

Elektromagnetische Störfestigkeit (EMI)

für sicherheitsbezogene Schaltungen nach ISO 13849



Unser Aufwand – Ihr Vorteil

Unser Aufwand für die Erstellung dieses Dokuments
und Ihr eingesparter Zeitaufwand 35 h
Für Sie kostenlos.

Titel Elektromagnetische Störfestigkeit - Grundlagen
Version 1.10
Dokumentennummer 100565
Originalsprache Deutsch
Autor Festo
Datum 06.05.2026

Rechtliche Hinweise

Im Folgenden ist mit „Festo“ die „Festo SE & Co. KG“ bezeichnet.

Dieses Dokument ist unverbindlich. Dieses Dokument stellt einen möglichen Lösungsansatz für einen beispielhaften Einsatzfall dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, insbesondere hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung sowie jeglicher Eventualitäten für Ihren konkreten Einsatzfall. Dieses Dokument ist keine kundenspezifische Lösung, sondern soll lediglich Hilfestellung bei typischen Aufgabenstellungen bieten.

Die in diesem Dokument genannten Werte sind teilweise Annahmen und Abschätzungen, die eine detaillierte Betrachtung unter Zuhilfenahme der ISO 13849, IEC 61508, IEC 62061 und/oder IEC 61511 nicht ersetzen.

Die tatsächlich erreichbaren Kennwerte (insbesondere PL, PFH_D, Kategorie, DC, MTTF_D, CCF, SIL, HFT, PFH, PFD) hängen von den eingesetzten Komponenten sowie ihren Einsatzbedingungen in der konkreten Applikation ab.

Dieses Dokument enthebt Sie nicht von der Pflicht, eine Risikobeurteilung und eine Validierung Ihrer spezifischen Anwendung vorzunehmen und die Einhaltung sämtlicher Vorgaben, insbesondere der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, selbst sicherzustellen. Sie als Anwender tragen für Ihren konkreten Einsatzfall und für den sachgemäßen Betrieb der beschriebenen Produkte in diesem Zusammenhang selbst die Verantwortung.

Festo lehnt jede Haftung für Schäden ab, die durch die Anwendung von gegebenenfalls falschen bzw. unzureichenden Informationen oder aufgrund fehlender Informationen in diesen Unterlagen entstehen. Dies gilt ebenfalls für Defekte, die durch unsachgemäße Behandlung von Geräten und Baugruppen entstehen. Für Schäden, die durch die Nichteinhaltung der Vorgaben der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG entstehen, wird ebenfalls jede Haftung, mit Ausnahme von Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens Festo, abgelehnt.

Die Informationen dieses Dokuments gelten keinesfalls als Ersatz für die Bedienungsanleitung der jeweiligen Hersteller sowie der Konstruktion und Prüfung der jeweils eigenen Anwendung durch den Benutzer. Die jeweiligen Bedienungsanleitungen der Produkte von Festo sind unter www.festo.com zu finden. Der Benutzer dieses Dokuments muss selbst sicherstellen, dass jede Funktion, die hier beschrieben ist, auch in seiner Anwendung ordnungsgemäß funktioniert. Der Benutzer bleibt auch durch das Studium dieses Dokuments sowie durch die Nutzung der darin genannten Angaben allein verantwortlich für die eigene Anwendung.

Im Übrigen gelten die Regelungen bzgl. Haftung aus den Liefer-, Zahlungs- und Softwarenutzungsbedingungen von Festo, welche Sie unter www.festo.com finden. Diese lassen wir Ihnen auf Anforderung gerne zukommen.

Dieses Dokument ist nur geeignet für Personen mit ausreichender Fachkompetenz für Maschinensicherheit und funktionaler Sicherheit auf Basis der ISO 12100, ISO 13849, IEC 61508, IEC 62061 und IEC 61511. Zusätzlich sind die folgenden Qualifikationen im Projektteam erforderlich:

- Fachkraft in der Pneumatik
- Fachkraft in der Elektrotechnik
- Fachkraft für die Programmierung von Steuerungen und Sicherheitsschaltgeräten

Urheberrechtshinweis

Diese Unterlagen sind geistiges Eigentum von Festo, der auch das ausschließliche Urheberrecht daran zusteht. Eine inhaltliche Änderung, die Vervielfältigung oder der Nachdruck dieser Unterlagen sowie deren Weitergabe an Dritte ist nur mit der ausdrücklichen schriftlichen Erlaubnis von Festo gestattet.

Festo behält sich das Recht vor, dieses Dokument vollständig oder teilweise zu ändern. Alle Marken- und Produktnamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber.

© Festo SE & Co. KG, D - 73734 Esslingen, 2026

Internet: <https://www.festo.com>

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	5
1.1	Ziele dieses Dokuments.....	5
1.2	Allgemeine Hinweise	5
1.3	Wichtige Hinweise	5
2	Grundlagen.....	6
2.1	Übersicht elektromagnetischer Phänomene	6
2.2	Allgemeines	6
2.3	Grundlagen	7
2.3.1	Störquellen	7
2.3.2	Koppelstrecken.....	8
2.3.3	Störsenken	9
3	Maßnahmen zur Reduzierung von elektromagnetischen Einflüssen	10
3.1	Überspannungsschutz	10
3.2	Filter	11
3.2.1	Allgemeines	11
3.2.2	Ventilmagnete, elektrisch betätigte Haltebremsen, Elektromagnete (Induktivitäten)	11
3.2.3	Servoantriebsregler und Servoantriebe	12
3.3	Schutzpotentialausgleich und Funktionspotentialausgleich	13
3.4	Leitungsführung	14
3.4.1	Leitungen.....	14
3.4.2	Verdrillte Leitungen	14
3.4.3	Leistungsleitungen	15
3.4.4	Kreuzungen von Leitungen	15
3.4.5	Geschirmte Leitungen	15
3.4.6	Reserveleitungen oder nicht benutzte Adern	17
3.4.7	Verlegung und räumliche Trennung.....	17
3.4.8	Kabelkanäle	18
3.4.9	Empfehlungen der Gerätehersteller	18
3.4.10	Schutz der Leitungen	18
3.4.11	Energieführungsketten	18
3.5	Aufbau und Montage Schaltschrank.....	19
3.5.1	Mechanischer Aufbau des Schaltschranks.....	20
3.5.2	Leitungsverlegung im Schaltschrank	20
3.5.3	Leitungen außerhalb des Schaltschranks	20
4	Definitionen	22
5	Verwendete Literatur	23
5.1	Zitierte Unterlagen von Festo.....	23
5.2	Normen	23
5.3	Rechtsvorschriften.....	23
6	Informationen über das Dokument	24
6.1	Allgemeine Angaben	24
6.2	Revisionshistorie	24

6.3	Genehmigung/Freigabe des Dokuments	24
6.4	Gültigkeitsdauer	24

1 Allgemeines

1.1 Ziele dieses Dokuments

- Dieses Dokument vermittelt einige Grundlagen zu elektromagnetischen Umgebungen (Störquelle, Koppelstrecke und Störsenke), die das Verständnis für die Anforderungen an Sicherheitsschaltungen der ISO 13849-1 nach Anhang L verbessern sollen.
- Es werden EMV-Maßnahmen vorgestellt, die die Störfestigkeit einer Sicherheitsschaltung gewährleisten können.

1.2 Allgemeine Hinweise

- Alle Angaben in diesem Dokument müssen immer anwendungsbezogen bewertet werden, ob diese zutreffen und vollständig sind.
- Angegebene Schaltungen sind Prinzipschaltungen, die auf Grund der Übersichtlichkeit und Umfang nicht vollständig sein können. Sie sind Empfehlungen, die andere Möglichkeiten nicht ausschließen.
- In diesem Dokument werden die mindestens erforderlichen Maßnahmen für die Sicherheitsschaltung in einer Maschine oder Anlage auf Basis IEC 60204-1, Anhang H, beschrieben.

1.3 Wichtige Hinweise

- Es sind immer die EMV-bezogenen Angaben in den Betriebsanleitungen der verwendeten Komponenten einzuhalten. Die in diesem Dokument enthaltenen Angaben sind dann als ergänzende Hinweise zu verstehen.
- Anwendungen mit sehr starken elektromagnetischen Störungen, z.B. Elektroschweißen, sind durch dieses Dokument nicht abgedeckt. Hier sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich, die auf die konkrete Anwendung angepasst sein sollten.

