

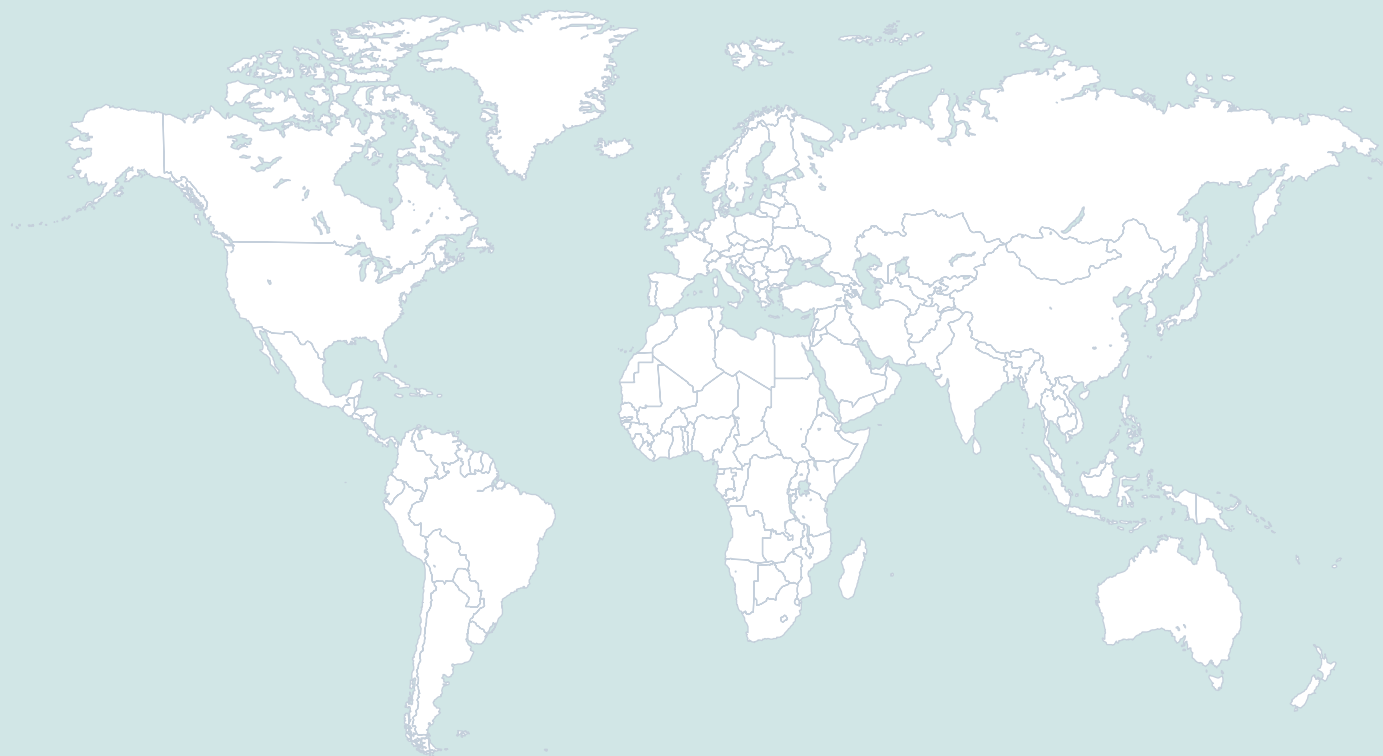


Praxis der Antriebstechnik



EMV in der Antriebstechnik

- Theoretische Grundlagen
- EMV-gerechte Installation in der Praxis





Inhaltsverzeichnis

1	Theoretische Grundlagen.....	5
1.1	Koppelmechanismen	6
1.1.1	Galvanische Kopplung	6
1.1.2	Induktive Kopplung	7
1.1.3	Kapazitive Kopplung	8
1.1.4	Kopplung durch Strahlung	9
1.2	HF-Verhalten einer Leitung	10
1.2.1	Leitungsinduktivität	10
1.2.2	Leitungskapazität	11
1.2.3	Ersatzschaltbild einer Leitung	12
1.2.4	Parallelschalten von Leitungen	13
1.3	EMV-Aspekte des Frequenzumrichters	14
1.3.1	Grundprinzip	14
1.3.2	Kommutierung	16
1.3.3	Netz Oberschwingungen	17
1.3.4	Störaussendung durch Wechselrichter-Taktung	18
1.3.5	Ableitströme durch Wechselrichter-Taktung	20
1.3.6	Spannungsbelastung d. Motors durch Wechselrichter-Taktung	21
1.4	Filterung	22
1.4.1	Netzdrossel	22
1.4.2	Netzfilter	23
1.4.3	Ausgangsdrossel	24
1.4.4	Ausgangsfilter	26
1.5	Potenzialausgleich	28
1.6	Leitungsverlegung	29
1.6.1	Charakterisierung der Leitungen unter EMV-Gesichtspunkten	29
1.6.2	Verdrillung	30
1.7	Schirmung	31
1.7.1	Einseitige Schirmerdung	31
1.7.2	Beidseitige Schirmerdung	32
1.7.3	Einfluss des Schirmanschlusses	33
1.8	Normen und Gesetze	34
2	EMV-gerechte Installation in der Praxis	35
2.1	Erdung über ein vermaschtes EMV-Konzept	36
2.1.1	Ableitströme	38
2.2	Spannungsversorgung	39
2.2.1	Netzauswahl	39
2.2.2	Kleinspannungen	40
2.2.3	24-V-Bremsen schalten	41



2.3	EMV im Schaltschrank.....	42
2.3.1	Stahlblech-Schaltschrank	42
2.3.2	Montageplatte im Schaltschrank.....	43
2.3.3	PE-Schiene.....	43
2.3.4	Anordnung der EMV-Komponenten.....	44
2.3.5	Netzdrossel.....	45
2.3.6	Netzfilter.....	47
2.3.7	Ausgangsdrossel (Ferritkerndrossel).....	49
2.3.8	Ausgangsfiler (Sinusfilter).....	52
2.4	Komponenten im Schaltschrank	55
2.4.1	MOVIDRIVE® MDX	55
2.4.2	Bremswiderstand	59
2.5	Leitungen	60
2.5.1	Verlegung	60
2.5.2	Schirmung.....	64
2.6	Potenzialausgleich in der Anlage.....	71
2.6.1	Verkettung des Potenzialausgleichs.....	71
2.6.2	Beispiel Antrieb mit Aufsteckgetriebe	72
2.6.3	Beispiel Drehtisch	73
2.6.4	Beispiel Elektrohängebahn	74
2.6.5	Beispiel Hubwerk mit integrierter Rollenbahn.....	75
2.6.6	ESD – Elektrostatische Entladung.....	76
2.6.7	Niederohmiger Massebezug.....	78
2.6.8	Kontaktierung	80
2.6.9	Kabelkanalverbindungen	81
2.7	Potenzialausgleich dezentraler Komponenten.....	82
2.7.1	MOVIMOT® mit Feldverteiler	82
2.7.2	MOVIFIT®	83
2.7.3	MOVIPRO®	85
2.7.4	MOVIGEAR®	86
2.8	Potenzialausgleich von Drehstrommotoren	87
2.8.1	Anschluss Optionen.....	87
2.8.2	Potenzialausgleich / HF-Erdung am Anschlusskasten	87
2.8.3	DT/DV-Motoren.....	88
2.8.4	DR-Motoren, außenliegende NF-Erdung.....	89
2.8.5	Option "Verbesserung der Erdung" für DR-Motoren.....	90
3	EMV-Störungen	93
3.1	Störungssuche	93
3.2	Störungsbeseitigung	93
3.3	Störungsliste	94
	Stichwortverzeichnis	96

1 Theoretische Grundlagen

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) beschreibt die Fähigkeit mehrere elektrische und elektronische Komponenten in einer bestimmten Umgebung miteinander und nebeneinander störungsfrei zu betreiben.

SEW-EURODRIVE bietet mit diesem Band aus der Reihe "Praxis der Antriebstechnik" spezielle Informationen zum Thema "EMV in der Antriebstechnik".

Die Schwerpunktthemen sind hierbei:

- Theoretische Grundlagen
 - Ursachen von EMV-Problemen
 - Ausführung und Wirkungsweise von EMV-Maßnahmen
- EMV-gerechte Installation in der Praxis
 - Planung EMV-gerechter Anlagen
 - Tipps zur Optimierung der EMV

Dieser Band orientiert sich nah an praktischen Gegebenheiten und Erfahrungen. Die Angaben stellen allgemeine Richtlinien dar. Aufgrund der Vielfalt der Installationsmöglichkeiten kann dieser Band für den Einzelfall keine absoluten Richtwerte angeben.

Für eine exakte Projektierung von SEW-EURODRIVE-Produkten nutzen Sie bitte die Angaben in den entsprechenden Katalogen.



1.1 Koppelmechanismen

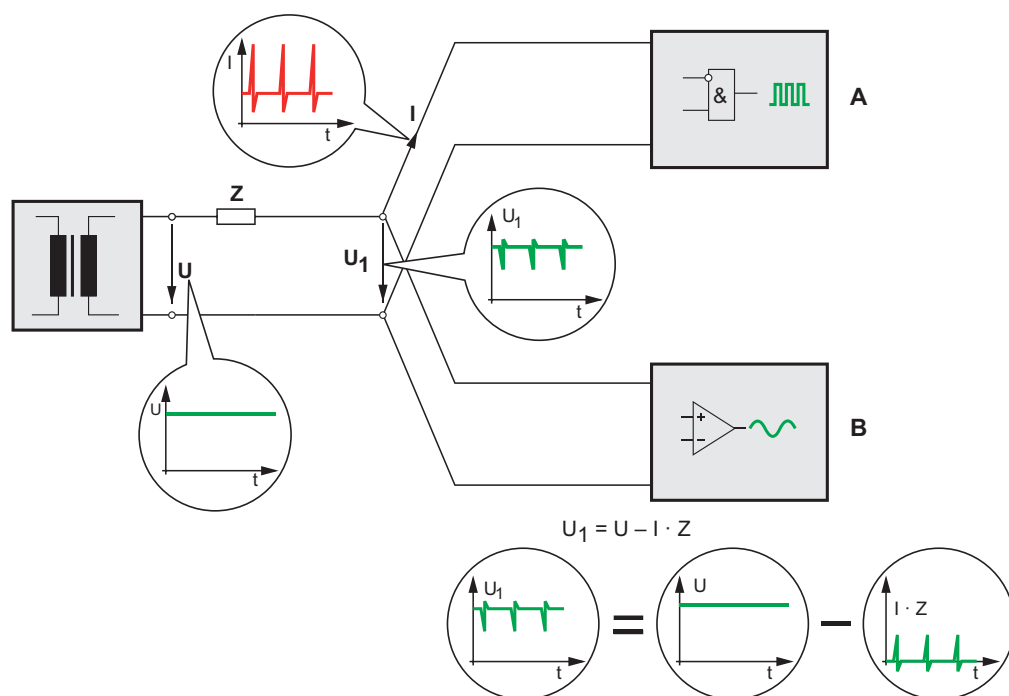
Dieses Kapitel beschreibt, auf welchen Wegen die Störungen von der Störquelle zur Störsenke gelangen. Die Kopplungen werden in 4 Koppelmechanismen unterteilt:

- Galvanische Kopplung
- Induktive Kopplung
- Kapazitive Kopplung
- Kopplung durch Strahlung

1.1.1 Galvanische Kopplung

Galvanische Kopplung tritt auf, wenn mehrere Stromkreise sich Spannungsquellen, Leiterzüge, Leitungen oder Ähnliches teilen.

Das folgende Bild zeigt das zugrunde liegende Prinzip:



233570443

Der Strom im Stromkreis A (Digitalschaltung) verursacht an der gemeinsamen Impedanz Z einen Spannungsfall. Dieser Spannungsfall verursacht im Stromkreis B (Analogschaltung) einen Einbruch der Versorgungsspannung. Der Spannungsfall ist umso größer, je größer die Stromstärke und je größer die gemeinsame Koppelimpedanz Z ist.

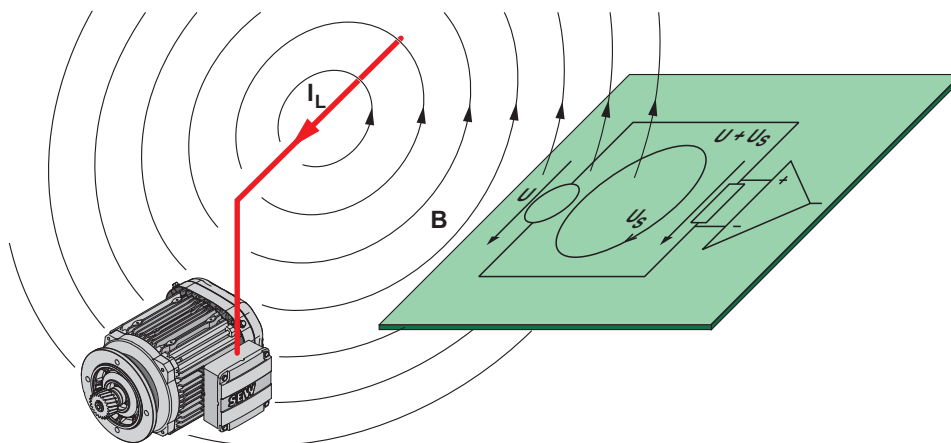
Die galvanische Kopplung zwischen 2 Stromkreisen kann mit folgenden Maßnahmen verringert werden:

- Getrennte Versorgung von Leistungsstromkreisen und Kleinsignal-Stromkreisen
- Verringerung der Koppelimpedanz Z durch sternförmige Verdrahtung.

Für höhere Frequenzen hängt die Impedanz der Zuleitung in erster Linie von deren Länge ab. Deshalb sollte der Sternpunkt möglichst nahe an der Versorgungsquelle liegen.

1.1.2 Induktive Kopplung

Das folgende Bild zeigt die induktive Kopplung zwischen einer Motorzuleitung und dem Steuerstromkreis auf einer Leiterplatte:



234441739

I_L	Strom in der Motorzuleitung
B	Magnetfeld
U_S	Störspannung

Um jeden stromdurchflossenen Leiter baut sich ein Magnetfeld B auf, das proportional zum Strom I_L durch den Leiter ist.

Wenn dieses Magnetfeld eine senkrecht dazu angeordnete Leiterschleife durchdringt, induziert es dort eine Spannung (Transformator-Prinzip). Die Spannung ist proportional zur Leiterschleifen-Fläche und zur Änderung des Magnetfelds. Deshalb wird eine Störspannung nur induziert, solange sich die Stromstärke im Lastkreis ändert (Wechselstrom oder geschalteter Gleichstrom). Ein konstanter Gleichstrom induziert keine Störspannung.

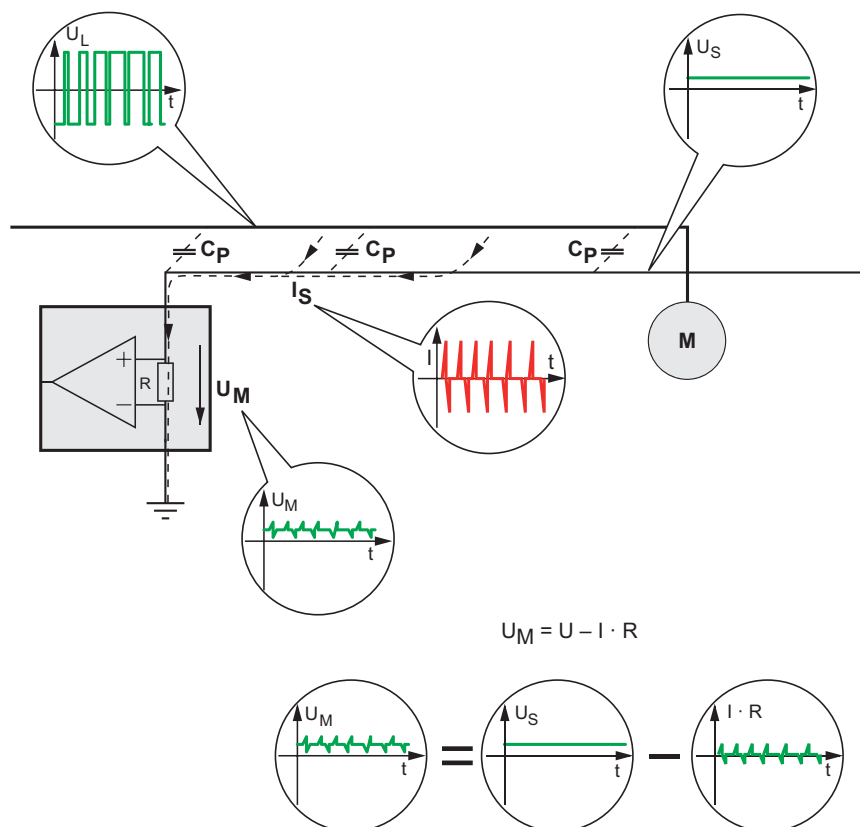
Folgende Faktoren haben einen Einfluss auf die Störspannung:

- **Abstand:** Die Störspannung sinkt mit steigendem Abstand zwischen Lastkreis und gestörtem Kreis.
- **Orientierung:** Wenn die Leiterschleife parallel zu den Magnetfeldlinien liegt, wird keine Störspannung induziert. Bei einem rechten Winkel zwischen Leiterschleife und Magnetfeldlinien tritt die maximale Störspannung auf.
- **Frequenz:** Mit steigender Frequenz des Laststroms steigt die Störspannung.
- **Fläche der Leiterschleife:** Die Störspannung ist proportional zur Fläche der Leiterschleife.

Störspannungen können sich auch ausbilden, wenn die Leiterschleife im Magnetfeld bewegt wird (Dynamo-Prinzip), z. B. durch Vibration.

1.1.3 Kapazitive Kopplung

Das folgende Bild zeigt beispielhaft die kapazitive Kopplung zwischen einer getakteten Leistungsleitung und einer Signalleitung:



234536459

Zwei benachbarte Leitungen besitzen eine Parasitärkapazität. Wenn sich die Spannung einer Leitung ändert, fließt über die Parasitärkapazität C_P ein Störstrom I_S in die benachbarte Leitung und ruft am Messwiderstand eine Störspannung hervor.

Der Störstrom ist proportional zur Parasitärkapazität C_P und zur Änderungsgeschwindigkeit der Spannung U .

Folgende Faktoren haben einen Einfluss auf den Störstrom:

- **Eingangswiderstand R:** Je hochohmiger der Eingangswiderstand ist, desto höher ist die Störspannung, die durch den Störstrom verursacht wird.
- **Abstand der Leitungen:** Je größer der Abstand ist, desto kleiner ist die Parasitärkapazität und desto kleiner ist der Störstrom. Die Parasitärkapazität wächst mit sinkendem Leitungsabstand und mit der Länge entlang derer die Leitungen parallel verlaufen.
- **Amplitude der Störspannung:** Der Störstrom wächst mit steigender Amplitude der Spannung auf der störenden Leitung.
- **Flankensteilheit der Störspannung** (Änderungsgeschwindigkeit): Der Störstrom steigt mit steigender Flankensteilheit der Störspannung.

1.1.4 Kopplung durch Strahlung

Störungen auf einer Leitung können auch durch elektromagnetische Strahlung in einen Stromkreis übertragen werden. Die Leitungen und Stromkreise wirken dabei wie Sende- und Empfangsantennen für die elektrische oder magnetische Komponente des Felds.

Bei höheren Frequenzen werden Signale in zunehmendem Maße abgestrahlt und bewegen sich in Form einer Welle im Raum fort. Die räumliche Ausdehnung (Wellenlänge λ) dieser Welle ist umso kleiner, je höher die Frequenz des erzeugenden Signals ist. Zwischen der Wellenlänge λ und der Signalfrequenz f besteht folgender Zusammenhang:

$$\lambda = c / f$$

λ Wellenlänge

f Signalfrequenz

c Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ($c = 299\,792\,458$ m/s)

Aus der Funktechnik ist bekannt, dass eine Antenne (Dipol) mit einer Länge von $1/4 \lambda$ optimal strahlt. Aber auch bei einer Länge von $1/10 \lambda$ kann eine Leitung schon messbar abstrahlen und messbare Signalanteile empfangen.

Die nebenstehende Tabelle macht deutlich, dass im zunehmend genutzten, hochfrequenten Bereich auch kleine räumliche Strukturen auf das elektromagnetische Feld reagieren und zu Sende- oder Empfangsantennen werden können.

Frequenz: **Wellenlänge:**¹⁾

50 Hz 6000 km

100 Hz 3000 km

1 kHz 300 km

10 kHz 30 km

1 MHz 300 m

100 MHz 3 m

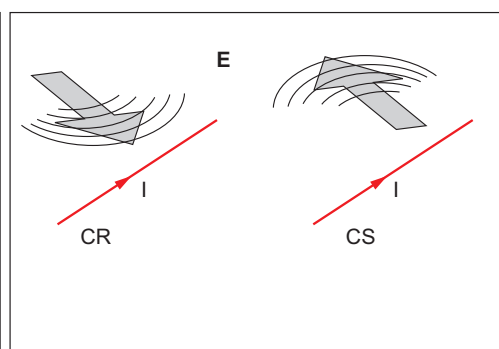
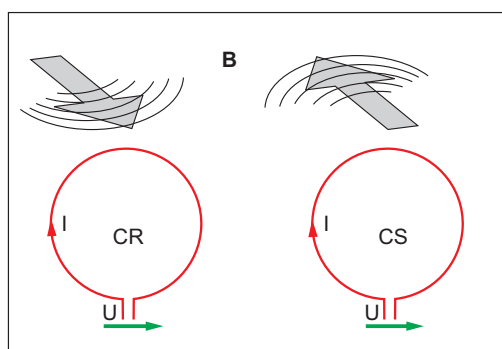
1 GHz 30 cm

1) Werte sind gerundet.

Im Wesentlichen gibt es 2 Grundformen von Antennen:

Magnetischer Dipol
(ringförmige Anordnung)

Elektrischer Dipol
(lineare Anordnung)



234572811

B Magnetisches Feld
E Elektrisches Feld

CR Leiter / Empfangsantenne
CS Leiter / Sendeantenne

Ringförmige Anordnungen, wie zum Beispiel Kabelschleifen, reagieren auf die magnetische Feldkomponente und erzeugen diese.

Lineare Anordnungen, wie zum Beispiel am Frequenzumrichter angeschlossene Leitungen, reagieren auf die elektrische Feldkomponente und erzeugen diese.



1.2 HF-Verhalten einer Leitung

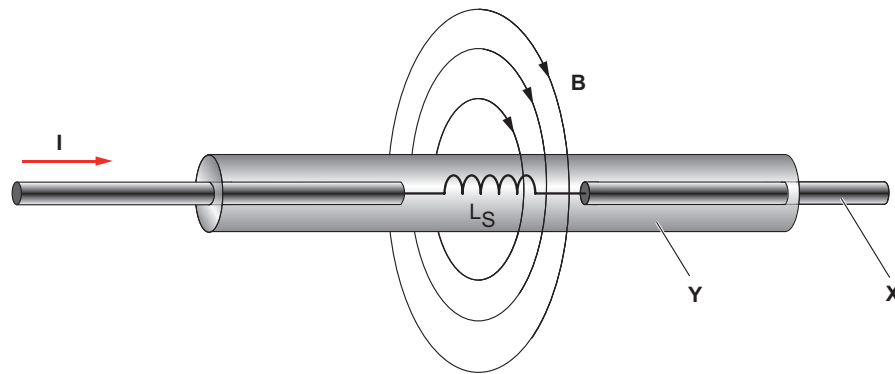
Um die auftretenden Störungen zu verstehen, ist es wichtig, das Verhalten einiger Komponenten zu untersuchen. Diese Komponenten können im Niederfrequenz- (NF) und Hochfrequenzbereich (HF) unterschiedlich reagieren.

Dieses Kapitel zeigt die wesentlichen Unterschiede im Niederfrequenz- und Hochfrequenzbereich anhand des Frequenzverhaltens einer Leitung. Betrachtet wird der frequenzabhängige Widerstand, die sogenannte Impedanz der Leitung.

1.2.1 Leitungsinduktivität

Wenn ein Strom durch einen Leiter fließt, baut sich um den Leiter ein Magnetfeld auf, in dem Energie gespeichert ist. Bei einer Stromänderung muss dem Magnetfeld Energie zugeführt oder entzogen werden. Dies äußert sich als Widerstand, der der Stromänderung entgegen wirkt. Dieser Widerstand wird Leitungsinduktivität genannt.

Das folgende Bild zeigt einen stromdurchflossenen Leiter mit dessen Magnetfeld:



232249995

I	Strom
B	Magnetfeld
L_S	Längsinduktivität
X	Leiter
Y	Isolation

Fazit

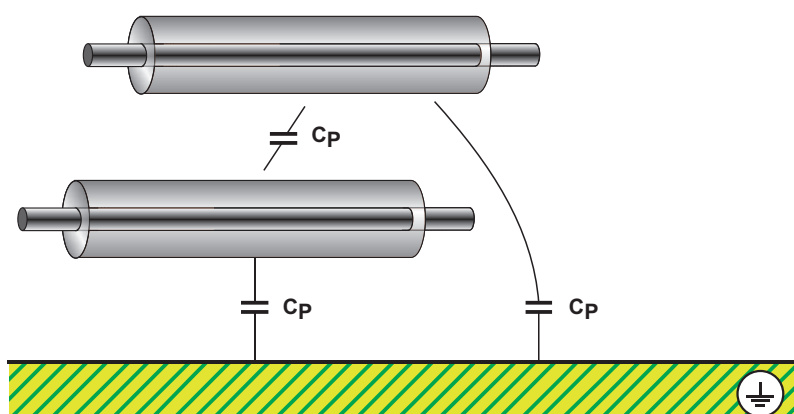
Die Leitungsinduktivität steigt mit der Leitungslänge und ist abhängig von der Art und der Verlegung der Leitung.

1.2.2 Leitungskapazität

Beim Anlegen einer Spannung zwischen den Leitern oder zwischen jedem Leiter und Erde bildet sich ein elektrisches Feld aus, in dem Energie gespeichert ist. Bei einer Spannungsänderung wird dem elektrischen Feld Energie zugeführt oder entzogen. Dies äußert sich als Widerstand, der der Spannungsänderung entgegen wirkt. Dieser Widerstand wird Leitungskapazität genannt.

Beim Betrieb einer Leitung mit veränderlicher Spannung fließen aufgrund der Leitungskapazität Ströme über die Isolation zu anderen Leitern in der Umgebung. Wenn diese Umladeströme zur Erde abfließen, werden sie Ableitströme genannt.

Das folgende Bild zeigt 2 parallele Leiter:



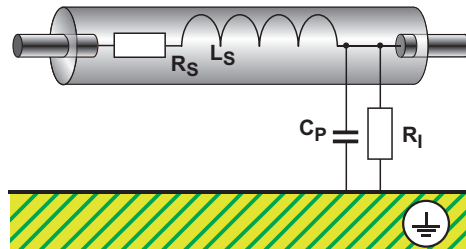
232255115

Fazit

Die Leitungskapazität steigt mit steigender Leitungslänge und mit sinkendem Abstand zwischen den Leitungen. Sie ist abhängig von der Leitungsart, der Leitungsisolation und der Verlegung.

1.2.3 Ersatzschaltbild einer Leitung

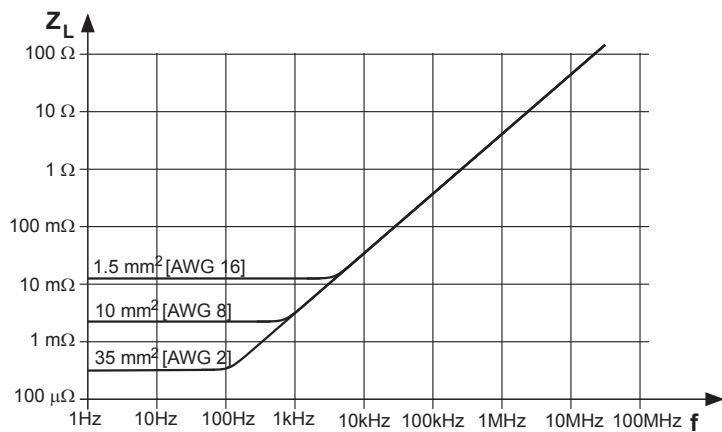
Das vollständige elektrische Ersatzschaltbild einer Leitung wird in der Literatur als Kombination aus Leitungsinduktivität, -kapazität und den ohmschen Anteilen dargestellt.



232426891

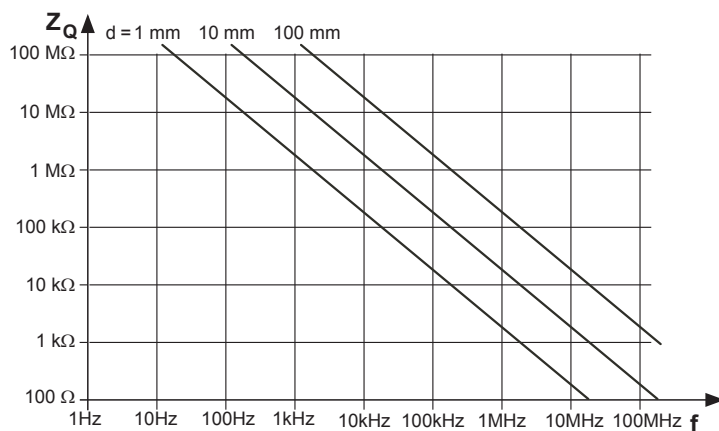
R_S Serienwiderstand
 R_I Isolationswiderstand
 L_S Längsinduktivität
 C_P Parasitärkapazität

Wenn man die Frequenzabhängigkeit der Impedanzen von Induktivitäten und Kapazitäten berücksichtigt, ergeben sich die in den folgenden Diagrammen dargestellten Längs- und Querimpedanzen einer Leitung.



Längsimpedanz

462284555



Querimpedanz

9007199717033227

Z_L Längsimpedanz der Leitung (Länge 1 m)
 Z_Q Querimpedanz (Impedanz der Isolation)
 d Abstand der Leitungen

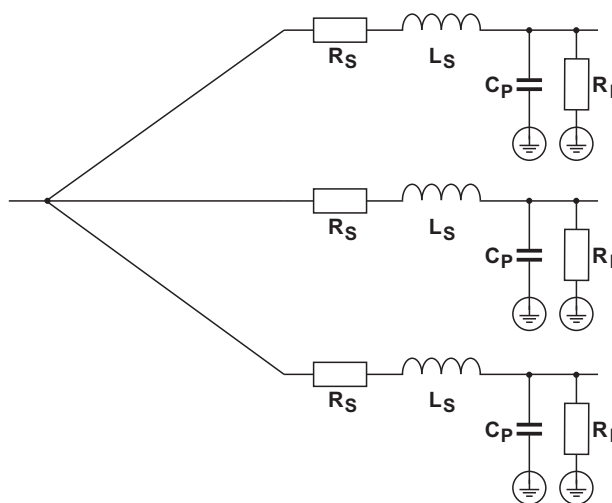
Im NF-Bereich ist die Längsimpedanz eines langgestreckten Leiters klein. Die Querimpedanz (Isolationswiderstand) ist jedoch groß. Niederfrequente Signale können sich entlang der Längsimpedanz gut ausbreiten.

- Mit steigender Frequenz wächst aufgrund der Leitungsinduktivität die Längsimpedanz der Leitung.
- Mit steigender Frequenz sinkt jedoch aufgrund der Leitungskapazität die Querimpedanz der Leitung

Je hochfrequenter ein Signal ist, desto leichter kann es sich entlang der Querimpedanz ausbreiten.

1.2.4 Parallelschalten von Leitungen

Das folgende Bild zeigt das Ersatzschaltbild parallelgeschalteter Leitungen:



364492683

R_S	Serienwiderstand
R_I	Isolationswiderstand
L_S	Längsinduktivität
C_P	Parasitärkapazität

Das Parallelschalten von Leitungen reduziert nicht nur die Längs-, sondern auch die Querimpedanzen, weil sich sowohl beim Parallelschalten von Induktivitäten als auch von Kapazitäten geringere Impedanzen ergeben. Eine Wechselspannungsquelle wird deshalb durch parallelgeschaltete Leitungsstücke deutlich stärker belastet, als durch eine Einzelleitung, deren Länge der Summe der Leitungsstücke entspricht. Entsprechend führen parallelgeschaltete Leitungen zu erhöhten Umladeströmen. Dies muss bei der Projektierung berücksichtigt werden.



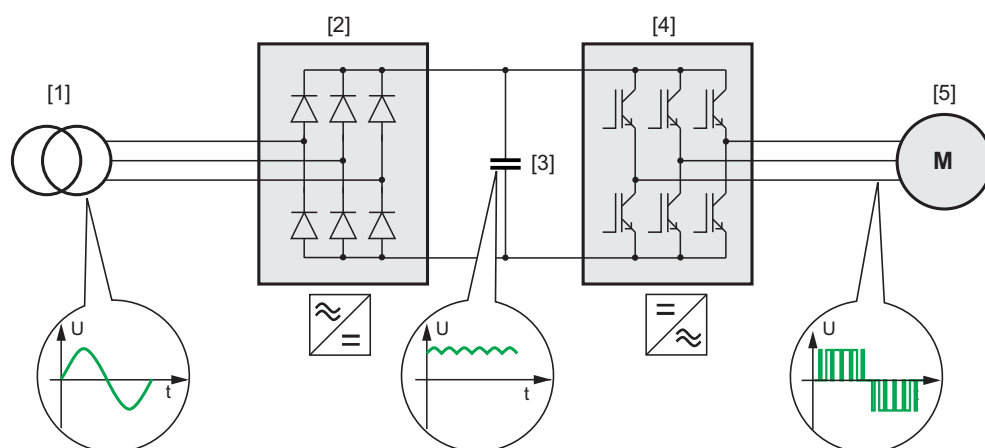
1.3 EMV-Aspekte des Frequenzumrichters

Frequenzumrichter sind im industriellen Umfeld inzwischen weit verbreitet. Sie wandeln die vom Netz in Form von Strom und Spannung eingespeiste Energie in eine für die gewünschte Antriebsfunktion geeignete Form. Der Wirkungsgrad sollte dabei, wie bei jedem Energiewandler, möglichst groß sein.

