



## EMV leicht erreicht

Pocket-Guide

[www.zvei.com/emv-ok](http://www.zvei.com/emv-ok)

# Einleitung

Die Fachabteilung elektronische binäre und analoge Sensoren im Fachverband Schaltgeräte, Schaltanlagen, Industriesteuerungen des ZVEI hat sich zur Aufgabe gemacht, das Thema EMV produktspezifisch zu beleuchten. Eine Arbeitsgruppe mit den Herren

Peter Dolderer (Balluff)  
Reinhard Teichmann (ifm)  
Matthias Padelt (Pepperl + Fuchs)  
Oliver Bollian (SEW)  
Wolfgang Hussong (Siemens)  
Werner Thormann (Turck)

hat diese Ausarbeitung verfasst.

überreicht durch:

Die Autoren möchten mit diesem Pocketguide eine Hilfestellung für EMV-Probleme in industrieller Umgebung zur Hand geben. Diese Broschüre stellt die Ursache und die daraus resultierenden Maßnahmen für EMV in kompakter Form dar. Sie soll als Arbeitsmittel für all diejenigen dienen, die von der Elektroplanung über den Bau von Elektroanlagen bis hin zum Service bei Störungen im Bereich der Elektrotechnik/Elektronik tätig sind.

Dieser Pocketguide orientiert sich nah an praktischen Gegebenheiten und Erfahrungen. Auf wissenschaftliche Genauigkeit wurde verzichtet. Es wurde eine einfache unkomplizierte Darstellung der Themen gewählt.

Trotz größtmöglicher Sorgfalt keine Haftung für den Inhalt.

Fachverband Schaltgeräte, Schaltanlagen,  
Industriesteuerungen im ZVEI  
Postfach 70 20 61 · 60591 Frankfurt am Main  
Stresemannallee 19 · 60596 Frankfurt am Main

Telefon: (069) 6302-398/399  
Telefax: (069) 6302-386  
E-Mail: [schalt-tec@zvei.org](mailto:schalt-tec@zvei.org)

Vorsitzer Dr. Gunther Kegel  
Geschäftsführer Horst Galonska

# Inhalt

## Störquellen / -senken

Sensoren / Aktuatoren



Sender / Empfänger



ESD



Frequenzumrichter



Bus- und Feldgeräte



Schaltschrankaufbau



## Entstörmaßnahmen

Schirmung



Funktionserdung



Leitungsführung



Filter



## Anhang

Begriffe



Quellenangaben



Literaturverzeichnis



# Sensoren und Aktuatoren



Störempfindlichkeit



Analogwert  
Übertragung

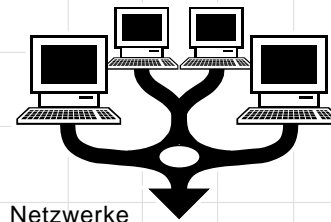


Kapazitive Sensoren

Optische Sensoren



Induktive Sensoren



Netzwerke

Handy  
Funkgeräte



Rundfunksender



Industrie-Roboter



Personal Computer



Frequenzumrichter

Frequenzumrichter sendet  
ohne Maßnahmen zur Ent-  
störung permanent Stör-  
signale aus, ist jedoch  
selbst relativ unempfindlich