2 Grundlagen

2.1 Übersicht elektromagnetischer Phänomene

Jede Komponente, Gerät oder Maschine, die elektrische Energie verwendet, kann eine Quelle elektromagnetischer Störungen sein. Diese elektromagnetische Störung kann die Funktion und Leistung einer benachbarten Komponente, Geräte oder Maschine beeinflussen. Diese Störungen lassen sich entsprechend der Ausbreitungsart (leitungsgebunden oder abgestrahlt) und der Amplitude des elektromagnetischen Störsignals in Abhängigkeit von der Frequenz einteilen:

- niederfrequente leitungsgebundene Phänomene (z.B. Oberschwingungen, Spannungseinbrüche und -schwankungen);
- niederfrequente gestrahlte Phänomene (z.B. Magnetfelder bei Netzfrequenz);
- hochfrequente leitungsgebundene Phänomene (z.B. schnelle Transienten);
- hochfrequente gestrahlte Erscheinungen (z.B. elektromagnetische Felder);
- elektrostatische Entladungen (ESD).

Um die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) zu gewährleisten, müssen die Komponenten, Geräte und Maschinen diese Phänomene und störenden Auswirkungen unabhängig von ihrem Ursprung standhalten.

2.2 Allgemeines

Um die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) für die Sicherheitsschaltung beim Betrieb einer Maschine oder Anlage zu erreichen, sind EMV-Maßnahmen seitens der Komponentenhersteller, der Maschinen- und Anlagenbauer und der Betreiber notwendig.

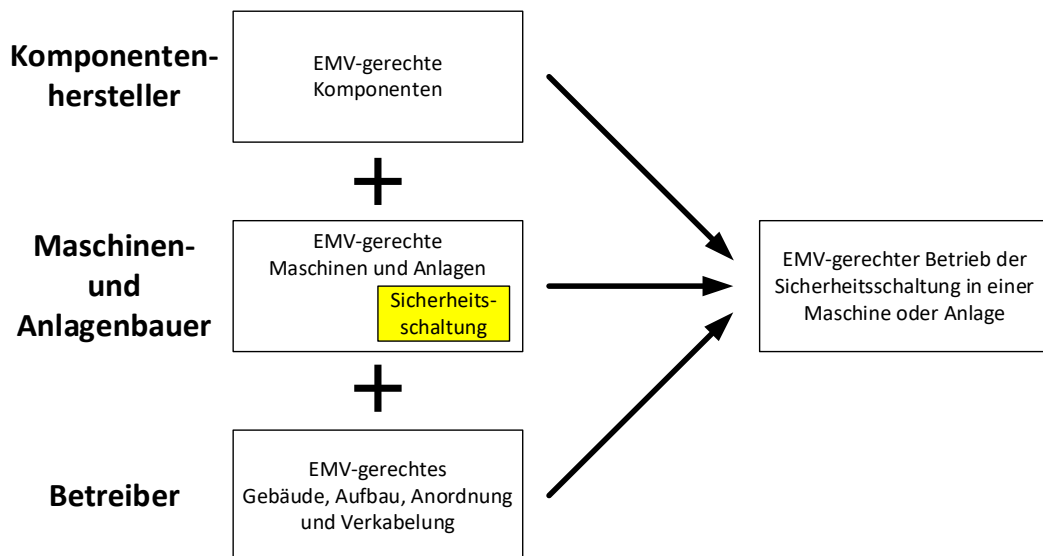


Abbildung 1 Verantwortung in Bezug auf EMV-Maßnahmen

Jeder Verantwortungsbereich erfordert EMV-Maßnahmen, um eine hinreichende elektromagnetische Störfestigkeit (EMI) für die Sicherheitsschaltung im Betrieb zu erreichen:

- Komponenten sollten die produktrelevanten Anforderungen an die elektromagnetische Störfestigkeit einhalten.
- Maschinen- und Anlagen müssen so konstruiert, entwickelt und hergestellt werden, dass die systemrelevanten Anforderungen an die elektromagnetische Störfestigkeit eingehalten werden und ein EMV-gerechter Betrieb möglich ist.
- Der Betreiber muss ein hinreichend geschütztes Gebäude bereitstellen, in dem die Maschine oder Anlage EMV-gerecht angeordnet, aufgebaut und angeschlossen werden kann.

2.3 Grundlagen

In einer elektromagnetischen Umgebung können elektromagnetische Störungen sich auf eine Sicherheitsschaltung nur auswirken, wenn die folgenden drei Komponenten vorhanden sind:

1. Störquelle
2. Koppelstrecke
3. Störsenke

Die Ziele einer EMV-gerechten Installation sind bei der Störquelle die Emissionen zu reduzieren, bei der Koppelstrecke, die Kopplungsmechanismen zu unterbrechen und bei der Störsenke, die Störfestigkeit zu erhöhen.

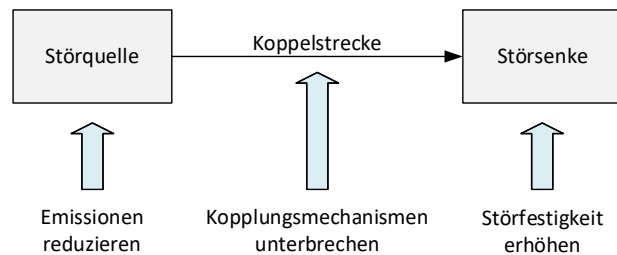


Abbildung 2 Ziele für die elektromagnetische Umgebung

2.3.1 Störquellen

Störquellen sind die Verursacher der elektromagnetischen Störungen. Deren Emissionen müssen durch entsprechende Maßnahmen beseitigt bzw. hinreichend reduziert werden.

Tabelle 1 Beispiele für Störquellen

Störquelle	Erzeugung der Störung	Auswirkung
Leistungsumrichter, z.B. Servoantriebsregler	Schaltung	Überspannung Ausgleichsströme
Elektromotoren, z.B. Servomotoren, Schrittmotoren	Kollektor Wicklung	Elektromagnetisches Feld Magnetisches Feld
Geschaltete Induktivitäten, z.B. Magnetventile, Schütze, Relais	Kontakte Spulen	Elektromagnetisches Feld Magnetisches Feld
Schaltnetzteile	Schaltung Schaltende Bauteile	Elektromagnetisches Feld Netzstörung
Funkerzeugende Maschinen, z.B. Elektroschweißgeräte	Kontakte Transformator	Elektromagnetisches Feld Netzstörung Ausgleichsströme Magnetisches Feld
Drahtlose Kommunikation, z.B. WLAN, Funkgeräte	Antenne	Elektromagnetisches Feld
Differenz der Erd- oder Bezugspotentiale	Spannungsdifferenz	Ausgleichsströme
Starkstromleitung	Stromfluss Schalten von hohen Strömen Auslösen von Sicherungen	Netzeinbruch, Netzüberspannung Elektrisches Feld Elektromagnetisches Feld

2.3.2 Koppelstrecken

Die Koppelstrecke ist die Übertragungsstrecke für Störungen von der Störquelle zur Störsenke. Es gibt verschiedene Koppelungsmechanismen für diese Übertragungsstrecke.

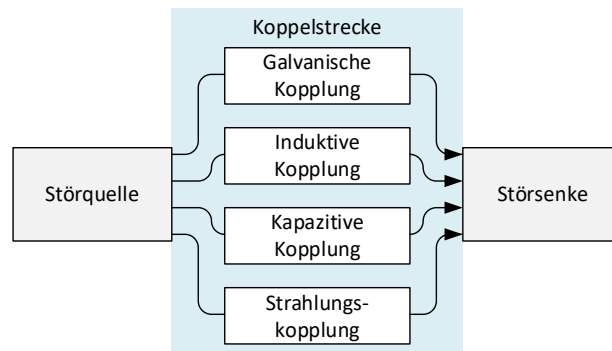


Abbildung 3 Koppelungsmechanismen der Koppelstrecke

Tabelle 2 Koppelungsmechanismen und Beispiele für Störquellen

Koppelungsmechanismus	Störquelle
Galvanische Kopplung tritt immer dann auf, wenn zwei Stromkreise einen Leiter gemeinsam nutzen, z.B. gemeinsame Masseleitung.	Schaltnetzteile Anlaufende Elektromotoren Unterschiedliches Potential von Komponentengehäusen mit gemeinsamer Stromversorgung
Kapazitive Kopplung tritt zwischen gegenseitig isolierten Leitern auf, die sich auf unterschiedlichem Potential befinden.	Störeinkopplung durch parallelverlaufende Leitung Statische Entladung des Bedienpersonals
Induktive Kopplung tritt zwischen Leiterschleifen auf, von denen mindestens eine stromführend ist. Das vom Strom erzeugte Magnetfeld eines Leiters kann ein Strom in einen anderen Leiter induzieren.	Transformatoren, Elektromotoren, Elektroschweißgeräte Zu einer Signalleitung parallel verlaufende Netzleitung Starkstromleitung mit geschalteten hohen Strömen
Strahlungseinkopplung liegt vor, wenn elektromagnetische Wellen auf eine Leitung trifft. Die elektromagnetische Welle induziert Ströme und Spannungen.	Antennen von Sendern, z.B. WLAN, Handy Funkenstrecken, z.B. Kollektoren von Elektromotoren, Elektroschweißgeräte

2.3.3 Störsenken

Störsenken sind elektrische oder elektronische Geräte, deren Funktion durch elektromagnetische Störungen beeinflusst werden kann.