Aufgrund dieser Grundfunktion ergeben sich spezielle EMV-Aspekte, die im Folgenden beschrieben werden.

1.3.1 Grundprinzip

Das folgende Bild zeigt das Prinzipschaltbild eines Frequenzumrichters mit Gleichspannungs-Zwischenkreis.



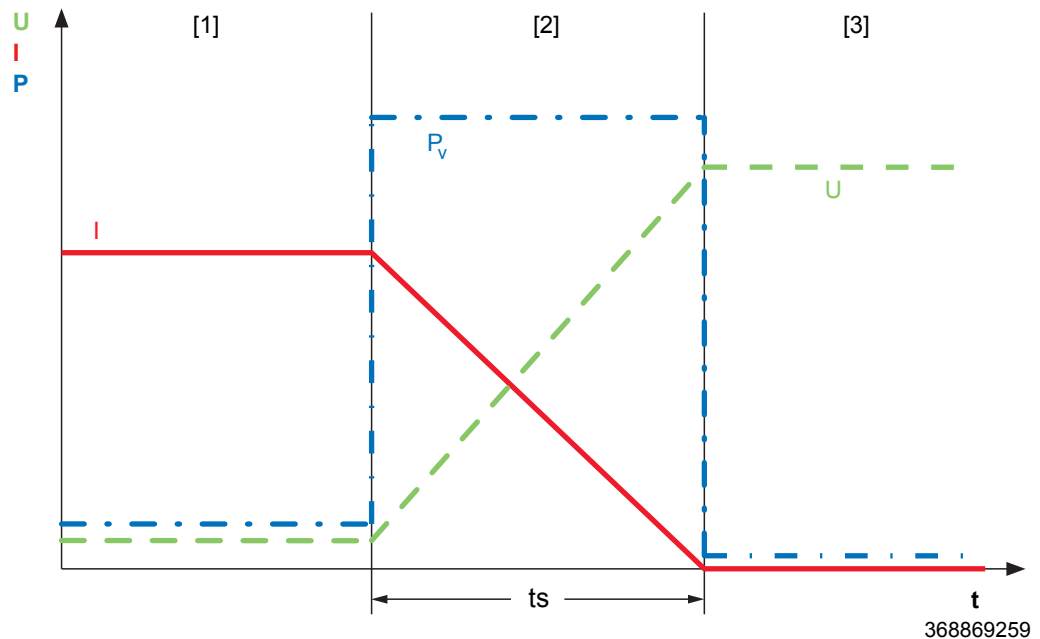
234593419

- [1] Wechselspannungsquelle
- [2] Gleichrichter
- [3] Zwischenkreiskondensator
- [4] Wechselrichter
- [5] Motor

Ein Frequenzumrichter erzeugt aus der sinusförmigen Netzwechselspannung eine Ausgangsspannung, deren Amplitude und Frequenz in einem weiten Bereich verstellt werden kann. Dazu wird die Netzspannung zu der sogenannten Zwischenkreis-Spannung gleichgerichtet. Der Wechselrichter erzeugt aus dieser Zwischenkreis-Spannung eine getaktete Ausgangsspannung. Ein Regler variiert die Pulsbreite der Taktung so, dass sich an der Induktivität des Motors ein annähernd sinusförmiger Strom einstellt (Pulsweiten-Modulation = PWM).

Die verschiedenen Komponenten des Frequenzumrichters erzeugen unterschiedliche EMV-Phänomene. Neben den Auswirkungen von Netzgleichrichter und Zwischenkreiskondensator, die ebenso in den meisten handelsüblichen Elektronikgeräten verwendet werden, erzeugt vor allem der Wechselrichter umrichtertypische Effekte. Seine Ausgangsspannung setzt sich aus einer Reihe von Takten unterschiedlicher Breite zusammen, die mit einer festen Taktfrequenz wiederholt werden. Die einzelnen Takte werden durch ihre Spannungshöhe, ihre Pulsbreite und ihre Flankensteilheit charakterisiert. Dabei kommt der Steilheit und der Häufigkeit ihrer Schaltflanken eine besondere Bedeutung zu, nicht nur für die Verluste und damit dem Wirkungsgrad, sondern auch für die elektromagnetische Verträglichkeit.

Das folgende Bild zeigt die 3 Schaltzustände des Wechselrichters und die Schaltflanken für Spannung und Strom:



- U Spannung am Schalter des Wechselrichters
- I Strom durch den Schalter des Wechselrichters
- P_V Verlustleistung am Schalter
- t_s Schaltdauer

Schaltzustände

- [1] Der Schalter ist geschlossen. Trotz des hohen Betriebsstroms ergibt der geringe Spannungsfall eine geringe Verlustleistung.
- [2] Während des Umschaltens treten am Schalter nennenswerte Spannungen und Ströme gleichzeitig auf. In diesem Schaltzustand treten hohe Verlustleistungen auf.
- [3] Bei offenem Schalter liegt eine hohe Spannung an. Aufgrund des vernachlässigbaren Stroms sind die Verluste jedoch auch vernachlässigbar.

Um die Verluste im Wechselrichter gering zu halten, muss das Umschalten schnell erfolgen, mit anderen Worten, die Schaltdauer möglichst kurz und die Flankensteilheit möglichst groß sein. Außerdem sollte eine geringe Umschalt-Häufigkeit angestrebt werden, was durch eine kleine Taktfrequenz erreicht wird. Dem steht jedoch die Genauigkeit der Motorstromregelung gegenüber, die mit höheren Taktfrequenzen zunimmt. Moderne Umrichter zeichnen sich durch kurze Schaltzeiten und hohe Taktfrequenzen aus, um dynamische Antriebsaufgaben lösen zu können und den Anforderungen nach kleineren Bauformen, die geringe Umrichterverluste voraussetzen, gerecht zu werden.

In Hinsicht auf das EMV-Verhalten eines Frequenzumrichters führen hohe Flankensteilheiten und Taktfrequenzen zu einer erhöhten Störaussendung (siehe Kapitel "Störaussendung durch Wechselrichter-Taktung"). Diese Störaussendung muss durch EMV-Maßnahmen im Umrichter und seiner direkten Umgebung beherrscht werden.

Der Hersteller muss aus diesen Anforderungen einen Kompromiss für seinen Frequenzumrichter wählen. Dabei muss er berücksichtigen, dass moderne Leistungs Halbleiter nicht beliebig langsam geschaltet werden können.



In der Praxis werden am Umrichterausgang (Wechselrichter) Spannungen von mehreren 100 V in Zeiten von deutlich unter 1 μ s periodisch geschaltet.

Fazit

Bezüglich des Schaltverhaltens des Wechselrichters gelten zusammengefasst folgende Bedingungen:

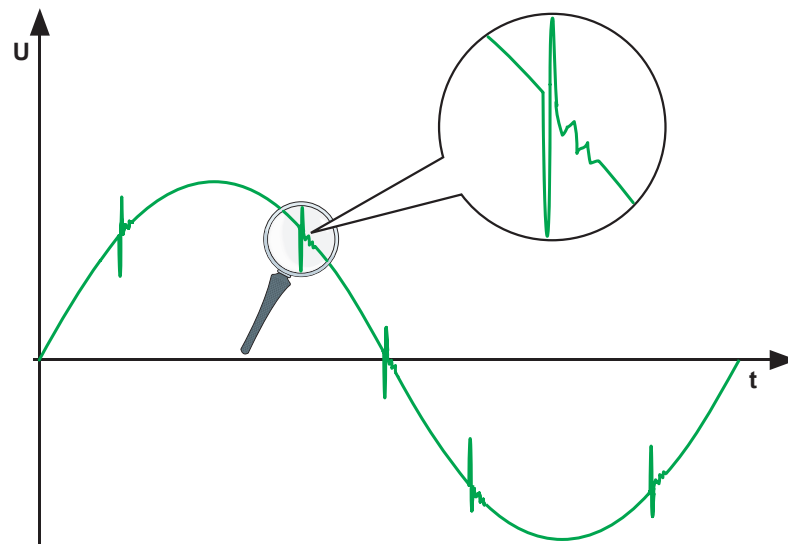
- Zur Minimierung der Verlustleistung am Transistor werden kurze Schaltzeiten und kleine Taktfrequenzen angestrebt.
- Zur Minimierung der Störaussendung am Transistor werden lange Schaltzeiten und kleine Taktfrequenzen angestrebt.
- Um eine geringe Stromwelligkeit zu erreichen, werden aus regelungstechnischen Gründen höhere Taktfrequenzen angestrebt.

1.3.2 Kommutierung

Ein Frequenzumrichter verfügt im Netzeingang über einen Gleichrichter. Die Dioden des Gleichrichters übernehmen abwechselnd den Stromfluss in den Frequenzumrichter. Dabei kann es beim Wechsel (Kommutierung) zu einem kurzzeitigen Kurzschluss der Netzphasen kommen, weil eine Diode noch nicht sperrt, während die folgende Diode schon leitet.

Bei Frequenzumrichtern mit ungesteuerter Diodenbrücke kann dieser Effekt aufgrund der sehr kurzen Sperrverzugszeit der verwendeten Netzdioden vernachlässigt werden.

Ein Sonderfall sind Geräte mit blockförmiger Rückspeisung. Diese können beim Betrieb an hohen Netzimpedanzen zyklische Spannungseinbrüche verursachen, die zu Verzerrungen der Netzspannung führen.



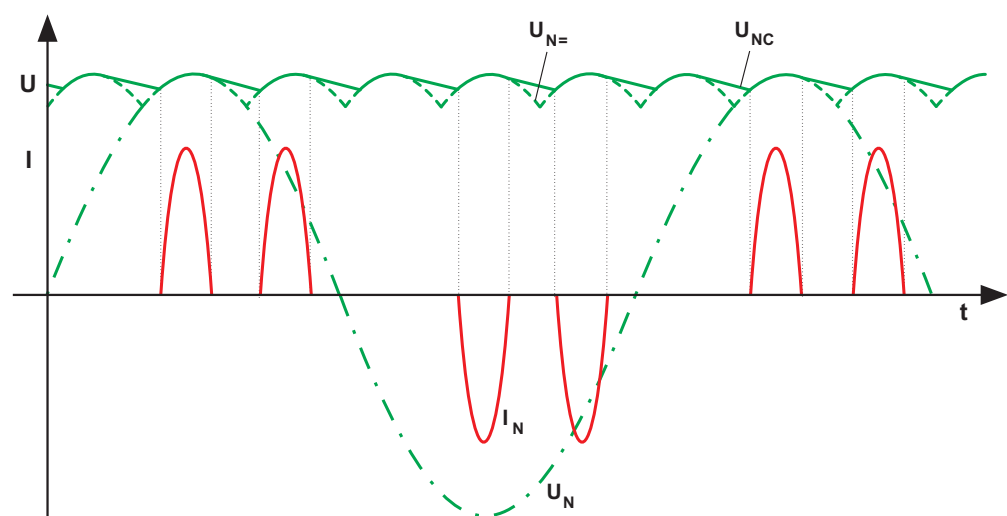
237116043

1.3.3 Netzüberschwingungen

Die Verwendung eines Gleichrichters am Umrichtereingang führt zu einer nicht sinusförmigen Stromaufnahme.

Der Zwischenkreiskondensator zur Energiepufferung kann nur vom Netz nachgeladen werden, wenn der Momentanwert der Netzspannung über dem Momentanwert der Zwischenkreis-Spannung liegt. Dadurch kommt es zu einem lückenden Stromfluss. Die nicht sinusförmige Stromform setzt sich gemäß der Fourierzerlegung aus sinusförmigen Stromanteilen zusammen, deren Frequenz ein Mehrfaches der Netzfrequenz beträgt. Diese sogenannten Stromüberschwingungen führen durch den Spannungsfall an der Netzimpedanz zu einer Verzerrung der Netzspannung.

Das folgende Bild zeigt den resultierenden Netzstrom für große Zwischenkreis-Kapazitäten.



234657291

I_N Netzstrom
 U_N Netzspannung Phase-Phase
 $U_{N=}$ gleichgerichtete Netzspannung
 U_{NC} Spannung am Zwischenkreiskondensator

In der Praxis werden unterschiedliche Zwischenkreis-Technologien angewandt, die in unterschiedlichem Maße Stromüberschwingungen hervorrufen. Die folgende Tabelle vergleicht beispielhaft die niederfrequenten Oberschwingungs-Anteile von Umrichtern mit großen (Elektrolyt-Kondensatoren) und kleinen Zwischenkreis-Kapazitäten ("schlanker Zwischenkreis"):

Ober-schwingung	Umrichter mit Elektrolyt-Kondensatoren	Umrichter mit Elektrolyt-Kondensatoren und Netzdrossel	SEW-Umrichter mit "schlankem" Zwischenkreis
5.	86 %	42 %	25 %
7.	72 %	17 %	13 %
11.	42 %	8 %	9 %

Die Tabelle zeigt die Vorteile moderner Frequenzumrichter mit schlankem Zwischenkreis, die bei gleicher Ausgangsleistung bis zu 20% geringere Netzströme mit deutlich geringerer Oberschwingungsbelastung aufweisen.

Fazit

Bei modernen Frequenzumrichtern mit schlankem Zwischenkreis von SEW-EURODRIVE sind die Stromüberschwingungen im Netzstrom bereits so weit gesenkt, dass üblicherweise keine Netzdrossel notwendig ist.



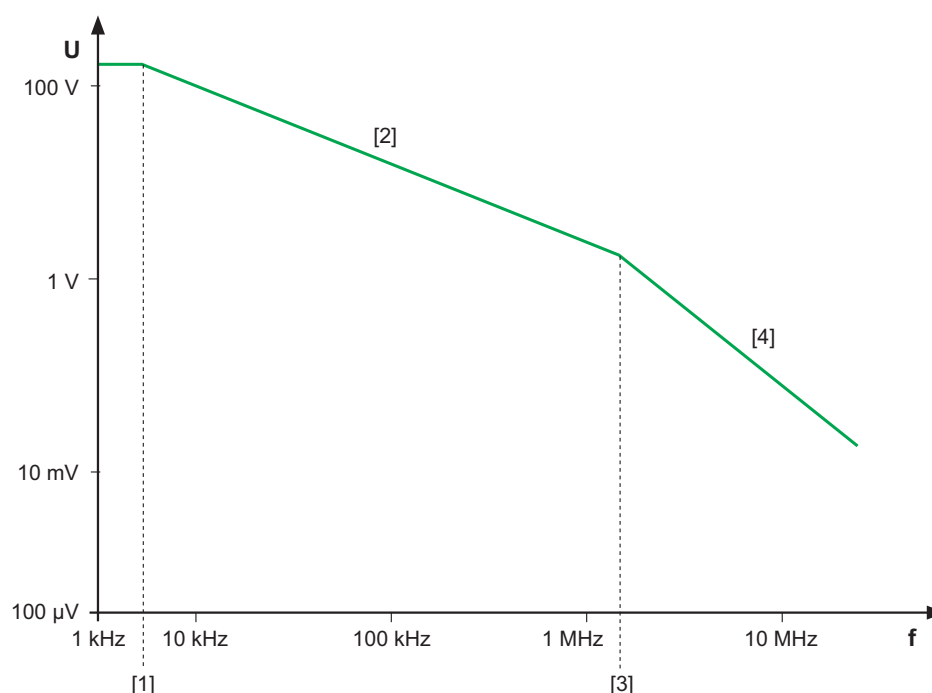
1.3.4 Störaussendung durch Wechselrichter-Taktung

Dieses Kapitel beschreibt die Auswirkungen der umrichtertypischen Taktung des Wechselrichters. Die Taktung zeichnet sich aus durch:

- die Spannungshöhe (typisch einige hundert Volt)
- die Taktfrequenz (typisch einige Kilohertz)
- kurze Schaltdauern (typisch einige hundert Nanosekunden)

Wenn man einen einzelnen Taktimpuls im Zeitbereich als Trapezimpuls betrachtet, kann man durch Fouriertransformation sein Amplitudendichtespektrum ableiten. Damit kann man abschätzen, welche Störampplituden im hohen Frequenzbereich auftreten.

Das folgende Bild zeigt die Hüllkurve des Frequenzspektrums der Ausgangsspannung eines Frequenzumrichters:



234630539

- [1] Taktfrequenz des Frequenzumrichters
- [2] Amplitude fällt proportional zu $1/f$
- [3] Kehrwert der Schaltdauer
- [4] Amplitude fällt proportional zu $1/f^2$

In Abhängigkeit von der Schaltdauer der Leistungshalbleiter im Wechselrichter hat die Ausgangsspannung hochfrequente Störanteile mit Amplituden von einigen Millivolt bis in den Frequenzbereich um 100 MHz.

Die Auswirkungen dieser hochfrequenten Störanteile der Ausgangsspannung können empfindliche Systeme in Form von Störspannung, Störstrom oder Störstrahlung beeinflussen. Um dies zu vermeiden, fordern die entsprechenden EMV-Normen eine Begrenzung der Störaussendung. Hierbei wird z. B. die leitungsgebundene Störaussendung im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz in Form von Störspannung auf der Netzzuleitung gemessen. Ab 30 MHz wird die Störstrahlung des Systems, bestehend aus Frequenzumrichter, Motor und angeschlossenen Leitungen mit Hilfe von Antennen erfasst. Dabei sind beispielsweise im Frequenzbereich bis weit über 1 MHz je nach angewendetem Grenzwert lediglich Störspannungen von einigen Millivolt zulässig.

Beim Vergleich dieser Grenzwerte mit dem Störfrequenzspektrum im obigen Bild wird deutlich, dass Maßnahmen zur Reduktion der Störaussendung notwendig sind. Ohne Schirm- oder Filtermaßnahmen kann es dazu führen, dass die für das Einsatzgebiet gültigen Störaussendungs-Grenzwerte überschritten werden und Störungen in die Umgebung und auf benachbarte Leitungen koppeln.

Die Höhe und der Frequenzgehalt dieser Störungen hängen von vielen Faktoren ab, insbesondere von:

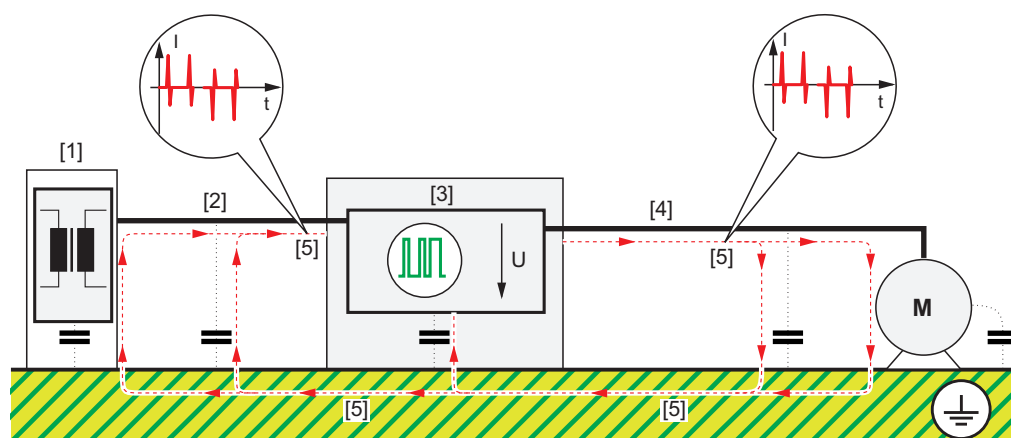
- der Art der verwendeten Leitungen und deren Verlegung
- den Erdungsverhältnissen und -impedanzen
- und der Geometrie des installierten Systems

Die Hersteller von Frequenzumrichtern bieten üblicherweise angepasste Filter für ihre Umrichter an, mit denen die Einhaltung der angegebenen Grenzwerte an typischen Aufbauten nachgewiesen wurden.

1.3.5 Ableitströme durch Wechselrichter-Taktung

Einen besonderen Aspekt der vom Wechselrichter erzeugten Störaussendungen stellen Ableitströme dar. Sie entstehen, weil die kapazitiven Strukturen am Umrichter Ausgang durch die Taktung umgeladen werden. Es handelt sich dabei nicht um Fehlerströme, die von einem Fehlerstrom-Schutzschalter (FI) erfasst werden müssen, sondern um betriebsbedingte Umladeströme, die vor allem in den Isolationen der Motorzuleitung und des Motor entstehen.

Das folgende Prinzipschaltbild zeigt die Ableitströme gegen Erde, die vom Frequenzumrichter erzeugt werden:



234636939

- [1] Netztransformator
- [2] Netzzuleitung
- [3] Frequenzumrichter
- [4] Motorzuleitung
- [5] Ableitstrom

Da in den meisten Fällen nicht vorhergesehen werden kann, wie die Ableitströme durch das Schutzleiter- und Erdsystem zur Quelle im Frequenzumrichter zurückfließen, wird auch von vagabundierenden Ableitströmen gesprochen. Dabei besteht das Risiko, dass sie in empfindliche Stromkreise einkoppeln und dort Störungen verursachen.

Umladestromspitzen und Ableitströme sind abhängig von:

- der Leitungslänge
- dem Leitungstyp (z. B. geschirmt, niederkapazitive Leitung)
- der Anzahl der parallel verlegten Leitungen
- der Größe der Motoren
- der Anzahl der parallel geschalteten Motoren

Fazit

Für den EMV-gerechten Betrieb eines Frequenzumrichters ist es deshalb wichtig, die Schutzleiter durch ein hochfrequenztaugliches Potenzialausgleichssystem zu ergänzen, das die kontrollierte und damit sichere Ableitung dieser Störströme gewährleistet.

Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang auch, die Ausgangsleitungen so kurz und niederkapazitiv wie möglich zu projektieren. Optimal wird dies in der dezentralen Umrichtertechnik umgesetzt, bei der die Ausgangsleitungen durch direkte Montage des Frequenzumrichters auf dem Motor ersatzlos entfallen.

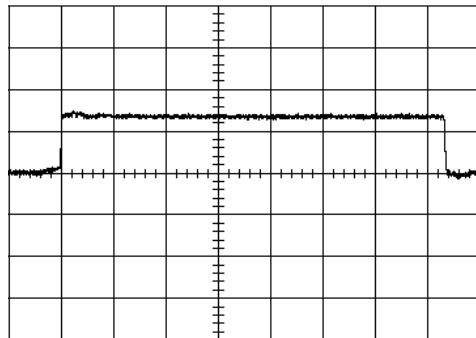
1.3.6 Spannungsbelastung des Motors durch Wechselrichter-Taktung

Die nahezu rechteckförmige Spannung am Umrichterausgang wird in der Praxis über die Motorzuleitung unterschiedlichster Länge dem Motor zugeführt. Die aus der Hochfrequenztechnik bekannten Effekte der Reflexion und Signallaufzeit können zu Überspannungen am angeschlossenen Motor führen.

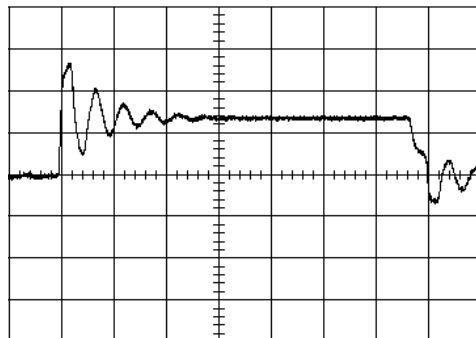
Prinzipiell stellt der Motor durch seinen induktiven Charakter eine nichtangepasste Abschlussimpedanz für die Motorzuleitung dar. Dadurch können an seinen Anschlussklemmen Reflexionen mit der doppelten Amplitude der Umrichterausgangsspannung auftreten.

Die Signallaufzeit einer Umrichtertaktflanke wird hauptsächlich durch den Aufbau und die Länge der Motorzuleitung bestimmt. Wenn während dieser Signallaufzeit weitere Umrichtertaktflanken in die Motorzuleitung eingespeist werden, können Überlagerungen zwischen den hin- und zurücklaufenden Signalen auftreten. Wenn diese Überlagerungen unter ungünstigen Bedingungen an den Motorklemmen auftreten, kann dort mehr als die doppelte Amplitude der Umrichterausgangsspannung gemessen werden.

Die folgenden Oszilloskop-Bilder zeigen beispielhaft die Spannungsverläufe an den Enden der Motorzuleitung:



Spannungsverlauf
am Ausgang des Frequenzumrichters



Spannungsverlauf
an der Motorklemme

Aufgrund der vielfältigen Faktoren ist es in der Praxis oft nicht möglich, vorher genau zu bestimmen, ob eine konkrete Konstellation zu Überspannungen am Motor führt. Deshalb sind Motoren, die für den Umrichterbetrieb bestimmt sind, zu empfehlen. Für Motoren, die nicht für den Umrichterbetrieb geeignet sind, können jedoch Filtermaßnahmen notwendig sein, siehe Kapitel "Filterung" (Seite 22).



1.4 Filterung

1.4.1 Netzdrossel

Eine Netzdrossel ist ein passives induktives Bauelement. Sie besteht aus einem oder mehreren Kupfer- oder Aluminiumwickeln durch die der komplette Laststrom des angeschlossenen Verbrauchers fließt. Diese Wickel sind meistens auf einem Kern aus weichmagnetischem Material angeordnet. Durch die Art des Kernmaterials und den Aufbau des Wickels werden die Eigenschaften der Netzdrossel festgelegt (z. B. Induktivität, Streuinduktivität, Verlauf der Induktivität über der Frequenz, Strombelastbarkeit, Verluste).

Netzdrosseln werden in der Regel in Reihe vor den Verbraucher geschaltet. Sie sind ein wirksames Hilfsmittel zur Bekämpfung einer ganzen Reihe von EMV-Phänomenen.

Oberschwingungen

Netzdrosseln verringern die Netzurückwirkungen, die durch Oberschwingungsströme (siehe Kapitel "Netz Oberschwingungen" (Seite 17)) oder andere niederfrequente Störungen entstehen können. Bei Frequenzumrichtern mit schlankem Zwischenkreis sind die Oberschwingungen aber in der Regel so gering, dass auf den Einsatz einer Netzdrossel verzichtet werden kann. Bei 1-phasigen Geräten oder Geräten mit einem dicken Zwischenkreis ist es dagegen gebräuchlich eine Netzdrossel zu verwenden. Die Größe ist dabei abhängig von der Netzimpedanz und der Leistung des Frequenzumrichters. Üblich sind Drosseln mit u_k -Werten von ca. 2 – 4%.

Kommutierungseinbrüche

Kommutierungseinbrüche entstehen, wenn während des Übergangs des Stromflusses, von einem Ventil zum anderen, beide Ventile leitend sind, siehe Kapitel "Kommutierung" (Seite 16). Dieser kurzzeitige "Kurzschluss" zweier Phasen führt zu hohen Strömen, die nur durch die Netzimpedanz begrenzt sind und dementsprechend einen hohen Spannungseinbruch zur Folge haben. Durch das Vorschalten einer Netzdrossel kann die wirksame Netzimpedanz erhöht werden und dadurch der Stromfluss / Spannungseinbruch begrenzt werden. Bei Frequenzumrichtern mit passiver Diodenbrücke sind Kommutierungseinbrüche nahezu vernachlässigbar gering. Lediglich bei Geräten, die über einen geregelten Netzgleichrichter oder Rückspeisefähigkeit (Active-Front-End-Umrichter) verfügen, werden diese Kommutierungsdrosseln noch benötigt.

Einschaltstromspitzen

Das Aufladen eines Zwischenkreiskondensators kann, je nach Kapazität, zu einem beträchtlichen Einschaltstoßstrom führen. Diese Einschaltstromspitzen können in den, dem Stromzweig vorgelagerten Bauelementen, zu erhöhtem Verschleiß führen (z. B. Verkleben von Netzschützen). Eine Netzdrossel wirkt, bedingt durch ihr induktives Verhalten, glättend auf diese Stromspitzen und reduziert dadurch ihre Amplituden.

Überspannungen

Durch Schalthandlungen, Kurzschlüsse im Netz oder indirekte Blitzeinschläge können energiereiche Überspannungsimpulse entstehen. Diese Überspannungen können die maximal zulässige Spannung der Leistungshalbleiter überschreiten und diese dadurch überlasten. Eine vorgeschaltete Netzdrossel verringert den Strom, der durch den Überspannungsimpuls hervorgerufen wird. Durch den daraus folgenden Spannungsfall reduziert die Netzdrossel die an den Geräteklemmen anstehende Spannung.



1.4.2 Netzfilter

Ein Netzfilter reduziert die Störaussendung über die Netzzuleitung, die der Umrichter prinzipbedingt erzeugt. Es dient hauptsächlich zur Einhaltung von Störspannungsgrenzwerten im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz am Netzanschluss. Darüber hinaus dämpft ein Netzfilter die Störungen, die vom Netz in Richtung Umrichter fließen.

Installation

Im Netzfilter sind Induktivitäten und Kapazitäten so verschaltet, dass sie die vom Umrichter erzeugten Störungen zur Störquelle zurückführen, ohne das Versorgungsnetz zu belasten. Dabei ist der hochfrequenztaugliche Aufbau der Filterschaltung enorm wichtig. Dies gilt auch für die Anbindung der Schaltung an das Filtergehäuse, das die Bezugsmasse bildet. Funkentstör-Kondensatoren im Umrichter sorgen dafür, dass die Störquelle mit dieser Bezugsmasse verbunden werden kann. Dafür muss durch das Filtergehäuse und das Umrichtergehäuse eine gemeinsame Bezugsmassefläche gebildet werden. Im Schaltschrank geschieht dies am besten unter Einbeziehung der Montageplatte.

Dieser Aufbau ermöglicht es, dass die hochfrequenten Störungen durch das Filter sicher zur Quelle zurückgeleitet werden können. Die Wirksamkeit des Netzfilters hängt also in entscheidendem Maße von der hochfrequenztauglichen Ausführung der Bezugsmassefläche bei der Installation ab.

Auslegung

Die Auswahl des Netzfilters erfolgt nach Empfehlung des Komponentenherstellers, der die Einhaltung von Grenzwerten anhand typischer Konstellationen nachgewiesen hat. Ein Nachweis für die Vielzahl der möglichen Kombinationen von Netzverhältnissen, Netzfiltern, Umrichtern, Motorzuleitungen und Motoren ist normativ nicht vorgesehen.

Es ist nicht empfehlenswert, Netzfilter anhand von Dämpfungskurven auszuwählen, weil diese nur für idealisierte Messbedingungen gelten und in der konkreten Anlage gravierend abweichen können.

Statt eines Netzfilters pro Umrichter kann auch ein gemeinsames Netzfilter für den gesamten Schaltschrank verwendet werden. Dieses muss dann für den Summenstrom ausgelegt sein und wird üblicherweise für die Applikation eingemessen, da nach dem Stand der Technik keine allgemeingültige Aussage über die Einhaltung von Grenzwerten gegeben werden kann.

Verwendung

Der Einsatz von Netzfiltern empfiehlt sich unter folgenden Anforderungen:

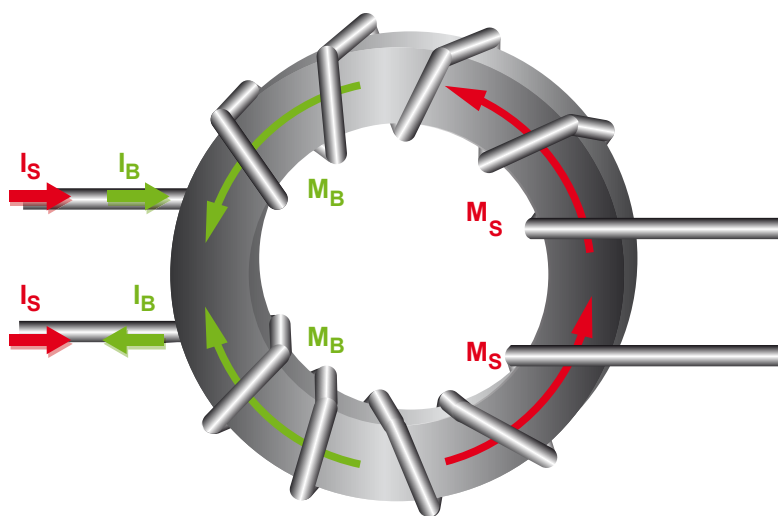
- Reduzierung der Störaussendung über die Netzzuleitung
- Einhaltung von Grenzwerten
- Reduzierung von Potenzialausgleichsströmen
- Verringerung von Ableitströmen bei großen Motorzuleitungslängen



1.4.3 Ausgangsdrossel

Eine Ausgangsdrossel reduziert als kostengünstige Maßnahme das Störpotenzial auf der Motorzuleitung des Umrichters. Sie dämpft die hochfrequenten Ableitströme, die die Wechselrichter-Taktung verursacht. Als Alternative zum Motorleitungsschirm kann sie die Abstrahlung der Motorzuleitung wirkungsvoll verringern, so dass die normativen Grenzwerte eingehalten werden können.