Freileitungen



Schütze



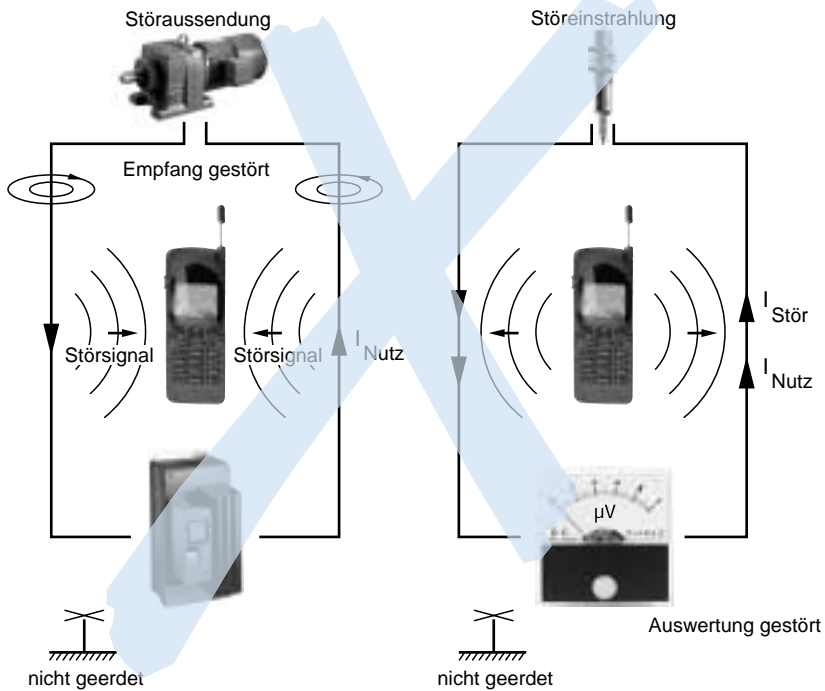
Elektromotor



Schweißanlagen

Störpotential

# Sender / Empfänger

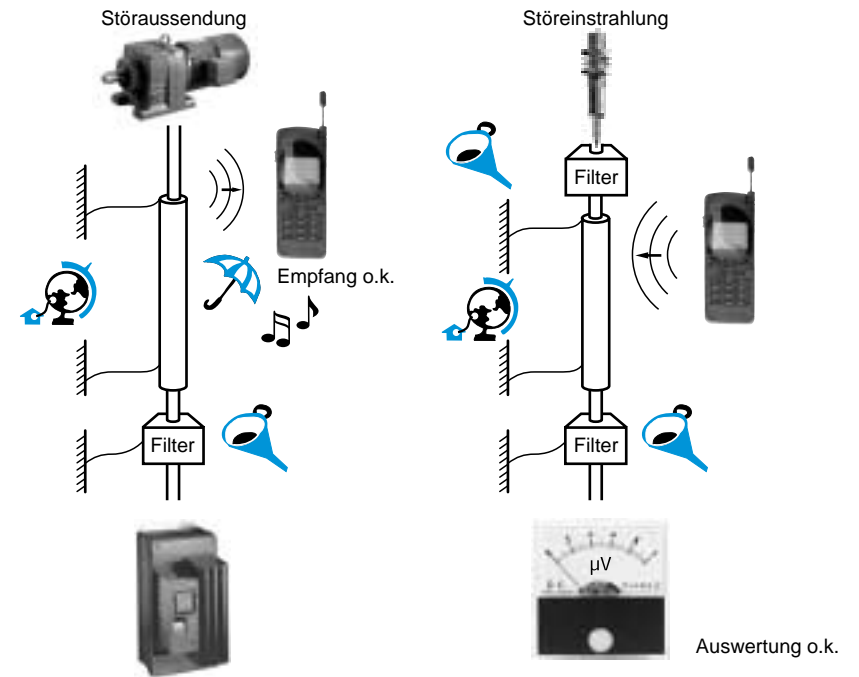


## Fehler

- Fehlende Filtermaßnahmen
- Hin- und Rückleiter getrennt verlegt
- Keine Schirmung und keine Funktionserdung

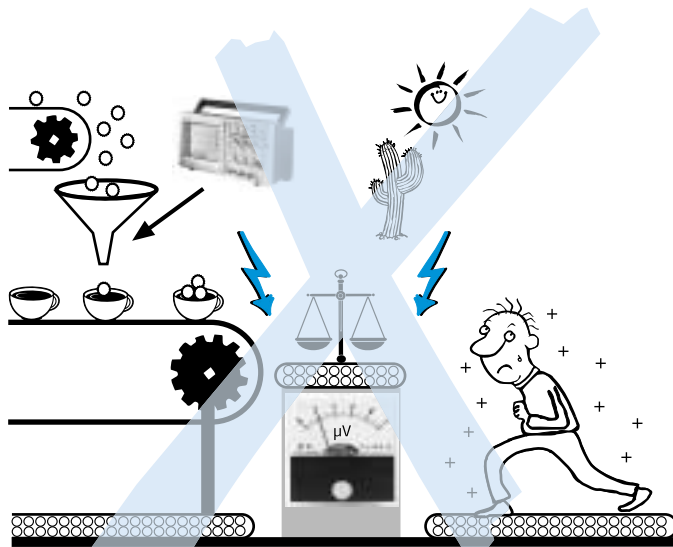
## Probleme

- Sporadisch auftretende Fehler
- Störung von Messeinrichtungen
- Störung von Kommunikationseinrichtungen
- Ausfall oder Zerstörung von Geräten und Anlagenteilen
- Unstetige Regelungen



## Checkliste

- ☐ Leitungen so kurz wie möglich?
- ☐ Hin-/Rückleitung zusammen verlegt?
- ☐ Geschirmte Leitung verwendet?
- ☐ Schirm flächig geerdet?
- ☐ Filter eingebaut?
- ☐ Filter flächig geerdet?



### Fehler

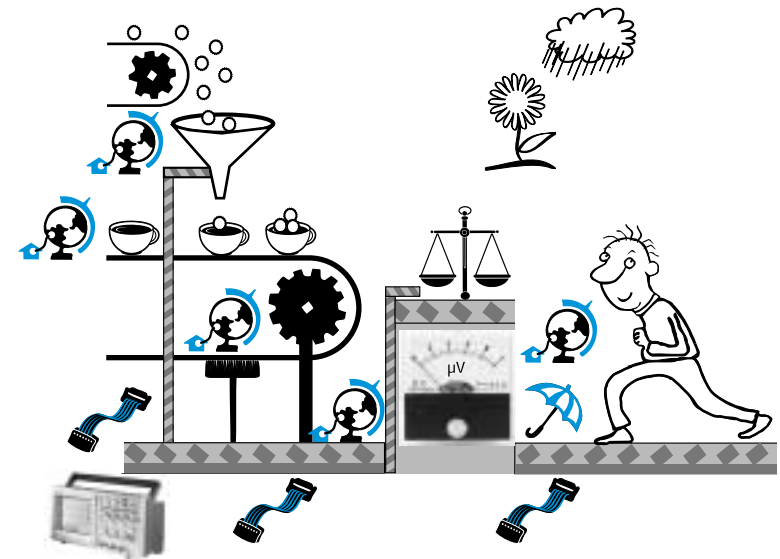
- Isolierende Bodenbeläge
- Trockene Luft
- Isolierende Schuhe
- Keine Baumwollkleidung
- Fehlende Erdung
- Schüttgut nicht leitend

### Probleme

- Sporadisch auftretende Fehler
- Störung von Messeinrichtungen
- Störung von Kommunikationseinrichtungen
- Ausfall oder Zerstörung von Geräten und Anlagenteilen
- Unstetige Regelungen