Tabelle 3 Beispiele für Störsenken

Störsenken	Verursachende Störung	Reaktion
Mikroprozessorgesteuerte Geräte, z.B. SPS, Sicherheitsschaltgeräte, HMI, Feldbus-Systeme, Sensoren	Impulsförmige Störgrößen, z.B. Schalthandlungen Elektromagnetische Felder	Sporadischer Ausfall Übertragungsfehler
Analoge Schaltungen	Niederfrequente Störgrößen, z.B. Potentialdifferenzen	Überlagerung des Signals mit der Störgröße, z.B. 50-Hz-Brummen auf Sollsignal

3 Maßnahmen zur Reduzierung von elektromagnetischen Einflüssen

Dieser Abschnitt enthält Empfehlungen zur Vermeidung und zur Reduzierung von elektromagnetischen Störungen und soll die gute ingenieurmäßige Praxis wiedergeben.

Wichtige Hinweise

- Diese Empfehlungen haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sollten anwendungsbezogen geprüft und bei Bedarf ergänzt werden.
- Für Maschinen müssen die relevanten rechtlichen und normativen Anforderungen bezüglich EMV eingehalten werden.
- Für Sicherheitsschaltungen in Maschinen kann die Anwendung folgender EMV-Normen erforderlich sein:
 - IEC 61000-6-2 – Störfestigkeit für Industriebereiche (bis PL b)
 - IEC 61000-6-7 – Störfestigkeitsanforderungen an sicherheitsbezogenen Systemen an industriellen Standorten
 - IEC 61800-3– EMV-Anforderungen einschließlich Prüfverfahren für Antriebssysteme und Werkzeugmaschinen
 - IEC 61000-1-2 - Verfahren zum Erreichen der funktionalen Sicherheit von elektrischen Systemen im Hinblick auf elektromagnetische PhänomeneZusätzlich nennt folgende Norm mögliche Maßnahmen zur Erreichung der erforderlichen Störfestigkeit:
 - IEC 61204-1 – Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Ergeben sich für die elektrische Sicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit unterschiedliche Anforderungen, haben die Anforderungen für die elektrische Sicherheit immer die höhere Priorität.

3.1 Überspannungsschutz

Anforderung IEC 60204-1, H.3.2, a)

Überspannungen sind im Stromnetz nicht vermeidbar und müssen deswegen bei der Auslegung von Sicherheitsschaltungen berücksichtigt werden. Überspannungen können durch Blitzeinschläge, Schaltvorgänge des Stromnetzbetreibers, Kurzschlüsse, elektrostatische Vorgänge, usw. entstehen.

Es wird empfohlen, ein Schutzkonzept für Überspannungen nach IEC 60664-1 zu verwenden. In der IEC 60664-1 werden Überspannungskategorien für elektrische Komponenten verwendet, die direkt an das Stromnetz angeschlossen werden. Es gibt folgende Überspannungskategorien:

Tabelle 4 Überspannungskategorien nach IEC 60664-1

Überspannungs-kategorie	Beschreibung	Hinweise	Beispiele
IV	Komponenten für den Einsatz am Anschlusspunkt der Installation		Elektrizitätszähler, Hauptsicherungen
III	Komponenten für die feste Installation mit hohem Verfügungsgrad		Sicherungsautomaten, Schalter, Maschinen, Servoantriebsregler
II	Komponenten für den Anschluss an eine feste Installation		PCs, Drucker, Fotokopierer
I	Komponenten mit nicht ausreichendem Überspannungsschutz für den Anschluss an das Stromnetz	Evtl. auftretende Überspannungen müssen ausreichend begrenzt werden.	Laptops, Steuerungen, Ventilinseln, Ventile, Sensoren

Das Konzept der IEC 60664-1 beruht auf der Begrenzung der zu erwartenden transienten Überspannungen auf eine festgelegte Höhe. Dazu sollten in den Benutzerinformationen der Komponenten entweder die Überspannungskategorie nach IEC 60664-1 oder die Bemessungsstoßspannung angegeben sein. Sind diese Angaben nicht vorhanden, ist davon auszugehen, dass die Komponenten nicht für eine feste Installation in einem Stromnetz vorgesehen sind. Dann sind zusätzliche Maßnahmen vorzusehen.

Bei der Auswahl der Komponenten zu berücksichtigen:

1. Die in Sicherheitsschaltungen verwendeten Komponenten sollten die Überspannungskategorie II aufweisen.
2. Werden Komponenten der Überspannungskategorie I oder ohne Angaben zur Überspannungskategorie verwendet, ist ein SPD, Typ 3, vor der Sicherheitsschaltung vorzusehen.
Anstatt eines SPD, Typ 3, kann auch ein PELV-Netzteil mit Überspannungskategorie II verwendet werden.

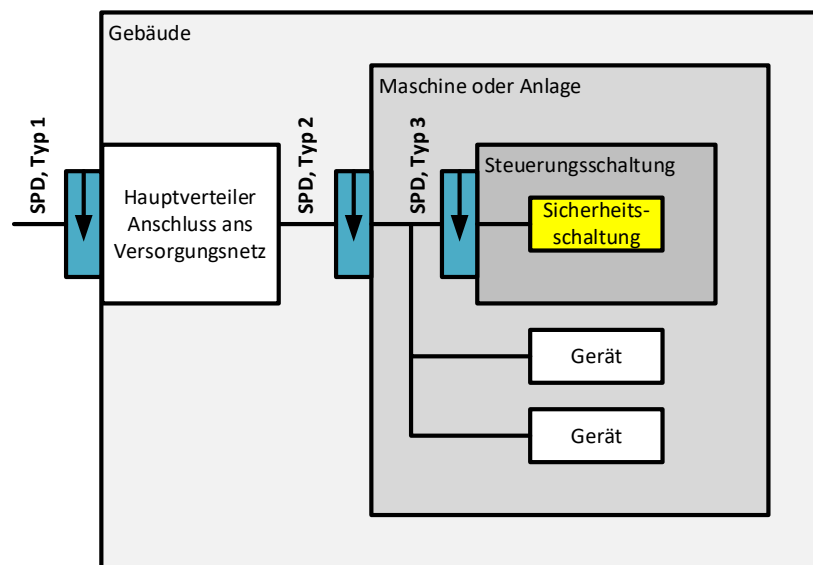


Abbildung 4 Überspannungs- und Transientenschutz für die Sicherheitsschaltung

3.2 Filter

Anforderung IEC 60204-1, H.3.2, a)

3.2.1 Allgemeines

Filter sind eine ergänzende EMV-Maßnahme zur Schirmung und dienen der Reduzierung von leitungsgebundenen Störgrößen. Diese werden deswegen in den leitungsgebundenen Übertragungsweg zwischen Störquelle und Störsenke eingefügt. Diese sollten so nah wie möglich an der Störquelle installiert werden.

3.2.2 Ventilmagnete, elektrisch betätigte Haltebremsen, Elektromagnete (Induktivitäten)

Prinzipiell zählen alle Ventilmagnete, elektrisch betätigte Haltebremsen, Elektromagnete (Induktivitäten) zu den induktiven Störquellen. Beim Abschalten können Induktivitäten Spannungsspitzen mit einem Vielfachen der eigenen Versorgungsspannung erzeugen, die elektronische Ausgänge beschädigen können.

