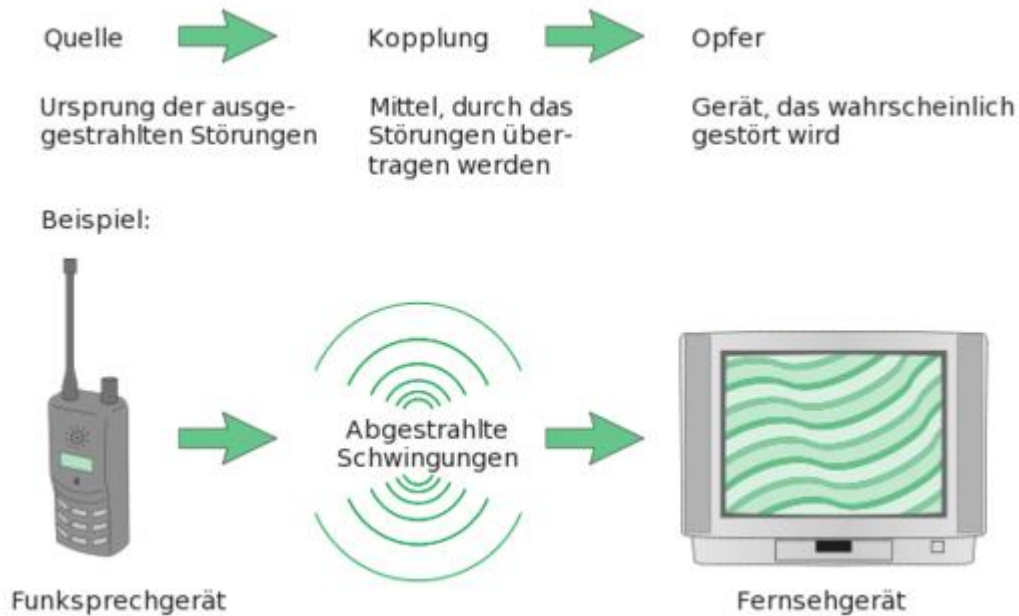


Kopplungsmechanismen und Gegenmaßnahmen

Allgemeines

In der nachstehenden **Abbildung R31** ist eine elektromagnetische Störung dargestellt.



Verschiedene Arten von Störquellen:

- Hochfrequenzaussendungen
 - drahtlose Kommunikationssysteme (Radio, TV, Handys, Funksprechgeräte, Fernsteuerungen)
 - Radar
- Elektrische Betriebsmittel
 - Hochleistungsgeräte für die Industrie (Induktionsöfen, Schweißmaschinen, Stator-Steuerungssystem)
 - Büroausrüstungen (Computer und elektronische Schaltungen, Fotokopierer, große Monitore)
 - Entladungslampen (Neon, Fluoreszenz, Blitz etc.)
 - elektromechanische Komponenten (Relais, Schütze, Spulen, Schaltgeräte)
- Netze
 - Stromübertragungs- und -verteilungssysteme
 - elektrische Transportsysteme
- Blitzschlag
- elektrostatische Entladungen (ESD)
- nukleare elektromagnetische Pulse (NEMP)

Potentielle Opfer sind:

- Radio- und Fernsehempfänger, Radar, drahtlose Kommunikationssysteme
- analoge Systeme (Sensoren, Meßwerterfassung, Verstärker, Monitore)
- digitale Systeme (Computer, Computerkommunikation, Peripheriegeräte)

Die verschiedenen Kopplungsarten sind:

- Gleichtakt-Impedanzkopplung (galvanische Kopplung)
- kapazitive Kopplung
- induktive Kopplung
- Strahlungskopplung (Kabel-Kabel, Feld-Kabel, Antenne-Antenne)

Maßnahmen gegen galvanische oder Gleichtaktkopplung

Definition

Zwei oder mehr Geräte werden durch die Spannungsversorgung und Kommunikationskabel miteinander verbunden (siehe **Abb. R32**). Wenn externe Ströme (Blitzschlag, Fehlerströme, Störungen) über diese Gleichtaktstrompfade fließen, tritt zwischen den Punkten A und B, **deren Potential als ausgeglichen angenommen wird**, eine unerwünschte Spannung auf. Diese Streuspannung kann Schwachstromkreise oder schnelle elektronische Schaltungen stören.

Alle Kabel einschließlich der Schutzleiter haben eine Impedanz, insbesondere bei hohen Frequenzen.