### Wo treten diese Probleme auf?

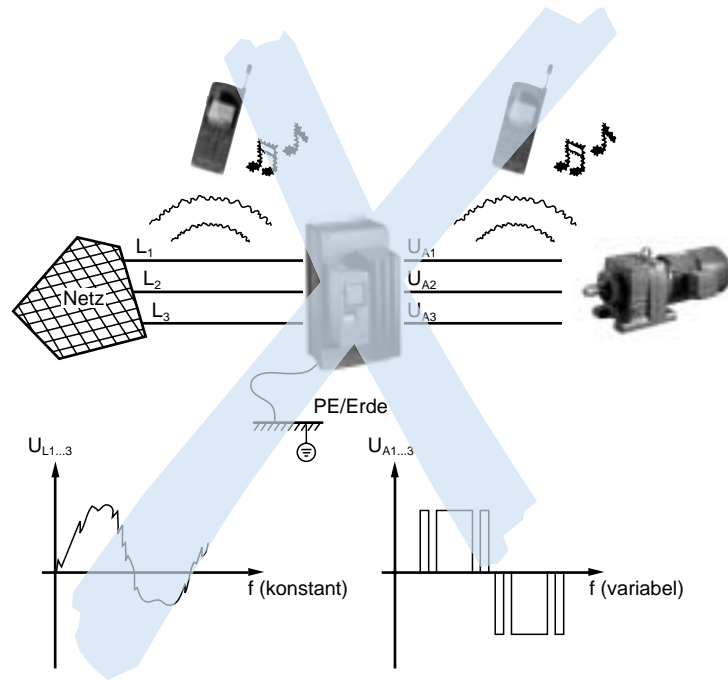
- Förderanlagen
- Isolierte Bänder laufen auf Metallwalzen (Rolltreppe)
- Isolierende Stoffe werden aneinander gerieben
- Bewegung auf isolierendem Untergrund
- Pulver wird gemahlen, geschüttet, transportiert



### Checkliste

- ☐ Überspannungsableiter (Bürstenableiter) verwendet?
- ☐ Leitende Bodenbeläge, Arbeitsflächen und Behälter verwendet?
- ☐ Für ausreichende Luftfeuchtigkeit gesorgt?
- ☐ Bewegliche und feste Anlagenteile geerdet?
- ☐ Metallische oder leitende Materialien verwendet?
- ☐ Gezielte Entladungen auf unkritische Bereiche (Funkenstrecken) vorgesehen?
- ☐ Geeignete Kleidung, Schuhe, ESD-Ausrüstung?

# Frequenzumrichter

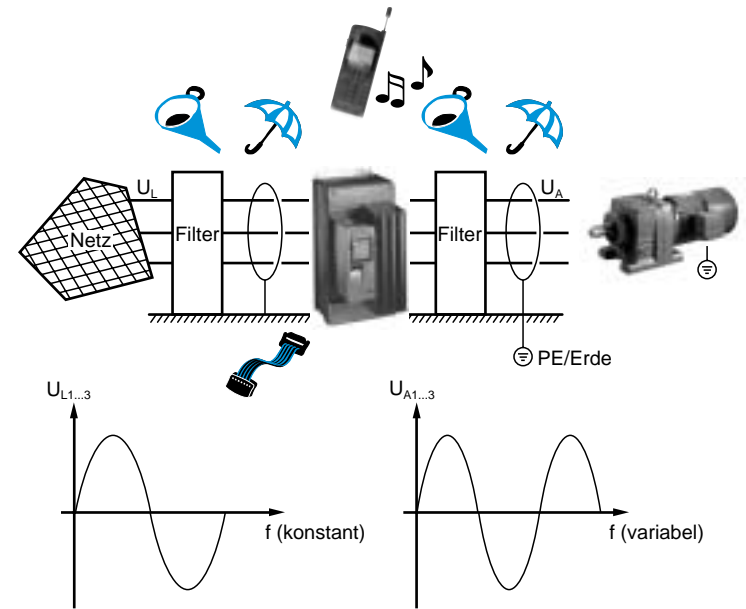


## Fehler

- Fehlende Filtermaßnahmen
- Keine EMV-gerechte Installation
- Keine Schirmung
- Keine Funktionserdung

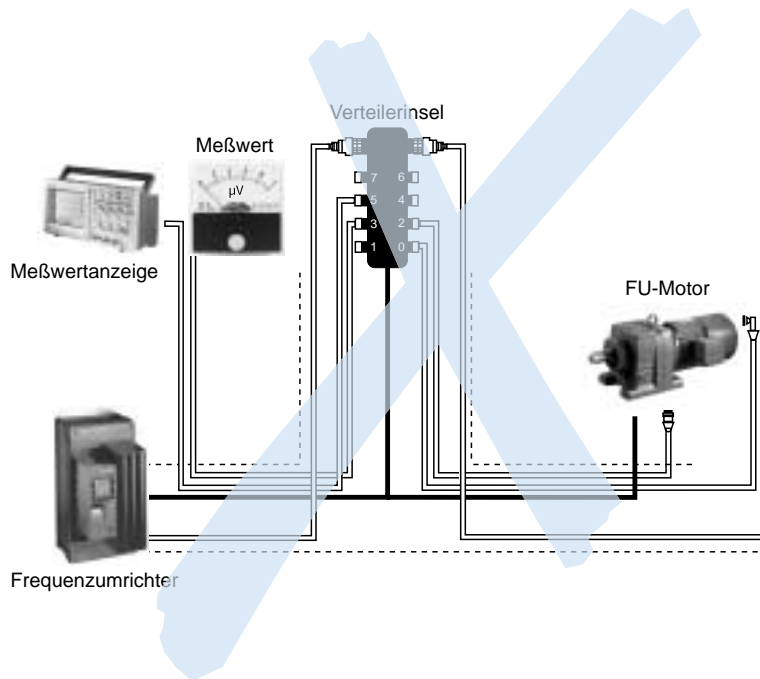
## Probleme

- Störung von Messeinrichtungen
- Störung von Kommunikationseinrichtungen
- Unstetige Regelungen
- Abstrahlung hochfrequenter Störsignale durch getaktete Ausgangsspannung
- Von Frequenzumrichtern werden in das Netz hochfrequente Störungen eingekoppelt
- Am Starkstromnetz betriebene andere elektrische Geräte werden gestört
- Hochfrequente Ableitströme gegen Erde verursachen in benachbarten Leitungen Störspannungen



## Checkliste

- ☐ Netzeingangsfilter am Frequenzumrichter (FU) eingebaut?
- ☐ Ausgangskreis des FU mit Sinusfilter versehen?
- ☐ Alle Verbindungsleitungen möglichst kurz und geschirmt?
- ☐ Alle Komponenten und Schirme großflächig mit Erde/PE verbunden?
- ☐ Filter und FU flächig auf gleiches Schaltschrankpotenzial montiert?