Die „Unterdrückung der Spannungsspitzen“ ist auch ein grundlegendes Sicherheitsprinzip der ISO 13849-2.

Wie dies umgesetzt werden kann, ist in der Application Note ➤ [„100568 Unterdrückung von Spannungsspitzen“](#) beschrieben.

3.2.3 Servoantriebsregler und Servoantriebe

Um die Störaussendungsgrenzwerte von Servoantriebsreglern einzuhalten, sind für Servoantriebsregler Filter erforderlich. Diese Filter haben den Zweck, die vom Servoantriebsregler erzeugten Störgrößen auszufiltern. Welche Filter und Maßnahmen für Servoantriebsregler erforderlich sind, sind in deren Benutzerinformationen angegeben. Wichtig ist bei Servoantriebsregler, dass diese eine EMV-Konformitätserklärung haben, die als Basis die Umsetzung der EN IEC 61800-3 bestätigt.

In den Servoantriebsreglern von Festo sind Netzfilter integriert, die für die meisten Anwendungen ausreichend sind. Wird ein Servoantriebsregler im Gewerbe- oder Wohnbereich eingesetzt, können Vorschaltinduktivitäten zur Einhaltung der Netzoberwellen nach IEC 61000-3-2 erforderlich sein. Bei langen Motorleitungen kann ein externer Netzfilter notwendig sein.

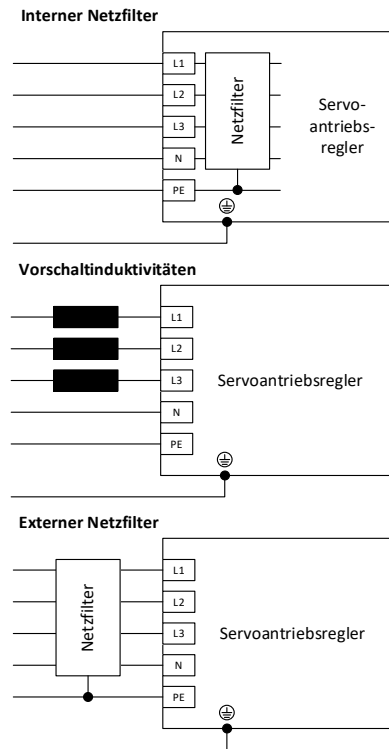


Abbildung 5 EMV-Maßnahmen für den Netzanschluss bei Servoantriebsreglern

Werden empfindliche Geräte trotzdem gestört, ist in der Regel eine Überprüfung der EMV-Maßnahmen durch Messungen erforderlich. Mit den Ergebnissen der Messungen können dann gezielt EMV-Maßnahmen und Filter für empfindliche Geräte dimensioniert und eingebaut werden.

Montagehinweise für Filter

1. Filter sollten entsprechend der Montageanleitung des Herstellers befestigt und angeschlossen werden.
2. Die Montage sollte auf einer Metallplatte mit großflächiger und gut leitfähiger Kontaktierung erfolgen. Lackierte Schaltschrankwände, Hutschienen, usw. mit schlechter Verbindung zum Schutzpotentialausgleich oder geringer Auflagefläche sind für die Montage von Filtern nicht geeignet.

Verdrahtung von Filtern

1. Die Zu- und Ableitungen von Filtern sind räumlich getrennt zu verlegen.
2. Die Leitungen zu und von den Filtern sind von Signalleitungen getrennt zu führen.
3. Für die Einhaltung der Störaussendungsgrenzwerte sind die Leitungen zwischen Filter und Servoantriebsregler möglichst kurz zu halten oder zu schirmen.

3.3 Schutzpotentialausgleich und Funktionspotentialausgleich

Anforderung IEC 60204-1, H.3.2, b), k)

Der Schutzpotentialausgleich mit dem Schutzleiter wird für die elektrische Sicherheit benötigt. Dieser sorgt dafür, dass alle nicht aktiven und leitfähigen Teile mit der Erde verbunden werden. Damit werden bei einem Fehler gefährliche Spannungen in der Regel kurzgeschlossen und ein Überstromschutz (Sicherung) unterbricht die elektrische Energieversorgung.

Der Funktionspotentialausgleich ist nicht für die elektrische Sicherheit vorgesehen. In den meisten Fällen dient er dazu, empfindliche Geräte mit der Erde zu verbinden bzw. kapazitive und induktive Kopplungen von Störquellen zu reduzieren.

Geräte mit hohen Leistungen, z.B. Servoantriebsregler, Servomotoren, Netzteile, können einen Ableitstrom über den Schutzleiter aufweisen, der in anderen Geräten Störungen verursachen kann. Deswegen sollten die Schutzleiter dieser Geräte nur an einem zentralen Punkt in der Maschine oder Anlage zusammengefasst werden.

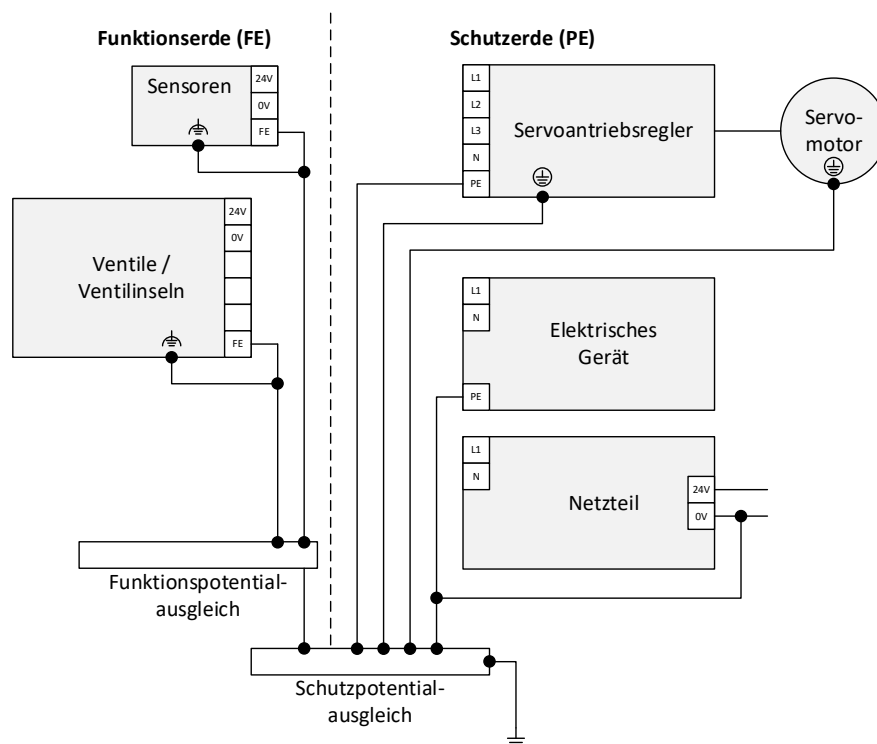


Abbildung 6 Funktions- und Schutzpotentialausgleich

Wichtige Hinweise

- Bei Servoantriebsreglern sind grundsätzlich die Anforderungen an Schutzleiter zu berücksichtigen. Nach DIN EN 50178 darf auf Schutzleitern nur maximal Ströme von 3,5 mA (AC) bzw. 10 mA (DC) fließen. Da die Ableitströme in der Regel höher sind, ist zumindest die Verlegung eines zweiten Schutzleiters über getrennte Klemmen parallel zum Schutzleiter erforderlich.
- Nicht benutzte Adern in Leistungsleitungen, z.B. für die Ansteuerung einer Haltebremse, müssen zumindest einseitig mit dem Schutzpotentialausgleich verbunden werden. Durch kapazitive Kopplung können sonst gefährliche Spannungen entstehen.
- Leitfähige Schirme von Leitungen sind immer mit dem Schutzpotentialausgleich zu verbinden, siehe → Abbildung 10.
- In → Abbildung 6 ist ein Funktions- und ein Schutzpotentialausgleich eingezeichnet. Es kann auch ein einzelner Schutzpotentialausgleich ausreichend sein.