Eine sogenannte stromkompensierte Drossel ergibt sich, wenn die 3 Adern der Motorzuleitung gleichsinnig auf einen geeigneten Magnet-Ringkern gewickelt sind. Das Wirkprinzip der stromkompensierten Drossel lässt sich vereinfacht mit dem folgenden Bild erklären:



237098123

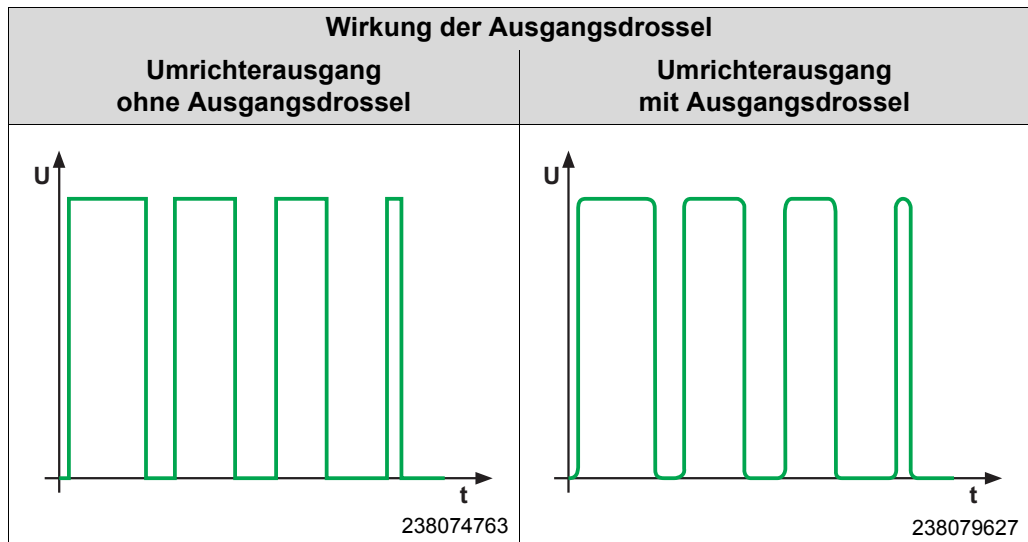
I_S Störstrom
 I_B Betriebsstrom

M_S vom Störstrom induziertes Magnetfeld
 M_B vom Betriebsstrom induziertes Magnetfeld

Die Magnetfelder, die der Betriebsstrom im Kern erzeugt, heben sich gegenseitig auf, so dass für den Betriebsstrom keine Induktivität wirksam ist. Lediglich Störströme, die z. B. über das Erdsystem abfließen, erzeugen im Kern ein wirksames Magnetfeld, das die Störströme bedämpft. Dieses vereinfachte Prinzip gilt auch in einem 3-phasigen System mit symmetrischen Betriebsströmen, wie es im Fall der Ausgangsdrossel vorliegt. Der Magnetkreis der stromkompensierten Drossel wird dabei nur durch das Magnetfeld der Stör- oder Ableitströme belastet, der Betriebs- oder Ausgangsstrom bleibt ohne Einfluss auf den Magnetkreis. Dies ermöglicht kompaktere Bauformen, als es mit 3 einzelnen Längsdrosseln möglich wäre, die für den Ausgangsstrom ausgelegt werden müssen.

Durch geeignete Materialwahl stellt die Ausgangsdrossel eine sehr hohe HF-Impedanz dar und dämpft dadurch Ableitströme und Überschwinger der Ausgangsspannungen.

Der Einfluss der Ausgangsdrossel auf die Umrichter-Ausgangsspannung lässt sich schematisch folgendermaßen darstellen:



Da die Ausgangsdrossel für die Betriebsströme eine vernachlässigbare Impedanz darstellt, ist der Spannungsfall an der Drossel vernachlässigbar. Sie ist auch für den Einsatz in stromgeregelten Antrieben geeignet.

Die Ausgangsdrossel dämpft im Gegensatz zum Ausgangsfilter nur die HF-Komponenten und nicht die Taktfrequenz. Somit kann sie nicht zur Geräuschfilterung und zur Verlängerung der zulässigen Leitungslängen z. B. bei Gruppenantrieben eingesetzt werden.



1.4.4 Ausgangsfilter

Ein Ausgangsfilter wandelt die rechteckförmige Ausgangsspannung des Umrichters in eine nahezu sinusförmige Ausgangsspannung.

Das folgende Bild zeigt die Spannung am Motoreingang mit und ohne Ausgangsfilter:



237376395

Das Ausgangsfilter ist ein 3-phasiges symmetrisches LC-Filter, das als Tiefpass funktioniert. Die tiefe Motorfrequenz wird ungedämpft durchgeleitet, während die hohen Taktfrequenzen gefiltert werden. Die darin verwendeten Längsinduktivitäten müssen gemäß dem Motorstrom ausgelegt werden, was zu großen Bauformen führt.

U_Z-Anbindung

Als Schaltungsvariante ist eine Verbindung der Filterkondensatorstufe mit dem Zwischenkreis des Umrichters möglich. Dadurch werden die Entstörkondensatoren des Umrichters in die Ausgangsfilterschaltung eingebunden. Dies verbessert die Filterwirkung gegenüber dem Erdpotenzial. Die Rückführung der Wechselrichter-Ausgangssignale zum Zwischenkreis hat einen erhöhten Stromfluss durch das Filter zur Folge, der bei der Projektierung zu berücksichtigen ist.

Die Grundfunktion des Ausgangsfilters hat Einfluss auf folgende Aspekte:

Umladestromspitzen und Ableitströme

Die rechteckförmige Ausgangsspannung ruft in der Motorzuleitung und der Motorwicklung Umladestromspitzen und Ableitströme hervor. Diese belasten (speziell bei langen oder geschirmten Leitungen und bei Gruppenantrieben) die Transistoren im Wechselrichter. Deshalb müssen die Umladestromspitzen und Ableitströme bei der Projektierung berücksichtigt werden. Darüber hinaus stellen vagabundierende Ableitströme eine häufige Störungsursache dar.

Beim Einsatz eines Ausgangsfilters werden diese Ströme erheblich gedämpft, weil dort die Ausgangsspannung sinusförmig ist.

Überspannungsspitzen

Wenn durch die Motorzuleitung Überspannungsspitzen an den Motorklemmen entstehen, kann die Wechselrichter-Taktung übermäßige Spannungsbelastungen des Motors verursachen. Ein Ausgangsfilter verhindert das Einspeisen von Taktpulsen in die Motorzuleitung und damit die Ursache der Überspannungsspitzen. Dadurch wird die Belastung der Motorisolation reduziert und es ist möglich, Motoren mit unzureichender Spannungsfestigkeit am Umrichter zu betreiben.

Der Einsatz empfiehlt sich:

- bei Fremdmotoren, die nicht für Umrichterbetrieb geeignet sind
- bei langen Motorzuleitungen

Geräuschminderung am Motor

Die rechteckförmige Umrichter-Ausgangsspannung erzeugt einen taktfrequenten Anteil im Motorstrom, der durch Magnetostriktion Geräusche im Motor hervorruft. Wenn diese Geräusche unangenehm empfunden werden, kann ein Ausgangsfilter Abhilfe schaffen. Das Ausgangsfilter glättet den taktfrequenten Anteil des Motorstroms und reduziert dadurch das Geräusch am Motor. Da der Strom im Ausgangsfilter jedoch in jedem Fall taktfrequente Anteile enthält, tritt an den Filterdrosseln eine starke Magnetostriktion auf, die zu deutlichen Geräuschen führen kann.

Die Geräusche können auch durch Erhöhung der Wechselrichter-Taktung reduziert werden. Die Installationshinweise des Herstellers müssen dabei beachtet werden.

Funkentstörung

Durch die Filterung der taktfrequenten Ausgangssignale des Umrichters wird die Abstrahlneigung der ungeschirmten Motorzuleitung ebenfalls gedämpft. Bei geeigneter Auslegung des Ausgangsfilters durch den Hersteller ist die Einhaltung von Funkentstörgrenzwerten mit langen, ungeschirmten Motorzuleitungen möglich. Durch die Reduktion der Ableitströme wird darüber hinaus das Netzfilter entlastet und die Störaussendung auf der Netzseite zusätzlich reduziert. Die Installationshinweise des Herstellers müssen dabei beachten werden.

Einschränkungen beim Einsatz von Ausgangsfiltern

Der Einsatz eines Ausgangsfilters ist nicht in jedem Fall möglich. Durch die zusätzliche Filterstromkomponente muss der Umrichter bei Bedarf größer dimensioniert werden und der Einsatz in stromgeregelten Anwendungen ist ausgeschlossen. An der Filterdrossel fällt proportional zur Ausgangsfrequenz ein Teil der Ausgangsspannung ab. Dies führt besonders im Feldschwächebetrieb zu einer unzulässigen Reduktion des Motor-Kippmoments.

- Ausgangsfilter dürfen nicht bei Hubwerken eingesetzt werden.
- Mit Ausgangsfiltern ist keine Fangfunktion möglich.

Gegen Erde auftretende, kapazitive Belastungen am Ausgang des Filters können ein Resonanzverhalten bewirken, wenn sie ein gewisses Maß überschreiten. Dies ist z. B. bei geschirmten Motorzuleitungen von mehr als 20 m Länge oder bei Gruppenantrieben der Fall. Dabei bilden sich hochfrequente Schwingungen zwischen diesen Kapazitäten und den Filterdrosseln aus. Die dadurch entstehenden Eisenverluste in den Drosseln können zur thermischen Überlastung des Ausgangsfilters führen. Durch Verwendung von ungeschirmten Motorzuleitungen oder Anwendung der Schaltungsvariante U_Z -Anbindung wird dieser Effekt verhindert.



1.5 Potenzialausgleich

Wie im Kapitel "Leitungskapazität" (Seite 11) erläutert, besitzt jeder elektrische Leiter Parasitärkapazitäten zu benachbarten Leitungen und zur Erde. Jede Spannungsänderung, z. B. durch Schalthandlungen, verursacht das Umladen dieser Parasitärkapazitäten. Die Umladeströme machen sich als Potenzial-Ausgleichsströme bemerkbar, die über das Erdsystem und die leitfähigen Teile in der gesamten Anlage fließen können (sogenannte "vagabundierende Ableitströme"). Diese Ströme fließen zur Spannungsquelle, z. B. zum Frequenzumrichter, zurück und verursachen einen Spannungsfall entlang der elektrischen Leiter. Dieser Spannungsfall stellt eine Störspannung dar, die sich den Nutzspannungen überlagern kann und so an empfindlichen Systemen Störungen hervorruft.

Die Größe der Störspannung ist proportional

- zur Parasitärkapazität
- zur Spannungssteilheit des Schaltvorgangs
- zur Impedanz des Potenzialausgleichs.

Die Parasitärkapazität kann durch die Auswahl und Verlegung der Anschlussleitungen beeinflusst werden. Die Spannungssteilheit des Schaltvorgangs kann durch die Filterung der Störquelle verringert werden.

Aufgrund der Vielzahl der meist vorhandenen Störquellen und Koppelwege ist in der Praxis üblicherweise die Minimierung der Impedanz des Potenzialausgleichs die effektivste und kostengünstigste Maßnahme zur Verbesserung der EMV. Der Potenzialausgleich trägt den überwiegenden Anteil des Störstroms und entlastet somit die elektrischen Leitungen der empfindlichen Systeme. Dazu muss die HF-Impedanz des Potenzialausgleichs deutlich kleiner sein als die HF-Impedanz der elektrischen Leitungen.

Aus Gründen der elektrischen Sicherheit müssen alle elektrisch leitfähigen Teile einer Anlage niederohmig mit dem Schutzleiter verbunden werden. Es bietet sich deshalb an, die mechanische Konstruktion und vor allem den metallischen Kabelkanal als großflächigen und damit auch für die Hochfrequenz niederohmigen Potenzialausgleich parallel zu den elektrischen Leitungen zu verwenden. Die gängigsten Maßnahmen werden im Kapitel "EMV-gerechte Installation in der Praxis" beschrieben.

1.6 Leitungsverlegung

1.6.1 Charakterisierung der Leitungen unter EMV-Gesichtspunkten

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Leitungstypen, die sich in ihren EMV-Eigenschaften stark unterscheiden. Die Leitungstypen lassen sich wie folgt charakterisieren:

Leitungstyp	Eigenschaft
Einzeladern	Einzeladern bieten keinen EMV-Schutz. Das EMV-Verhalten kann durch gemeinsame Verlegung von Hin- und Rückleiter und durch einen großen Abstand zu benachbarten Leitungen optimiert werden.
Geschirmte Einzeladern	Geschirmte Einzeladern sind im industriellen Umfeld unüblich. Sie werden hauptsächlich zur Übertragung von hochfrequenten, breitbandigen Signalen (Koaxialleitung) verwendet. Durch die Verwendung des Schirms als Rückleiter werden Nutzsignale in das Schirmsystem eingespeist, was - vor allem bei Mehrleitersystemen - zu asymmetrischen Störströmen führt. Außerdem weisen derartige Leitungen hohe Leitungskapazitäten auf, die zu hohen Umladeströmen führen.
Verdrillte Aderpaare	Verdrillte Aderpaare bieten einen guten Schutz gegen magnetische Störfelder. Sie bieten jedoch keinen Schutz gegen elektrische Felder.
Mehradrige Leitungen	Leitungen z. B. Mantelleitungen bieten einen guten Schutz gegen magnetische Störfelder. Sie bieten jedoch keinen Schutz gegen elektrische Felder. Der minimale Abstand zwischen den Adern in der Leitung führt jedoch zu maximalen Kopplungseffekten zwischen den Adern. Die Signalübertragung kann kritisch sein, wenn Signale mehrerer Stromkreise in einer Leitung geführt werden. Besonders kritisch ist die Signalübertragung, wenn die Signale unterschiedlichen Leitungsgruppen angehören.
Geschirmte Leitung	Geschirmte Leitungen bieten bei fachgerechter Ausführung einen guten Schutz gegen magnetische und elektrische Felder. Die Eigenschaften verschiedener Schirmarten werden im Kapitel "Schirmarten" (Seite 65) näher erläutert.
Hybridleitungen	Da Hybridleitungen unterschiedlich empfindliche Signale in einer Leitung bündeln, sind diese in ihrem Aufbau meist sehr aufwendig und für die einzelnen Anwendungsfälle von den Komponentenherstellern spezifiziert. Bei der Verwendung von Hybridleitungen sollte stets auf die Freigaben der entsprechenden Komponentenhersteller geachtet werden.
Lichtleiter	Aus der Sicht der EMV stellt der Signaltransport über Lichtleiter ein Optimum dar. Dabei haben weder elektromagnetische Störfelder noch der Potenzialausgleich einen Einfluss auf die Signalqualität. Deshalb sind Lichtleiter hervorragend für extreme Störumgebungen und zum Transport empfindlicher Signale zwischen Bereichen mit schlechtem Potenzialausgleich geeignet.

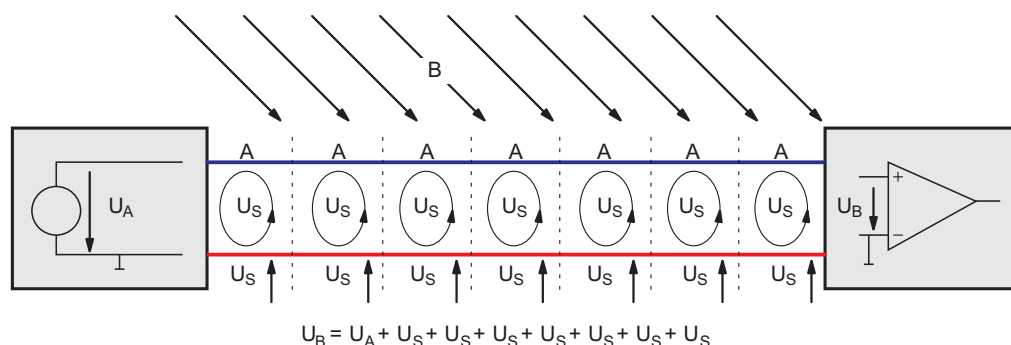
Für viele Komponenten empfiehlt der Hersteller, welche Leitungstypen zum EMV-gerechten Einsatz geeignet sind.

Praktische Tipps zur Leitungsverlegung finden Sie im Kapitel "Leitungen" (Seite 60).

1.6.2 Verdrillung

Eine sehr effektive Methode zur Reduzierung der magnetischen Kopplung ist die Verdrillung von Hin- und Rückleiter.

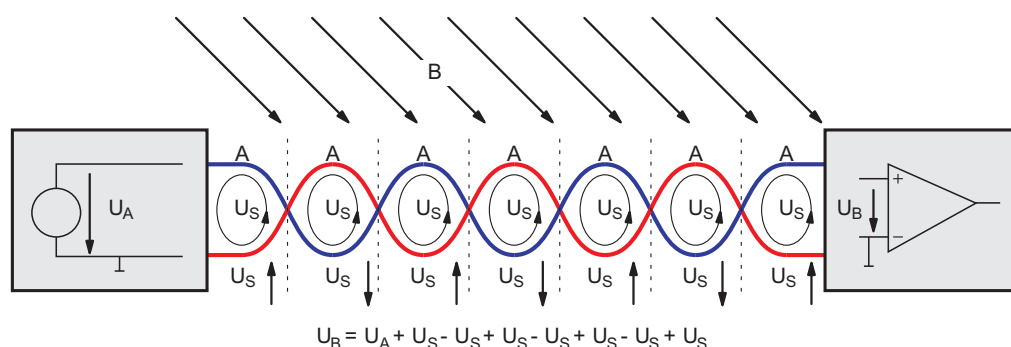
Das folgende Bild zeigt eine Anordnung, in der eine Mess-Schaltung ein Spannungssignal auswertet. Verwendet wird eine **unverdrillte Leitung**, die dem Magnetfeld B ausgesetzt ist.



234456459

Die Störspannungen U_S in den virtuellen Teilflächen summieren sich aufgrund des gemeinsamen Vorzeichens.

Das folgende Bild zeigt die Situation bei Verwendung einer **verdrillten Leitung**:



234461067

Die verdrillten Leitungen bilden viele kleine Teilflächen mit entgegengesetzter Orientierung. Deshalb ist die für die Einkopplung wirksame Schleifenfläche erheblich kleiner. Die Störspannungen U_S addieren sich mit alternierendem Vorzeichen im Idealfall zu Null.

Die Störspannung ist im Allgemeinen nicht exakt null, weil

- die Schleifenflächen A nicht gleich groß sind
- und weil die Magnetfeldstärke B in den Schleifen unterschiedlich hoch ist (z. B. wegen unterschiedlichem Abstand zur Störquelle).

Je kleiner die Schleifenflächen sind, desto effektiver wirkt die Verdrillung. Dies erreicht der Anwender durch eine höhere Anzahl von Schleifen pro Längeneinheit (Schlaglänge). Die Verdrillung von Leitungen führt außerdem zu einer erheblich geringeren effektiven Induktivität einer Leiterschleife.

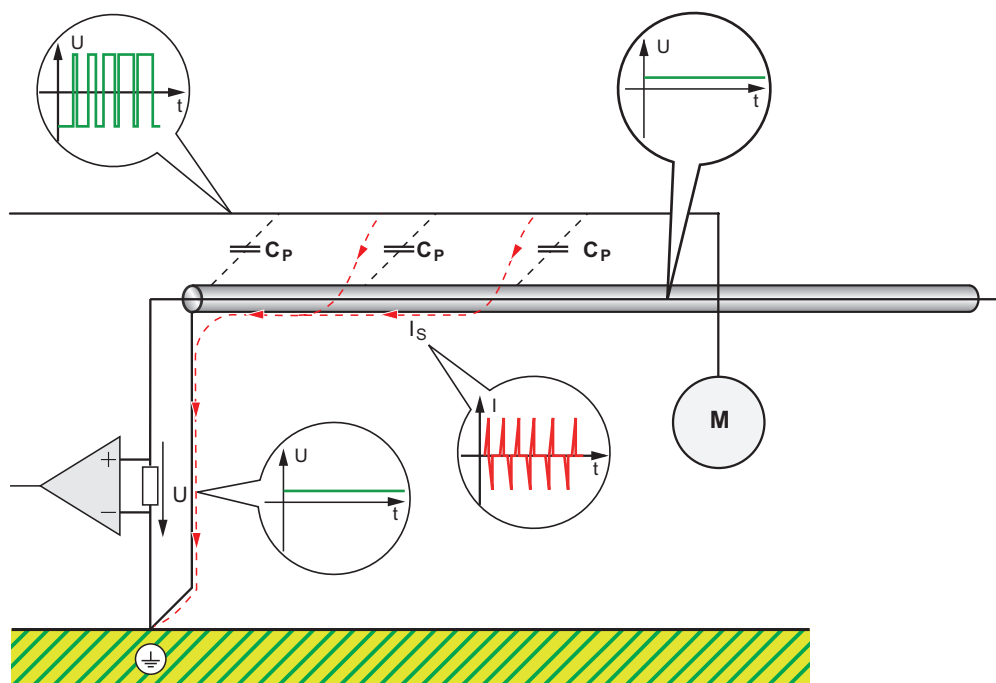
1.7 Schirmung

Eine hilfreiche Maßnahme zur Verringerung der Störkopplung stellt die Schirmung von Komponenten, Geräten und Leitungen dar. Im Prinzip wird die geschirmte Komponente in einen faradayschen Käfig gestellt. Dabei ist die Qualität des Schirms abhängig von der Unversehrtheit des faradayschen Käfigs und dessen Leitfähigkeit.

Die folgenden Kapitel beschreiben die wesentlichen Aspekte der Schirmung von Kabeln und Leitungen.

1.7.1 Einseitige Schirmerdung

Im folgenden Bild ist eine ungeschirmte Umrichter-Ausgangsleitung mit einer Signalleitung parallel verlegt. Durch das elektrische Koppelfeld bilden sich Parasitärkapazitäten aus. Der einseitig geerdete Schirm bildet dabei den Gegenpol der parasitären Kondensatoren. Der Störstrom fließt dadurch über den Schirm ab.



234545803

I_S Störstrom
 C_P Parasitärkapazität

Bei einem idealen, impedanzfreien Schirm findet keine Kopplung auf den Innenleiter statt. In der Realität weist der Schirm jedoch eine Impedanz auf, so dass die einseitige Schirmerdung gegen elektrische Felder nur bei kurzen Leitungen und niedrigen Störfrequenzen sicher wirkt.

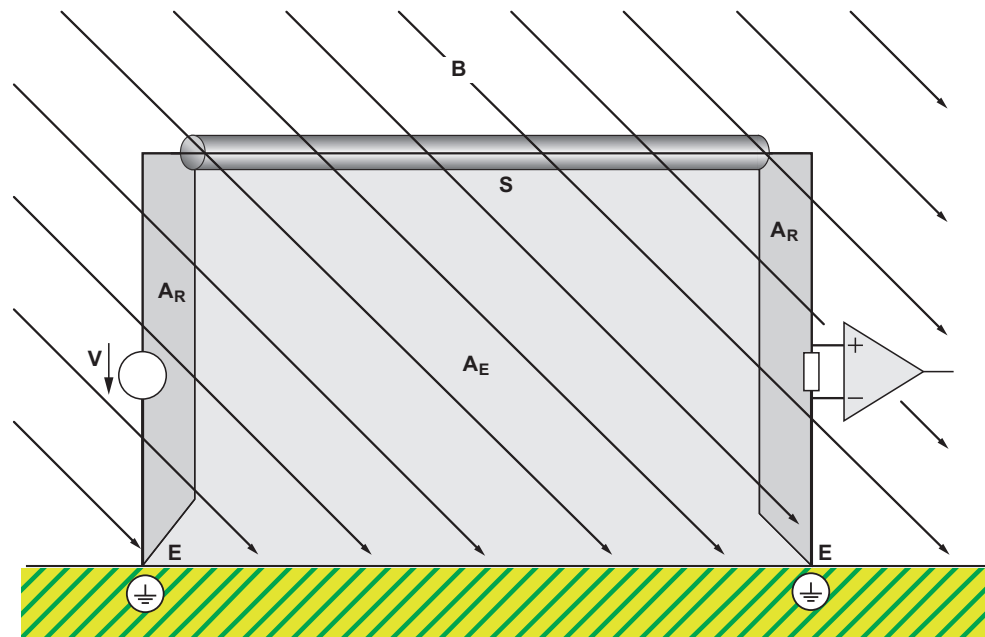
Gegen magnetische Felder ist die einseitige Schirmerdung unwirksam.

1.7.2 Beidseitige Schirmerdung

Aus der Sicht der EMV stellt die beidseitige Schirmerdung in industrieller Umgebung immer das Optimum dar, weil

- im HF-Bereich immer elektrische und magnetische Felder gemeinsam auftreten
- und bei Anwendungen mit höherer Leistung immer magnetische Störfelder auftreten.

Das folgende Bild zeigt einen Operationsverstärker mit einem Messwiderstand, der eine Signalspannung V auswertet, unter dem Einfluss eines äußeren Magnetfelds:



5582414219

B	Magnetfeld	A_E	Erdschleifenfläche
E	Schirmerdung	A_R	Restschleifenfläche
S	Schirm		

Ein magnetisches Wechselfeld durchsetzt eine Fläche, die zwischen der Signalleitung und der Erde aufgespannt ist. In dieser Schleifenfläche wird eine Störspannung induziert, die sich am Messwiderstand dem Mess-Signal überlagert. Die beidseitige Schirmerdung der Signalleitung begrenzt die wirksame Fläche auf die Restschleifenfläche A_R (siehe Bild). Das Magnetfeld induziert somit eine geringere Störspannung als ohne Schirm.

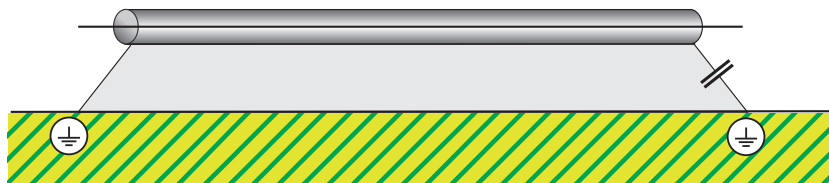
Der Teil der Restschleifenfläche A_R zwischen der Signalleitung und dem Schirm trägt nur dann zur Kopplung bei, wenn der Schirm für das Störfeld durchlässig ist.

Die Erdschleifenfläche A_E ist trotz Schirm dem magnetischen Wechselfeld ausgesetzt. Der darin induzierte Störstrom kann sich jedoch über den Schirm, die Schirmanbindung und die Erde kurzschließen, ohne störende Spannungsfälle zu erzeugen.

Aus diesen Zusammenhängen ergeben sich für die EMV-gerechte Installation von Kabelschirmen folgende Forderungen:

- Minimierung der Fläche zwischen freien Aderenden und dem Schirm oder der Erde
- ausreichende Qualität des Schirms
- niederimpedante, HF-taugliche Verbindung der Schirmenden mit der Erde

In seltenen Fällen, in denen eine beidseitige direkte Schirmerdung nicht möglich ist, kann ein Schirmende mit einem Kondensator geerdet werden:



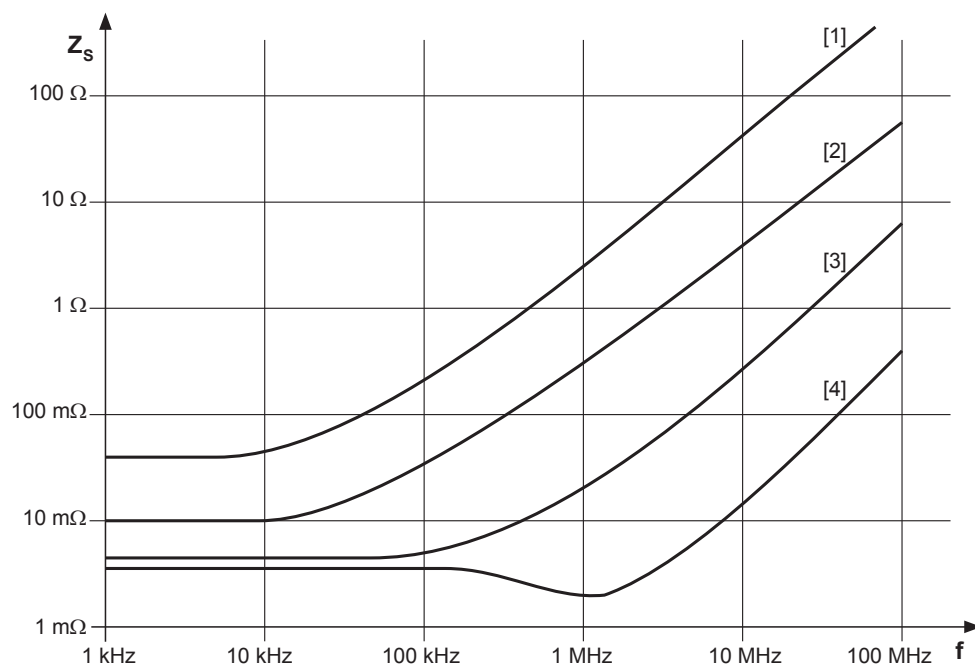
234485771

Alternativ kann eine doppelt geschirmte Leitung verwendet werden, bei der jeweils ein Schirm an einem Leitungsende aufgelegt wird.

1.7.3 Einfluss des Schirmanschlusses

Die EMV-gerechte Ausführung des Schirmanschlusses ist für die Wirkung des Schirms besonders wichtig. Wenn der Schirmanschluss durch Verdrillen des Schirmendes (so genannter "Pigtail") realisiert wird, ergibt sich eine Schirmanschlusslänge, deren induktive Komponente, die gesamte Funktion des Schirms einschränkt.

Das folgende Bild zeigt, dass die Schirmwirkung durch einen unsachgemäßen Schirmanschluss im EMV-relevanten Frequenzbereich über 1 MHz stark verringert oder sogar zunichte gemacht werden kann.



235722507

- [1] Schirmanschlusslänge 1000 mm
- [2] Schirmanschlusslänge 50 mm
- [3] Schirmanschlusslänge 4 mm
- [4] Schirm rundum kontaktiert (konzentrische Verschraubung)

Schirmanschlusslänge = Länge der am zusammengedrehten Schirmende angeschlossenen Leitung

Fazit

Eine EMV-taugliche Schirmerdung ist beidseitig ausgeführt. Dabei wird der Schirm jeweils rundum kontaktiert, um eine großflächige und damit hochfrequenztaugliche Verbindung herzustellen.



1.8 Normen und Gesetze

Die Rechtsgrundlage in der europäischen Union bildet die EMV-Richtlinie und deren Umsetzung durch die nationale Gesetzgebung in EU-Mitgliedsländern.

In Deutschland erfolgt die Umsetzung durch das "Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG)".

Hinweise zur Anwendung der EMV-Richtlinie finden Sie in den "Guides for the EMC Directive", die als deutsche Übersetzung bei der Bundesnetzagentur verfügbar sind (Leitfaden zur Anwendung der EMV-Richtlinie).

Für elektrische Antriebssysteme gibt es in Deutschland die EMV-Produktnorm DIN EN 61800-3. Sie umfasst alle relevanten EMV-Anforderungen für elektrische Antriebssysteme (Englisch: Power Drive Systems, kurz: PDS) und hat Vorrang vor den Fachgrundnormen.

Nähere Informationen über die aktuell gültigen Grenzwerte, Grenzwertklassen und Bedeutung der Umgebungsbereiche finden Sie in der ZVEI-Druckschrift "EMV-Leitfaden für elektrische Antriebssysteme".

Beim Export von Geräten oder Anlagen in andere Wirtschaftsräume wie z. B. USA, China, Australien sind die dort geltenden Bestimmungen zu beachten.



2 EMV-gerechte Installation in der Praxis

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) beschreibt die Fähigkeit mehrere elektrische und elektronische Komponenten in einer bestimmten Umgebung miteinander und nebeneinander störungsfrei zu betreiben.

Dieses Kapitel hilft Ihnen die EMV der Anlage zu optimieren und bereits bestehende EMV-Störungen zu beseitigen.

Die Hinweise des Kapitels sind keine Vorschriften, sondern nur Ratschläge zur Verbesserung der EMV der Anlage. Gerätespezifische Hinweise und Anleitungen entnehmen Sie der Betriebsanleitung des Geräts.

Beachten Sie bei der elektrischen Installation folgende Richtlinien und Hinweise:

- Allgemeine Richtlinien und Vorgaben des Anlagenbauers
- Allgemeine Sicherheitshinweise der Geräte
- Zulässige Bedingungen am Einsatzort
- Montagehinweise und Installationsanleitungen der Geräte



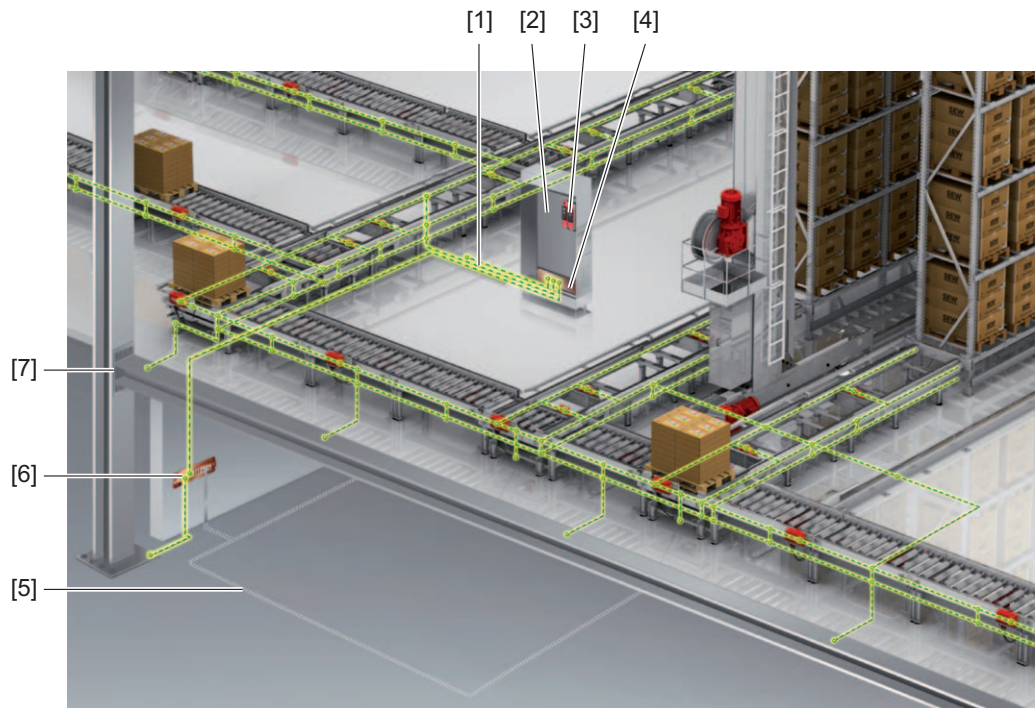
2.1 Erdung über ein vermaschtes EMV-Konzept

Die Erdung spielt für den störungsfreien Betrieb einer Anlage eine besonders wichtige Rolle.