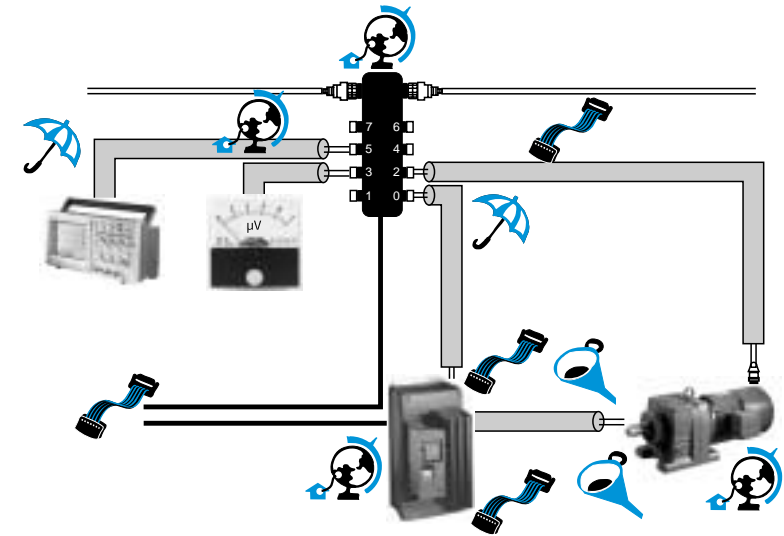


## Fehler

- Fehlende Filtermaßnahmen
- Keine EMV-gerechte Installation
- Keine Schirmung und keine Funktionserdung
- Ungeeignete Leitungsführung

## Probleme

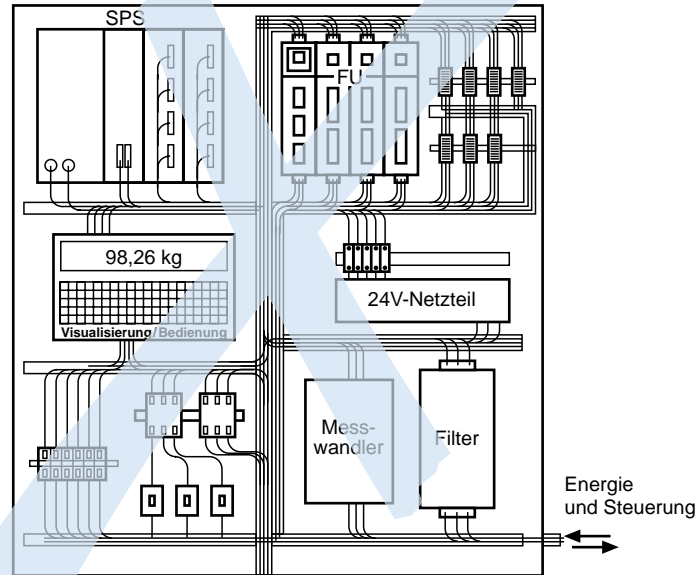
- Sporadisch auftretende Fehler
- Störung von Messeinrichtungen
- Störung von Kommunikationseinrichtungen
- Ausfall oder Zerstörung von Geräten und Anlagenteilen
- Unstetige Regelungen



## Checkliste

- ☐ Leitungslänge, Leitungstyp, Schirmung und Topologie beachtet?
- ☐ Abschlußwiderstände richtig ausgeführt (Anfang und Ende)?
- ☐ Adressierung OK (keine doppelten Adressen)?
- ☐ Übertragungsgeschwindigkeit richtig gewählt (Leitungslänge)?
- ☐ LWL Segmente eingesetzt in stark gestörter Umgebung?
- ☐ Erdung HF tauglich?
- ☐ Galvanische Kopplung vermieden (keine gemeinsamen Rückleiter)?
- ☐ Brummspannungen beachtet?
- ☐ Potenzialausgleich?
- ☐ Sternförmige Versorgung der Geräte?
- ☐ Induktive Bauelemente abgeschirmt von Magnetfeldern?
- ☐ Empfindliche Leitungen getrennt verlegt und zusätzlich geschützt (Busleitung kann auch Störquelle sein)?
- ☐ Leitungsführung beachtet (Abstand zwischen den einzelnen Empfindlichkeitsklassen)?
- ☐ Geeignete Netzteile als Spannungsversorgungen benutzt?



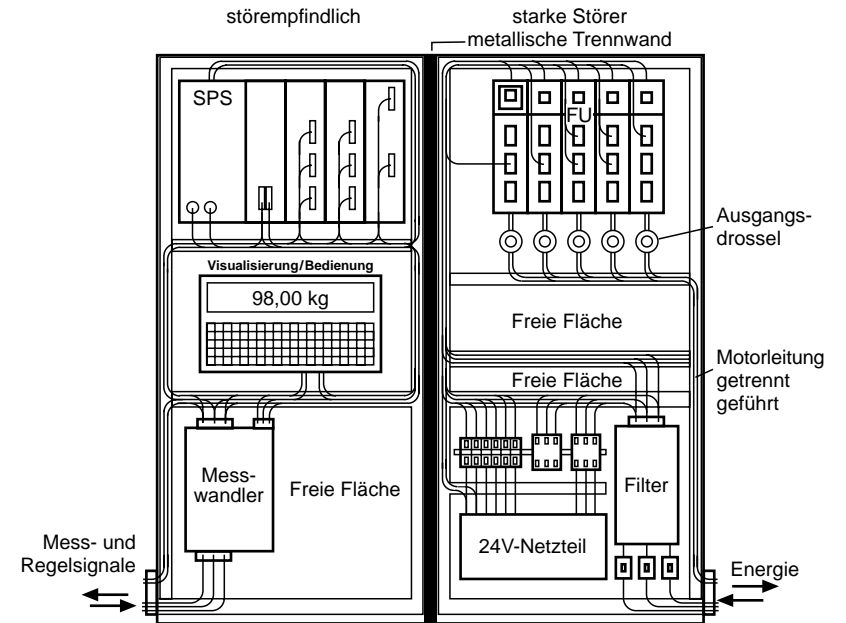


## Fehler

- Keine EMV-gerechte Installation
- Hin- und Rückleiter getrennt verlegt
- Keine Schirmung und keine Funktionserdung
- Chaotische Leitungsführung
- Keine HF-gerechte Verbindung von metallischen Gehäuseteilen