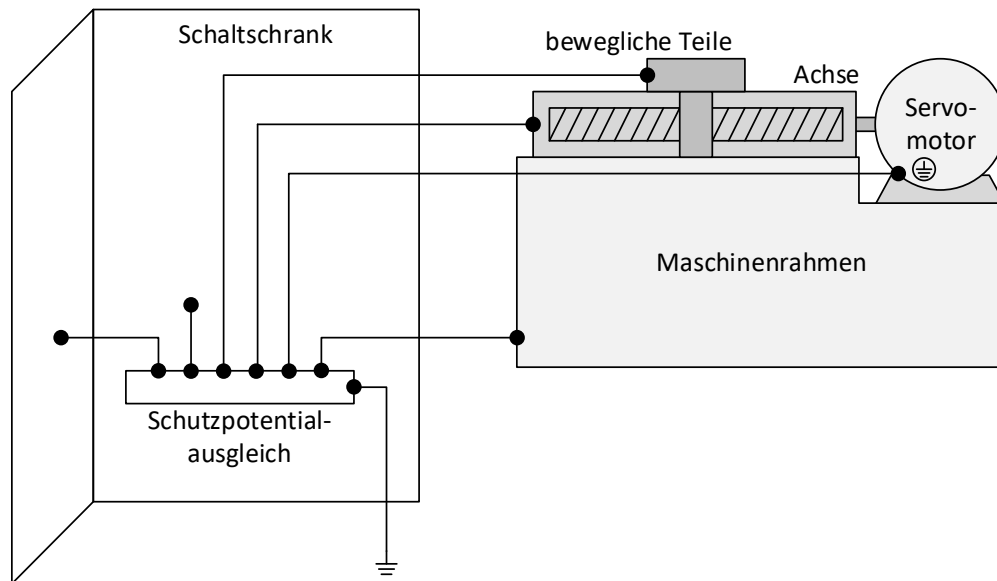


Abbildung 7 Schutzpotentialausgleich aller leitfähigen Teile einer Maschine

Alle metallisch leitfähigen Teile der Maschine sollten niederohmig mit dem Schutzpotentialausgleich verbunden werden, einschließlich Schaltschrank und der Tür des Schaltchranks.

3.4 Leitungsführung

3.4.1 Leitungen

- Ungeschirmte Leitungen des gleichen Stromkreises sind zu verdrehen, siehe → Abbildung 8 und → Abschnitt 3.4.2.
- Signalleitungen und die zugehörige Potentialausgleichsleitung sind mit kleinstem Abstand miteinander zu verlegen, siehe Abbildung 8.

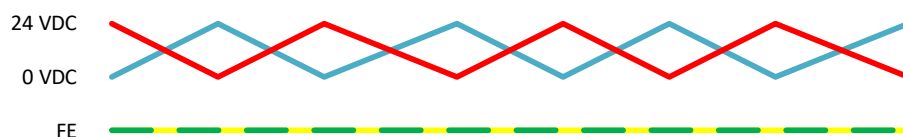


Abbildung 8 Verdrillte Leitung und Potentialausgleichsleitung

- Signalleitungen dürfen nie an Geräten und Betriebsmittel vorbeigeführt werden, die starke Magnetfelder erzeugen können, z.B. Schweißgeräte, Servomotoren, Transformatoren.
- Signalleitungen sind möglichst nur in einer Ebene in den Schaltschrank einzuführen, z.B. von unten.
- Signalleitungen sollten unterbrechungsfrei verlegt werden.
- Unnötige Leitungslängen sind zu vermeiden. Dadurch werden die möglichen Koppelkapazitäten und Koppelinduktivitäten möglichst klein gehalten. Überlange Leitungen sollten gekürzt werden.
- Eindringen von Fremdstoffen, z.B. Öl, Kühlschmiermitteln, Spänen, Schmutz, in die Steckverbindungen muss verhindert werden.
- Stecker sind fest an den Baugruppen zu befestigen.

3.4.2 Verdrillte Leitungen

Empfehlungen zum Verdrillungsgrad

- Gleichmäßige, enge Windungsdichte. Je kleiner die Windungen, umso geringer ist die Fläche der Schleife, umso geringer auch die induzierte Störspannung.
- Daten-, Steuer- oder Stromleitungen immer paarweise verdrehen.

- Typische Schlaglängen sind
 - Niedrigfrequente Signale (Analogsensorik, Steuerleitungen):
10...20 Windungen pro Meter (Windungspitch 50...150 mm)
 - Digitale Feldbusse und schnelle Signale:
20...50 Windungen pro Meter (Windungspitch 20...50 mm)
 - Leistungs- und Versorgungsleitungen:
5...10 Windungen pro Meter (Windungspitch 100...200 mm)

Die Schlaglänge richtet sich nach dem Kabeltyp und wird meist durch den Kabelhersteller vorgegeben. Als Faustregel sollte eine möglichst kurze, gleichmäßige Schlaglänge verwendet werden.

Zusätzliche Empfehlungen zur Verlegung

- Möglichst kurze Gesamtlängen verwenden.
- Dichte Bündelführungen der Leitungen zusätzlich einsetzen.
- Parallelführungen zu potenziellen Störquellen (Motorleitungen, Netzleitungen) vermeiden.
- Verdrillte Leitungen nicht in engen Biegungen verlegen, damit die Konsistenz des Windungspitches bewahrt bleibt.

3.4.3 Leistungsleitungen

- Leitungen, die mit Strom- oder Spannungsimpulsen beaufschlagt sind, sind grundsätzlich getrennt von allen anderen Leitungen zu verlegen. Dazu zählen z.B. Motorleitungen und Netzleitungen.
- Ist dies nicht möglich, sind für die Leistungsleitungen Leitungen mit Schirm zu verwenden.

3.4.4 Kreuzungen von Leitungen

- Signal- und Leistungsleitungen dürfen sich rechtwinkelig kreuzen.

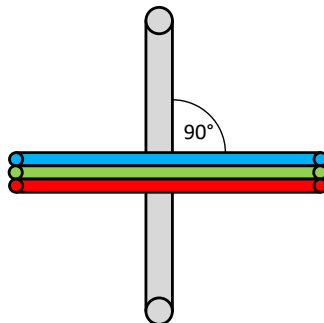


Abbildung 9 Kreuzung von Signal- und Leistungsleitungen

- Eine enge, parallele Verlegung ist nicht zulässig. Es ist der in → Tabelle 5 angegebene Mindestabstand einzuhalten oder andere geeignete Maßnahmen umzusetzen.

3.4.5 Geschirmte Leitungen

Anforderung IEC 60204-1, H.3.2, i)

Leitfähige Schirme von Leitungen sollten niederohmig mit dem Schutzpotentialausgleich verbunden werden.

Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Schirm ist über die leitfähigen Stecker mit dem Gehäuse leitend verbunden, das wiederum mit der Schutzerde verbunden ist.
- Hat ein Gerät nur einen Anschluss für Einzeladern, sollte der Schirm flächig über eine Schiene mit der Schutzerde verbunden werden.
- Fließt ein Strom über den Schirm, kann es erforderlich werden, dass ein paralleler Leiter zum Schirm verwendet wird, um den Strom über den Schirm so weit wie möglich zu reduzieren.

- Beim Abisolieren darf das Schirmgeflecht nicht beschädigt werden. Die Schirmenden dürfen nicht verdreht oder angelötet werden, da dies den effektiven Querschnitt reduziert. Schirmenden sind großflächig aufzulegen.
- Geschirmte Leitungen sollten einen fein-drahtig geflochtenen Schirm aufweisen, z.B. wie bei den Leitungen des Typs NEBM. Weniger fein geflochtene Schirme sind in der Schirmwirkung ungünstiger. Folienschirme sind in der Schirmwirkung deutlich schlechter und deswegen ungeeignet.
- Geschirmte Leitungen sollen beidseitig, großflächig und gut leitend mit den geerdeten Gehäusen verbunden sein. Damit lassen sich kapazitive, induktive und eingestrahlte Kopplungen reduzieren.
- Für geschirmte Leitungen sollten Kabeldurchführungen verwendet werden, die einen rundum Schirmkontakt gewährleisten und nach IEC 62153-4-10, geprüft sind.
- Leitungsschirme sind möglichst unmittelbar nach der Durchführung im Schaltschrank aufzulegen.
- Für Leistungsleitungen sind separate EMV-Schirmschienen zu benutzen. Für Signal- und Datenleitungen sind die an den Geräten oder in den Schaltschränken zur Verfügung stehenden Schirmauflagen zu verwenden.
- Leitungsschirme sollten nicht durch Zwischenklemmen unterbrochen werden.
- Die Leitungsschirme sind mit geeigneten EMV-Schirmschellen aufzulegen. Diese müssen den Schirm großflächig und niederinduktiv mit der EMV-Schirmschiene bzw. den Auflagemöglichkeiten verbunden sein.
- Steckverbindungen von geschirmten Datenleitungen, z.B. Feldbus-Leitungen, sollten nur metallische oder metallisierte Steckergehäuse verwenden.