Beachten Sie deshalb folgende Hinweise:

- Alle Komponenten der Anlage müssen sowohl im Niederfrequenz-Bereich (NF) als auch im Hochfrequenz-Bereich (HF) niederohmig geerdet werden. Deshalb muss die Anlage über ein Erdungsnetz verfügen, das auch für hohe Frequenzen ein einheitliches Bezugspotenzial sicherstellt.
- Für elektromagnetische Störmechanismen stellt der Schutzleiter eine hohe HF-Impedanz dar. Erdungsleitungen haben im HF-Bereich nur einen Nutzen, wenn sie **vermascht** sind. Diese **Parallelschaltung** reduziert den Leitungswiderstand.

Das folgende Bild zeigt beispielhaft die Komponenten einer Anlage, auf die Sie hinsichtlich der Erdung besonders achten müssen.

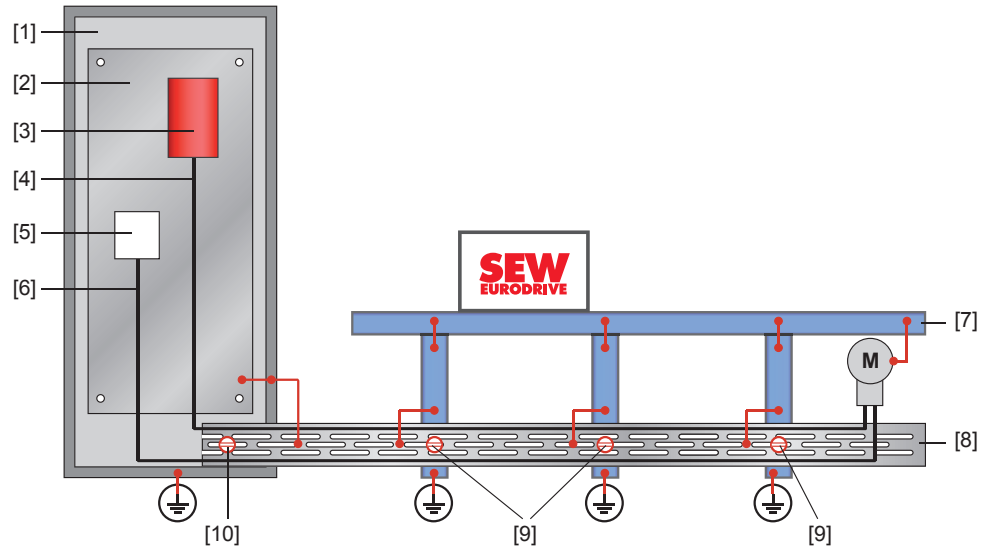


3771657867

- | | |
|-----|---|
| [1] | Blech-Kabelkanal |
| [2] | Montageplatte im Schaltschrank |
| [3] | Frequenzumrichter |
| [4] | Potenzialausgleichsschiene (PE-Schiene) |
| [5] | Fundament-Erder |
| [6] | Potenzialausgleichspunkt |
| [7] | Stahlkonstruktion |



Das folgende Bild zeigt die Potenzialausgleichs-Maßnahmen eines Transportsystems mit einem Antrieb:



462823435

- [1] Schaltschrank
- [2] Montageplatte
- [3] Umrichter
- [4] Motorzuleitung
- [5] SPS
- [6] Signalleitung
- [7] Metallische Konstruktion
- [8] Blech-Kabelkanal
- [9] Blech-Kabelkanal großflächig mit der metallischen Maschinenkonstruktion verschraubt
- [10] Blech-Kabelkanal großflächig mit der Rückwand des Schaltschranks verschraubt



2.1.1 Ableitströme

Ein geregeltes Antriebssystem erzeugt prinzipiell leitungsgebundene, niederfrequente und hochfrequente Störungen. Durch geeignete EMV-Maßnahmen werden diese Störungen erheblich reduziert und teilweise als Ableitströme zum Erdpotenzial abgeleitet.

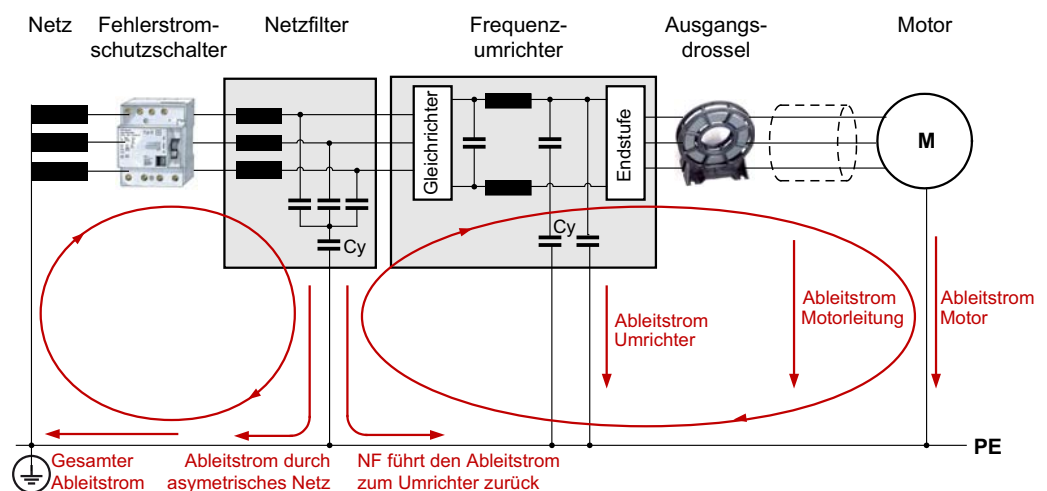
- Der größte Anteil der Ableitströme sollte zum Frequenzumrichter zurückfließen.

Deshalb ist eine gute, **niederohmige Erdung** besonders wichtig. Sie verhindert, dass die Ableitströme auf anderen Wegen abfließen und somit andere Geräte stören.

- Die Induktivität eines **Netzfilters** wirkt dem Ableitstrom im kHz-Bereich entgegen und leitet einen großen Teil der Ableitströme über den Y-Kondensator zum Frequenzumrichter zurück.

Das Netzfilter hält so die vom Umrichter erzeugten Ableitströme und Störspannungen vom Netz fern und führt sie zum Frequenzumrichter (Störquelle) zurück.

Das folgende Bild zeigt die Ableitströme eines geregelten Antriebs mit geeigneten EMV-Maßnahmen.



3875098123

Fazit

Der größte Teil der Ableitströme sollte zum Frequenzumrichter zurückfließen, damit die Ableitströme andere Geräte nicht stören.



HINWEIS

Nähere Informationen zum Thema "Ableitströme von Frequenzumrichtern" erhalten Sie von SEW-EURODRIVE auf Anfrage.



2.2 Spannungsversorgung

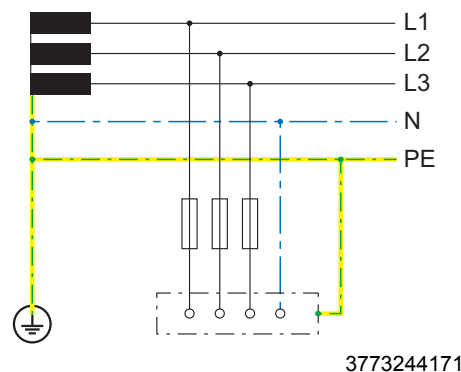
Die Geräte in einer Anlage müssen sternförmig an die Versorgungsquelle angeschlossen werden. Für empfindliche Geräte und Geräte mit hoher Leistung sind getrennte Versorgungen erforderlich.

2.2.1 Netzauswahl

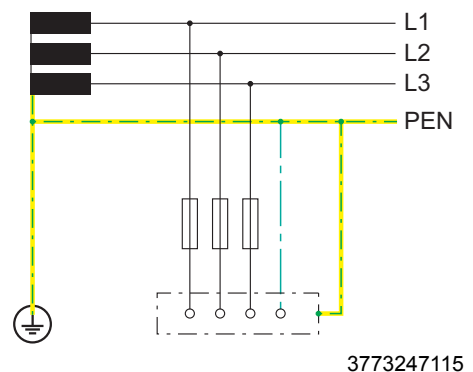
Zur Versorgung der Geräte sind verschiedene Netzformen zulässig. Die Netzformen haben einen erheblichen Einfluss auf das EMV-Verhalten einer Anlage.

Das folgende Bild zeigt die Schaltbilder der Netzformen.

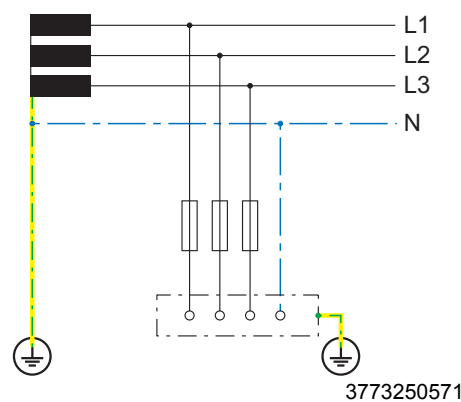
TN-S-Netz



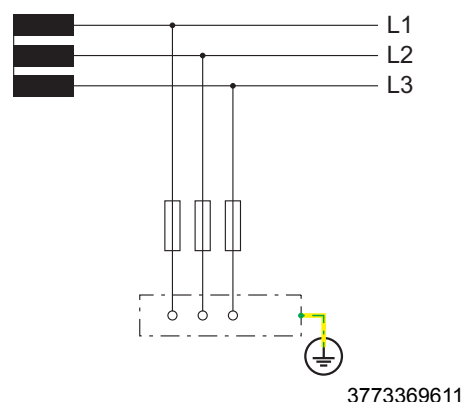
TN-C-Netz



TT-Netz



IT-Netz



Die folgende Tabelle zeigt die EMV-Eigenschaften der Netzformen.

Netzform	EMV-Eigenschaft
TN-S-Netz	Sehr Gut
TT-Netz	Gut
TN-C-Netz	Schlecht
IT-Netz	Schlecht

Das TN-S-Netz mit 5 Adern hat die besten EMV-Eigenschaften. Der Vorteil des TN-S-Netzes liegt in der **getrennten Führung des N- und PE-Leiters**. Die beiden Leiter werden nur an einem zentralen Punkt im Gebäude zusammengeführt. Die PE-Leitung dient im Normalfall ausschließlich zur Ableitung von Störströmen.

Das isoliert aufgebaute IT-Netz hat die schlechtesten EMV-Eigenschaften.



2.2.2 Kleinspannungen

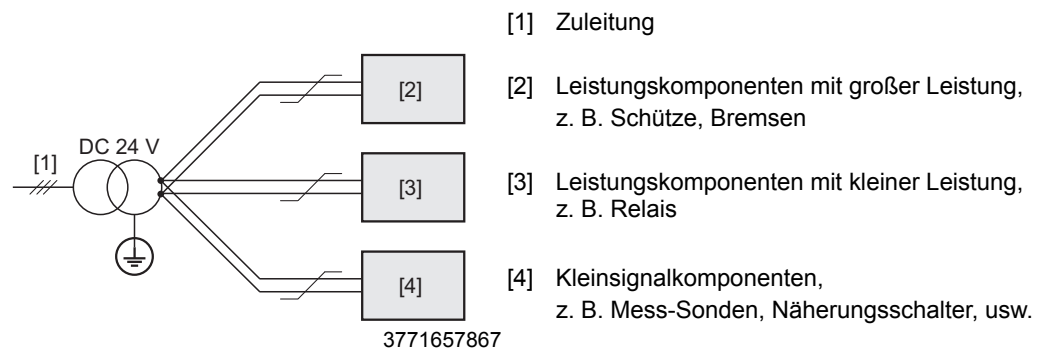
Für Kleinspannungen (z. B. 24 V) ist es wichtig, dass

- analoge Verbraucher (z. B. Mess-Sonden, Näherungsschalter usw.)
- und Verbraucher mit großen Leistungen (z. B. Schütze, Bremsen usw.)

auf verschiedene Netzteile oder zumindest auf verschiedene Stränge verteilt werden. Diese Stränge müssen sternförmig zum Netzteil führen.

Der Hin- und der Rückleiter müssen immer gemeinsam verlegt werden.

Das folgende Bild zeigt das Versorgungskonzept für die Kleinspannungsversorgung.





2.2.3 24-V-Bremsen schalten

Bei Motoren mit einer DC-24-V-Bremse, die nicht von einem Bremsensteuergerät (BMV oder BSG) angesteuert werden, können abgebrannte Relaiskontakte und EMV-Störungen der 24-V-Versorgung auftreten.

SEW-EURODRIVE empfiehlt deshalb für 24-V-Bremsen immer ein Bremsensteuergerät BMV (im Schaltschrank) oder BSG (im Klemmenkasten) zu verwenden.

*Bremse mit
Bremsen-
steuergerät
(BMV oder BSG)*

Die Bremsensteuergeräte BMV und BSG sind verschleißfreie, elektronische Schalter. Deshalb entstehen beim Abschalten der Bremse keine EMV-störenden Abreißfunken. Das Bremsensteuergerät schützt die Bremse vor Überspannungen.

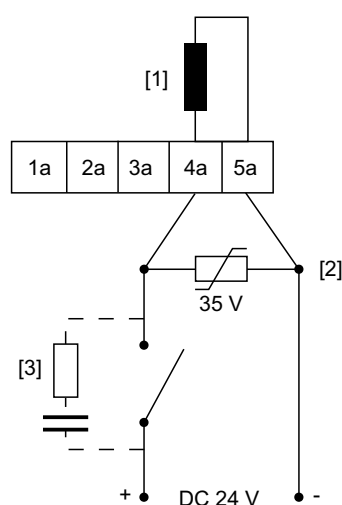
*Bremse ohne
Bremsen-
steuergerät*

Wenn die Bremse nicht von einem Bremsensteuergerät (BMV oder BSG) geschaltet wird, müssen Sie ein Schütz oder Relais verwenden, das für das Schalten induktiver Lasten von Gleichströmen geeignet ist. Bei einer 24-V-Bremse ist in diesem Fall ein **35-V-Varistor** parallel zur Bremsspule als Überspannungsschutz und zur EMV-Entstörung der 24-V-Versorgung notwendig, siehe Bild unten.

Verwenden Sie bei Bremsen mit einer Gleichstromversorgung größer 24 V einen 300-V-Varistor.

Falls dennoch EMV-Störungen auftreten, können Sie zusätzlich ein RC-Glied parallel zum Schützkontakt schalten.

Das folgende Bild zeigt eine 24-V-Bremse mit EMV-Entstörung:



- [1] Bremsspule
- [2] Varistor (Beispiel: SIOV S 10 K 35 => **35 V** der Firma EPCOS)
- [3] RC-Glied (Beispiel: RC BUG2/24-48V DC/DC der Firma Murr)

Fazit

Die Bremsensteuergeräte BMV und BSG bieten im Vergleich zu einem Schütz oder Relais folgende Vorteile:

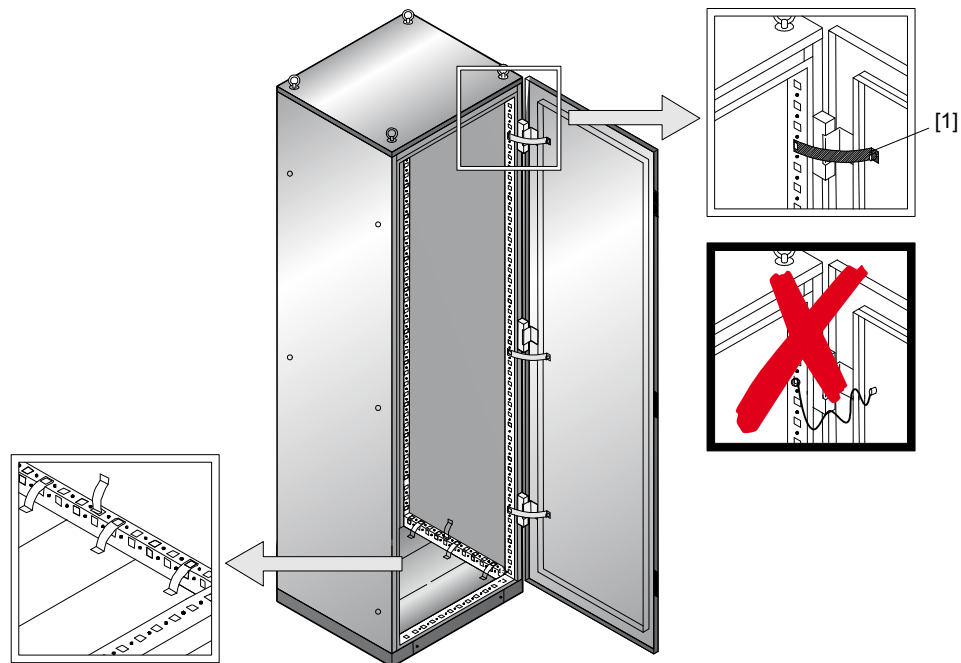
- wesentlich höhere Anlagenverfügbarkeit
- wesentlich bessere EMV-Verträglichkeit
- wesentlich längere Lebensdauer



2.3 EMV im Schaltschrank

2.3.1 Stahlblech-Schaltschrank

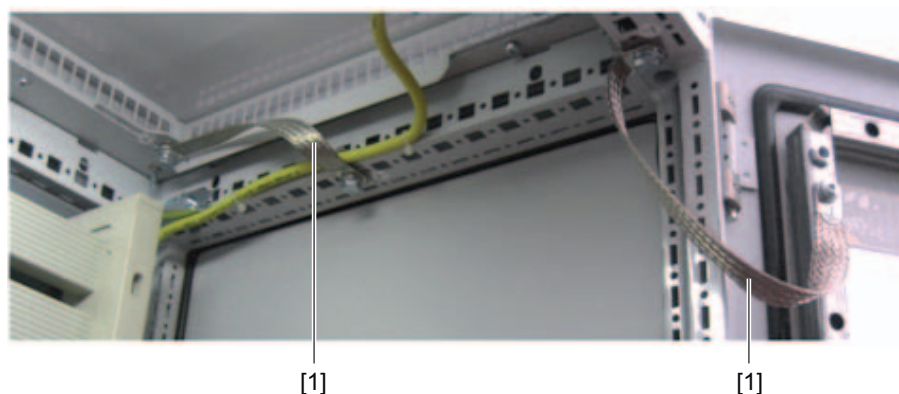
Ein Schaltschrank aus Stahlblech ist aus der Sicht der EMV eine gute Lösung, weil er magnetische Störfelder besonders gut abschirmt.



401657483

[1] HF-Litzen

Das folgende Bild zeigt den HF-Potenzialausgleich zwischen den Türen, Blechen und der Montageplatte:



3773699467

[1] HF-Potenzialausgleich zwischen Türen, Blechen und Montageplatte

Der Schaltschrank trägt zur Verminderung der Abstrahlung bei. Ein optimaler Potenzialausgleich verbessert die Schirmung des Schaltschranks. Die Einbindung der Türen und der Leitungsdurchführungen ist dabei von Bedeutung.



2.3.2 Montageplatte im Schaltschrank

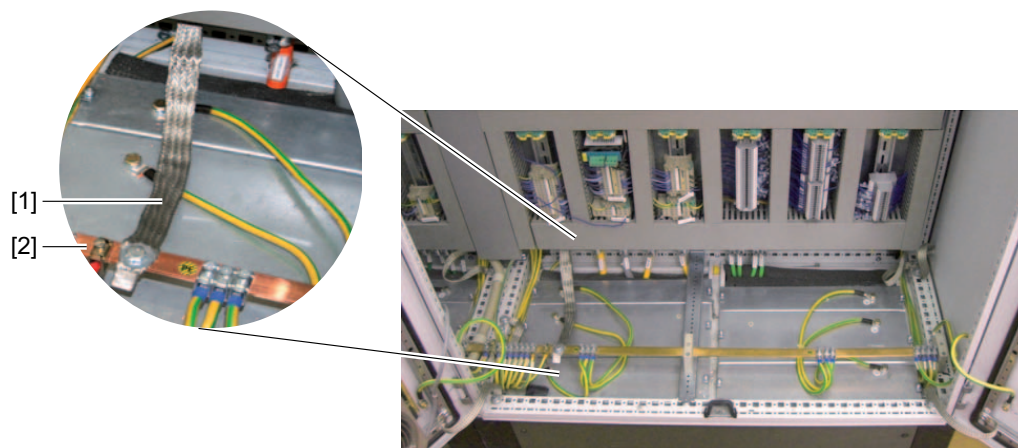
Die Montageplatte im Schaltschrank dient neben der Befestigung der Komponenten auch zur flächigen Erdung von Einbaugeräten mit Metallgehäusen. Verzinkte Stahlplatten sind dafür am besten geeignet. Die Montageplatte muss einen flächigen Kontakt mit der Maschinenhallen-Konstruktion haben. Diese Verbindung wird mit einer HF-Litze zwischen der Montageplatte und der PE-Schiene realisiert.

Anstelle von Montageplatten werden neuerdings auch Montagesysteme verwendet. Aufgrund der nicht flächigen Verbindungen zu den Umrichtergehäusen ergeben sich jedoch EMV-technische Nachteile. Wenn sich der Erdungswiderstand durch den Einsatz eines Montagesystems erhöht, wirkt sich dies auch negativ auf die EMV aus. Bei Montagesystemen müssen deshalb alle Komponenten wie Frequenzumrichter, Filter und Schirmung flächig auf einer im System integrierten Montageplatte befestigt werden.

2.3.3 PE-Schiene

Die PE-Schiene ist der zentrale Anschlusspunkt für die PE-Leiter jedes einzelnen Geräts im Schaltschrank (sternförmige Erdung). Der PE-Anschluss ersetzt weder die HF-Erdung noch die Schirmung. Er ist aus sicherheitstechnischen Gründen für die Schutzterdung vorgeschrieben.

Das folgende Bild zeigt die PE-Schiene und den HF-Potenzialausgleich zwischen der Montageplatte und der PE-Schiene im Schaltschrank.



3773666827

- [1] HF-Potenzialausgleich zwischen Montageplatte und PE-Schiene
- [2] PE-Schiene

Fazit

Aus Sicht der elektrischen Sicherheit stellt die PE-Schiene den Sternpunkt dar.

Aus Sicht der EMV ist es vorteilhaft, wenn die Montageplatte als Sternpunkt bezüglich des HF-Potenzialausgleichs verwendet wird.

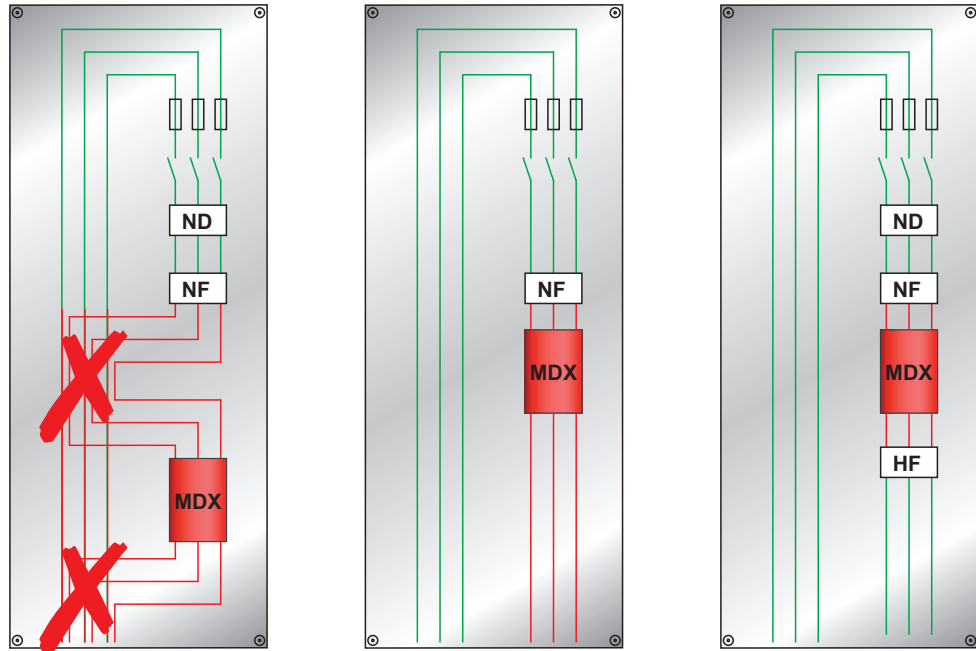


2.3.4 Anordnung der EMV-Komponenten

Zur Verbesserung der EMV können Sie EMV-Komponenten installieren. **EMV-Komponenten, wie Netzfilter und Ausgangsfilter, benötigen einen flächigen, metallischen Kontakt auf einer gemeinsamen Montageplatte mit dem Umrichter.**

Sie müssen so dicht wie möglich am zugehörigen Gerät installiert werden, damit die Leitungen zwischen der EMV-Komponente und dem Gerät kurz sind (max. 50 cm).

Halten Sie die folgende Reihenfolge der Komponenten im Schaltschrank gemäß den folgenden Bildern ein:



3774370699

ND Netzdrossel
NF Netzfilter
MDX Umrichter
HF Ausgangsfilter

grüne Leitung = EMV-gefilterte Leitung
rote Leitung = EMV-belastete Leitung

Achten Sie darauf, dass die netzseitige Zuleitung (vor dem Netzfilter) nicht mit der EMV-belasteten Leitung (nach dem Netzfilter) parallel verlaufen. Ansonsten wird die bereits gefilterte Leitung wieder von Neuem mit EMV-Störungen belastet.

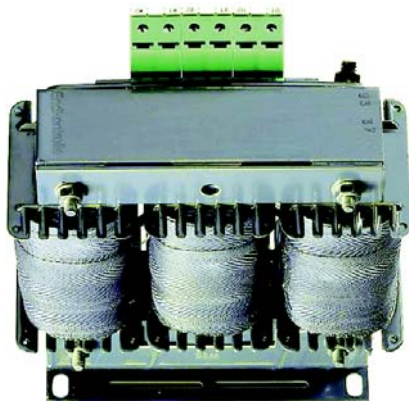
Falls diese Forderungen nicht erfüllt werden können, ist der Einsatz von geschirmten Leitungen sinnvoll. Zur Eliminierung induktiver Einkopplungen sollten keine Einzeladern zum Anschluss verwendet werden.

Wenn Sie EMV-Komponenten wegen ihres hohen Gewichts auf die Bodenplatte des Schaltschranks montieren (aus EMV-Sicht nicht optimal), müssen Sie die Bodenplatte mit Hilfe einer HF-Litze mit der Montageplatte verbinden.



2.3.5 Netzdrossel

Eine Netzdrossel dämpft Spannungs- und Stromspitzen. Dies führt auch zur Dämpfung der Netzüberschwingungen.



5389615883

Netzüberschwingungen

Ein Umrichter erzeugt während des Betriebs immer Netzüberschwingungen. Durch Optimierung des Umrichters können die Netzüberschwingungen bereits bei ihrer Entstehung begrenzt oder reduziert werden.

Umrichtern mit hoher Netzstromverzerrung werden Netzdrosseln vorgeschaltet. Diese glätten den Eingangsstrom nahezu sinusförmig. Somit reduzieren Sie die Amplitude der Netzüberschwingungen.

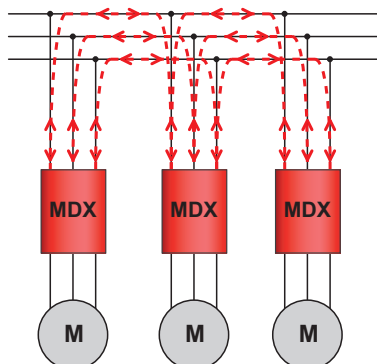
SEW-Umrichter

Bei modernen Frequenzumrichtern mit schlankem Zwischenkreis (z. B. Umrichter von SEW-EURODRIVE) sind die Oberschwingungen bereits so weit gesenkt, dass üblicherweise keine zusätzliche Netzdrossel erforderlich ist.

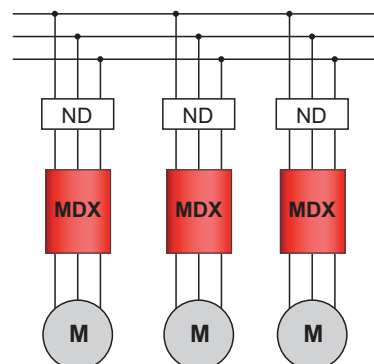
Resonanzschwingungen

Wenn mehrere Frequenzumrichter direkt nebeneinander über sehr kurze Zuleitungen versorgt werden, können Resonanzschwingungen zwischen den Frequenzumrichtern auftreten.

Resonanzschwingungen zwischen den Frequenzumrichtern MDX



Resonanzschwingungen werden unterdrückt



3774645643

Diese Resonanzschwingungen können die Gleichrichter am Umrichtereingang belasten und zu einer frühzeitigen Alterung führen.

In diesen Fällen muss vor jedem Frequenzumrichter eine Netzdrossel geschaltet werden. Diese Netzdrosseln dämpfen die schädlichen Resonanzschwingungen.



- Spannungsspitzen* Das Schalten von Schützen größerer Leistung verursacht Überspannungsimpulse im Netz. Diese Spannungsspitzen können zur Abschaltung oder Zerstörung des Umrichters führen.
- Eine Netzdrossel schützt den Umrichter vor diesen Spannungsspitzen. Bei kritischen Netzbedingungen, bei denen mit Überspannungsimpulsen zu rechnen ist, empfiehlt SEW-EURODRIVE eine Netzdrossel zum Schutz des Umrichters.
- Einschaltstromspitzen* Wenn mehrere Frequenzumrichter gleichzeitig zugeschaltet werden, addiert sich der Gesamt-Einschaltstrom. Bei kleinen Netzschützen kann ein zu hoher Einschaltstrom zum Verkleben oder Verschweißen der Schützkontakte führen.
- Fazit* Wenn im Betrieb mehrere Frequenzumrichter gleichzeitig zugeschaltet werden, sollten Sie vor den Frequenzumrichter jeweils eine Netzdrossel schalten.



2.3.6 Netzfilter

Ein Netzfilter hält die vom Umrichter erzeugten Störspannungen vom Netz fern und führt sie zum Umrichter zurück.



5552897931

Beachten Sie folgende Hinweise:

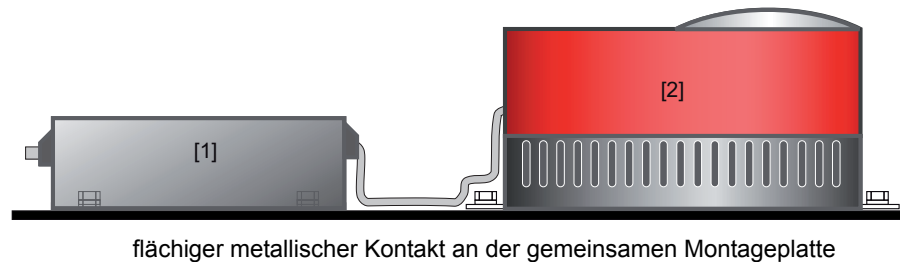
- Die Auswahl des Netzfilters ist abhängig vom Umrichterstrom und von der Netzspannung des Frequenzumrichters.
- Die Auswahl des Netzfilters erfolgt nach Empfehlung des Komponentenherstellers, der die Einhaltung von Grenzwerten anhand typischer Konstellationen nachgewiesen hat. Ein Nachweis für die Vielzahl der möglichen Kombinationen von Netzverhältnissen, Netzfiltern, Umrichtern, Motorzuleitungen und Motoren ist normativ nicht vorgesehen.

Es ist nicht empfehlenswert, Netzfilter anhand von Dämpfungskurven auszuwählen, weil diese nur für idealisierte Messbedingungen gelten und in der konkreten Anlage gravierend abweichen können.

- Installieren Sie jeweils einen Netzfilter kurz vor jedem Frequenzumrichter.
- Alternativ können Sie einen gemeinsamen Netzfilter für den gesamten Schaltschrank verwenden. Die Auswahl des Summennetzfilters ist abhängig vom Summenstrom aller Umrichter.
- Installieren Sie zwischen dem Netzfilter und dem Frequenzumrichter kein schaltendes Bauteil (z. B. Schütz).

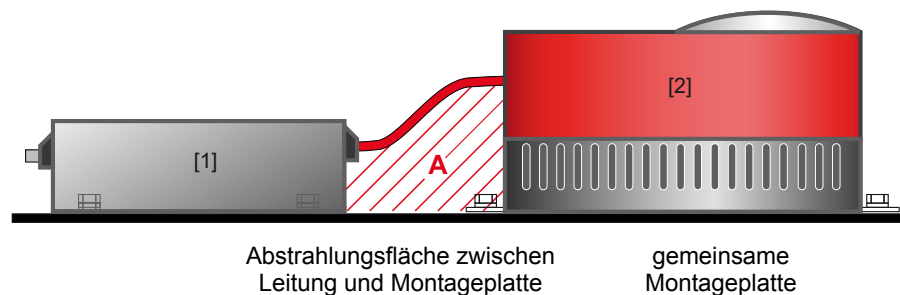


- Verlegen Sie die Leitung zwischen dem Filter [1] und dem Frequenzumrichter [2] so dicht wie möglich an der Montageplatte.



237370123

Wenn Sie die Leitung in großem Abstand zur Montageplatte verlegen, vergrößert sich die Abstrahlungsfläche und somit die Störaussendung.



3774704907

- Verlegen Sie die Leitungen deshalb so nahe wie möglich am Bezugspotenzialausgleich (Montageplatte).

Freischwebende Leitungen wirken als aktive und passive Antennen.

Verwendung

Der Einsatz von Netzfiltern empfiehlt sich unter folgenden Anforderungen:

- Reduzierung der Störaussendung über die Netzzuleitung
- Einhaltung von Grenzwerten
- Reduzierung von Potenzial-Ausgleichsströmen
- Verringerung von Ableitströmen bei großen Motorzuleitungslängen



2.3.7 Ausgangsdrossel (Ferritkerndrossel)

Eine Ausgangsdrossel reduziert als kostengünstige Maßnahme das Störpotenzial auf der Motorzuleitung des Umrichters.