## Probleme

- Sporadisch auftretende Fehler
- Störung von Messeinrichtungen
- Störung von Kommunikationseinrichtungen
- Ausfall oder Zerstörung von Geräten und Anlagenteilen
- Unstetige Regelungen
- Abstrahlung hochfrequenter Anteile durch getaktete Ausgangsspannung
- Von Frequenzumrichtern werden in das Netz hochfrequente Störungen eingekoppelt
- Am Starkstromnetz betriebene andere elektrische Geräte werden gestört
- Hochfrequente Ableitströme gegen Erde verursachen in benachbarten Leitungen Störspannungen



## Checkliste

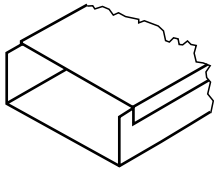
- ☐ EMV-Schaltschrank Planung beachtet?
- ☐ Möglichst getrennte Schaltschränke für Leistungselektronik und Kleinsignale?
- ☐ Trennwände rundum kontaktiert?
- ☐ Montageplatte EMV-gerecht (nicht lackiert bzw. eloxiert)?
- ☐ Erdungsschienen niederohmig mit Montageplatte verbunden?
- ☐ Leitungen verschiedener Leitungsgruppen räumlich getrennt?
- ☐ Leitungen kurzgehalten?
- ☐ Störende und empfindliche Leitungen rechtwinklig gekreuzt?
- ☐ Leitungsschirme bei Schaltschrankein- und Austritt und an den Geräten geerdet?
- ☐ Filter richtig installiert?
- ☐ Leuchtstoffröhren mit Abstand zu empfindlichen Geräten platziert?



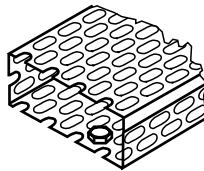
# Schirmung



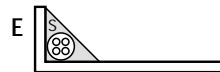
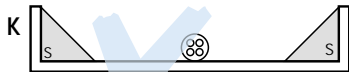
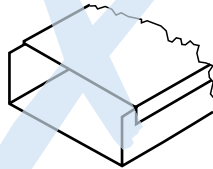
geschlossener  
metallischer  
Kabelkanal



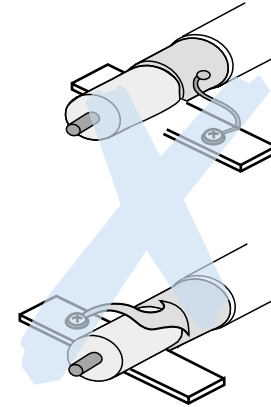
offener  
metallischer  
Kabelkanal



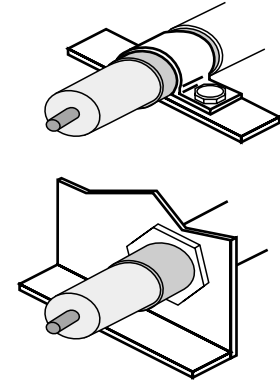
Kabelkanal  
aus Kunststoff



Schirmeffekt nutzen =  
ungeschirmte Kabel in  
den Ecken des Kanals verlegen

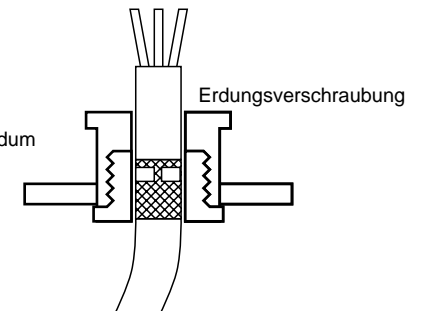
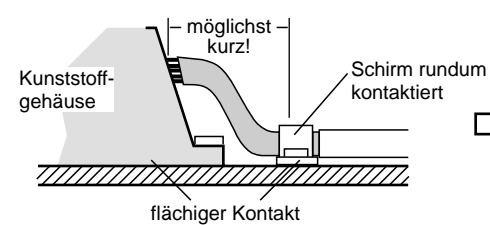


Keine „Schweineschwänzchen“



Schirm kurz und vollflächig anbinden,  
BEIDE Seiten erden

Schirmanschluss bei Kunststoffgehäusen



## Checkliste

- ☐ Geschirmte Leitungen verwendet?
- ☐ EMV-gerechte Kabelverschraubungen?
- ☐ Geschlossene metallische Kabelkanäle für ungeschirmte Leitungen?
- ☐ Leitungsführung beachtet?
- ☐ Schirm langer Leitungen unterwegs mehrfach geerdet?

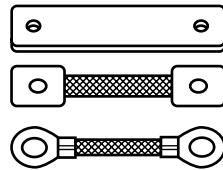
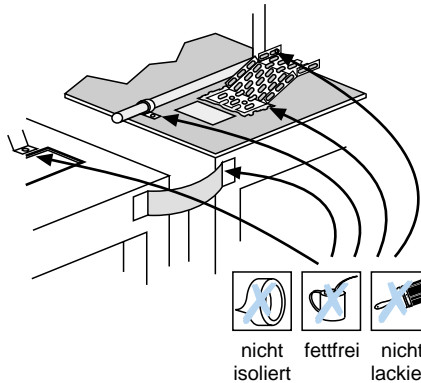


Keinen Potenzialausgleichstrom über den Schirm führen!