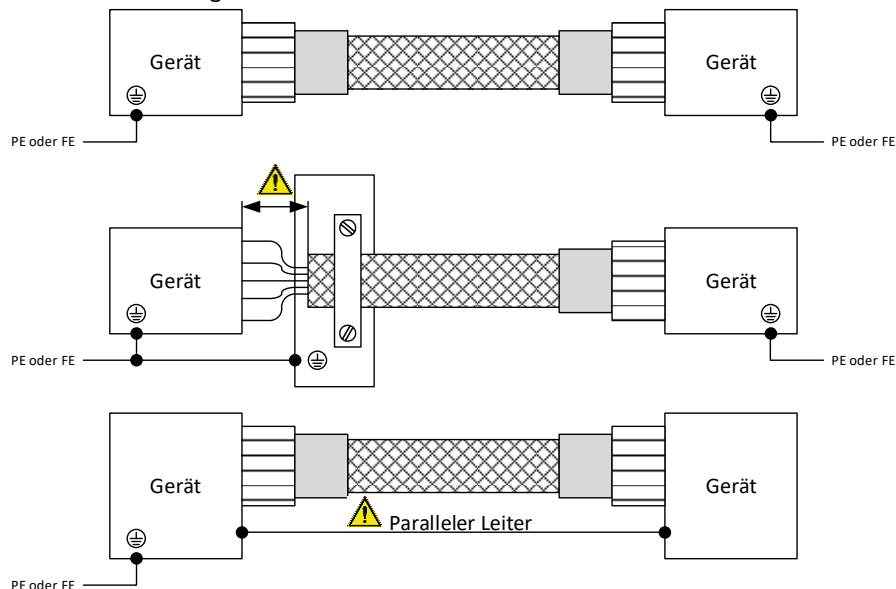


Abbildung 10 Anschluss Schirm an PE oder FE

Hinweise

- Freie Leitungsenden von geschirmten Leitungen sollten so kurz wie möglich ausgeführt werden.
- Ein paralleler Leiter zur Schirmung ist eine Maßnahme, die die Ursache nicht beseitigt. Es sollte immer versucht werden, die Ursache für den Strom über den Schirm zu finden und diese Ursache zu reduzieren oder zu beseitigen. Ein guter Schutzpotentialausgleich zwischen den Komponenten der Maschine kann den Bedarf an parallelen Leitern reduzieren.
- Ist eine Unterbrechung bei geschirmten Leitungen, z.B. durch eine Klemmstelle, erforderlich, ist auf durchgehende Schirmung zu achten. Die freien Leitungsenden von geschirmten Leitungen sollten so kurz wie möglich ausgeführt werden.

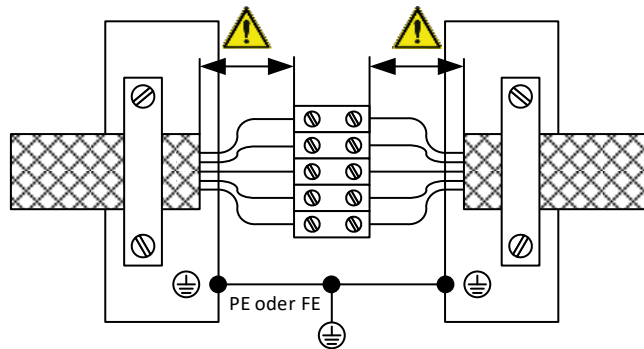


Abbildung 11 Freie Leitungsenden ohne Schirmung

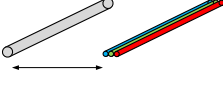
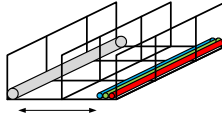
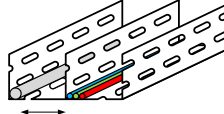
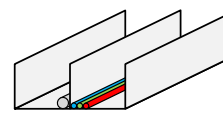
3.4.6 Reserveleitungen oder nicht benutzte Adern

- Reserveleitungen oder nicht benutzte Adern niemals als lose Schlaufen im Kanal liegen lassen. Aufwickeln oder längere Schlaufen ermöglichen eine höhere induktive Einkopplung bzw. Abstrahlung.
- Immer möglichst gerade und schlaufenfrei verlegen. Lassen sich Biegeradien nicht vermeiden, sind möglichst große Radien ($> 10 \times$ Kabeldurchmesser) zu verwenden.
- Reserveleitungen mit Schirm sind am Schaltschrank rundum so kontaktieren, z.B. mit einer Durchführung, geprüft nach IEC 62153-4-10. Unbenutzte Schirmenden am anderen Ende sind auf Masse aufzulegen oder mit einem HF-fähigen Abschlusswiderstand zu versehen. Offene Schirme können wie Antennen wirken.
- Reserveleitungen sollten so kurz wie möglich sein (max. 0,5 m in einem Kanal). Längere Reserveleitungen nur in separaten, geschirmten Unterkanälen führen, um eine Kopplung zu aktiven Leitungen zu vermeiden.
- Reserveleitungen dicht am Gehäuseboden oder -rückwand befestigen. Niemals unter elektronischen Geräten.
- Jede Reserveleitung oder nicht benutzte Adern eindeutig beschriften, z.B. Reserve xyz, Länge, vorgesehene Funktion.
- Im Schaltplan und EMV-Konzept dokumentieren, um bei Inbetriebnahme oder Nachrüstungen korrekte Maßnahmen zu garantieren.
- Bei Nachrüstungen sicherstellen, dass die grundlegenden EMV-Maßnahmen (Schirmung, Verlegung) eingehalten bleiben.

3.4.7 Verlegung und räumliche Trennung

- Grundsätzlich sind alle Leitungen so nahe wie möglich entlang metallischer Gehäuseteile zu verlegen, z.B. Schaltschrankwände, Maschinenrahmen, Metallschienen, usw. Lange Verlegung durch freien Raum kann zu Störeinkopplungen führen.
- Signalleitungen sind von Leistungsleitungen mit einem Mindestabstand getrennt verlegt werden. Der empfohlene Mindestabstand hängt von der Verlegung und den verwendeten elektromagnetischen Hindernissen ab. Die in → Tabelle 5 angegebenen Mindestabstände gelten in horizontaler und vertikaler Richtung.
- Schleifenbildung sollte durch direkte, schlaufenfreie Verlegung vermieden werden. Schleifen vergrößern einkoppelnde Flächen und Erhöhen die Störempfänglichkeit.
- Ist diese räumliche Trennung nicht möglich, so sind in der Regel geschirmte Leitungen erforderlich.

Tabelle 5 Mindestabstände von Signalleitungen und Leistungsleitungen (nach IEC 60204-1, Tabelle H.1)

ohne elektromagnetische Hindernisse	Elektromagnetisches Hindernis aus Gitter	Elektromagnetisches Hindernis aus gelochtem Blech	Elektromagnetisches Hindernis aus geschlossenem Blech
			
≥ 200 mm	≥ 150 mm	≥ 100 mm	0 mm
	Drahtgitter, Maschenweite 50 x 100 mm	Stahlblech, Dicke ≥ 1 mm 20 % Lochung, gleichmäßig verteilt	Stahlblech, Dicke ≥ 1 mm

3.4.8 Kabelkanäle

- Kabelkanäle müssen über die gesamte Länge eine ununterbrochene, leitfähige Metallkonstruktion bilden.
- Verbindungen dürfen keine isolierenden Schichten aufweisen, müssen großflächig leitend miteinander verbunden sein und müssen korrosionsgeschützt sein.
- Ein einzelner kurzer Schlitz kann bei hohen Frequenzen die Schirmwirkung um den Faktor zehn reduzieren.
- Kabelkanäle müssen mit einem Schutzleiter niederohmig an den Schutzpotentialausgleich angeschlossen werden.
- Erdungsbänder sollten feindrahtig ausgeführt und kurz (≤ 200 mm) sein, um Ableitströme effektiv ableiten zu können.
- Großflächige Schraubverbindungen zu allen Metallteilen leiten NF- und HF-Störströme zum Potentialausgleich ab.
- Geschlossene Profile bieten einen besseren Wellenwiderstand als mit Löchern oder Schlitzern versehene Pritschen. Schlitzte, sofern notwendig, parallel zur Kanalachse anordnen. Querschlitzte erzeugen lokale Schwachstellen im Schirm.
- Tiefe Profile reduzieren das Austreten magnetischer Felder an den Rändern.