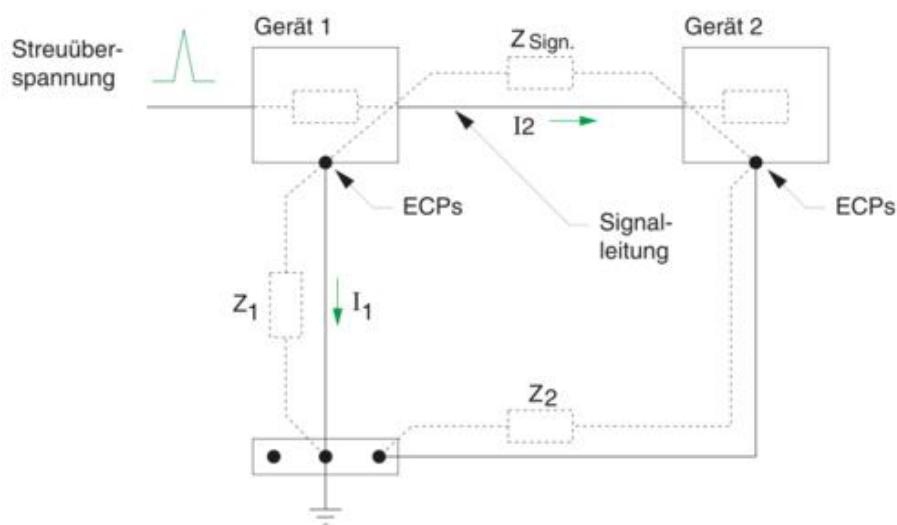


Abb. R32: Definition der Gleichtaktkopplung

Die berührbaren leitfähigen Teile (ECPs) der Geräte 1 und 2 sind über Verbindungen mit den Impedanzen Z_1 und Z_2 an eine gemeinsame Erdungsklemme angeschlossen.

Die Streuüberspannung fließt über Z_1 zur Erde. Das Potential von Gerät 1 erhöht sich auf $Z_1 I_1$. Der Potentialunterschied zu Gerät 2 (Anfangspotential = 0) führt zu der Entstehung von Strom I_2 .

$$Z_1 I_1 = (Z_{\text{sign}} + Z_2) I_2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{Z_1}{(Z_{\text{sign}} + Z_2)}$$

Der auf der Signalleitung vorhandene Strom I_2 stört Gerät 2.

Beispiele

(siehe Abb. R33)

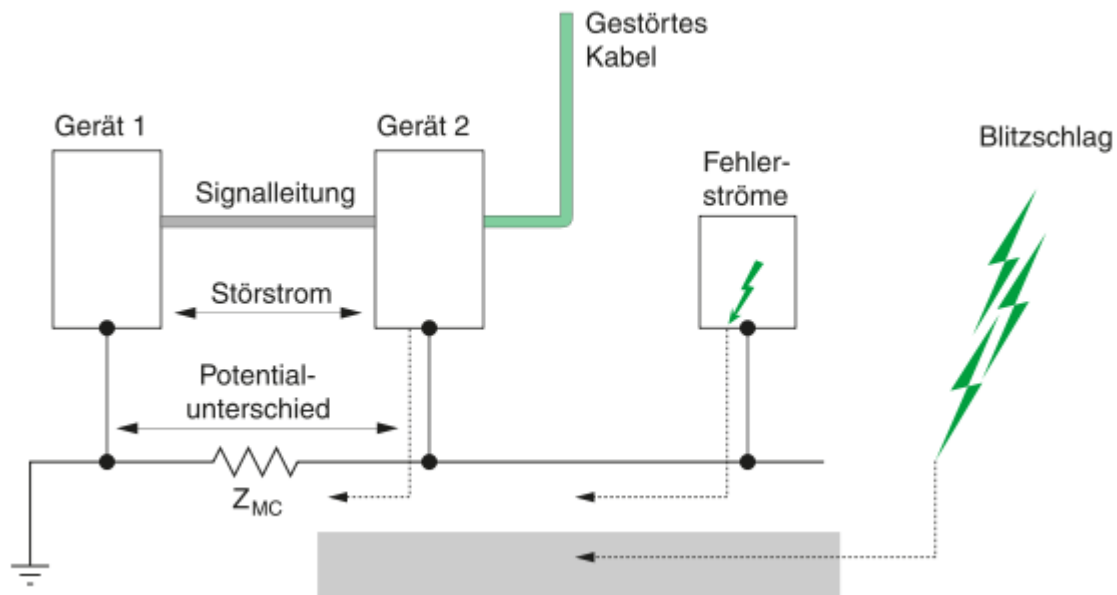


Abb. R33: Beispiel für Gleichtaktkopplung

- Geräte, die über einen gemeinsamen Bezugsleiter verbunden sind (z.B. PEN, PE), der durch schnelle oder starke (di/dt) Stromänderungen beeinträchtigt wird (Fehlerstrom, Blitzschlag, Kurzschluss, Laständerungen, Taktschaltungen, Oberschwingungsströme, Blindleistungskompensationsanlagen usw.).
- Ein gemeinsamer Rückweg für mehrere Quellen elektrischer Energie.