# Funktionserdung

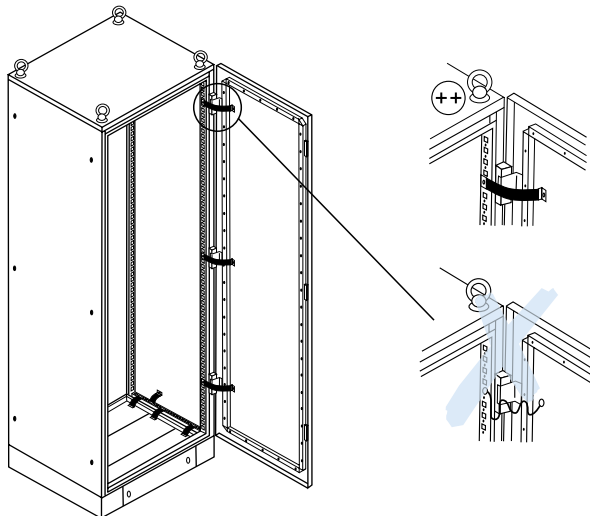


Funktionserde ist nicht gleich Schutz Erde nach VDE 0100!  
EMV Erdverbinder dienen nur sekundär dem Schutz vor gefährlichen Berührungsspannungen

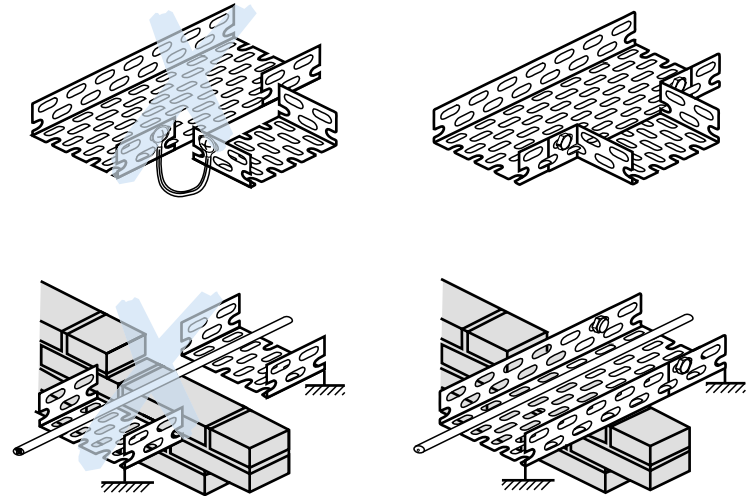


Typische Verbinder für den richtigen Potenzialausgleich möglichst großflächig und mit großem Querschnitt

Besser Schweißverbindungen als Schraubverbindungen (keine Korrosion)  
Kurze Verbindungen, Massebänder sind Runddrähten vorzuziehen.



Schaltschränkelemente HF-mäßig niederohmig verbinden



Metallische Kabelkanäle ins Erdnetz einbeziehen und durchgehend verbinden



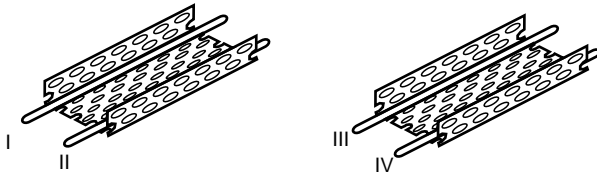
## Checkliste

- ☐ VDE 0100 eingehalten?
- ☐ Kontaktstellen blank und fettfrei?
- ☐ Alle Anlagenteile mit derselben Erdung verbunden?
- ☐ Können HF Ausgleichsströme über Konstruktionsteile niederohmig genug zurückfließen?
- ☐ Ausgleichströme über Abschirmungen vermieden?
- ☐ Metallische Kabelkanäle und Anlagenteile mit in die Erdung einbezogen?
- ☐ Alle elektrischen Komponenten getrennt (sternförmig) auf den Potenzialausgleich geführt?

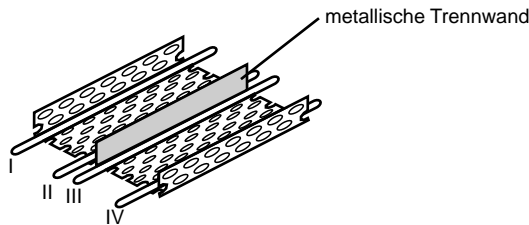
# Leitungsführung



Leitungen der Gruppe I, II und III, IV rechtwinklig kreuzen



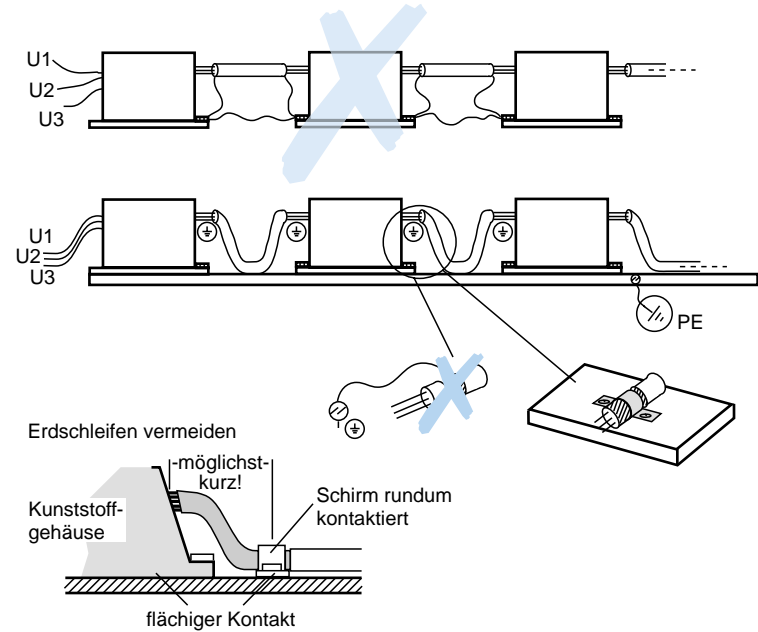
Ideal: Leitungen in verschiedenen Kabelkanälen verlegen



