendum 2 Grounding and Bonding. Specifications for Screened Balanced Twisted Pair Horizontal cabling systems
T. Hähner, B. Mund	Test methods for screening and balance of communication cables
Dirk Wilhelm, Andreas Obst, GHMT AG	Coupling attenuation, A new measuring technique to qualify the EMC Behavior of various data cables
G Vijayaraghaven, M. Brown, M. Barnes	Grounding, Bonding, Shielding and surge protection
Ralph Morrison	Grounding and Shielding Techniques
Dirk Wilhelm, Dr. Peter Schulz GHMT AG	EMC within systems and installations
Peter Gabler	Your Computer does not run on every socket
Wilhelm Rudolph	EMV Fibel für Elektroinstallateure und Planer
Manfred Patzke, freier Sachverständiger	Diverse Fachartikel und persönliche Beratung



---

## Index:

---

2

2004/108/EG · 5

---

6

6around1 · 61

---

A

ANEXT · 61

Anschluss an den Potentialausgleich · 58

AWC · 53

---

B

Blitzschutz · 37

---

D

DKE · 57

---

E

elektromagnetische Wellen · 21

EMV · 4

EMV Test · 71

EMV Umgebung · 5

EN 50174-2 · 67

EN 50310 · 7, 8

EN 55022 · 7

EN 55024 · 8

EN 62305 · 40

Erdung und Potentialausgleich · 23

Erdungselektroden · 26

Erdungssystem · 26, 29

---

G

Galvanische Kopplung · 13

geschirmt · 50

Geschirmte Komponente · 52

---

H

Hintergrundrauschen · 64

---

I

induktive Kopplung · 15

Interner Blitzschutz · 40

IT System · 43

---

J

Jack · 53

---

K

Kabelschirm · 51, 56

Kapazitive Kopplung · 14

Kopplungsdämpfung · 11, 65

Kopplungsfaktor · 68

Kopplungsweg · 4

Kurzlängenproblematik · 61

---

L

Leitungseinführung · 29

Leitungsverlegung · 65

LEMP · 42

---

P

PiMF-Kabel · 22

Potentialausgleich · 23, 31, 33

Potentialausgleichsleiter · 74

Potentialausgleichsschiene · 31

---

S

Schirm · 60

Schirmanschluss · 56

Schirmübergang · 54

Schlaglänge · 20

Schleifen-Fläche · 16

SRPP · 56

Stromversorgung · 43

Symmetrie · 20, 50

---

T

TN · 43

TN-C-S · 46

TN-S · 45

Transferimpedanz · 10

Trennsteg · 66

Trennungsabstand · 70

Triaxialverfahren · 12

TT System · 43

---

V

Verlegeabstand · 70

## TE AMP NETCONNECT weltweit:

### North America

Greensboro, NC, USA  
Ph: +1-800-553-0938  
Fx: +1-717-986-7406

### Latin America

Buenos Aires, Argentina  
Ph: +54-11-4733-2200  
Fx: +54-11-4733-2282

### Europe

Kessel-Lo, Belgium  
Ph: +32-16-35-2190  
Fx: +32-16-35-2188

### Mid East & Africa

Cergy-Pontoise, France  
Ph: +33-1-3420-2122  
Fx: +33-1-3420-2268

### Asia

Hong Kong, China  
Ph: +852-2735-1628  
Fx: +852-2735-1625

### Pacific

Sydney, Australia  
Ph: +61-2-9407-2600  
Fx: +61-2-9407-2519

## TE AMP NETCONNECT in Europa, Mittlerer Osten, Afrika und Indien:

**Austria** - Vienna  
Ph: +43-1-90560-1204  
Fx: +43-1-90560-1270

**Belgium** - Kessel-Lo  
Ph: +32-16-35-2190  
Fx: +32-16-35-2188

**Bulgaria** - Sofia  
Ph: +359-2-971-2152  
Fx: +359-2-971-2153

**Czech&Slovak Rep.** - Kurim  
Ph: +420-541-162-112  
Fx: +420-541-162-132

**Denmark** - Glostrup  
Ph: +45-70-15-52-00  
Fx: +45-43-44-14-14

**Finland** - Helsinki  
Ph: +358-95-12-34-20  
Fx: +358-95-12-34-250

**France** - Cergy-Pontoise  
Ph: +33-1-3420-2122  
Fx: +33-1-3420-2268

**Germany** - Langen  
Ph: +49-6103-709-1547  
Fx: +49-6103-709-1219

**Greece/Cyprus** - Athens  
Ph: +30-1-9370-396  
Fx: +30-1-9370-655

**Hungary** - Budapest  
Ph: +36-1-289-1007  
Fx: +36-1-289-1010

**India** - Bangalore  
Ph: +91-80-4011-5000  
Fx: +91-80-4011-5030

**Italy** - Collegno (Torino)  
Ph: +39-011-4012-111  
Fx: +39-011-4012-268

**Lithuania** - Vilnius  
Ph: +370-5-213-1402  
Fx: +370-5-213-1403

**Netherlands** - Den Bosch  
Ph: +31-73-6246-246  
Fx: +31-73-6246-958

**Norway** - Nesbru  
Ph: +47-66-77-88-99  
Fx: +47-66-77-88-55

**Poland** - Warsaw  
Ph: +48-22-4576-700  
Fx: +48-22-4576-720

**Romania** - Bucharest  
Ph: +40-1-311-3479  
Fx: +40-1-312-0574

**Russia** - Moscow  
Ph: +7-495-790-7902  
Fx: +7-495-721-1894

**Spain** - Barcelona  
Ph: +34-93-291-0330  
Fx: +34-93-291-0608

**Sweden** - UpplandsVäsby  
Ph: +46-8-5072-5000  
Fx: +46-8-5072-5001

**Switzerland** - Steinach  
Ph: +41-71-447-0-447  
Fx: +41-71-447-0-423

**Turkey** - Istanbul  
Ph: +90-212-281-8181  
Fx: +90-212-281-8184

**Ukraine** - Kiev  
Ph: +380-44-206-2265  
Fx: +380-44-206-2264

**UK** - Stanmore, Middx  
Ph: +44-208-420-8140  
Fx: +44-208-954-7467