Gegenmaßnahmen

(siehe Abb. R34)

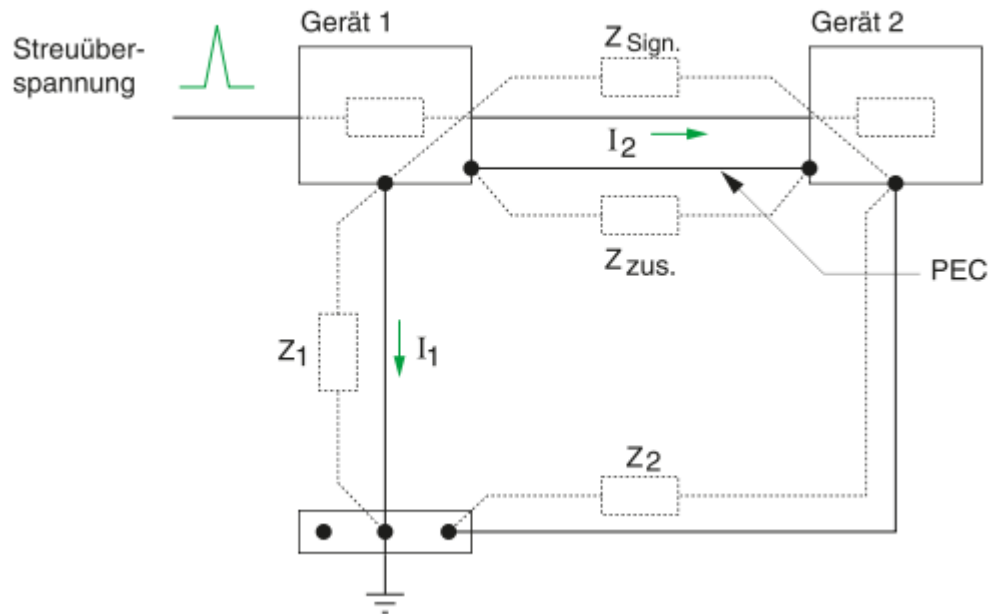


Abb. R34: Gegenmaßnahmen für Gleichtaktkopplung

Impedanzen in Gleichtaktstrompfaden sollten, wenn sie nicht vermieden werden können, möglichst klein gehalten werden. Die vorrangigen Gegenmaßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen der Gleichtaktkopplung sind:

- Verringerung der Gleichtaktimpedanzen:
 - Vermaschen der gemeinsamen Bezugsleiter,
 - Verwendung von kurzen Leitern oder flachen Litzen, die bei gleichem Querschnitt eine niedrigere Impedanz haben als runde Kabel,
 - Installation funktionsfähiger Potentialausgleichsverbindungen zwischen den Geräten.
- Verringerung der Amplitude der Störströme durch Einbau von Gleichtaktfiltern und Gegentaktdrosseln

Ist die Impedanz des Parallelerdungsleiters PEC ($Z_{\text{zus.}}$) im Vergleich zu $Z_{\text{Sign.}}$ sehr niedrig, fließt der größte Teil des Störstroms über den PEC, d.h. nicht über die Signalleitung wie im vorherigen Fall. Der Potentialunterschied zwischen den Geräten 1 und 2 wird sehr gering und die Störung akzeptierbar

Maßnahmen gegen kapazitive Kopplung

Definition

Der Störpegel hängt von den Spannungsschwankungen (dv/dt) und dem Wert der Kopplungskapazität zwischen dem Störer und dem Opfer ab.

Die kapazitive Kopplung erhöht sich mit:

- der Frequenz,
- der Nähe des Störers zum Opfer und der Länge der parallelen Kabel,
- der Höhe der Kabel in Bezug auf eine Bezugsmasse,
- der Eingangsimpedanz des Opferstromkreises (Stromkreise mit einer hohen Eingangsimpedanz sind anfälliger),
- der Isolierung des Opferkabels (ϵ_r der Kabelisolierung), insbesondere bei eng gekoppelten Paaren.