Alternativ: Leitungen durch metallischen Trennsteg trennen

Die Leitungsführung trägt einen wesentlichen Teil zur EMV einer Anlage bei. Die Leitungen sind in die vier Gruppen I, II, III und IV einzustufen:

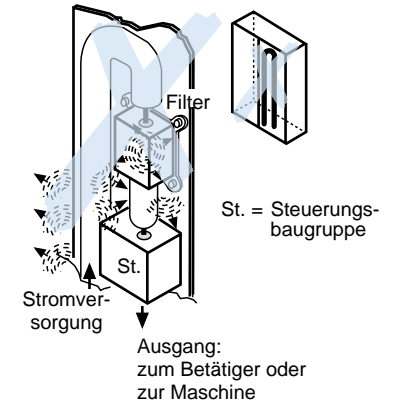
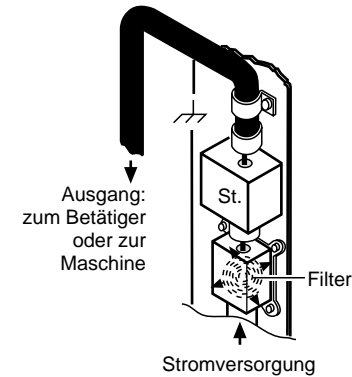
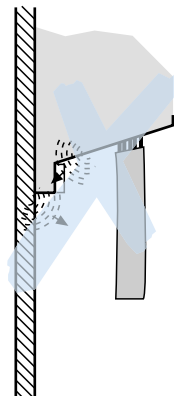
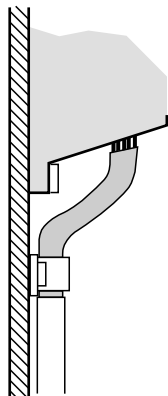
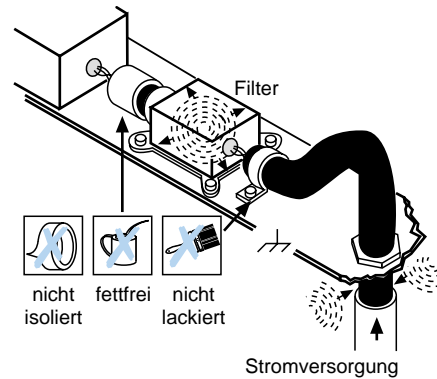
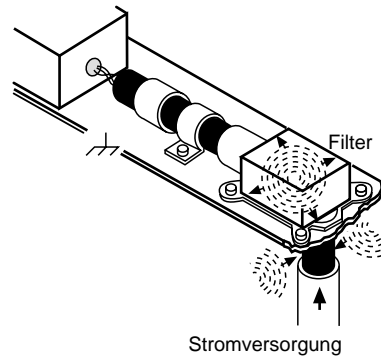
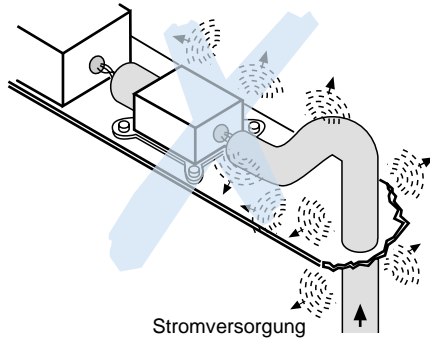
- Gruppe I:** Sehr störempfindlich (analoge Signale, Messleitungen)
- Gruppe II:** Störempfindlich (digitale Signale, Sensorkabel, 24VDC Schalt-signale, Kommunikations-Signale z.B. Feldbusse)
- Gruppe III:** Störquelle (Steuerkabel für induktive Lasten, ungeschaltete Leistungskabel, Motorbremsen, Schütze)
- Gruppe IV:** Starke Störquelle (Ausgangskabel von Frequenzumrichtern, Versorgungskabel von Schweißanlagen, geschaltete Leistungskabel)



## Checkliste

- ☐ Störbehaftete und empfindliche Leitungen richtig eingruppiert?
- ☐ ... und nie im gleichen Kabelbaum geführt?
- ☐ Abstand zwischen störenden und empfindlichen Leitungen >10 cm?
- ☐ Kreuzen sich störbehaftete und empfindliche Leitungen rechtwinklig?
- ☐ Störbehaftete Leitungen geschirmt?
- ☐ Metallene Kabelkanäle mit Trennstegen verwendet?
- ☐ Metallene Kabelkanäle vollflächig untereinander und mit Funktionserde verbunden?
- ☐ Ungeschirmte Leitungen in den Ecken metallischer Kabelkanäle geführt?
- ☐ Lange geschirmte Leitungen mehrfach geerdet?
- ☐ Geschirmte Leitungen beidseitig geerdet?
- ☐ Nicht benutzte Leiter beidseitig geerdet?
- ☐ Hin- und Rückleiter auf der gesamten Länge gemeinsam geführt?
- ☐ Bei Kunststoffgehäusen der Schirm nah am Gehäuse auf Funktionserde gelegt?
- ☐ Keine Reserveschleifen verlegt („Angst-Schlaufen“)?

# Filter



## Checkliste

- ☐ Zulässiger Strom und zulässige Spannung für den Filter ok?
- ☐ Filter mit Ableitströmen >3,5mA fest angeschlossen?
- ☐ Frequenzbereich beachtet?
- ☐ Netzfilter direkt am Eingang des Gerätes angeordnet?
- ☐ Ausgangsfilter motorseitig direkt am Ausgang angeordnet?
- ☐ Filter direkt auf das metallische Bezugspotenzial montiert?
- ☐ Filter großflächig geerdet?
- ☐ Vor der Befestigung des Filters Lack vom Gehäuse entfernt?
- ☐ Geschirmte Anschlussleitungen direkt am Filter geerdet?
- ☐ Kopplung zwischen Ein- und Ausgangsleitungen verhindert?  
(Ein- und Ausgangsleitungen NICHT parallel führen)
- ☐ Zwischen Filter und FU geschirmte Leitung verwendet?
- ☐ Leitungen direkt über dem metallischen Bezugspotenzial verlegt?
- ☐ Keine Reserveschleifen verlegt („Angst-Schleifen“)?