Bei geeigneter Dimensionierung werden die Abstrahlungs-Grenzwerte für die Funkentstörung eingehalten.

SEW-EURODRIVE bietet Ausgangsdrosseln für verschiedene Aderquerschnitte (offene Bauformen HD001, HD002, HD003) sowie für Umrichterbaugrößen (HD012, HD004, HD005) an.

Die Ausgangsdrossel hat den Vorteil, dass kein zusätzlicher Spannungsfall am Umrichter-ausgang auftritt. Üblicherweise genügen 3 – 5 Windungen um einen Ringkern.

Ausgangsdrosseln werden im Normalfall mit ungeschirmten Motorzuleitungen verwendet.

Sonderfall: Geschirmte Motorzuleitung mit mehreren Steckverbindern



HINWEIS

Steckverbinder innerhalb einer geschirmten Motorzuleitung sind aus der Sicht der EMV keine optimale Lösung.

Um bei Ausfällen Stillstandszeiten zu reduzieren, werden in der Automobil-Industrie jedoch häufig Steckverbinder gefordert.

Wenn die geschirmte Motorzuleitung mehrere Steckverbindungen aufweist, verschlechtert sich möglicherweise die Schirmwirkung. In solchen Fällen kann eine Ausgangsdrossel auch in Kombination mit einem Motorleitungsschirm verwendet werden. Die Ableitströme, die über den Motorleitungsschirm abfließen, belasten die Ausgangsdrossel zusätzlich. Dies führt dann zu einer erhöhten Temperatur.

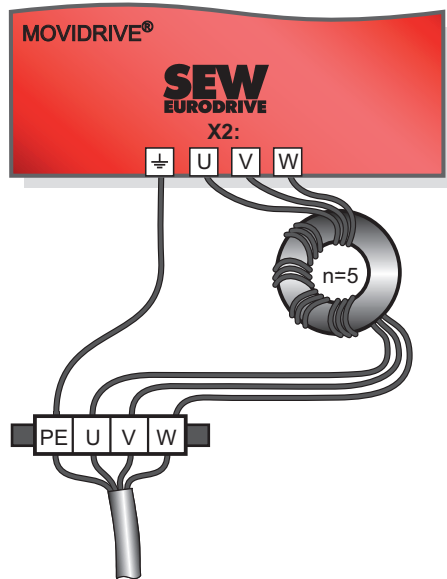


Hohe Betriebstemperatur

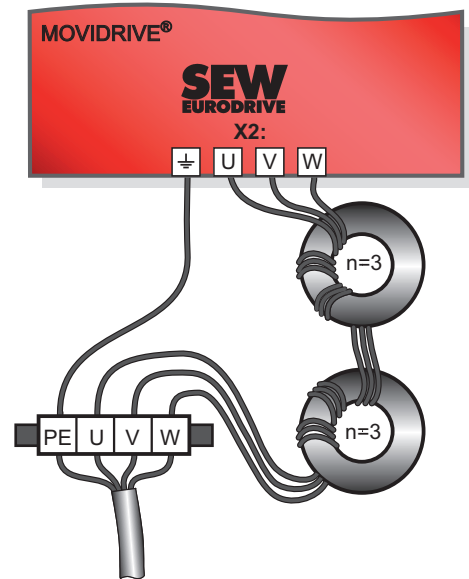
Die Ausgangsdrossel kann funktionsbedingt hohe Betriebstemperaturen (über 100 °C) am Ringkern erreichen. Bei offenen Ausführungen schützt ein Kunststoffgitter die Aderisolierung der Motorzuleitungen. Wenn in der Anlage geringere Temperaturen angestrebt werden, kann die Temperatur durch den Einsatz einer zweiten Ausgangsdrossel gesenkt werden.

Bei der Installation einer zweiten Ausgangsdrossel müssen Sie die Anzahl der Leitungswicklungen auf dem Ferritkern reduzieren:

1 Ausgangsdrossel bei 5 Wicklungen



2 Ausgangsdrosseln bei 3 Wicklungen



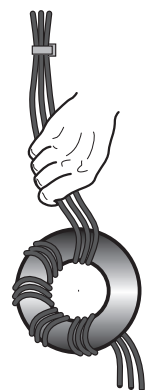
1804844811

Installation

Wickeln Sie die Motorleitungsadern immer gemeinsam auf die Ausgangsdrossel wie folgt:

1. Nehmen Sie die 3 Adern in eine Hand.
2. Fixieren Sie den Anfang der 3 Adern mit einem Kabelbinder.
3. Wickeln Sie die 3 Adern gemeinsam 5-mal durch den Ringkern.

Nun liegen alle 3 Adern parallel um den Ringkern.



5552959755

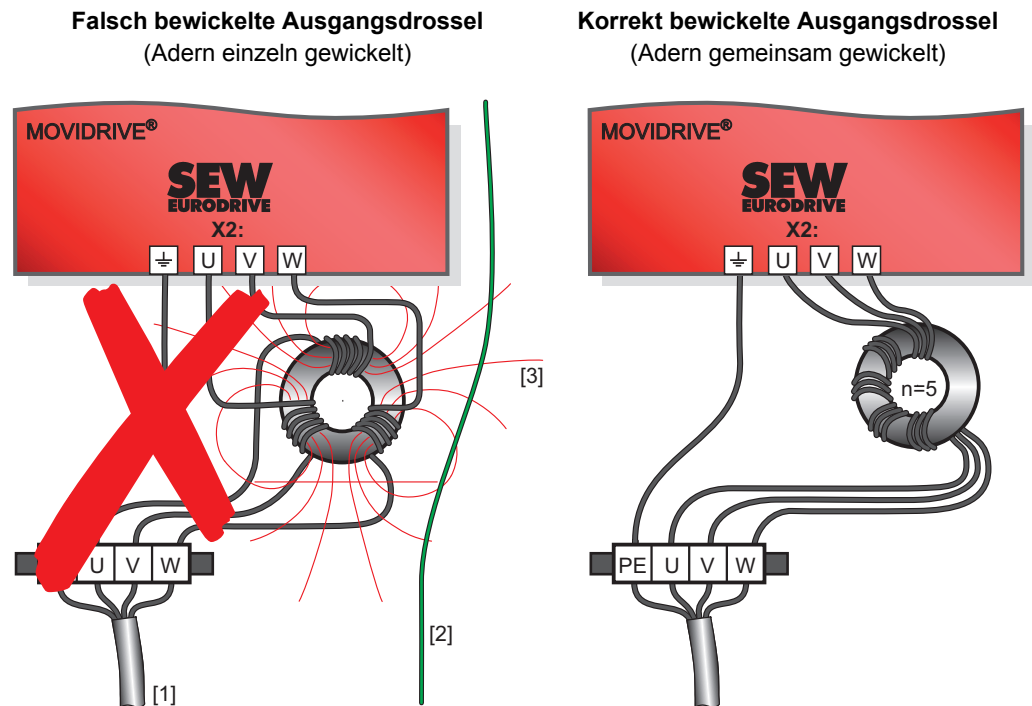
Beachten Sie dabei folgende Hinweise:

- Wickeln Sie alle 3 Adern in die gleiche Richtung.
- Den Anfang und das Ende der Adern dürfen Sie nicht vertauschen. Ansonsten heben Sie die Wirkung der Drossel auf.
- Wenn Sie jede Ader einzeln um den Ringkern wickeln, besteht die Gefahr, dass Sie die Wickelrichtung oder den Anfang und das Ende der Ader vertauschen.

Außerdem kann dann an den nicht bewickelten Bereichen des Ringkerns zwischen den Phasen ein erhöhtes Streufeld auftreten, das empfindliche Leitungen stören kann.



Das folgende Bild zeigt den Anschluss der Ausgangsdrossel:



- [1] Motorzuleitung
- [2] Empfindliche Signalleitung
- [3] Streufeld

Einsatz

Eine Ausgangsdrossel dient zur Entstörung des UmrichterAusgangs.

Eine einzelne Ausgangsdrossel wird durch einen Gruppenantrieb sehr schnell überlastet.



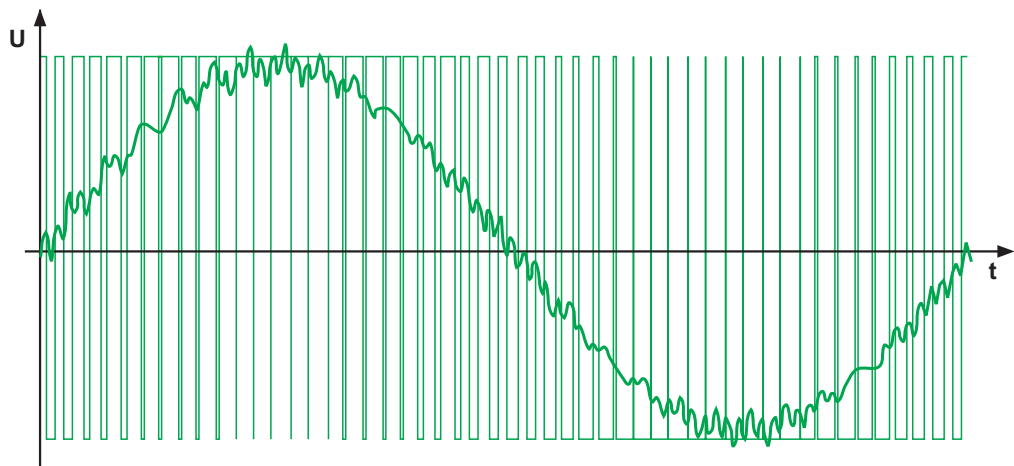
2.3.8 Ausgangsfilter (Sinusfilter)

Die Ausgangsspannung eines Umrichters wird aus Rechteckimpulsen gebildet.

Ein Ausgangsfilter wandelt diese rechteckförmige Ausgangsspannung in eine nahezu sinusförmige Spannung, siehe folgendes Bild.



5553462411



237376395

Gruppenantrieb

Die rechteckförmige Ausgangsspannung des Umrichters ruft in den Parasitärkapazitäten der Motorzuleitung und der Motorwicklung Ableitstromspitzen hervor. Beim Gruppenantrieb addieren sich diese Ableitstromspitzen und können für den Umrichter unzulässige Werte erreichen.

Die Ableitstromspitzen sind abhängig von:

- der Anzahl der parallel geschalteten Motoren,
- der Art und Länge der Leitung am Umrichterausgang
- und der Größe der Motoren.

Beim Betrieb mit einem Ausgangsfilter werden diese Ableitstromspitzen aufgrund seiner sinusförmigen Ausgangsspannung erheblich reduziert. Das Ausgangsfilter belastet den Umrichter mit einer Filterstromkomponente, die jedoch unabhängig von externen Faktoren wie Motorenanzahl, Leitungsart und der Leitungslänge ist.



<i>Motoren, die nicht für den Umrichterbetrieb geeignet sind</i>	Aufgrund der rechteckförmigen Ausgangsspannung des Umrichters können im Motor Überspannungen auftreten, siehe Kapitel "Spannungsbelastung des Motors durch Wechselrichter-Taktung". Diese Überspannungen können bei Motoren, die nicht für den Umrichterbetrieb geeignet sind, zur Zerstörung der Wicklungsisolation des Motors führen. Eine zuverlässige Abhilfe bietet hier der Einsatz eines Ausgangsfilters. Aufgrund der sinusförmigen Spannung hinter dem Ausgangsfilter wird die Überspannung sehr stark reduziert. Dies entlastet das Isoliersystem der Motoren. Um Überspannungen durch Resonanzen gegen das Erdpotenzial (z. B. bei großen Leitungslängen) zu vermeiden, sollte das Ausgangsfilter auch gegen das Erdpotenzial filtern. Dies wird durch Rückführung des Signals in den Zwischenkreis (U_Z -Anbindung) realisiert.
<i>Geräuschfilterung</i>	Die rechteckförmigen Pulse des Umrichterausgangs verursachen im Motor Geräusche. Diese Geräusche im Bereich der Umrichter-Taktfrequenz können sehr unangenehm sein. Das Ausgangsfilter dämpft diese Geräusche im Motor stark. Das Filter erzeugt jedoch selbst Geräusche im Bereich der Umrichter-Taktfrequenz.
<i>Funkentstörung</i>	Durch den Einsatz eines Ausgangsfilters ist der Betrieb ohne geschirmte Motorzuleitung auch bei Anwendungen möglich, in denen Grenzwerte vorgeschrieben sind.
<i>Ausgangsfilter ohne Zwischenkreisanbindung</i>	Ein Ausgangsfilter ohne Zwischenkreisanbindung wandelt beim Anschluss Phase gegen Phase eine getaktete Umrichterausgangsspannung in eine Sinusspannung. Beim Anschluss Phase gegen Erde hat er jedoch eine erheblich reduzierte Filterwirkung.
<i>Ausgangsfilter mit Zwischenkreisanbindung</i>	Ein Ausgangsfilter mit Zwischenkreisanbindung wandelt beim Anschluss Phase gegen Phase und Phase gegen Erde eine getaktete Umrichterausgangsspannung in eine Sinusspannung um. Bei der Zwischenkreisanbindung des Ausgangsfilters müssen Sie die Taktfrequenz erhöhen! Bei einer Taktfrequenz von 12 kHz liefert der Umrichter nur noch eine Leistung von ca. 70 % seiner Nennleistung!
<i>Auslegung</i>	Die Auswahl des Ausgangsfilters ist abhängig vom Nennstrom und der Nennspannung des Umrichters. Wenn der Nennstrom des Motors kleiner als der Nennstrom des Umrichters ist, wählen Sie das Ausgangsfilter anhand des Motorstroms aus. Beim Parallelbetrieb mehrerer Motoren wählen Sie das Ausgangsfilter anhand der Summe der Motorströme aus. Beachten Sie, dass am Ausgangsfilter ein Spannungsfall gemäß den Angaben in den technischen Daten auftritt. Dieser Spannungsfall verringert die Spannung, die dem Motor zur Verfügung steht.
<i>Motorzuleitung</i>	Verwenden Sie als Motorzuleitung am Ausgang des Ausgangsfilters nur ungeschirmte Leitungen. Bei geschirmten Motorzuleitungen können zwischen der Schirmkapazität und der Kapazität des Ausgangsfilters Resonanzschwingungen auftreten. Diese Resonanzschwingungen können das Ausgangsfilter schädigen.



Einsatz

In folgenden Anwendungen ist der Einsatz von Ausgangsfiltern empfehlenswert:

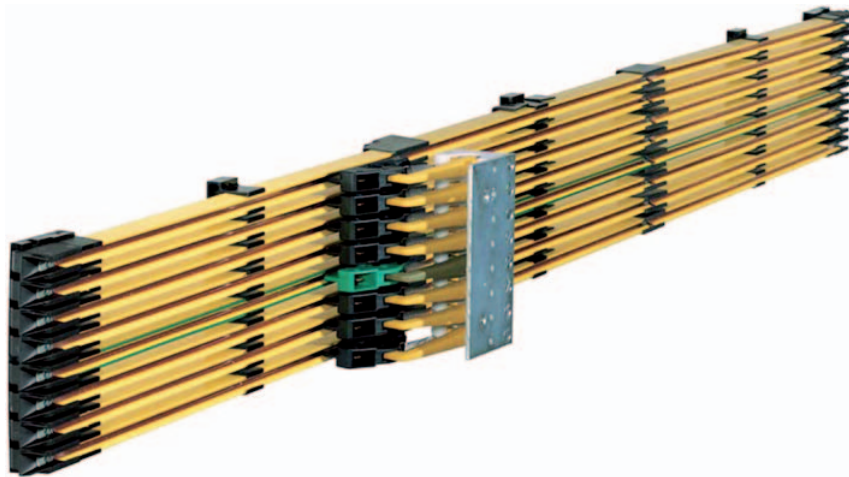
- Gruppenantrieb (mehrere Motoren an einem Umrichter)
- Einsatz als Geräuschfilter
- Funkentstörer Betrieb mit ungeschirmten Motorzuleitungen
- Als Schutz vor Überspannungsspitzen

Preis

Der Kaufpreis, die Größe und die Energieverluste eines Ausgangsfilters und eines Umrichters sind ähnlich hoch. Deshalb versuchen viele Projektplaner den Einsatz eines Ausgangsfilters zu vermeiden, obwohl das Ausgangsfilter aus der Sicht der EMV eine nahezu optimale Lösung ist.

Stromschiene als Motorzuleitung

Wenn Sie hinter einem Frequenzumrichter isolierte Stromschienen (z. B. von den Firmen Wampfler oder Vahle) als Motorzuleitung verwenden, empfiehlt SEW-EURODRIVE den Einsatz eines Ausgangsfilters. Eine geschirmte Verlegung ist hier nicht möglich.



4048008715

Das Ausgangsfilter schützt vor EMV-Störungen. Außerdem schützt es die Endstufe des Umrichters bei Problemen mit den Stromabnehmern. Das Ausgangsfilter wirkt dabei wie ein Puffer.

Verwenden Sie nur Stromschienen mit doppelten Stromabnehmern (2 Kohlen in Reihe).

Verwenden Sie für den PE-Leiter 2 Stromabnehmer mit 2 voneinander getrennten Haltern.



2.4 Komponenten im Schaltschrank

Die folgenden Kapitel beschreiben beispielhaft den Potenzialausgleich der Komponenten im Schaltschrank von SEW-EURODRIVE.

2.4.1 MOVIDRIVE® MDX

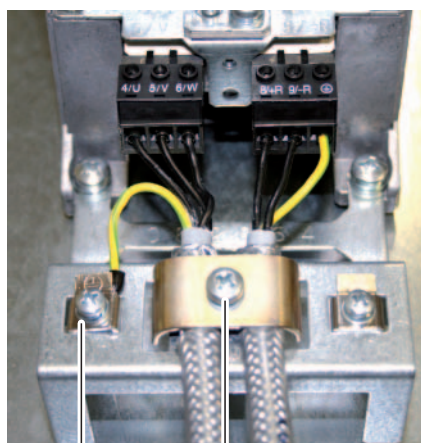
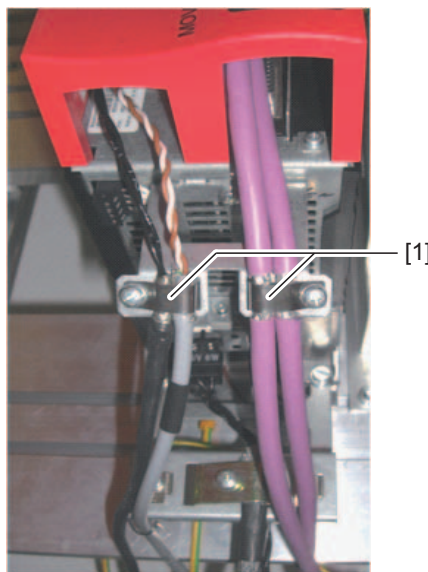
Anschluss

Schirmgeflecht bei
MOVIDRIVE®

Baugröße 1 und 2

Die folgenden Bilder zeigen den Anschluss der Schirmgeflechte am Frequenzumrichter MOVIDRIVE® MDX der Baugrößen 1 und 2.

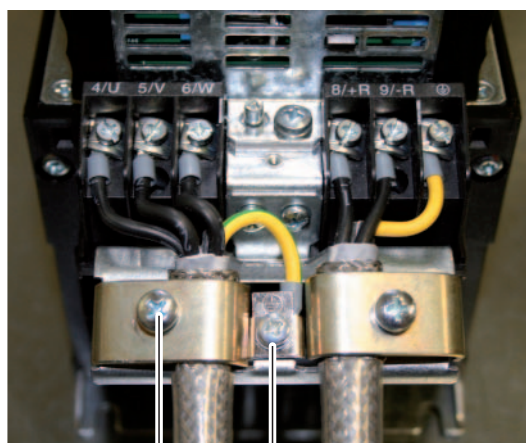
Steuerkopf



[3]

[2]

Leistungsteil
Baugröße 1



[2]

[3]

Leistungsteil
Baugröße 2

3845576075

- [1] Anschluss Schirmgeflecht Signalkabel (24-V-Kabel, Geberkabel und Buskabel)
- [2] Anschluss Schirmgeflecht Leistungskabel (Schirmklemme Leistungsteil)
- [3] PE-Anschluss



EMV-gerechte Installation in der Praxis

Komponenten im Schaltschrank

*Anschluss
Schirmgeflecht bei
MOVIDRIVE®
Baugröße 3 bis 6*

Das folgende Bild zeigt den Anschluss der Schirmgeflechte von 3 Frequenzumrichtern MOVIDRIVE® MDX der Baugrößen 3 – 6.

Legen Sie das Schirmgeflecht der Motorzuleitung am eingangsseitigen Schirmblech des Schaltschranks gemäß dem folgenden Bild auf:



9007203102443787



Erhöhte Geberverfügbarkeit durch Erdungsschraube des MOVIDRIVE®-Steuerkopfs

Mit Hilfe einer Erdungsschraube am MOVIDRIVE®-Steuerkopf kann das Bezugspotenzial der 24-V-Versorgung vom PE-Schutzleiter getrennt werden.



3847702795

- Erdungsschraube eingeschraubt → direkte Verbindung zu 0 V der 24-V-Versorgung DGND (X10, X12, X13, X16, X17) ist mit PE verbunden
Dadurch verfügt der MOVIDRIVE®-Umrichter eine erhöhte Schutzwirkung gegen Geberfehler!
- Ohne Schraube → Hoher Isolationswiderstand
Durch Entfernen der M4-Erdungsschraube entsteht die Potenzialtrennung.
Die Verbindung zur Erde besteht dann über 4 Kondensatoren und einem hohen Widerstand zur Erde.

Beispiel: Isolationswächter in 24-V-Versorgung

Als zusätzlichen Schutz der Betriebssicherheit wird die 24-V-Versorgung zum Teil von einem Isolationswächter überwacht (beispielsweise in der Chemieindustrie). Die Überwachung bietet einen zusätzlichen Schutz gegen Fehlfunktionen der Anlage bei schadhafter Isolation im 24-V-Steuerstromkreis.

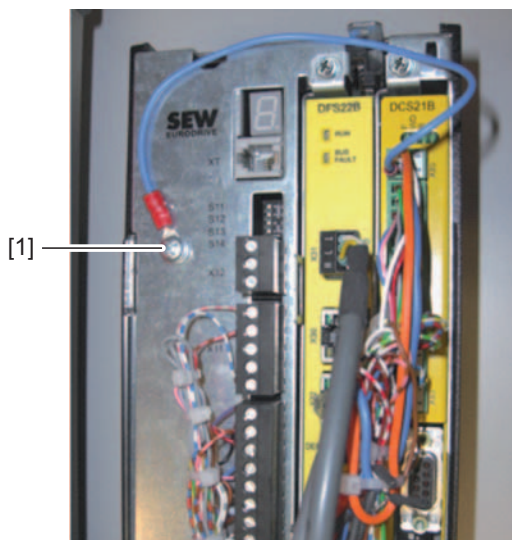
Wenn bei Geräten keine Potenzialtrennung möglich ist, dann ist eine separate 24-V-Versorgung notwendig.



*Anschluss
Potenzialausgleich
der Optionskarte
DCS21/31B*

Das folgende Bild zeigt den Anschluss des Potenzialausgleichs der Optionskarte DCS21B/31B am Frequenzumrichter MOVIDRIVE® MDX der Baugröße 1 bis 6:

**MOVIDRIVE®
mit Erdungsschraube**



3851412747

[1] Anschluss Potenzialausgleich der Optionskarte mit Hilfe einer Erdungsschraube



HINWEIS

Wenn Sie die Option DCS21B/31B in einen Frequenzumrichter MOVIDRIVE® MDX B ohne Gewindebohrung einbauen, ist kein ordnungsgemäßer Betrieb gewährleistet.

SEW-EURODRIVE empfiehlt, den Frequenzumrichter MOVIDRIVE® MDX B ohne Gewindebohrung durch einen Frequenzumrichter MOVIDRIVE® MDX B mit Gewindebohrung zu ersetzen.



2.4.2 Bremswiderstand

Bremswiderstands-Kabel

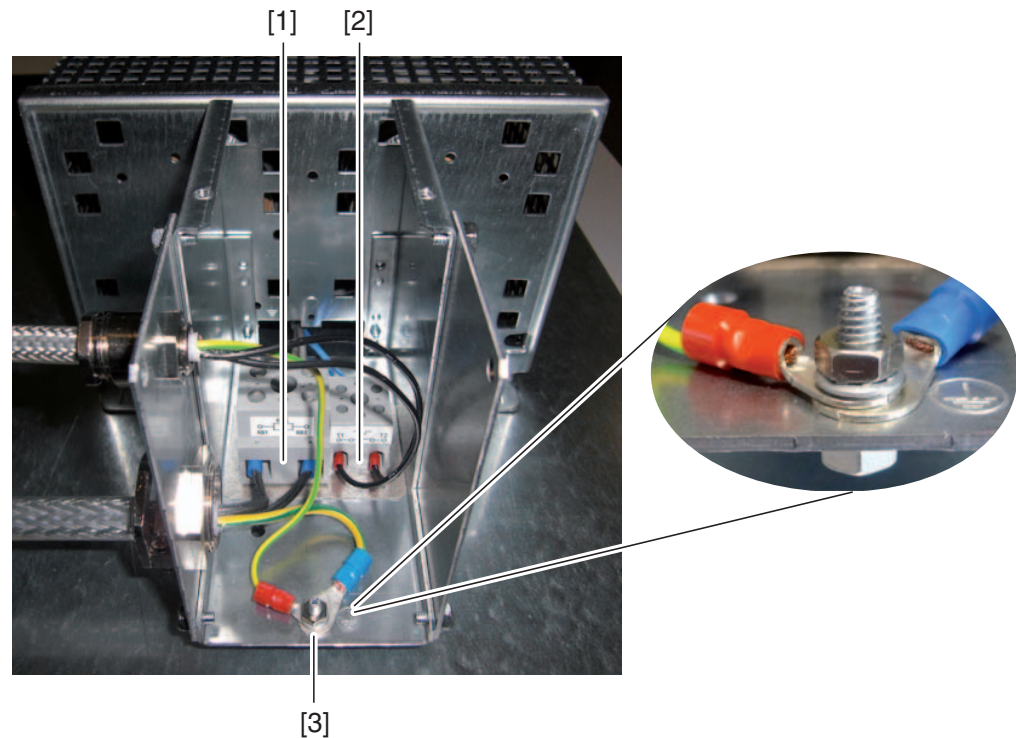
Verwenden Sie zum Anschluss von Bremswiderständen an den Umrichter 2 eng verdrehte Adern oder ein geschirmtes Leistungskabel.

Die Nennspannung des Bremswiderstands-Kabels muss gemäß DIN VDE 0298 mindestens $U_0 / U = 300 \text{ V} / 500 \text{ V}$ betragen.

Installation Stahlgitter- Bremswiderstand

Montieren Sie den Bremswiderstand möglichst flächig auf einem nicht lackierten Untergrund. Wenn dies nicht möglich ist, können Sie den Bremswiderstand auch mit Hilfe von Zahnscheiben auf dem Schaltschrankblech montieren.

Das folgende Bild zeigt den Anschluss eines Stahlgitter-Bremswiderstands mit Temperaturfühler oder Temperaturschalter:



3852709899

- [1] Anschluss Bremswiderstand
- [2] Anschluss Temperaturschalter TH
- [3] Anschluss PE



2.5 Leitungen

2.5.1 Verlegung

Beachten Sie die folgenden Hinweise:

- Verlegen Sie den Hin- und Rückleiter immer gemeinsam.
- Vermeiden Sie Reserveschleifen an allen Anschlusskabeln.
- Nicht benutzte Leiter müssen Sie an beiden Enden erden.
- Verlegen Sie störbehaftete Leitungen bevorzugt in den Ecken eines metallischen Kabelkanals oder Eckprofils. Dies vermindert die Abstrahlung der Leitung.



235879819

K Kabelkanal
E Eckprofil
S Schirmeffekt

Die Schirmung wird durch einen geschlossenen Kabelkanal erheblich verbessert.

Abstand zwischen den Leitungen

Je größer der Abstand zwischen den Leitungen ist, desto kleiner ist die Parasitärkapazität, und somit auch der Störstrom.

Die Parasitärkapazität (Störkapazität) wächst

- mit sinkendem Leitungsabstand
- mit wachsender Länge von parallel verlegten Leitungen

Der Störstrom wächst mit steigender Spannung auf der störenden Leitung.

Abstand zum Bezugspotenzial

Verlegen Sie die Leitungen so dicht wie möglich am Bezugspotenzialausgleich, wie der Montageplatte, dem Blechkanal oder der geerdeten Maschinenkonsole.

Freischwebende Leitungen wirken als aktive und passive Antennen.



Leitungsgruppen

Die Kopplung zwischen Störquelle (z. B. Motorzuleitung) und Störsenke (z. B. empfindliche Leitung, Gerät) erfolgt meist über die angeschlossenen Leitungen. Für die EMV spielen deshalb die Leitungsverlegung und die Art der verwendeten Leitungen eine große Rolle.

Um eine Systematik in die Leistungsverlegung zu bringen, werden die Leitungen in Abhängigkeit von den transportierten Signalen in Gruppen eingeteilt. Mit dieser Einteilung können allgemeine, praxistaugliche Regeln für die Leitungsverlegung aufgestellt werden.

In der Praxis hat sich eine Einteilung der Leitungen in 4 Gruppen als sinnvoll erwiesen. Die Leitungsgruppen können wie folgt charakterisiert werden:

Leitungsgruppe	Beispiele
Gruppe 1 sehr empfindlich	Geberleitung Analog-Sensoren Messleitung Kapazitive Näherungsschalter Buskabel
Gruppe 2 empfindlich	Kleinsignal-Leitungen Kleinsignal-Versorgung (10 V, 24 V)
Gruppe 3 Störer	Steuerleitung induktiver Lasten (Bremsen, Schütze, Relais) Entstörte Leistungskabel Netzzuleitungen (nicht geschaltet)
Gruppe 4 starke Störer	Leistungskreise Geschaltete Leistungskabel (induktiver Lasten, z. B. Schütz) Getaktete Leistungskabel (Umrichter)

Mit Hilfe der Gruppeneinteilung lassen sich folgende Faustregeln zur Auswahl der Leitungen aufstellen:

Leitungsgruppe	Im Schaltschrank	Außerhalb des Schaltschranks
Gruppe 1	Geschirmte, niederkapazitive Leitung möglichst ohne Unterbrechung bis zum Gerät mit Abstand zu den Gruppen 3 und 4	
Gruppe 2	Ungeschirmte Leitung getrennt von den Gruppen 3 und 4	Leitung
Gruppe 3		mit Abstand zu den Gruppen 3 und 4
Gruppe 4	Geschirmte oder gefilterte Leitung	

Die parallele, betriebssichere Verlegung von Leitungen aus verschiedenen Gruppen ist nur mit Zusatzmaßnahmen wie z. B. Schirmung, Filterung oder Abstand möglich.



Im Schaltschrank müssen die Energie und die Signale vielfach verzweigt und aufgeteilt werden. Die Leitungslängen sind relativ kurz. Die Abstrahlung nach außen wird durch die Schirmwirkung des Schaltschranks reduziert.

Im Schaltschrank ist die getrennte Verlegung von Leitungen der Gruppe 1 oder 2 zu den Leitungen der Gruppe 3 oder 4 nicht immer möglich. Die parallele Verlegung sollte jedoch auf das notwendige Minimum beschränkt werden.

- Motorzuleitung im Schaltschrank

Wenn Sie eine Motorzuleitung ungeschirmt und ungefiltert im Schaltschrank verlegen, müssen Sie die Adern der 3 Phasen verdreht und getrennt von sensiblen Leitungen verlegen. Diese Lösung ist allerdings nur ein Kompromiss und sollte nicht in Schaltschränken mit sensiblen Leitungen angewendet werden.

- Bremswiderstand im Schaltschrank

Verlegen Sie als Bremswiderstands-Leitungen nur geschirmte Leitungen oder 2 verdrehte Adern. Verlegen Sie die verdrehten Adern getrennt von sensiblen Leitungen.

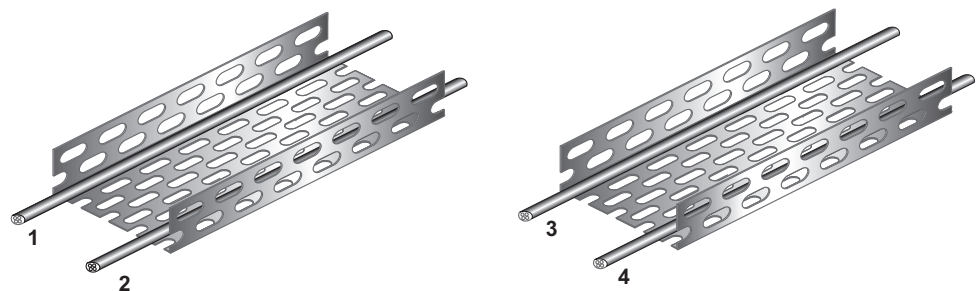
Außerhalb des Schaltschranks laufen die Leitungen oft über lange Strecken mit geringem Abstand parallel. Bei einer nicht EMV-gerechten Verlegung führt dies zu einer hohen Kopplung zwischen den transportierten Signalen.

Außerhalb des Schaltschranks ist ein Abstand von 20 cm zwischen Leitungen der Gruppe 1 oder 2 und Leitungen der Gruppe 3 oder 4 in den meisten Fällen ausreichend.