Abbildung R35 zeigt die Ergebnisse kapazitiver Kopplung (Übersprechen) zwischen zwei Kabeln.

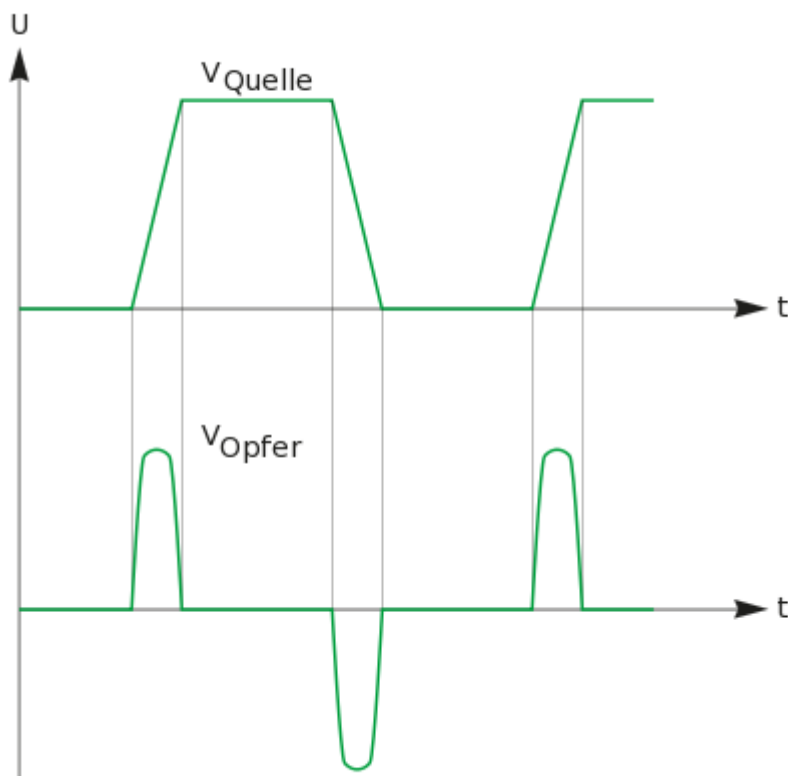
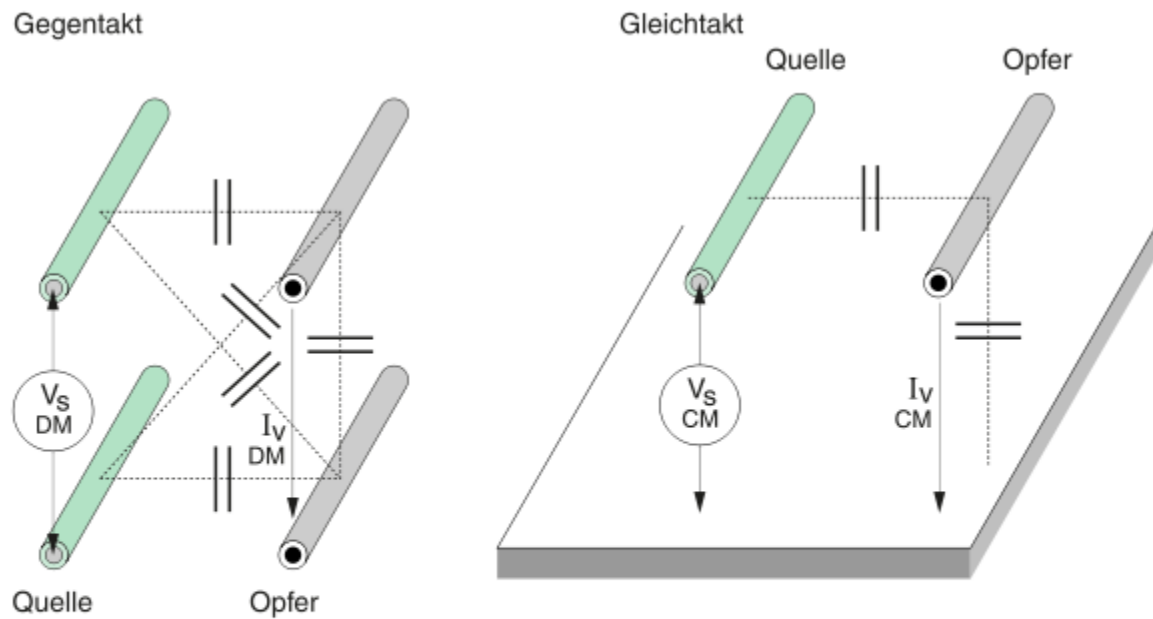