3.4.9 Empfehlungen der Gerätehersteller

- Die verwendeten elektronischen Geräte müssen die Anforderungen der harmonisierten Normen der EMV-Richtlinie 2014/30/EU einhalten. Die Gerätehersteller sind dadurch verpflichtet, in der Installations- bzw. Betriebsanleitung die in einer Anwendung mindestens erforderlichen EMV-Maßnahmen anzugeben.
- Deswegen sind die Angaben des Geräteherstellers in seinen Benutzerinformationen immer zu beachten und umzusetzen.
- Die vom Hersteller angegebenen zulässigen Leitungslängen sind einzuhalten. Diese Leitungslängen beziehen sich normalerweise auf die Originalleitungen des Herstellers.

3.4.10 Schutz der Leitungen

- Leitungen und Stecker sind immer gegen mechanische Beschädigungen zu schützen, z.B. durch Kabelkanäle, Gehäuse, Schaltschrank.

3.4.11 Energieführungsketten

- Für Energieführungsketten sind Leitungen zu verwenden, die für diesen Zweck geeignet sind.

3.5 Aufbau und Montage Schaltschrank

Innerhalb eines Schaltschranks muss ebenfalls darauf geachtet werden, dass Störquellen von den Störsenken räumlich getrennt eingebaut werden. Dazu muss für jeden Schaltschrank und seine Umgebung ein Zonenkonzept entwickelt werden, d.h. es werden EMV-Zonen definiert, in denen gleichartige Störquellen bzw. Störsenken zusammengefasst werden. Eine mögliche Zoneneinteilung könnte wie folgt definiert werden:

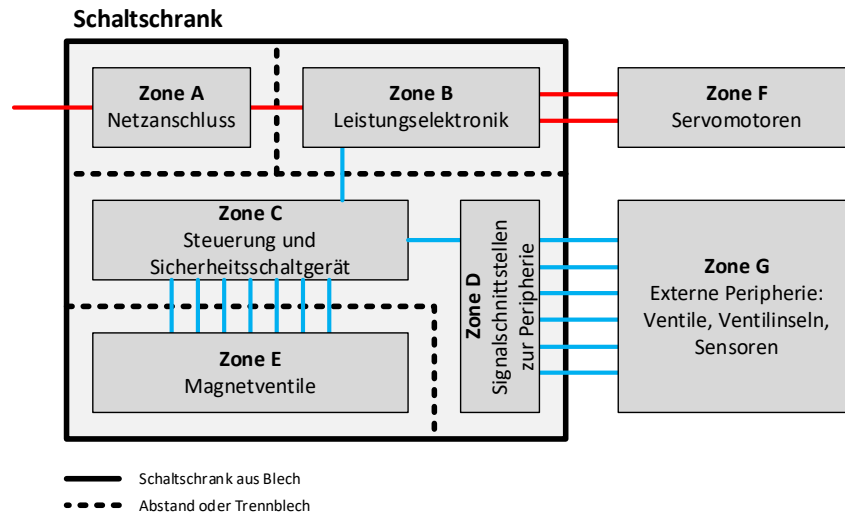


Abbildung 12 Beispiel eines Zonenkonzepts für Schaltschränke

Tabelle 6 Beispiel eines Zonenkonzepts für Schaltschränke

Zonen im Schaltschrank	Zonen außerhalb des Schaltschranks
- Zone A: Netzanschluss Sicherungen, Schalter, Schütze, Netzfilter, Netzdrossel - Zone B: Leistungselektronik Netzteile, Servoantriebsregler, Filter - Zone C: Steuerung, Sicherheitsschaltgerät und Visualisierung Steuerung, Sicherheitssteuerung, Sicherheitsrelais - Zone D: Signalschnittstellen Digitale Schnittstellen, analoge Schnittstellen, Feldbusse - Zone E: Magnetventile Elektrisch betätigte Magnetventile	- Externe Zone F: Elektrische Motoren Servomotoren, Schrittmotoren - Externe Zone G: Ventile, Ventilinseln, Sensoren, externe Peripherie Externe Ventile, Ventilinseln, Sensoren und weitere elektrische externe Peripherie

- Jede Zone hat bestimmte Anforderungen in Bezug auf die Störaussendung und Störfestigkeit. Diese Zonen sind entweder durch Abstand oder durch ein Trennbleche elektromagnetisch zu entkoppeln.
- In jeder Zone sollten die Komponenten die gleichen Anforderungen an die EMV-Umgebung und die gleiche Störfestigkeit aufweisen.
- In der Regel können innerhalb jeder Zone die Leitungen ungeschirmt ausgeführt werden, es sind jedoch die Herstellerangaben der Komponenten priorisiert zu beachten.

- Leitungen unterschiedlicher Zonen sind zu trennen und dürfen nicht in gemeinsamen Kabelkanälen verlegt werden. Werden die Leitungen in einem Kabelkanal verlegt, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, siehe dazu auch → Tabelle 5 und → Abschnitt 3.4.8. Sind keine zusätzliche Maßnahmen im Kabelkanal möglich, sind geschirmte Leitungen zu verwenden.

3.5.1 Mechanischer Aufbau des Schaltschranks

- Alle metallischen Teile des Schaltschranks sind elektrisch gut leitend und großflächig zu verbinden, auch die Schaltschranktüren. Ziel ist, einen geschlossenen Faraday'schen Käfig zu erhalten.
- Die Schutzpotentialausgleichsschiene und die Funktionspotentialausgleichsschiene (sofern verwendet) sind elektrisch gut leitend und großflächig mit dem Schaltschrank zu verbinden.
- Die metallischen Gehäuse aller Geräte im Schaltschrank sind gut leitend und großflächig mit der Montageplatte oder Schaltschrank zu verbinden.
- Bei bestimmten Komponenten ist auch eine getrennte Verbindung der Schutzleiter zur Schutzpotentialausgleichsschiene erforderlich, z.B. Servoantriebsregler.
- Alle Verbindungen sind dauerhaft auszuführen. Bei lackierten Oberflächen ist die isolierende Lackschicht zu entfernen oder es sind Kontaktscheiben zu verwenden. Bei eloxierten Oberflächen sind Kontaktscheiben zu verwenden.

3.5.2 Leitungsverlegung im Schaltschrank

- Alle Leistungsleitungen sind räumlich getrennt von Signal- und Datenleitungen zu verlegen. Zu den Leistungsleitungen zählen Netzleitungen, Zwischenkreisleitungen, Verbindungsleitungen zwischen Servoantriebsregler und Elektromotor und Bremswiderstand. Der Mindestabstand zwischen diesen Leitungen sollte 250 mm betragen oder es ist eine elektromagnetische Entkopplung über Trennbleche erforderlich. Diese Trennbleche müssen gut leitend mit der Montageplatte verbunden sein.
- Netzleitungen mit niedrigem Störpegel, z.B. Netzleitung vom Netz bis zum Netzfilter, sind getrennt von ungefilterten Leistungsleitungen mit hohem Störpegel zu verlegen, z.B. Netzleitung zwischen Netzfilter und Wechselrichter, Zwischenkreisleitungen, Leitungen zwischen Servoantriebsregler und Bremswiderstand und Motorleitungen.
- Signal- und Datenleitungen und gefilterte Netzleitungen dürfen ungefilterte Leistungsleitungen nur rechtwinklig kreuzen, um eine mögliche Störeinkopplung zu reduzieren.
- Alle Leitungslängen sind so kurz wie möglich zu halten. Unnötige Leitungslängen sind zu vermeiden.
- Alle Leitungen sind möglichst dicht anliegend an geerdeten Gehäuseteilen, z.B. Montageblech oder Rahmen, zu führen. Damit wird sowohl die Störabstrahlung als auch die Störeinkopplung reduziert.
- Signal- und Datenleitungen und die zugehörige Potentialausgleichsleitung sind stets parallel und mit kleinstmöglichem Abstand zu führen.
 - Werden ungeschirmte Einzeladern innerhalb einer Zone verwendet, sind die Adern der Hin- und Rückleiters miteinander zu verdrehen (nicht mit der Potentialausgleichsleitung). Werden Mantelleitungen verwendet, sind diese normalerweise verdreht.
 - Reserveadern in Signal- und Datenleitungen sind an beiden Enden zu erden. Damit wird eine zusätzliche Schirmwirkung erreicht.
 - Signal- und Datenleitungen sollten nur an einer Stelle in den Schaltschrank geführt werden, z.B. von unten.