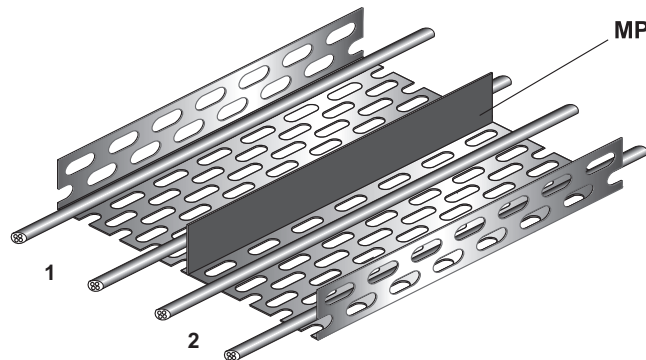
Verlegung von Leitungen aus verschiedenen Gruppen

Beachten Sie bei der Verlegung von Leitungen aus verschiedenen Gruppen folgende Hinweise:

- Verlegen Sie Leitungen der Gruppen 1 und 2 sowie Leitungen der Gruppen 3 und 4 mit größtmöglichem Abstand oder getrennt durch eine metallische Trennwand.



3779300107

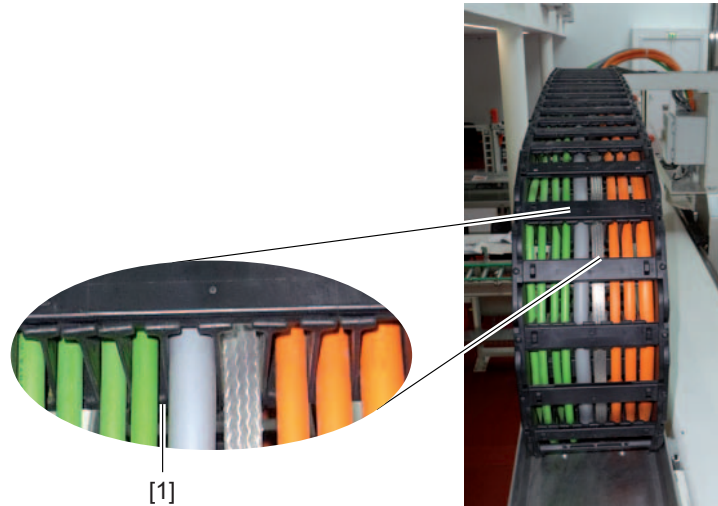


235452043

MP Metallische Trennwand

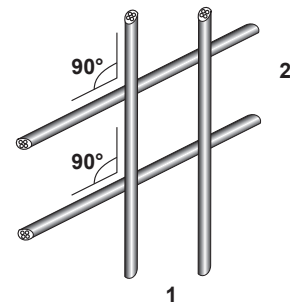
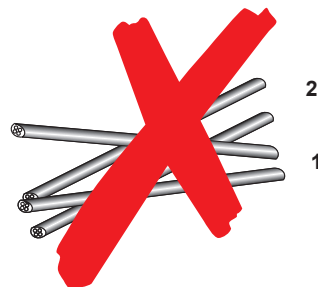


- Die Motorzuleitung hinter einem Ausgangsfilter können Sie in einem gemeinsamen Kabelkanal mit Leitungen von anderen Gruppen verlegen.
- Verwenden Sie nur Schleppketten mit Zwischenstegen [1].



3779433099

- Kreuzen Sie Leitungen der Gruppen 1 und 2 sowie der Gruppen 3 und 4 möglichst im rechten Winkel.



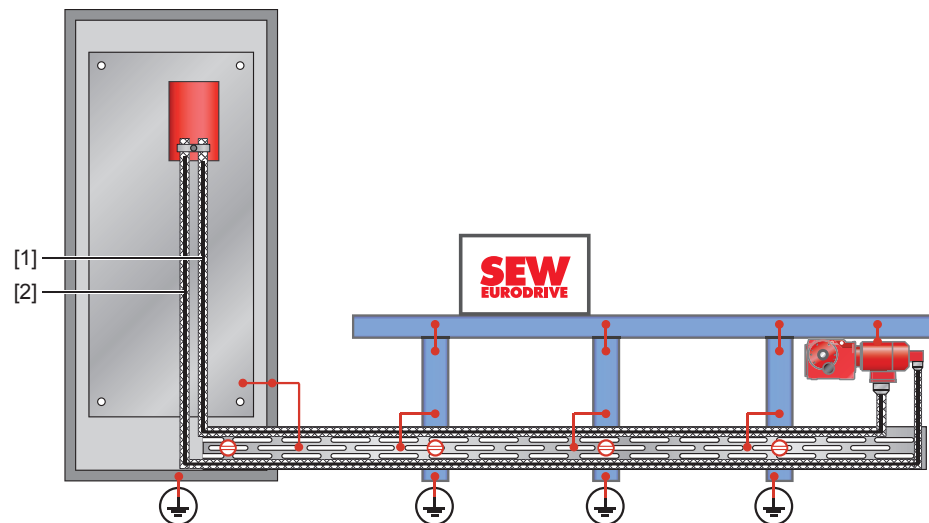
235879819



2.5.2 Schirmung

Beachten Sie bei der Schirmung folgende Hinweise:

- Jede Leitung kann ein magnetisches Feld abstrahlen oder empfangen. Das bedeutet, dass jede Leitung sowohl als Sende- als auch als Empfangsantenne wirkt.
- Eine einzelne ungeschirmte oder ungefilterte Leitung kann alle anderen Maßnahmen zunichte machen.
- Die einseitige Schirmung einer Leitung wirkt nur gegen die kapazitive Kopplung paralleler Leitungen, jedoch nicht gegen Magnetfelder.
- Gegen die magnetische Abstrahlung müssen Sie den Schirm immer beidseitig anschließen. Der Schirm sollte aus Kupfer bestehen.



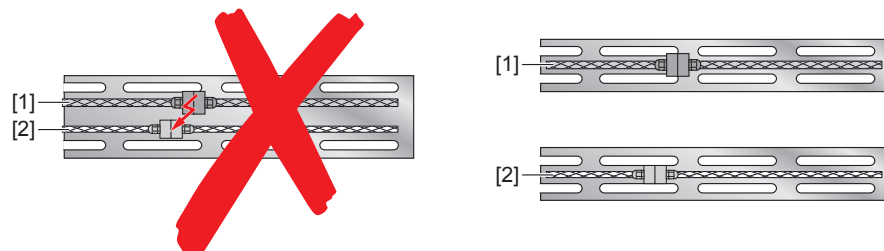
5558529931

- [1] Motorzuleitung (beidseitig geerdet)
[2] Geberleitung (beidseitig geerdet)

Ausnahme:

- Die Verlegung der Leitung in einem Blech-Kabelkanal dämpft die Abstrahlung auch, jedoch nicht so effektiv wie ein Kupferschirm.
- Metallische Rohre sind für Schirmzwecke gut geeignet. Besondere Beachtung muss dabei der Weiterführung des Schirms an den Rohrenden geschenkt werden.
- Geschirmte Leitungen aus verschiedenen Gruppen, die beidseitig geerdet sind, können Sie im gleichen Kabelkanal verlegen.

Verlegen Sie jedoch Leitungen, die mit Steckverbindern verlängert wurden, nur in getrennten Kabelkanälen. Ansonsten können Störungen über die Steckverbinder übertragen werden.



5558536331

- [1] Motorzuleitung
[2] Geberleitung



Erfahrungen aus der Praxis:

- Bei verlängerten, geschirmten Geber- oder Motorzuleitungen werden häufig nicht EMV-gerechte Steckverbinder verwendet.
- Die Steckverbinder von verlängerten Leitungen werden häufig nicht EMV-gerecht konfektioniert.

Verwenden Sie deshalb bei verlängerten Geber- und Motorzuleitungen nur konfektionierte Leitungen von SEW-EURODRIVE.

Schirmtypen

In der Praxis sind unterschiedliche Schirmtypen für elektrische Leitungen gebräuchlich. Die folgende Tabelle erläutert die charakteristischen Merkmale der Schirmtypen:

Schirmtyp	Merkmal
Folienschirm	Folienschirme werden häufig für Signalleitungen verwendet. Ihr Vorteil liegt im hohen Schirmbedeckungsgrad von 100 %. Aufgrund der geringen Dicke der leitfähigen Schicht ist die Wirksamkeit von Folienschirmen eingeschränkt, insbesondere bei: • starken magnetischen Störfeldern • und bei größeren Störströmen aufgrund des geringen Querschnitts Bei der Anwendung muss darauf geachtet werden, dass die Schirmfolie durch Biegevorgänge nicht beschädigt wird.
Geflechtschirm	Geflechtschirme werden üblicherweise für Leistungsleitungen verwendet. Aufgrund des höheren Schirmquerschnitts bieten Geflechtschirme bei hohen Störströmen und starken Magnetfeldern einen besseren Schutz. Die optische Schirmbedeckung ist eine wichtige Kenngröße der Schirmung. Sie muss für EMV-Zwecke mindestens 85 % betragen. Leitungen mit Eisenarmierung sind für EMV-Zwecke nicht geeignet.
Mehrfachschirme	Mehrfach geschirmte Leitungen bieten gegenüber einfach geschirmten Leitungen eine höhere Schirmdämpfung. Durch die Kombination von Folien- und Geflechtschirmen lassen sich die guten Eigenschaften beider Typen kombinieren. Aufgrund der aufwendigen Herstellung werden solche Leitungen üblicherweise nur zum Transport empfindlicher Signale eingesetzt.
Rohrverlegung	Ein Sondertyp der Schirmung ist die Verlegung von Leitungen in metallischen Rohren. Metallische Rohre bieten einen hohen Schirmquerschnitt und einen Schirmbedeckungsgrad von 100 %. Deshalb sind metallische Rohre für Schirmzwecke gut geeignet. Besondere Beachtung muss dabei der Weiterführung des Schirms an den Rohrenden und der Koppung zwischen gemeinsam im Rohr verlegten Leitungen geschenkt werden.
Ferrit-Ummantelung	Für Leistungsleitungen werden Mantelwerkstoffe mit integrierten Ferritpartikel zur Dämpfung von Störströmen angeboten. Diese Leitungen haben aufgrund der längenabhängigen Dämpfung und der Wirksamkeit in der Praxis nur eine geringe Bedeutung. Insbesondere bei größeren Leitungslängen und wegen der deutlich aufwendigeren Herstellung sind diese Leitungen bisher nur wenig verbreitet.



Geberleitungen

Verwenden Sie als Geberleitungen nur Kabel mit folgenden Eigenschaften:

- niederkapazitiv (Kapazität zwischen den Adern $C_{\text{Ader} - \text{Ader}} \leq 70 \text{ nF/km}$ (70 pF/m))
- mit Schirmgeflecht
- paarweise verdreht

Empfehlung:

Verwenden Sie vorkonfektionierte Geberleitungen von SEW-EURODRIVE.

Falls Sie das Geberkabel selbst konfektionieren, beachten Sie folgende Richtwerte:

Gerät	Kapazität $C_{\text{Ader} - \text{Ader}}$ der Geberleitung
Antriebsumrichter MOVIDRIVE®	$\leq 120 \text{ nF/km}$ (bis 50 m Leitungslänge) $\leq 70 \text{ nF/km}$ (ab 50 m Leitungslänge)
Sicherheitsmodul MOVISAFE® (MOVIDRIVE®-Option)	$\leq 70 \text{ nF/km}$
Servoverstärker MOVIAxis®	$\leq 70 \text{ nF/km}$

Beispiel: Geberleitungen von der Fa. HELUKABEL®

HELUKABEL® Typ	Verwendung
Li9YCY	SEW-EURODRIVE verwendet dieses Kabel (70 nF/km) standardmäßig als niederkapazitive Geberleitung.
Li2YCY	Dieses Kabel ist auch als Geberleitung geeignet. $C_{\text{Ader} - \text{Ader}} = 70 \text{ nF/km}$
LiYCY	Dieses Kabel wird häufig als Geberleitung verwendet. Dieses Kabel ist <u>keine</u> niederkapazitive Leitung. $C_{\text{Ader} - \text{Ader}} = 120 \text{ nF/km}$

Lange geschirmte Leitungen

Beachten Sie bei langen geschirmten Leitungen folgende Hinweise:

- Die Schirmwirkung sinkt mit steigender Leitungslänge. Bei längeren Leitungen können Sie die Schirmung verbessern, indem Sie den Schirm in regelmäßigen Abständen mehrmals mit Kabelschellen erden.
- Jede Leitung hat eine Parasitärkapazität, die die Ableitströme gegen Erde abfließen lässt. Die Parasitärkapazität wird durch die Schirmung deutlich erhöht.
- Bei langen geschirmten Motorzuleitungen können die hohen Ableitströme erhebliche Störungen verursachen. Verwenden Sie in solchen Fällen anstelle der geschirmten Leitung Ausgangsfilter oder Ferritkerne.

Wenn der Schirm einer bereits verlegten, geschirmten Leitung unerwünscht ist, müssen Sie die Leitung nicht ersetzen.

Alternativ können Sie den Schirm beidseitig abklemmen und isolieren. Achten Sie dabei auf eine sorgfältige Isolation, z. B. mit einem Schrumpfschlauch. Bei schlechter Isolation können an den Schirmenden Funken gegen Erde oder andere leitende Gegenstände entstehen.

Das Abklemmen des Schirms kann aus folgenden Gründen notwendig sein.

- Nachträgliche Installation eines Ausgangsfilters
- Erhöhter Ableitstrom
- Zu hohe Leitungskapazität bei einer zu langen Leitung
- Gruppenantriebe



Bei Gruppenantrieben keine geschirmten Leitungen

Bei einem Gruppenantrieb fließen in erhöhtem Maße Ableitströme, weil sich die Kapazität der Motorleitungen und Motoren durch die Parallelschaltung erhöht. Diese Ableitströme belasten die Endstufe des Frequenzumrichters zusätzlich.

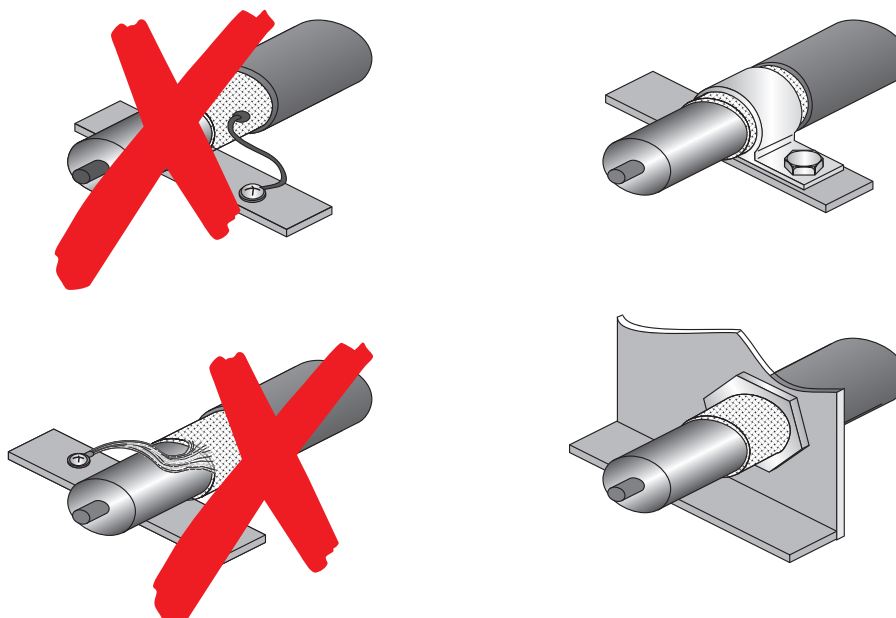
Bei der Verwendung von geschirmten Motorzuleitungen erhöhen sich diese Ableitströme sehr stark. Außerdem können die Ableitströme den Motorschutzschalter, der bei Gruppenantrieben üblicherweise eingesetzt wird, zum Auslösen bringen. Verwenden Sie deshalb bei Gruppenantrieben bevorzugt ungeschirmte Leitungen. Wenn die Anlage EMV-Grenzwerte einhalten muss, installieren Sie ein Ausgangsfilter.

Auflage Schirmgeflecht

Legen Sie das Schirmgeflecht mit Hilfe von über Erdungsschellen oder EMV-Verschraubungen über den gesamten Umfang großflächig auf.

Schließen Sie den Schirm nicht über ein verdrehtes Schirmgeflecht (sogenannter "Pigtail") oder über eine Drahtverlängerung an. Dies kann die Schirmwirkung um bis zu 90 % reduzieren.

Das folgende Bild zeigt verschiedenen Möglichkeiten der Schirmauflage:



Falsche Schirmauflage
über eine Drahtverlängerung
oder über ein verdrehtes Schirmgeflecht

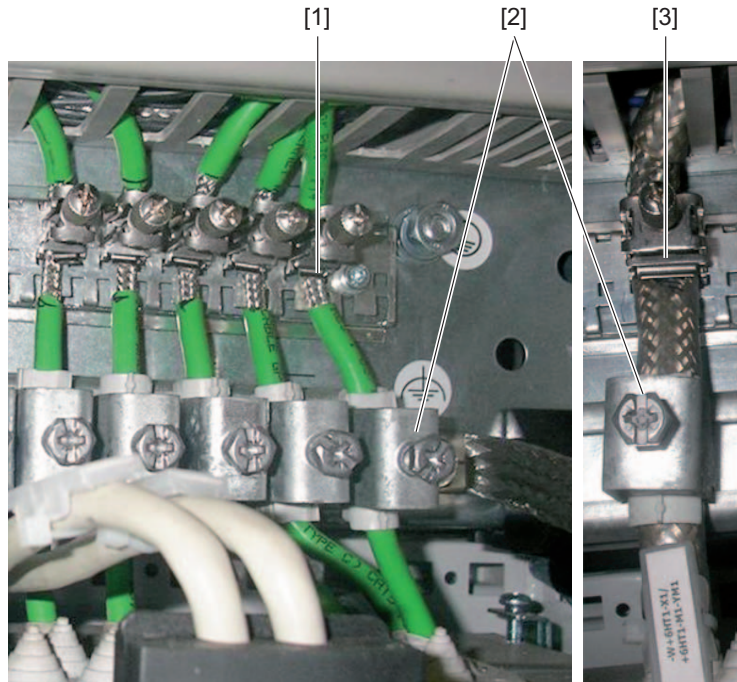
Korrekte Schirmauflage
über den gesamten Umfang auf dem Gehäuse
oder einer geerdeten Fläche

235857803



Praxis

Die folgenden Bilder zeigen die Auflage der Schirmgeflechte in der Praxis:



3779830539

- [1] Schirmauflage des Geberkabels auf dem Schirmblech der Steuerungskomponenten
- [2] Mechanische Zugentlastung
- [3] Schirmauflage der Motorzuleitung auf dem Schirmblech der Leistungskomponenten

Beachten Sie folgende Hinweise:

- Legen Sie die Schirmgeflechte der Geberkabel und Buskabel am Schirmblech der Steuerkomponenten auf [1].
- Legen Sie das Schirmgeflecht der Motorzuleitung an dem separaten Schirmblech für Leistungskomponenten auf [3].
- Fixieren Sie die Leitungen mit den mechanischen Zugentlastungen [2].
- Wenn das Schirmblech nicht direkt mit der unlackierten Montageplatte verbunden ist, müssen Sie eine HF-Anbindung zur PE-Schiene im Schaltschrank installieren.
- Das Schirmgeflecht können Sie auch direkt am Frequenzumrichter auflegen.



EMV-Verschraubungen

Verwenden Sie für die Kabeldurchführung in ein Gehäuse eine EMV-Verschraubung des folgenden Typs:



3880956939

Zum Beispiel:

Hersteller	Vertrieb	Gewinde	Typ
Fa. Jacob	Fa. Sonepar	Mxx	50.6xx M / EMV
		M20	50.620 M / EMV

Alternativ können Sie auch EMV-Verschraubungen der Firma Hummel verwenden:

- HSK-M-EMV: Vergleichstyp zu 50.6xx M / EMV der Firma Jacob
- HSK-MZ-EMV: mit zusätzlicher Zugentlastung und Knickschutz
- HSK-M-EMV-D: zur Durchführung des Schirmgeflechts

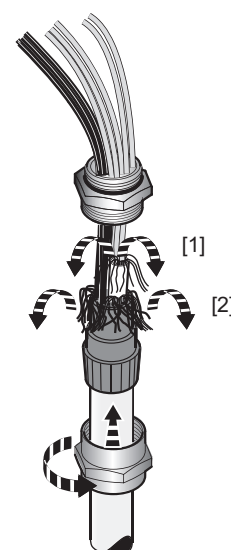
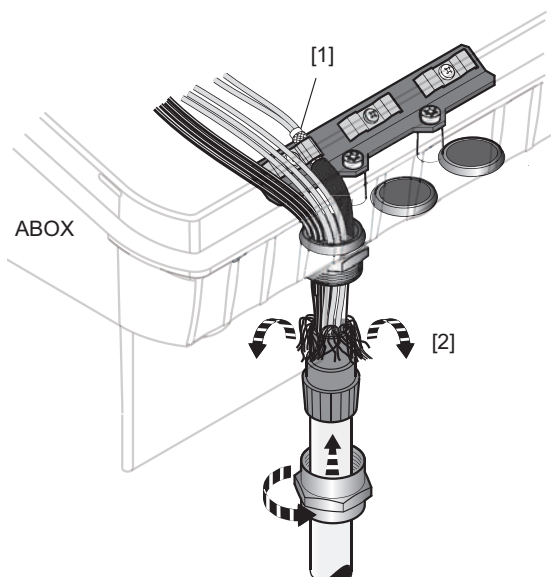
Schirmung von Hybridkabeln

Grundsätzlich müssen Sie jeden Schirm eines Hybridkabels beidseitig anschließen!

Beispiel MOVIFIT®

Auflage des 2. Schirmgeflechts einer Hybridleitung am Schirmblech

Auflage des 2. Schirmgeflechts einer Hybridleitung mit einer EMV-Verschraubung



3780284427

- [1] Innerer Schirm
- [2] Äußerer Schirm

Wenn für ein weiteres Schirmgeflecht eines Hybridkabels keine Schirmklemme vorhanden ist, müssen Sie alle Schirmgeflechte gemeinsam an der EMV-Verschraubung anschließen.



Fehler bei der Konfektionierung von Hybridkabeln

Vorkonfektionierte Hybridkabel werden häufig vom Kunden motorseitig gekürzt oder vom Kunden selbst konfektioniert.

Dabei tritt häufig folgender Fehler auf:

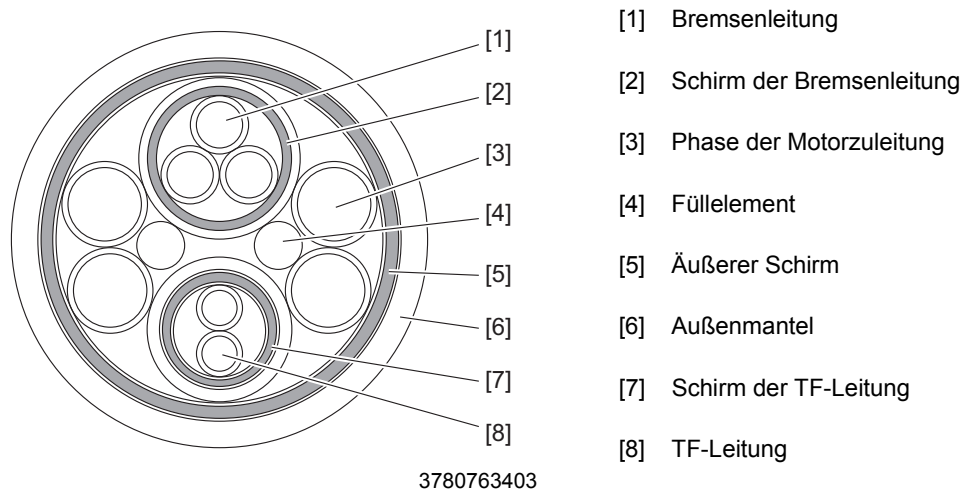
- Der äußere Schirm wird korrekt angeschlossen.
- Der innere Schirm wird auf der Seite des Umrichters korrekt angeschlossen.
- **Fehler:** Der innere Schirm wird auf der Seite des Motors **nicht** angeschlossen.

Beispiel Motor- / Bremsleitung:

Wenn die Bremsleitung eines Hybridkabels nur einseitig aufgelegt wird, ist die Schirmwirkung unzureichend.

Bei einer getakteten Motorzuleitung mit unzureichender Schirmwirkung gelangen HF-Störspitzen in die Bremsenleitung. Diese HF-Störspitzen in der Bremsenleitung belasten den Bremsgleichrichter unzulässig hoch, so dass er dadurch schneller altert.

Das folgende Bild zeigt den Querschnitt des Hybridkabels (SEW-EURODRIVE, Typ D) mit Adern zum Anschluss des Motors [3], der Bremse [1] und des Temperaturfühlers [8]:



- Der einseitige Anschluss des inneren Schirms der Bremsenleitung im Hybridkabel kann langfristig den Bremsgleichrichter und als Folgefehler die Bremsspule schädigen.
- Eine TF-Leitung, deren Schirmung nicht beidseitig geerdet ist, kann Geberfehler auslösen.

Legen Sie den Schirm des Hybridkabels und der TF-Leitung beidseitig auf!



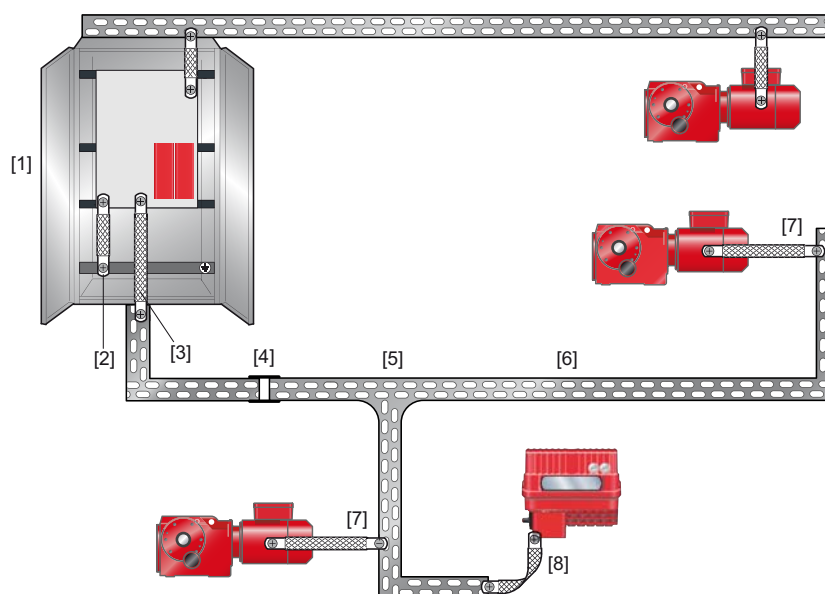
2.6 Potenzialausgleich in der Anlage

2.6.1 Verkettung des Potenzialausgleichs

Bei einer Aneinanderkettung mehrerer Maschinen ist ein Potenzialausgleich zwischen Schaltschrank, Förder-Elementen, Kabelkanälen und Betriebsmittel erforderlich.

- Aus Sicht der elektrischen Sicherheit stellt die PE-Schiene den Sternpunkt dar.
- Aus Sicht der EMV ist es vorteilhaft, wenn die Montageplatte als Sternpunkt bezüglich des HF-Potenzialausgleichs verwendet wird.

Das folgende Bild zeigt beispielhaft die Verbindungen des Potenzialausgleichs von mehreren Komponenten:



3853533579

- [1] Schaltschrank mit PE-Schiene
- [2] Verbindung zwischen Montageplatte und PE-Schiene
- [3] HF-tauglicher Anschluss des Kabelkanals an die PE-Schiene
- [4] Großflächige Verbindung zwischen den Kabelkanälen
- [5] Abzweigung mit großflächigen Winkeln
- [6] Kabelkanal aus Blech
- [7] HF-tauglicher Potenzialausgleich des Getriebemotors an den Kabelkanal
- [8] HF-tauglicher Potenzialausgleich des MOVIFIT®-Geräts an den Kabelkanal

Beachten Sie bei der Installation des Potenzialausgleichs folgende Hinweise:

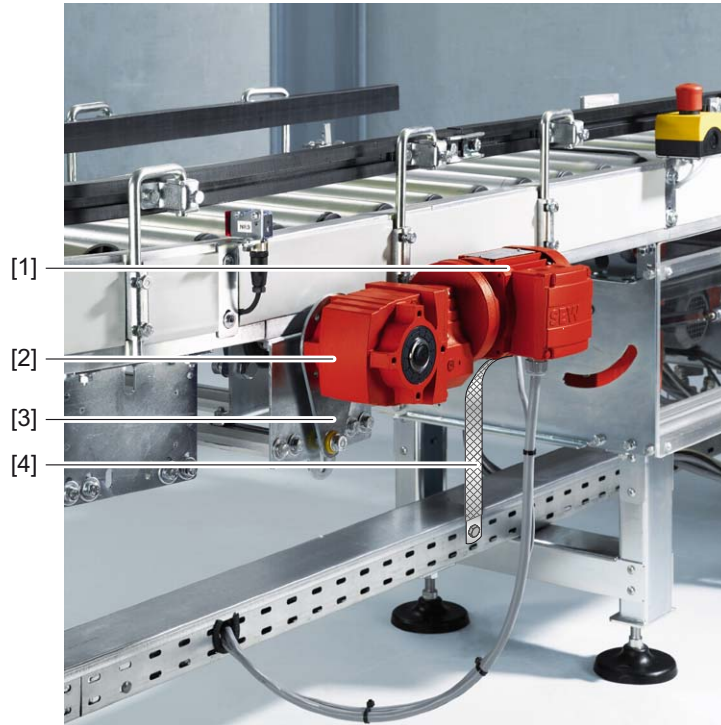
- Installieren Sie den Schaltschrank mit PE-Schiene gemäß dem obigen Bild.
- Verbinden Sie den Kabelkanal flächig mit dem Schaltschrank.
- Verbinden Sie den Kabelkanal mit Hilfe einer HF-Litze mit der Montageplatte im Schaltschrank [3].
- Verbinden Sie die PE-Schiene großflächig (HF-Verbindung) mit der Montageplatte [2].
- Verbinden Sie die Teile des Blech-Kabelkanals großflächig miteinander [4].
- Verbinden Sie abzweigende Kabelkanäle mit großflächigen Winkeln [5] oder mit HF-Litzen.
- Verbinden Sie den PE-Anschluss des MOVIFIT®-Geräts mit Hilfe einer HF-Litze mit dem Kabelkanal [8].
- Verbinden Sie den Getriebemotor ebenso mit dem Kabelkanal [7].



2.6.2 Beispiel Antrieb mit Aufsteckgetriebe

Potenzialausgleich zum Schutz des Bremsgleichrichters

Ein Antrieb mit Aufsteckgetriebe ist mechanisch nur über eine Welle und eine Drehmomentstütze an der Anlage installiert.



5374678539

- [1] Motor
- [2] Aufsteckgetriebe
- [3] Drehmomentstütze mit Gummibuchse
- [4] HF-Litze

Die Lager des Getriebes bilden für den Antrieb nur einen unzureichenden Potenzialausgleich. Die Drehmomentstütze verfügt häufig über eine elastische Gummibuchse, die den Antrieb zur Anlage elektrisch isoliert. Somit hat der Antrieb keinen HF-tauglichen Potenzialausgleich.

Aufgrund des unzureichenden Potenzialausgleichs fließen die Ableitströme vom Motor teilweise über die Bremsleitung zurück zum Umrichter im Schaltschrank. Da die Ableitströme dabei durch den Bremsgleichrichter fließen, schädigen sie die Elektronik des Bremsgleichrichters. Dies kann zu einer erhöhten Alterung bis hin zu einem frühzeitigen Ausfall des Bremsgleichrichters führen.

Auch bei Hubwerken und Drehtischen ist der Potenzialausgleich des mobilen Antriebs nicht immer HF-tauglich. Der mangelhafte Potenzialausgleich an den mobilen Antrieben von Hubwerken und Drehtischen kann deshalb ebenso zu einem frühzeitigen Ausfall der Bremsgleichrichter führen.

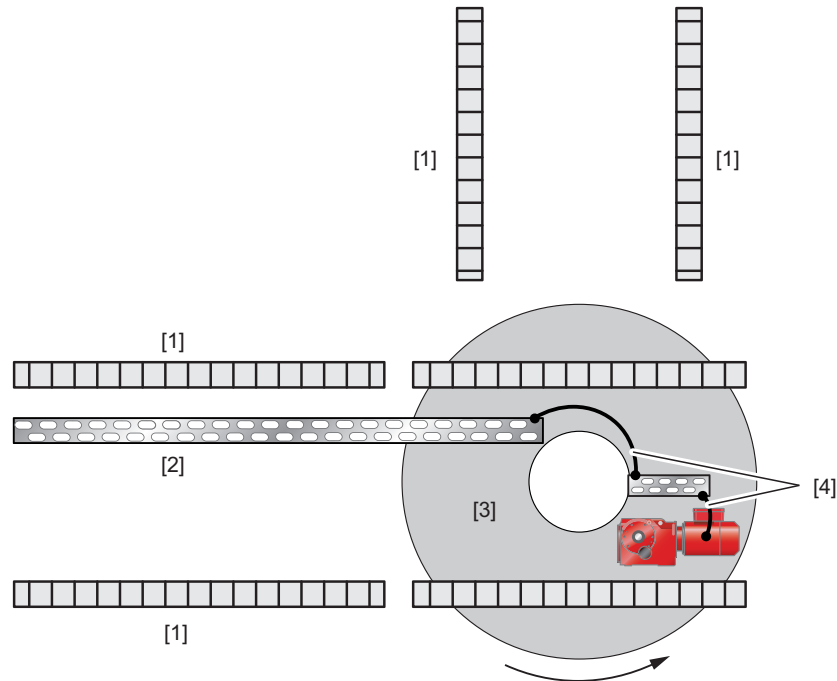
Fazit

Installieren Sie deshalb bei Aufsteckgetrieben, Hubwerken und Drehtischen immer eine HF-Litze zwischen dem Motor und der Anlage. Die Ableitströme fließen dann über die HF-Litze zur Erde ab.