Abb. R35: Typisches Ergebnis der kapazitiven Kopplung (kapazitives Übersprechen)

Beispiele

(siehe Abb. R36)



V_S DM: Quelle der Störspannung (Gegentakt)

I_V DM: Störstrom auf der Seite des Opfers (Gegentakt)

V_S CM: Quelle der Störspannung (Gleichtakt)

I_V CM: Störstrom auf der Seite des Opfers (Gleichtakt)

Abb. R36: Typisches Ergebnis der kapazitiven Kopplung

- Nahegelegene Kabel unterliegen schnellen Spannungsschwankungen (dv/dt)
- Starten von Leuchtstofflampen
- getaktete Hochspannungsnetzteile (Fotokopierer usw.)
- Kopplungskapazität zwischen den Primär- und den Sekundärwicklungen von Transformatoren
- Übersprechen zwischen Kabeln

Gegenmaßnahmen

(siehe Abb. R37)

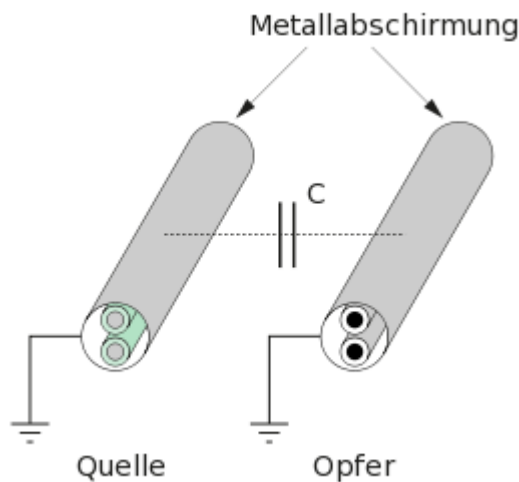


Abb. R37: Geschirmte Kabel vermindern die kapazitive Kopplung

Die vorrangigen Gegenmaßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen der kapazitiven Kopplungen sind:

- Symmetrische Übertragung auf symmetrische Leitungsanlage: Leiter werden in identischer Weise demselben elektrischen Feld ausgesetzt. Induzierte Störspannungen in beiden Leitern haben dieselbe Polarität und Amplitude. Das erwünschte Gegentaktsignal wird bis zu bestimmten Frequenzen nicht beeinflusst. Die Störung tritt als unerwünschtes Gleichtaktsignal auf. In Abhängigkeit von seiner Gleichtaktunterdrückung wird der bestimmungsgemäße Betrieb der angeschlossenen Geräte durch das Vorhandensein von Gleichtaktspannungen beeinflusst.
- Geschirmte Leitungsanlage oder (und) Kabelführungssysteme, die aus Metall oder speziell für EMV-Zwecke ausgelegten Verbundwerkstoffen bestehen.

Einfluss elektrischer Felder wird reduziert, wenn der Kabelschirm oder das Kabelführungssystem:

- entlang des Kabels kontinuierlich ist,
- gerade ist und über einen Potentialausgleich verfügt, wie zuvor beschrieben. Da das Kabelführungssystem auf Erdpotential liegt, können unerwünschte elektrische Ladungen keinen Spannungsanstieg verursachen. Bei hohen Frequenzen ist das Verfahren zur Erdung des Schirmes an den Kabelenden sehr wichtig. Selbst wenige Zentimeter ungeschirmten Leiters können die Schirmwirkung beeinträchtigen.
- Begrenzen der Länge des parallelen Verlaufs von Störern und Opfern auf das absolute Minimum.
- Erhöhen des Abstands zwischen Störer und Opfer.
- Bei zweidrähtigen Anschlüssen Verlegen der zwei Drähte so nah wie möglich nebeneinander.
- Positionieren eines an beiden Enden und zwischen dem Störer und dem Opfer angeschlossenen PEC.
- Verwenden von zwei- oder vierdrähtigen Kabeln anstelle von einzelnen Leitern.

- Verwenden von symmetrischen Übertragungssystemen bei korrekt realisierten symmetrischen Kabel- und Leitungsanlagen.
- Abschirmen der störenden Kabel, der gestörten Kabel oder beider Kabel (die Abschirmung muss am Potentialausgleich angeschlossen sein).
- Verringern des dv/dt des Störers durch Erhöhung der Signalanstiegszeit, wenn möglich.