# Begriffserklärungen

A-Z

## Ableitstrom

Strom, der von Leitungen oder Geräten über Parasitärkapazitäten gegen Erde fließt.

## Abschlusswiderstand

Um Reflektionen (Echos) zu vermeiden werden am Anfang und am Ende einer Busleitung definierte Abschlüsse in Form von Widerständen zugeschaltet.

## Ausgangsdrossel

Zur Verringerung des Störpegels der Ausgangsleitung. Die Drossel bildet mit Parasitärkapazitäten einen Tiefpass, der die Rechteckpulse der Ausgangsspannung verrundet.

## Ausgangsfiler

Zur Funkentstörung, Geräuschfilterung und zur Reduzierung von Ableitstromspitzen bei Gruppenantrieben.

Das Sinusfilter erzeugt aus den Rechteckpulsen der Ausgangsspannung eine im wesentlichen sinusförmige Spannung.

## Datentelegramm

Nach einer Vorschrift zusammengesetzte Pegel, die im Gesamten eine nutzbare Information beinhalten, die über ein Übertragungsmedium gesendet werden kann.

## EMV

Elektromagnetische Verträglichkeit.

Anforderungen an die Geräte:

- Die Erzeugung elektromagnetischer Störungen muss so weit begrenzt werden, dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten sowie sonstigen Geräten möglich ist.
- Die Geräte müssen eine angemessene Festigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen, so dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb möglich ist (Zitat aus dem EMV-Gesetz).

## ESD

Elektro Static Discharge (Elektrostatische Entladung)

Körper, die sich durch Ladungstrennung (z.B. beim Gehen über isolierende Fußböden bei geringer Luftfeuchtigkeit) aufladen, können sich schlagartig durch Funkenüberschlag entladen.

## Feldbusse

Kommunikationsverbindung zur Vernetzung von Sensoren und Aktuatoren (z.B. Profibus, Interbus, AS-Interface).

## Ferritringkern

Gesintertes, oxidiertes Eisen mit guten magnetischen Eigenschaften in F-Form eines Ringkernes. Dient zur Reduzierung der Oberwellenanteile von HF-Strömen, siehe auch Ausgangsdrossel.

## Funktionserdung

Ordnungsgemäße hochfrequenzgerechte Erdung, so dass HF-Ströme nach Masse abfließen können. Die vorhandene Schutzterdung sollte nicht als Funktionserdung verwendet werden.

## Galvanische Kopplung HF-mäßig, HF-technisch

Aus Sicht der Hochfrequenztechnik, -physik.

## LWL

Licht-Wellen-Leiter, optisches Übertragungsmedium z.B. aus Kunststoff oder Glasfaser.

## Netzfilter

Zur Filterung von Störspannungen von und zum Versorgungsnetz.

## Schutzterdung

Die Erdung im Sinne der VDE100 gegen gefährliche Berührungsspannungen.

## Sinusfilter

Siehe auch Ausgangsfiler.

## Quellenangaben



- „Praxis in der Antriebstechnik“ Band 9: EMV in der Antriebstechnik; SEW-Eurodrive, Bruchsal
- „Rittal Praxis-Tips zur Montage“: EMV-gerechter Schaltschranksaufbau; Rittal, Herborn

## Literaturverzeichnis



- Schwab, Adolf „Elektromagnetische Verträglichkeit“, Springer-Verlag Heidelberg
- Durcansky, Georg „EMV-gerechtes Gerätedesign“, Franzis-Verlag München
- Gonschorek, Karl-Heinz; Singer, Hermann „Elektromagnetische Verträglichkeit - Grundlagen, Analysen, Maßnahmen“, Teubner-Verlag Stuttgart
- Zeitschrift „EMC Journal“ KM Verlagsgesellschaft München

AMI-Elektronik GmbH & Co. Produktions KG,  
Puchheim

Bernstein AG,  
Porta Westfalica

CARLO GAVAZZI GmbH,  
Weiterstadt

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH,  
Traunreut

EUCHNER GmbH + Co.,  
Leinfelden-Echterdingen

FRABA Sensorsysteme GmbH,  
Köln

Fritz Kübler GmbH,  
Villingen-Schwenningen

Gebhard Balluff GmbH & Co.,  
Neuhausen

Hans Turck GmbH + Co. KG,  
Mülheim

Hengstler GmbH,  
Aldingen

Honeywell AG,  
Offenbach

HÜBNER ELEKTROMASCHINEN AG,  
Berlin

ifm electronic gmbh,  
Essen

K.A. SCHMERSAL GMBH & CO.,  
Wuppertal

Klaschka GmbH & Co.,  
Tiefenbronn

Lenord, Bauer & Co GmbH,  
Oberhausen

Leuze electronic GmbH + Co.,  
Owen

LTN Servotechnik GmbH,  
Unterföhring

Matsushita Electric Works (Europe) AG,  
Holzkirchen

Max Stegmann GmbH,  
Donaueschingen

OMRON ELECTRONICS GmbH,  
Langenfeld

Pepperl + Fuchs GmbH,  
Mannheim

PULSOTRONIC MERTEN GmbH & Co.KG,  
Wiehl

RECHNER Industrie-Elektronik GmbH,  
Lampertheim

SCHALLER-AUTOMATION  
Industrielle Automationstechnik KG,  
Blieskastel

SEW-Eurodrive,  
Bruchsal

Schneider Electric GmbH,  
Ratingen

Sick AG,  
Waldkirch

SIEMENS AG,  
Erlangen

Thalheim-Tachometerbau GmbH & CO.KG,  
Eschwege

TR Electronic GmbH,  
Trossingen

TWK Elektronik GmbH,  
Düsseldorf

VISOLUX Elektronik GmbH,  
Berlin