2.6.3 Beispiel Drehtisch

Das folgende Bild zeigt den Potenzialausgleich an einem Drehtisch:



3854592267

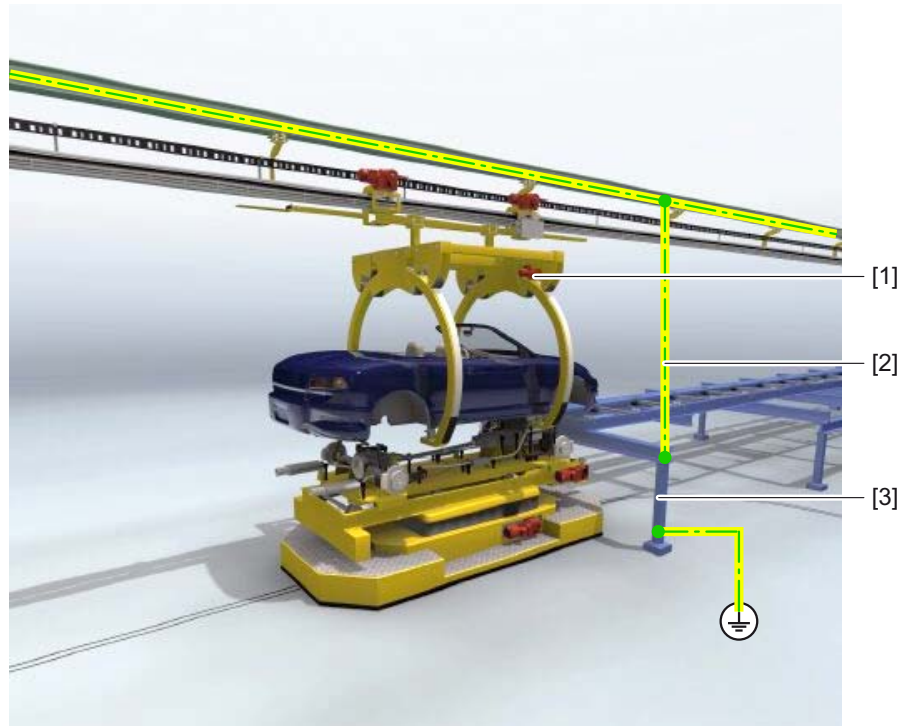
- [1] Kette Kettenförderer
- [2] Kabelkanal aus Blech
- [3] Drehtisch
- [4] Potenzialausgleich zwischen feststehenden und mobilen Blechkanälen und Motor

Stellen Sie zwischen den feststehenden Kabelkanälen, den mobilen Kabelkanälen und dem Motor einen Potenzialausgleich gemäß dem obigen Bild her [3].



2.6.4 Beispiel Elektrohängebahn

Das folgende Bild zeigt den Potenzialausgleich an der Dockingstation einer Elektrohängebahn:



3855975947

- [1] Frequenzumrichter der Drehvorrichtung mit Netzfilter
- [2] Potenzialausgleich der PE-Schiene zur Dockingstation
- [3] Dockingstation

- Mobiler Antrieb auf der Elektrohängebahn

Wenn auf einer Elektrohängebahn ein geregelter Antrieb mitfährt, muss der mobile Antrieb mit einem Netzfilter ausgestattet sein. Bei kleineren Baugrößen ist das Netzfilter bereits integriert. Der Netzfilter führt die Ableitströme größtenteils zum Frequenzumrichter zurück. Dies reduziert die Gefahr, dass die Ableitströme über andere Komponenten abfließen und die Geräte oder Kommunikation stören.

- Potenzialausgleich der Elektrohängebahn an der Dockingstation

Wenn eine Elektrohängebahn über ein Stromschienensystem elektrisch versorgt wird, müssen Sie zwischen der PE-Schiene des Stromschienensystems und der Haltestelle der Dockingstation eine Potenzialausgleichs-Leitung installieren. Dadurch stellen Sie sicher, dass zwischen der Elektrohängebahn und der Dockingstation kein Potenzialunterschied auftreten kann. Die elektrische Gefährdung von Personen ist somit ausgeschlossen.



2.6.6 ESD – Elektrostatische Entladung

Die elektrostatische Entladung (ESD = electrostatic discharge) ist ein elektrischer Durchschlag oder ein Funke, der durch hohe Potenzialdifferenzen in einem elektrisch isolierenden Material entsteht. Sie verursacht einen sehr kurzen, hohen, elektrischen Stromimpuls, der die elektrischen Komponenten der Anlage erheblich stört.

Ursache

Die Ursache für die hohe Potenzialdifferenz ist meist die kontinuierliche Aufladung durch Reibungselektrizität, zum Beispiel:

- Beim Gehen auf Teppichen mit isolierenden Schuhen
- Bei der Handhabung von Kunststoffteilen
- Beim Ablauf von Kunststoff- und Papierbahnen von Rollen
- Bei der Verwendung von Kunststoffrollen, wie bei Rollenbahnen oder Hubwerken

Auswirkungen

- Störungen von elektronischen Geräten, speziell bei Buskommunikation
- Schädigung von Halbleitern, schleichende Defekte
- Geberstörungen

Abhilfe

Um die Anlage vor elektrostatischer Entladung zu schützen, installieren Sie an allen Stellen, wo isolierende Stoffe aneinander reiben, Komponenten zur Ableitung der Ladung.

Zur Ableitung der Ladung innerhalb der Anlage sind folgende Maßnahmen geeignet:

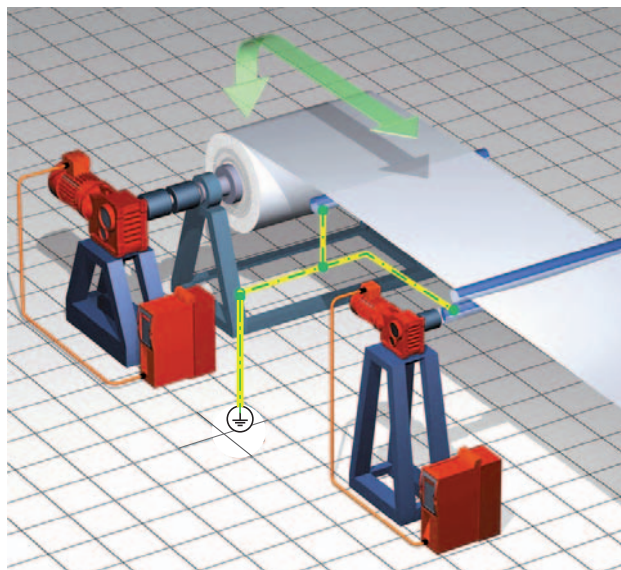
- Leitfähige Kämme
- Bürsten, Metallfäden
- Schleifer, Metallrollen, Metallwalzen, usw.

Diese Schutzmaßnahmen sind besonders bei folgenden Anlagen von Bedeutung:

- Transportbändern
- Beim Ablauf von Kunststoff- und Papierbahnen von Rollen.

Bei großen bewegten Objekten (z. B. Wickler) kann die Ladung so große Werte annehmen, dass der ESD-Schutz schon aus Personenschutzgründen notwendig ist.

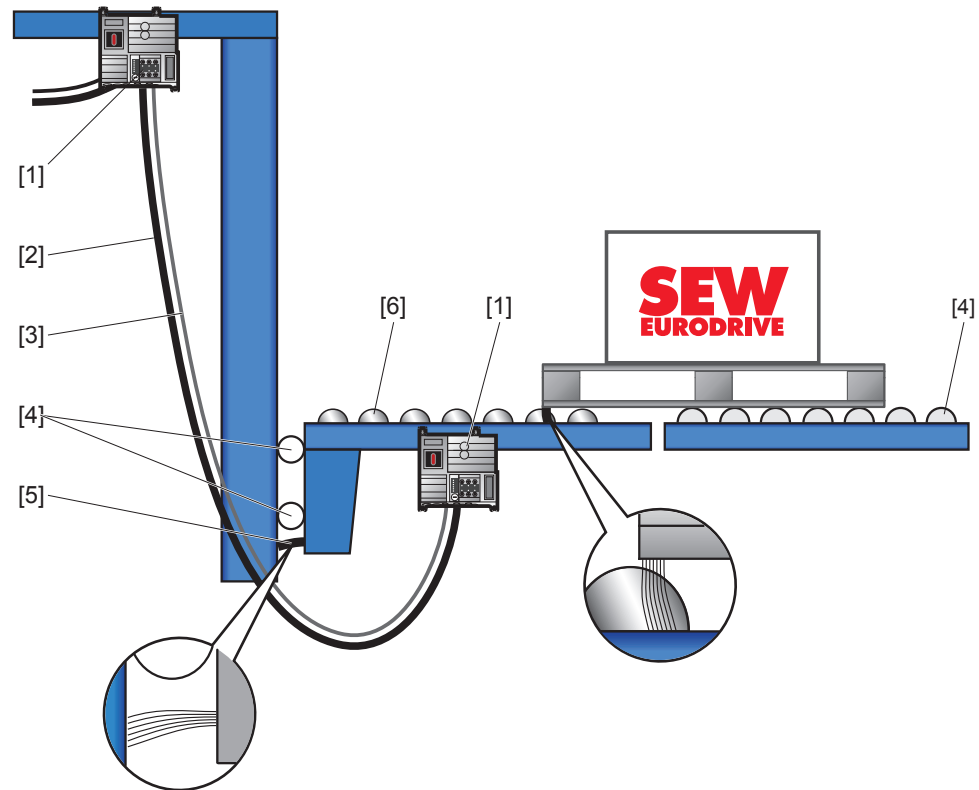
Das folgende Bild zeigt den ESD-Schutz eines Wicklers:



3857042187



Das folgende Bild zeigt den ESD-Schutz eines Hubwerks und einer Rollenbahn mit Metall- und Kunststoffrollen:



301406603

- [1] Störungsgefährdeter Feldverteiler mit Umrichter
- [2] Hybridkabel (Leistung, Buskommunikation)
- [3] EMV-gerechte Potenzialausgleichs-Leitung
- [4] Kunststoffrollen (aus PVC)
- [5] Metallkamm
- [6] Metallrollen

Die Ladungen des mobilen Teils fließen über den Metallkamm kontinuierlich auf den Rahmen des Hubwerks ab. Dies verhindert die elektrostatische Aufladung des transportierten Stückguts.

Fazit

An ESD-gefährdeten Anlagen sind zusätzlich zum EMV-gerechten Potenzialausgleich auch ESD-Schutzmaßnahmen erforderlich.

Folgende Maßnahmen sind erforderlich:

- EMV-gerechter **Potenzialausgleich** gegen Störaussendungen
- **ESD-Schutz** als Geräteschutz

Bei großen bewegten Objekten ist der ESD-Schutz auch aus Personenschutzgründen erforderlich.



2.6.7 Niederohmiger Massebezug

Für den optimalen Potenzialausgleich im HF-Bereich ist ein niederohmiger Massebezug unerlässlich.

Die folgenden Verbindungs-Elemente gewährleisten einen niederohmigen Massebezug:



235057163

- A Breitflächige Verbindung im Größenverhältnis $1:3 < X:Y < 3:1$,
z. B. für die Verbindung von Blechkanälen
- B HF-Litze

Breitflächige Verbindung

Für Verbindungen zwischen einzelnen Maschinenteilen oder Blechkanälen können Sie breitflächige Verbindungen [A] verwenden.

Verbinden Sie diese an beiden Enden großflächig mit dem Bezugspotenzial.

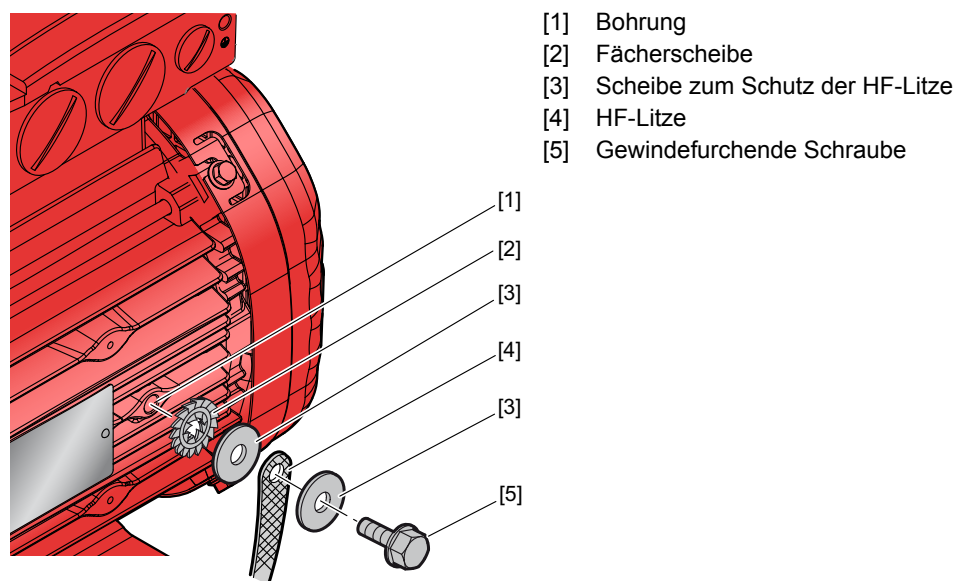
HF-Litzen

Wenn die Verwendung von breitflächigen Verbindungen nicht möglich ist, können Sie auch flexible HF-Litzen [B] verwenden.

Gemäß der Norm **EN 60204-1**, Kapitel 13.2.2 von 2006 dürfen HF-Litzen auch als Schutzleiter verwendet werden, wenn die Anschluss-Stellen mit dem graphischen Erdungs-Symbol gekennzeichnet werden.

Schützen Sie die HF-Litze mit Hilfe von 2 Scheiben, damit es beim Festdrehen der Schraube oder bei Rüttelbelastung nicht beschädigt wird. Beachten Sie den folgenden Aufbau der Schraubverbindung:

Das folgende Bild zeigt beispielhaft die Montage der HF-Litze am Motor DR.100M:



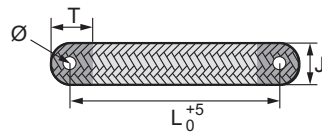
9007204735364875



SEW-EURODRIVE empfiehlt für den Anschluss des Potenzialausgleichs von SEW-Antrieben folgende HF-Litzen der Firma ERICO:

- Verwenden Sie für den Standard-Anschluss des Potenzialausgleichs von SEW-Komponenten wie Motoren und dezentrale Controller eine HF-Litze mit einem Lochdurchmesser von 6,5 mm.
- Verwenden Sie für die Option "Verbesserung der Erdung" bei DR-Motoren (siehe Kapitel "DR-Motoren" (Seite 89) eine HF-Litze mit einem Lochdurchmesser von 8,5 mm.

Das folgende Bild zeigt die HF-Litze der Fa. ERICO:



3566927115

Die folgende Tabelle zeigt die technischen Daten der HF-Litzen:

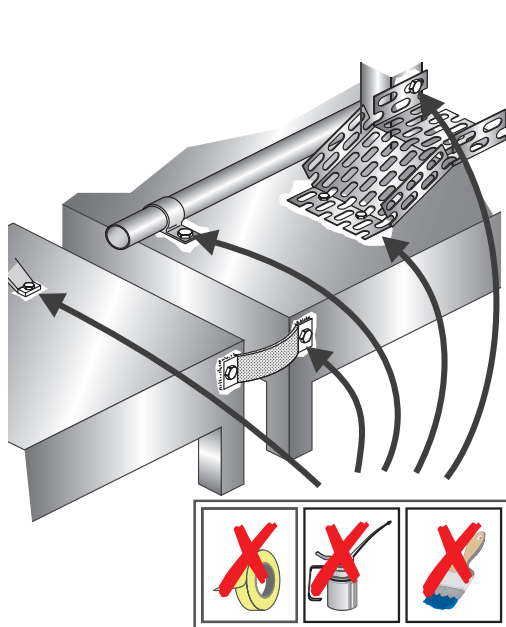
	SEW-Standard-Anschluss des Potenzialausgleichs	Option "Verbesserung der Erdung"
Artikelnummer (Firma ERICO)	556610	556660
Typ	MBJ 10-300-6	MBJ 16-300-8
[L] Länge	300 mm	300 mm
[J] Breite	12 mm	15 mm
[Ø] Lochdurchmesser	6.5 mm	8.5 mm
[T] Mindestauflagelänge	22 mm	25 mm
Strombelastbarkeit	max. 75 A	max. 120 A
Kabelquerschnitt	10 mm ²	16 mm ²



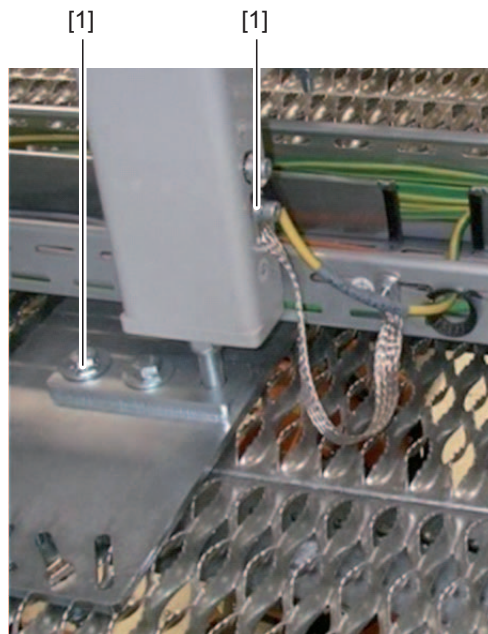
2.6.8 Kontaktierung

Die Kontaktierung der Erdverbindungen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Erdverbindung. Die Wirkung des besten Erdleiters können Sie durch eine nachlässige oder unzuweckmäßige Kontaktierung zunichte machen!

Die folgenden Bilder zeigen Beispiele geeigneter Verbindungsmöglichkeiten:



235062283



3879515275

[1] Verbindungsmöglichkeiten



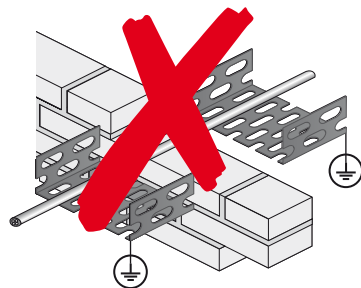
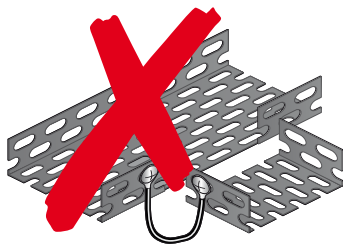
2.6.9 Kabelkanalverbindungen

Beachten Sie bei Installation von Kabelkanälen folgende Hinweise:

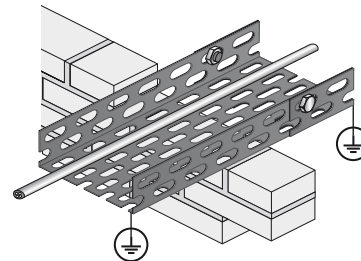
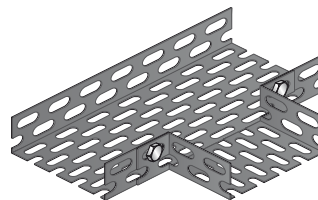
- Installieren Sie großflächige Verbindungen von Kabelkanälen mit Hilfe von Metallwinkeln.
- Zwischen 2 Anlagenkomponenten muss eine durchgehende Massebezugsfläche (Blechkanal) existieren.
- Führen Sie alle Leitungen entlang der Massebezugsfläche.
- Achten Sie darauf, dass die Verbindungen keine Stolperstellen bilden.

Die folgenden Bilder zeigen Beispiele von Verbindungsmöglichkeiten:

nicht empfohlene
Verbindungen

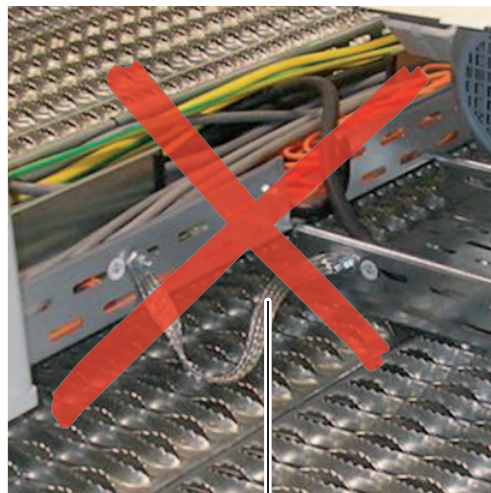


empfohlene
Verbindungen



235092491

Die folgenden Bilder zeigen negative Beispiele von Verbindungsmöglichkeiten:



[1]



[1]

[1] Verbindung bildet eine Stolperstelle

Die oben gezeigten Verbindungen [1] dürfen Sie **so nicht** installieren, weil sie keine großflächigen Verbindungen sicherstellen und Stolperstellen bilden.



2.7 Potenzialausgleich dezentraler Komponenten

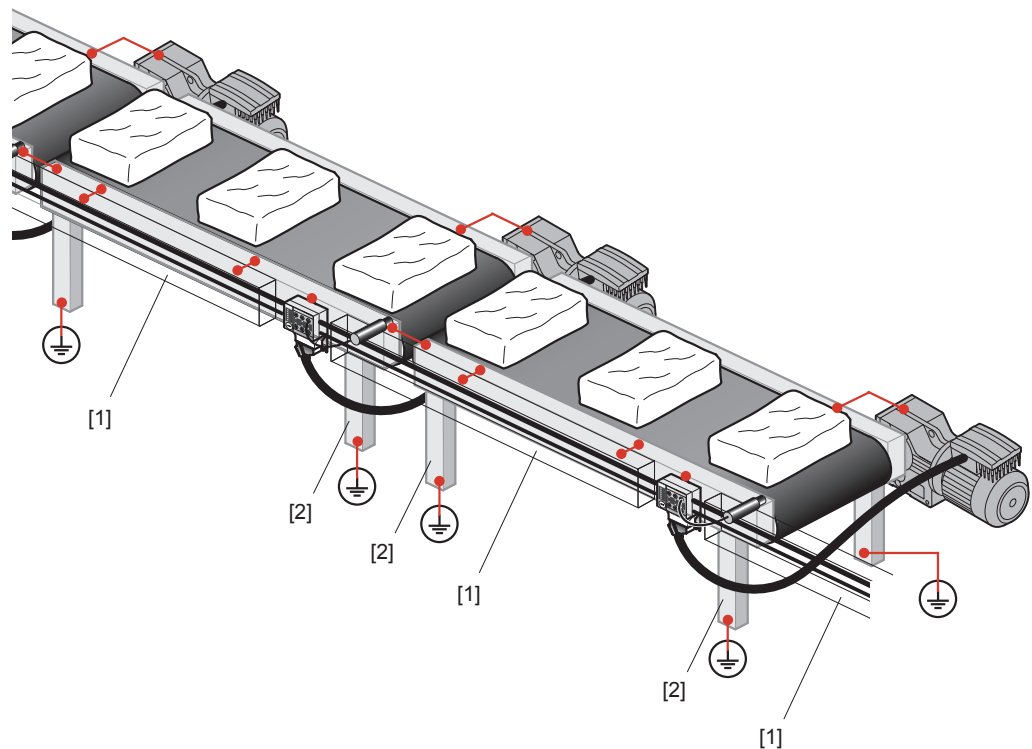
Bei dezentralen Anlagen ist die Buskommunikation im Feld verteilt. Deshalb ist ein HF-tauglicher Potenzialausgleich besonders wichtig.

Zusätzlich zum Schutzleiteranschluss müssen Sie einen niederohmigen, HF-tauglichen Potenzialausgleich (z. B. HF-Litze) installieren.

Die folgenden Kapitel beschreiben beispielhaft den Potenzialausgleich der dezentralen Komponenten von SEW-EURODRIVE.

2.7.1 MOVIMOT® mit Feldverteiler

Das folgende Bild zeigt die Potenzialausgleichs-Maßnahmen eines Transportsystems mit mehreren MOVIMOT®-Antrieben. Die Signalübertragung und Versorgung erfolgt mit Hilfe von Feldverteilern:



462884107

- [1] Kabelkanal
- [2] Metallische Konstruktion

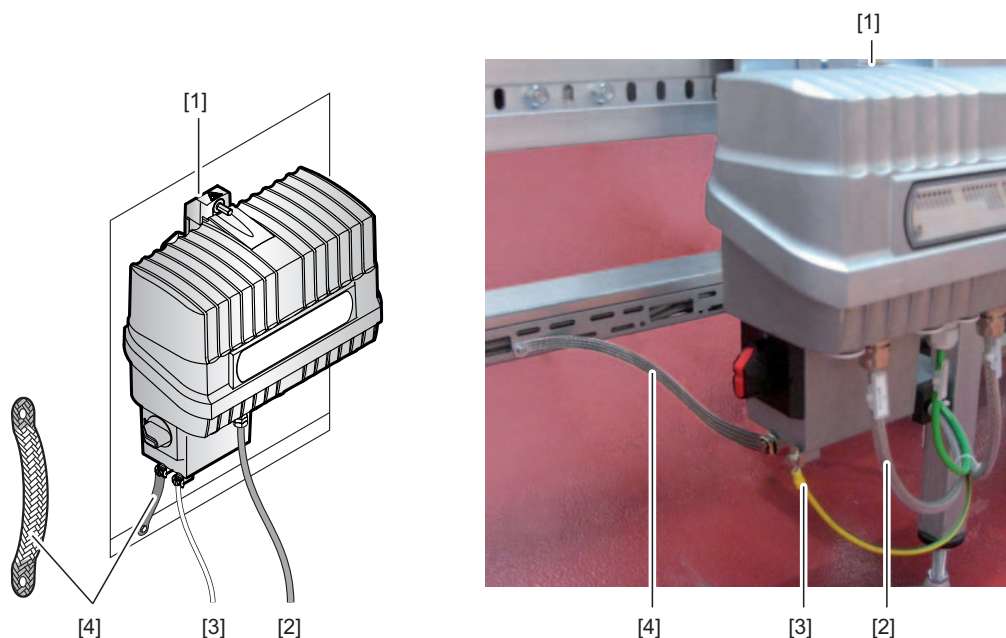
Die Leitungen für Feldbussysteme sowie Dreh- und Lagegeber transportieren empfindliche Signale und liegen prinzipbedingt parallel zu Leistungskabel wie z. B. den Motorzuleitungen von Frequenzumrichtern.

Um den notwendigen Schutz vor HF-Einstreuungen zu gewährleisten, sind diese Systeme mit hochwertigen HF-Schirmen ausgestattet. In solchen Systemen ist der Potenzialausgleich über den Kabelkanal und die metallische Konstruktion der Maschine besonders wichtig. Ansonsten erfolgt der Potenzialausgleich im Wesentlichen über die Signalleitungen und kann dort zu Störungen führen.



2.7.2 MOVIFIT®

Das folgende Bild zeigt die PE-Leiter und den EMV-gerechten Potenzialausgleich von MOVIFIT®-Geräten:



3880956939

- [1] Flächige und leitende Verbindung zwischen MOVIFIT®-Gerät und Montageschiene
- [2] PE-Leiter in der Netzzuleitung
- [3] 2. PE-Leiter über getrennte Klemmen
(Doppelte Sicherheit bei Ableitströmen > 3,5 mA gemäß EN 61800-5-1)
- [4] EMV-gerechter Potenzialausgleich über HF-Litze



HINWEIS

- Aus der Sicht der elektrischen Sicherheit dürfen **metallische Kabelkanäle nicht als Schutzleiter** verwendet werden.
- **Aus der Sicht der EMV** ist eine niederohmige Verbindung zwischen Schaltschrank, metallischem Kabelkanal und dem Motor als Potenzialausgleich **jedoch von Vorteil**, weil:
 - der metallische Kabelkanal immer parallel zu den Leitungen installiert ist
 - und leicht nach Unterbrechungen kontrolliert werden kann.

Beachten Sie bei der Installation des Potenzialausgleichs von MOVIFIT®-Geräten folgende Hinweise:

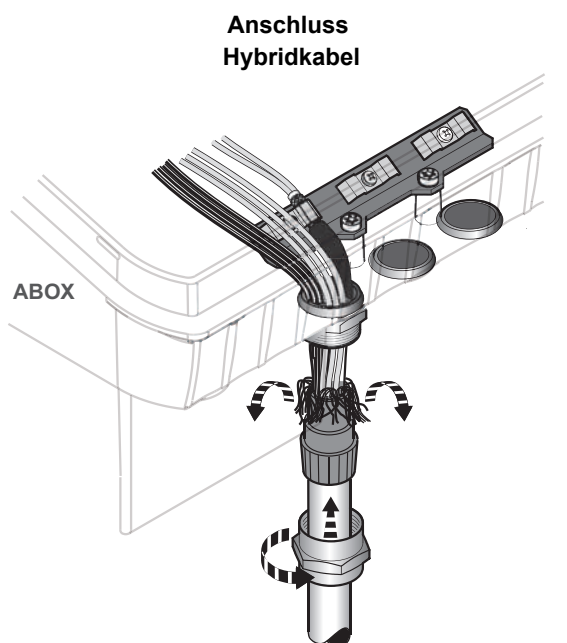
- Stellen Sie zwischen dem MOVIFIT®-Gerät und dem Erdungspunkt der Anlage eine großflächige Verbindung her.
- Installieren Sie dazu eine HF-Litze zwischen dem MOVIFIT®-Gerät und dem Erdungspunkt der Anlage.



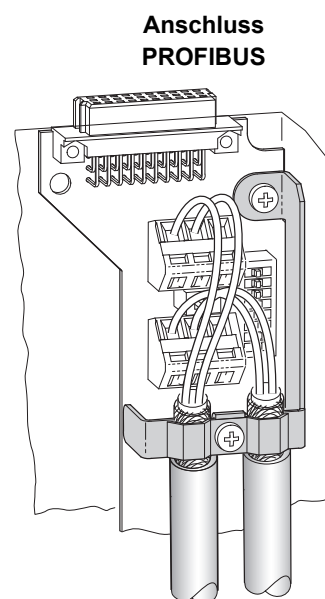
EMV-gerechte Installation in der Praxis

Potenzialausgleich dezentraler Komponenten

Die folgenden Bilder zeigen den Schirmgeflecht-Anschluss der Hybrid- und PROFIBUS-Kabel bei MOVIFIT®-Geräten:



5461694475



5449603851

Verwenden Sie beim Anschluss des Hybridkabels an das MOVIFIT®-Gerät ausschließlich EMV-Verschraubungen, siehe Kapitel "EMV-Verschraubungen" (Seite 69).

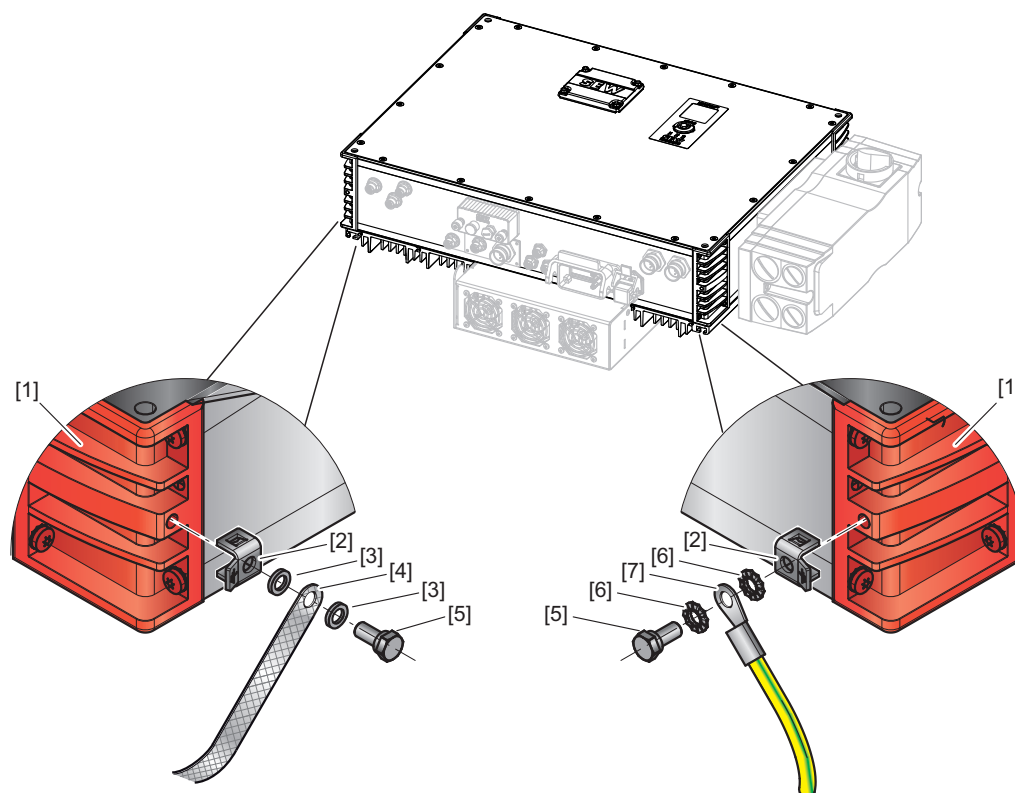


2.7.3 MOVIPRO®

Erdungssatz

Im Lieferumfang des MOVIPRO®-Geräts sind 2 Erdungssätze im Beipack enthalten.