3.5.3 Leitungen außerhalb des Schaltschranks

- Alle Leistungsleitungen, z.B. Netzleitungen, Zwischenkreisleitungen, Verbindungsleitungen zwischen Servoantriebsregler und zugehörigem Bremswiderstand und Motorleitungen, müssen getrennt von Signal- und Datenleitungen verlegt werden. Der Mindestabstand zwischen Leistungsleitungen und Signal- und Datenleitungen beträgt 250 mm oder es müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, z.B. Schirmung.

- Bei Servoantriebsreglern sind die Leitungen des Herstellers zu verwenden. Bei Leitungen zwischen Servoantriebsreglern und Elektromotoren sind besondere Anforderungen zu berücksichtigen. Die Motorleitung und die Leitung zum Motortemperatursensor (PTC) sind als Leistungsleitungen zu betrachten, während die Leitung zum integrierten Meßsystem eine geschirmte Signalleitung ist.
- Signalleitungen mit besonders empfindlichen Soll- und Istwert-Signalen, z.B. Tacho-, Encoder- und Resolver-Signale, sollten unterbrechungsfrei mit einer guten, beidseitigen Schirmauflage verlegt werden.

4 Definitionen

- Überspannung (nach IEC 60664-1, 3.1.11)
Eine Überspannung ist jede Spannung über der höchsten zulässigen Dauerspannung bei normalen Betriebsbedingungen.
- Transiente Überspannung (nach IEC 60664-1, 3.1.13)
Eine transiente Überspannung ist eine kurzzeitige Überspannung mit einigen Millisekunden Dauer oder weniger.
- Schutzerdung (nach 195-01-11)
Erdung zum Zweck der elektrischen Sicherheit
- Funktionserdung (nach 195-01-13)
Erdung für Zwecke, die nicht der elektrischen Sicherheit dienen, z.B. als Maßnahme für die elektromagnetische Verträglichkeit.
- Schutzpotentialausgleich (nach 195-01-15)
Potentialausgleich zum Zweck der elektrischen Sicherheit.
- Funktionspotentialausgleich (nach 195-01-16)
Potentialausgleich für Zwecke, die nicht der elektrischen Sicherheit dienen.
- Impedanz gegen Bezugserde (nach 195-01-17)
Impedanz zwischen einem gegebenen Punkt in einem Netz, Maschine oder Gerät und Bezugserde bei gegebener Frequenz.
- Elektrische Sicherheit (nach 195-01-20)
Freiheit von nicht tolerierbaren Risiken, welche durch Elektrizität hervorgerufen sind.
- Erder (nach 195-02-01)
Leitfähiges Teil, das in einem elektrischen Kontakt mit der Erde steht.

5 Verwendete Literatur

5.1 Zitierte Unterlagen von Festo

- [1] [100568 Unterdrückung von Spannungsspitzen](#)

5.2 Normen

- [2] DIN EN ISO 12100:2011-03 - Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010); Deutsche Fassung EN ISO 12100:2010
- [3] DIN EN ISO 13849-1:2023-12 - Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2023); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2023
- [4] DIN EN ISO 13849-2:2013-02 - Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 2: Validierung (ISO 13849-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 13849-2:2012
- [5] EN 50178:1997-10 - Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln
- [6] DIN EN 60204-1:2019-06 - Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2016, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60204-1:2018
- [7] DIN EN 61000-1-2:2017-07 - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 1-2: Allgemeines - Verfahren zum Erreichen der funktionalen Sicherheit von elektrischen und elektronischen Systemen einschließlich Geräten und Einrichtungen im Hinblick auf elektromagnetische Phänomene (IEC 61000-1-2:2016); Deutsche Fassung EN 61000-1-2:2016
- [8] DIN EN 61000-6-7:2015-12 - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-7: Fachgrundnormen - Störfestigkeitsanforderungen an Geräte und Einrichtungen, die zur Durchführung von Funktionen in sicherheitsbezogenen Systemen (funktionale Sicherheit) an industriellen Standorten vorgesehen sind (IEC 61000-6-7:2014); Deutsche Fassung EN 61000-6-7:2015
- [9] DIN EN 61326-3-1:2018-04 - Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - EMV-Anforderungen - Teil 3-1: Störfestigkeitsanforderungen für sicherheitsbezogene Systeme und für Geräte, die für sicherheitsbezogene Funktionen vorgesehen sind (Funktionale Sicherheit) - Allgemeine industrielle Anwendungen (IEC 61326-3-1:2017); Deutsche Fassung EN 61326-3-1:2017
- [10] DIN EN 61508:2011-02 - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme (IEC 61508:2010); Deutsche Fassung EN 61508:2010
- [11] DIN EN 61511:2019-02 - Funktionale Sicherheit - PLT-Sicherheitseinrichtungen für die Prozessindustrie (IEC 61511:2016); Deutsche Fassung EN 61511:2017
- [12] DIN EN IEC 61800-3:2019-04 - Drehzahlveränderbare elektrische Antriebssysteme - Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren (IEC 61800-3:2017); Deutsche Fassung EN IEC 61800-3:2018
- [13] DIN EN IEC 62061:2023-02 - Sicherheit von Maschinen - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener Steuerungssysteme (IEC 62061:2021); Deutsche Fassung EN IEC 62061:2021
- [14] DIN IEC 62153-4-10:2023-08 – Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel - Teil 4-10: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung von Durchführungen und elektromagnetischen Dichtungen - Doppelkoaxialverfahren (IEC 62153-4-10:2015 + AMD1:2020)
- [15] IEC 62368-1:2023-05 - Einrichtungen für Audio/Video-, Informations- und Kommunikationstechnik - Teil 1: Sicherheitsanforderungen

5.3 Rechtsvorschriften

- [16] Maschinenrichtlinie: Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)
- [17] EMV-Richtlinie: Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit

6 Informationen über das Dokument

6.1 Allgemeine Angaben

Dokumentennummer	100565
Titel	Elektromagnetische Störfestigkeit (EMI) für sicherheitsbezogene Schaltungen nach ISO 13849

6.2 Revisionshistorie

Vers.	Datum	Bearb.	Kapitel	Beschreibung der Änderung/Auswirkung
1.10	06.05.2026	JKHL	Alle	Erstellung des Dokuments

6.3 Genehmigung/Freigabe des Dokuments

Rolle	Unterschrift
Freigabe	

6.4 Gültigkeitsdauer

Das Dokument ist bis 13.11.2030 gültig oder bis eines der verwendeten Dokumente oder die erforderliche relevante Grundlage geändert wird.



Haben Sie Fragen zu dieser Application Note?

Sie können uns gerne Ihre Fragen über das Kontaktformular zukommen lassen.



Suchen Sie Safety Application Notes mit Lösungsbeispielen für die wichtigsten Sicherheits-Teilfunktionen in der Pneumatik?

Im Support Portal erweitern wir regelmäßig unsere Sammlung mit Dokumenten.



Wollen Sie sich einen Gesamtüberblick zur Maschinen- und Anlagesicherheit verschaffen?

In unserem Leitfaden haben wir Informationen zur Maschinensicherheit und funktionalen Sicherheit zusammengestellt.

Leitfaden herunterladen.



Benötigen Sie weitere Unterstützung?

Wir bieten auch Dienstleistungen für Maschinensicherheit an

- Risikobeurteilung
- Sicherheitskonzept
- Schaltungsentwicklung
- Verifizierung / Validierung



Angebot können Sie gerne über das Kontaktformular einholen.

Benötigen Sie Schulungen oder eine Weiterbildung?

Bei Festo Didactic finden Sie Schulungen zur Maschinensicherheit, zur Funktionalen Sicherheit und zum Thema CE-Kennzeichnung.



Angebot für Schulung oder Workshop anfragen.