Das folgende Bild zeigt die Lage der Anschlusspunkte und die Montagereihenfolge der Einzelteile:



5462396939

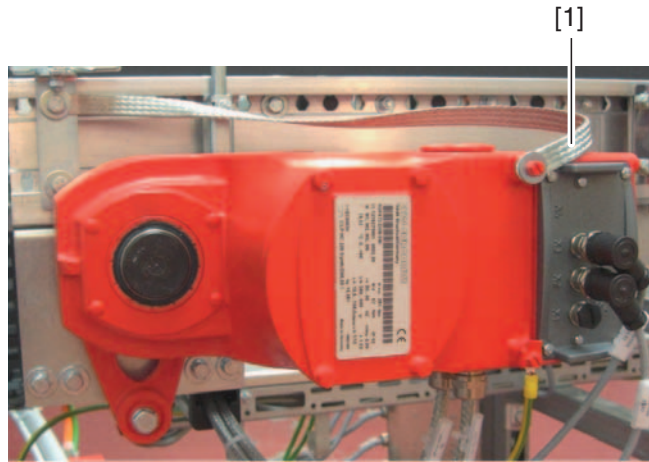
- [1] Gehäuseecke
- [2] Klemmbügel
- [3] Scheibe für M5
- [4] HF-Litze
- [5] Schraube M5, selbstfurchend

- [6] Zahnscheibe
- [7] Ringkabelschuh für PE-Kupferleiter



2.7.4 MOVIGEAR®

Das folgende Bild zeigt den Potenzialausgleich bei MOVIGEAR®-Antriebseinheiten:



3882314891

[1] Potenzialausgleich der MOVIGEAR®-Antriebseinheit

Beachten Sie bei der Installation des Potenzialausgleichs von MOVIGEAR®-Antriebseinheiten folgende Hinweise:

- Stellen Sie zwischen der MOVIGEAR®-Antriebseinheit und dem Erdungspunkt der Anlage eine großflächige Verbindung her.
- Installieren Sie dazu eine HF-Litze zwischen der MOVIGEAR®-Antriebseinheit und dem Erdungspunkt der Anlage.



2.8 Potenzialausgleich von Drehstrommotoren

2.8.1 Anschluss Optionen

Anschluss Temperaturfühler Verlegen Sie das Kabel des Temperaturfühlers TF getrennt von anderen Leistungskabeln.

Halten Sie dabei einen Mindestabstand von 200 mm ein.

Die gemeinsame Verlegung dieser Kabel ist nur zulässig, wenn das TF-Kabel oder das Leistungskabel geschirmt ist.

Anschluss Bremse Verlegen Sie das Kabel der Bremse getrennt von anderen Leistungskabeln.

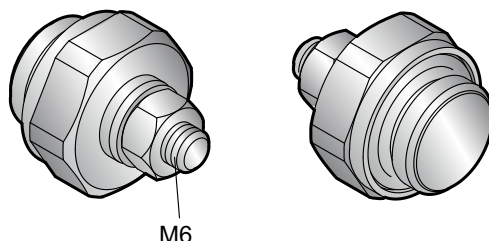
Halten Sie dabei einen Mindestabstand von 200 mm ein.

Die gemeinsame Verlegung dieser Kabel ist nur zulässig, wenn das Bremsenkabel oder das Leistungskabel geschirmt ist.

Verwenden Sie bei Schaltungen im Gleichstromkreis von Scheibenbremsen Varistoren. Die Varistoren vermeiden schädliche Überspannungen. Die Bremsensteuerungen von SEW-EURODRIVE enthalten serienmäßig Varistoren.

2.8.2 Potenzialausgleich / HF-Erdung am Anschlusskasten

Eine weitere Option für einen HF-tauglichen Potenzialausgleich an einem Anschlusskasten bietet folgende Kabelverschraubung mit einem M6-Gewindebolzen:



3884960907

	Sachnummer
M16-Kabelverschraubung mit M6-Gewindebolzen	0 818 923 4
M25-Kabelverschraubung mit M6-Gewindebolzen	0 819 268 5

Diese Kabelverschraubung können Sie an einem Anschlusskasten installieren, an dem noch ein Kabeleinführungsloch der Größe M16 oder M25 frei ist.

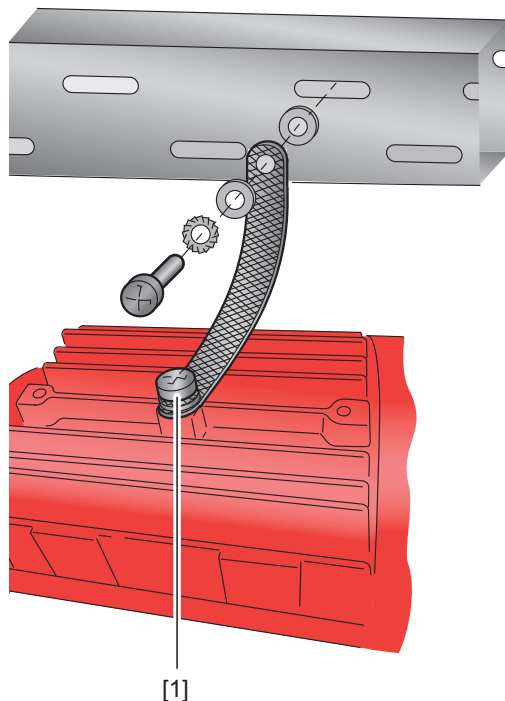
Schrauben Sie die Kabelverschraubung in das freie Loch und installieren Sie das Erdungskabel (mit Ringkabelschuh) oder die HF-Litze am M6-Gewindebolzen.



2.8.3 DT/DV-Motoren

Baugröße
DT71 – DV132

Das folgende Bild zeigt den Anschluss des Potenzialausgleichs mit geeigneten Schrauben und Fächerscheiben:



3884799499

[1] Gewindefurchende Schraube und 2 Fächerscheiben

Verwenden Sie für die jeweiligen Baugrößen beim Potenzialausgleich die folgenden Schrauben und Fächerscheiben:

- **Baugröße DT71 – DV132S:**
1 gewindefurchende Schraube M5 x 10 und 2 Fächerscheiben [1]
- **Baugröße DV112M – DV280:**

DV112 / DV132S:	Schraube M8	+ 2 Fächerscheiben
DV132M – DV180L:	Schraube M12	+ 2 Fächerscheiben
DV200 – DV280:	Schraube M16	+ 2 Fächerscheiben



2.8.4 DR-Motoren, außenliegende NF-Erdung

Zusätzlich zum inneren Schutzleiteranschluss, kann eine NF-Erdung (Niederfrequenz-Erdung) außen am Klemmenkasten angebracht werden. Sie ist nicht standardmäßig montiert.

Die NF-Erdung kann werkseitig komplett vormontiert bestellt werden. Für die Motoren DR.71 – 132 ist dazu ein Bremsen- oder Grauguss-Klemmenkasten notwendig. Für die Motoren DR.160 – 225 kann diese Option mit allen Klemmenkästen kombiniert werden.

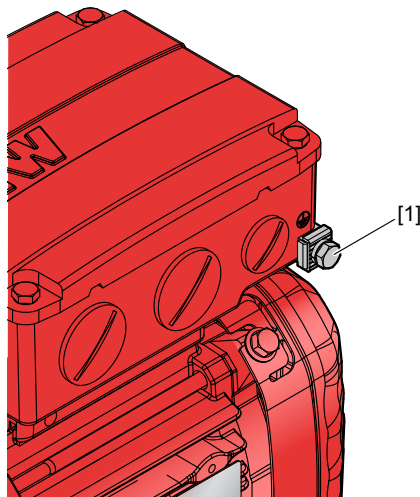
Die Option kann mit der HF-Erdung kombiniert werden.



HINWEIS

Alle Teile der NF-Erdung sind aus Edelstahl gefertigt.

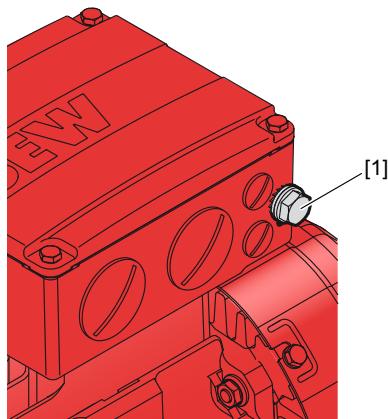
Baugröße
DR.71 – DR.132



[1] NF-Erdung am Klemmenkasten

9007204717158539

Baugröße
DR.160 – DR.225



[1] NF-Erdung am Klemmenkasten

9007204718646539



2.8.5 Option "Verbesserung der Erdung" (HF-Erdung) für DR-Motoren

Für eine verbesserte niederimpedante Erdung bei hohen Frequenzen werden folgende Anschlüsse empfohlen. SEW-EURODRIVE empfiehlt, korrosionsgeschützte Verbindungselemente zu verwenden.

Die HF-Erdung ist nicht standardmäßig montiert.

Die Option HF-Erdung kann mit der NF-Erdung am Klemmenkasten kombiniert werden.

Wenn zusätzlich zur HF-Erdung eine NF-Erdung angebracht werden soll, kann der Leiter an der gleichen Stelle aufgelegt werden.

Die Option HF-Erdung kann folgendermaßen bestellt werden:

- werkseitig komplett vormontiert oder als
- Kit "Erdungsklemme" zur kundenseitigen Montage, Sachnummern siehe folgende Tabelle.

Motorbaugröße	Sachnummer Kit "Erdungsklemme"
DR.71S / M DR.80S / M	1363 3953
DR.90M / L	
DR.100M	
DR.100 L – DR.132 mit Alu-Klemmenkasten	1363 3945
DR.160 – DR.225 mit Alu-Klemmenkasten	

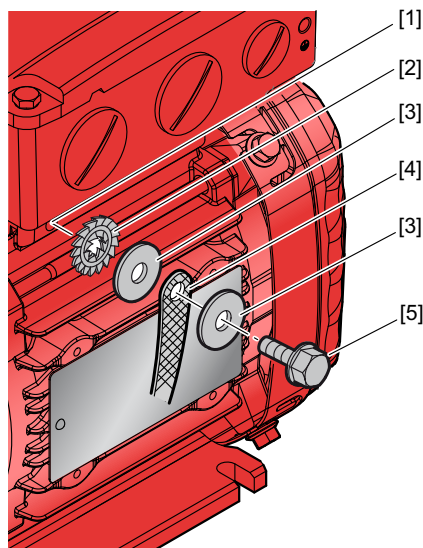


HINWEIS

Alle Teile der Kits sind aus Edelstahl gefertigt.

Baugröße
DR.71S / M
und DR.80S / M

Das folgende Bild zeigt die Montage der Erdung:



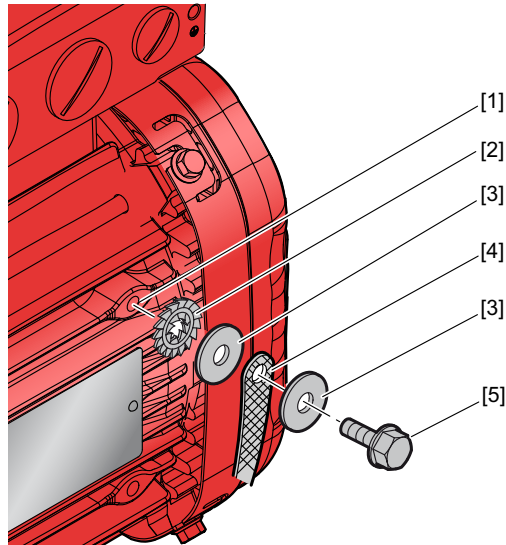
9007204719329675

- | | |
|---|---|
| [1] Verwendung der vorgegossenen Bohrung am Statorgehäuse | [4] Erdungsband (nicht im Lieferumfang enthalten) |
| [2] Fächerscheibe | [5] Gewindefurchende Schraube DIN 7500 M6 x 16, Anzugsdrehmoment 10 Nm (88.5 lb-in) |
| [3] Scheibe 7093 | |



Baugröße
DR.90M / L

Das folgende Bild zeigt die Montage der Erdung:

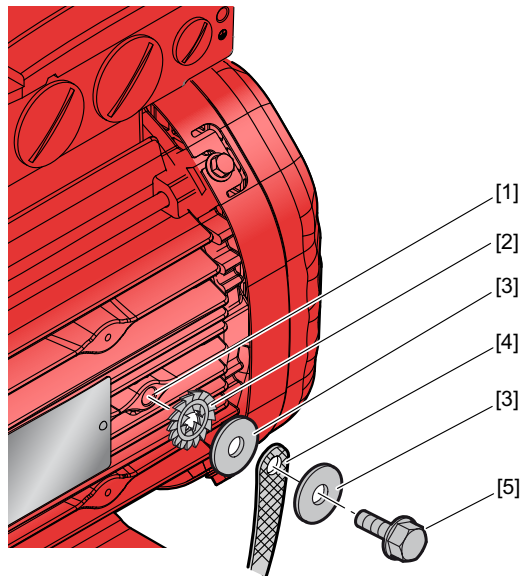


9007204722451083

- | | |
|---|---|
| [1] Verwendung der vorgegossenen Bohrung am Statorgehäuse | [4] Erdungsband (nicht im Lieferumfang enthalten) |
| [2] Fächerscheibe | [5] Gewindefurchende Schraube DIN 7500 M6 x 16, Anzugsdrehmoment 10 Nm (88.5 lb-in) |
| [3] Scheibe 7093 | |

Baugröße
DR.100M

Das folgende Bild zeigt die Montage der Erdung:



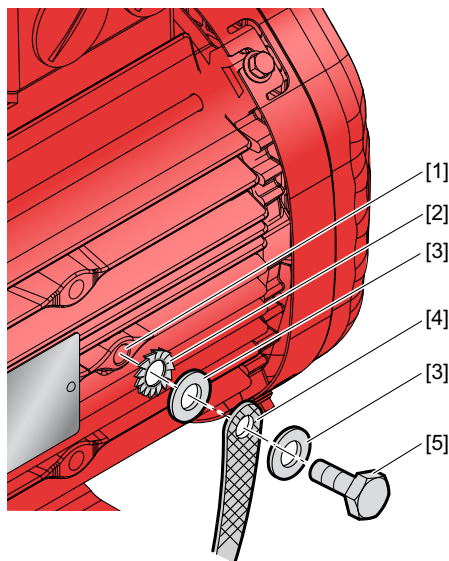
9007204735364875

- | | |
|---|---|
| [1] Verwendung der vorgegossenen Bohrung am Statorgehäuse | [4] Erdungsband (nicht im Lieferumfang enthalten) |
| [2] Fächerscheibe | [5] Gewindefurchende Schraube DIN 7500 M6 x 16, Anzugsdrehmoment 10 Nm (88.5 lb-in) |
| [3] Scheibe 7093 | |



Baugröße
DR.100L – DR.132

Das folgende Bild zeigt die Montage der Erdung:



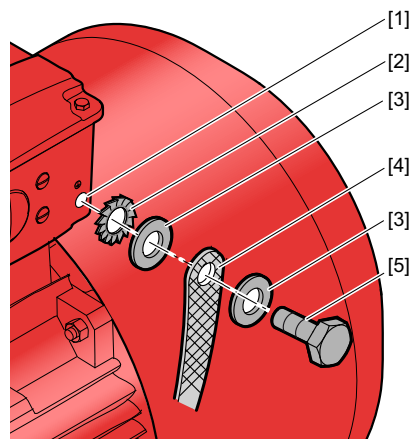
- [1] Verwendung der Gewindebohrung für Tragösen
- [2] Fächerscheibe DIN 6798
- [3] Scheibe 7089 / 7090

- [4] Erdungsband (nicht im Lieferumfang enthalten)
- [5] Sechskantschraube ISO 4017 M8 x 18, Anzugsdrehmoment 10 Nm (88.5 lb-in)

9007204735369227

Baugröße
DR.160 – DR.315

Das folgende Bild zeigt die Montage der Erdung:



- [1] Verwendung der Gewindebohrung am Klemmenkasten
- [2] Fächerscheibe DIN 6798
- [3] Scheibe 7089 / 7090
- [4] Erdungsband (nicht im Lieferumfang enthalten)
- [5]
 - Sechskantschraube ISO 4017 M8 x 18 (bei Alu-Klemmenkästen der Baugrößen DR.160 – 225), Anzugsdrehmoment 10 Nm (88.5 lb-in)
 - Sechskantschraube ISO 4017 M10 x 25 (bei Grauguss-Klemmenkästen der Baugrößen DR.160 – 225), Anzugsdrehmoment 10 Nm (88.5 lb-in)
 - Sechskantschraube ISO 4017 M12 x 30 (Klemmenkästen der Baugröße DR.250 – 315), Anzugsdrehmoment 15.5 Nm (137.2 lb-in)

9007204735374603



3 EMV-Störungen

3.1 Störungssuche

Genaueres betrachten und dokumentieren der aufgetretenen Fehler erleichtert die Störungssuche. Je exakter die Fehlerbeschreibung ist, desto zielsicherer ist die Fehlerbeseitigung. Vergewissern Sie sich, dass bei Weitergabe der Fehlerbeschreibung keine Fehlinterpretation möglich ist.

Lokalisierung der Störquelle

- Treten die Funktionsstörungen dauerhaft oder nur gelegentlich auf?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen dem Auftreten der Störungen, der Störungsrate und den Betriebsarten des gestörten Systems beim Betrieb anderer Geräte?
- Lokalisieren Sie die Störung durch schrittweises Abschalten von Geräten innerhalb der Anlage.
- Überprüfen Sie die Versorgungsspannungen!

Lokalisierung der Störsenke

- Liegt eindeutig keine Funktionsstörung aufgrund von Hardware- oder Software-Fehlern vor?
- Gibt es Geräte oder Anlagenteile, die zwar gestört sind, deren Funktionsstörungen jedoch nicht direkt erkennbar sind, wie z. B. Geber, die das Gesamtsystem beeinflussen können?
- Verwenden Sie die Diagnosemöglichkeiten des Systems (LEDs, Fehleranzeigen, Fehlerzähler, ...) zur Lokalisierung des gestörten Geräts?
- Das gezielte Abschalten, Trennen oder Austauschen von Teilen des Systems hilft beim Eingrenzen des gestörten Geräts, Abschalten z. B. durch:
 - Ändern der Betriebsart
 - Deaktivierung von Funktionen

3.2 Störungsbeseitigung

Zur Beseitigung von Funktionsstörungen aufgrund ungenügender EMV können Sie grundsätzlich wie folgt vorgehen:

- Beseitigen oder reduzieren Sie die von der Störquelle abgegebene Störgröße durch Spulenbeschaltung, Installation von Filtern und Schirmblechen.
- Erhöhen Sie die Störfestigkeit des beeinflussten Geräts durch den Einsatz von Filtern und/oder geschirmten Gehäusen.
- Beseitigen Sie die Koppelstrecken, um zu verhindern, dass die Störgröße von der Störquelle zu Störsenke gelangt, z. B. durch:
 - Abstand zwischen den Leistungs- und Signalleitungen
 - Einsatz von geschirmten Leitungen
 - Verlegung der Leitungen in Massennähe
- Überprüfen Sie die Einhaltung der geforderten Maßnahmen in dieser Druckschrift und in der produktbegleitenden Dokumentation.



3.3 Störungsliste

Die folgende Störungsliste bietet Ihnen Hilfestellung bei der Suche von EMV-Störungen.

Störung	Ursache	Lösung
Sporadische Störung	Entstörungsbeschaltung (Funkenlöschglieder) an Spulen von Schützen, Ventilen oder Hupen fehlt.	Beschalten Sie die Spulen mit Entstörgliedern (Funkenlöschglieder). Verwenden Sie die vom Hersteller angebotene Entstörungs-Beschaltung.
	Funkenerzeugende Maschinen (z. B. Schweißapparate)	Überprüfen / korrigieren Sie die Verlegung der Steuerleitungen der störenden Maschine. Vergrößern Sie den Abstand zur störenden Maschine.
	Funksender, Rundsteueranlage	Installieren Sie eine zusätzliche Schirmung.
	Leitungen mit mangelhaftem Schirmanschluss, falsche Aderverdrillung oder falschen Kennwerten	Verwenden Sie Originalleitungen. Überprüfen Sie die Aderbelegung.
	Unterbrechung im Leitungsschirm, z. B. bei der Zwischenschaltung eines Leitungsverteilers	Verbinden Sie die Leitungsschirme der ankommenden und der abgehenden Leitung durch Auflegen der Schirme auf einer gemeinsamen flächigen Metallverbindung, einer EMV-Schirmverschraubung oder auf ein Schirmblech.
	Falsch verlegte Potenzialausgleichs-Leitung	Verlegen Sie die Potenzialausgleichs-Leitung neu, siehe vorherige Kapitel.
	Verschmutzung der Steuerung	Reinigen Sie die verschmutzte Steuerung und die Baugruppen. Sorgen Sie für eine saubere Zugluft.
Dauerhafter Achsversatz	siehe "Sporadische Störung"	
	Kein / mangelhafter Potenzialausgleich der Istwert-Leitung eines Gebers	Installieren Sie eine Potenzialausgleichs-Leitung zwischen dem Gebergehäuse und dem Steuerungsgehäuse. Verbessern Sie die Potenzialausgleichs-Leitung.
Geberfehler	Schirm der Geberleitung unterbrochen	Ersetzen Sie die Geberleitung durch eine originale Geberleitung (produktspezifisch).
	Geberleitung mit schlechten Schirmungseigenschaften	
	Geberleitungsschirm über einen separaten Draht / Leitung angeschlossen	Legen Sie den Schirm der Geberleitung auf beiden Seiten mit einer EMV-Schirmklemme / Schirmverschraubung auf.
	Geberleitung mit falschen Kennwerten verwendet	Verwenden Sie den vom Hersteller empfohlenen Geberleitungstyp oder ersetzen Sie die Geberleitung durch eine originale Geberleitung (produktspezifisch).
	Adern der Geberspuren nicht paarweise verdrillt	Verwenden Sie als Geberleitung nur Leitungen mit verdrehten Aderpaaren. Schließen Sie diese paarweise gemäß dem Schaltbild an.
	Schirm der TF-Leitung nicht auf beiden Seiten geerdet	Verwenden Sie als TF-Leitung nur geschirmte Leitungen. Legen Sie den Schirm der TF-Leitung auf beiden Seiten auf.



Störung	Ursache	Lösung
Sporadische Teilnehmerstörung an Bussystemen (z. B. PROFIBUS)	Abschlusswiderstand nicht korrekt z. B. PROFIBUS: 220 Ω CAN-Bus (SBus): 120 Ω	Prüfen Sie durch eine Messung mit dem Ohmmeter, ob die beiden Abschlusswiderstände im Busstrangsegment vorhanden sind. Beispiel: PROFIBUS-Abschlusswiderstand 220 Ω Die beiden Abschlusswiderstände sollen am Anfang und Ende eines Busstrangsegments eingeschaltet sein. Durch die Busleitungsadern sind die beiden Abschlusswiderstände parallel geschaltet. Die Widerstandsmessung zwischen "Data+" und "Data -" (bzw. "A" und "B") muss ca. den halben Wert eines Abschlusswiderstands ergeben (am PROFIBUS ca. 95 – 110 Ω).
	Abschlusswiderstand an der falschen Stelle	Prüfen Sie während der Widerstandsmessung durch Ab- und Zuschalten des Abschlusswiderstands, ob sich dieser an der richtigen Stelle befindet.



Stichwortverzeichnis

A

Ableitströme	38
Ableitströme durch Wechselrichter-Taktung	20
Achsversatz	94
Anordnung der EMV-Komponenten	44
Antenne, Grundformen	9
Ausgangsdrossel	24, 49
Ausgangsfilter	26, 52

B

Beschreibung EMV	5, 35
Bremse schalten	41
Bremse, Installationshinweise	87
Bremswiderstand	
Anschluss PE	59
Kabel	59

D

DCS21/31B, Potenzialausgleich	58
Dezentrale Komponenten, Potenzialausgleich	82
Dipol	9
Drehstrommotor, Potenzialausgleich	87
Drehtisch, Potenzialausgleich	73
DR-Motor, Potenzialausgleich	89
DR-Motor, Verbesserung der Erdung	90
Drossel	
Ausgangsdrossel	24, 49
Ferritkernndrossel	24, 49
Netzdrossel	22, 45
Stromkompensierte Drossel	24
DT/DV-Motor, Potenzialausgleich	88

E

Einschaltstrom	46
Einschaltstromspitzen	22
Elektrohängebahn, Potenzialausgleich	74
Elektrostatistische Entladung	76
EMV-Komponenten	
Anordnung im Schaltschrank	44
Ausgangsdrossel	24, 49
Ausgangsfilter	26, 52
Ferritkernndrossel	24, 49
Netzdrossel	22, 45
Netzfilter	23, 47
Sinusfilter	26, 52

EMV-Produktnorm	34
EMV-Richtlinie	34
EMV-Störungen, Störungsliste	94
EMV-Verschraubung	69
EMV, Beschreibung	5, 35
Erdung	
Anlage	36
Ersatzschaltbild	
Einer Leitung	12
Paralleler Leitungen	13
Umrichter	14
ESD	76
ESD-Schutz	76

F

Feldverteiler, Potenzialausgleich	82
Ferritkernndrossel	24, 49
Filter	
Ausgangsfilter	26, 52
Netzfilter	23, 47
Sinusfilter	26, 52
Frequenzumrichter	
Ableitströme	20
EMV-Aspekte	14
Frequenzspektrum	18
Grundprinzip	14
Kommutierung	16
Netzoberschwingungen	17
Schaltzustände	15
Störaussendung	18, 23, 26, 48
Frequenzverhalten	10
Funkentstörung	27, 49, 53

G

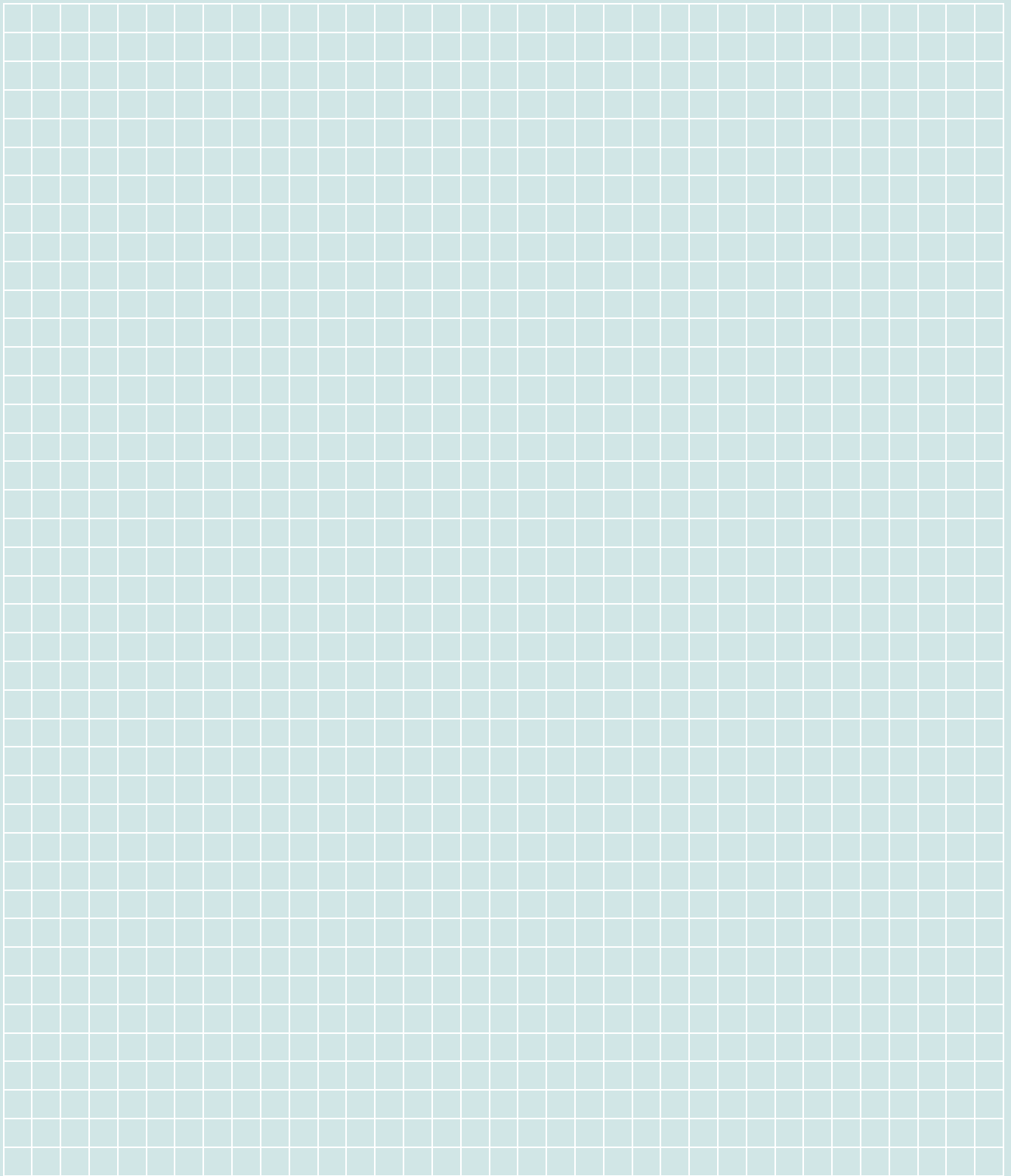
Galvanisch	6
Galvanische Kopplung	6
Geberfehler	94
Geberleitungen	66
Geräuschfilterung	27, 53
Gleichrichter	14
Gleichspannungszwischenkreis	14
Grundlagen	5
Gruppenantrieb	
Ableitstromspitzen	52
Schirmung der Leitung	67



H			
HF-Litze	78	Kreuzen	63
Hubwerk mit Rollenbahn		Leitungsgruppen, Einteilung	61
ESD-Schutz	77	Leitungsgruppen, Verlegung	62
Potenzialausgleich	75	Parallel	13
Hybridkabel		Schirmung	31 bis 33, 64
Fehler bei Konfektionierung	70	Typen	29
Querschnitt	70	Verdrillung	30
Schirmung, Anschluss	69	Verlegung	60
		Litze	78
I		M	
Impedanz einer Leitung	12	Massebezug, niederohmig	78
Induktion	7	Metallverbindung	78
Induktiv	7	Metallverschraubung	69
Induktive Kopplung	7	Montageplatte	23, 43
Induktivität einer Leitung	10	Motor	
IT-Netz	39	Potenzialausgleich	87
K		MOVIDRIVE®	
Kabeldurchführung	69	Anschluss Schirmung	55, 56
Kabelkanal		Option DCS21/31B, Potenzialausgleich	58
Lage der Leitungen	60	MOVIFIT®	
Verbindungen	71, 81	Anschluss PE	83
Kabelverschraubung	69	Anschluss Schirmung am Hybridkabel	84
Kapazität paralleler Leitungen	11	Anschluss Schirmung am PROFIBUS-Kabel	84
Kapazitiv	8	Potenzialausgleich	83
Kapazitive Kopplung	8	MOVIGEAR®	
Kleinspannung, Versorgung	40	Potenzialausgleich	86
Kommutierung	16	MOVIPRO®	
Kommutierungseinbrüche	22	Erdungssatz	85
Kontaktierung des Potenzialausgleichs	80	Potenzialausgleich	85
Kopplung	6, 7, 8	N	
Durch Strahlung	9	Netzdrossel	22, 45
Kreuzen von Leitungen	63	Netzfilter	23, 47
L		Netzformen	39
Leitung		Netzoberschwingungen Umrichter	17
Abstand	60	Niederfrequenzbereich	10
Charakterisierung	29	Normen	34
Ersatzschaltbild	12	O	
Geberleitungen	66	Oberschwingungen	22
HF-Verhalten	10	Option DCS21/31B, Potenzialausgleich	58
Im Kabelkanal	60	P	
Impedanz	10, 12	Parallelschalten von Leitungen	13
In der Schleppkette	63	Parasitärkapazität	8, 12
Induktivität	10	PE-Schiene	43
Kapazität	11	Pigtail	33, 67



Potenzialausgleich	28	Schleppkette, Steg zwischen den Leitungen	63
Am Anschlusskasten (Option).....	87	Sinusfilter	26, 52
Anlage	36, 71	Spannungsbelastung Motor	21
Antriebssystem mit Feldverteilern	82	Spannungsversorgung	39
Bremswiderstand	59	Störaussendung Umrichter	18, 23, 26, 48
Dezentrale Komponenten	82	Störungssliste	94
Drehstrommotor	87	Störungssuche	93
Drehtisch	73	Strahlungs-Kopplung	9
DR-Motoren	89	Stromkompensierte Drossel	24
DR-Motoren, Verbesserung Erdung	90	Stromschiene	54
DT/DV-Motoren	88		
Elektrohängebahn	74	T	
Hubwerk mit Rollenbahn	75, 77	Taktfrequenz	15
Kontaktierung	80	Temperaturfühler TH, Installationshinweise	87
Motor	87	TH, Installationshinweise	87
MOVIFIT®	83	TN-C-Netz	39
MOVIGEAR®	86	TN-S-Netz	39
MOVIPRO®	85	TT-Netz	39
Option DCS21/31B	58		
Transportsystem	37	U	
Verkettung	71	Überspannungen	22
Wickler	76	Umladeströme	20
Pulsweiten-Modulation	14	Umrichter	
PWM	14	Ableitströme	20
		EMV-Aspekte	14
R		Frequenzspektrum	18
Reflexionen	21	Grundprinzip	14
Resonanzschwingung zwischen Umrichtern	45	Kommutierung	16
		Netzoberschwingungen	17
S		Schaltzustände	15
Schaltschrank	42	Störaussendung	18
EMV-Komponenten, Anordnung	44		
Montageplatte	43	V	
PE-Schiene	43	Verdrillung der Leitung	30
Schirmgeflecht, Anschluss	33, 67	Vermaschtes EMV-Konzept	36
Schirmung	31 bis 33		
Anschluss	31, 67	W	
EMV-Verschraubung	69	Wechselrichter	14
Leitung bei Gruppenantrieb	67	Wickler, Potenzialausgleich	76
Schirmanschluss	33		
Schirmanschluss MOVIDRIVE® Baugröße 1-2	55	Z	
Schirmanschluss MOVIDRIVE® Baugröße 3-6	56	Zwischenkreis des Umrichters	14
Schirmerdung, beidseitig	32	Zwischenkreis-Spannung	14
Schirmerdung, einseitig	31		
Schirmgeflecht, Anschluss	33, 67		
Schirmtypen	65		
Von Hybridkabeln, Anschluss	69		
Von langen Leitungen	66		





SEW-EURODRIVE
Driving the world

SEW
EURODRIVE

SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG
P.O. Box 3023
D-76642 Bruchsal/Germany
Phone +49 7251 75-0
Fax +49 7251 75-1970
sew@sew-eurodrive.com

→ www.sew-eurodrive.com