



# Projektierungshandbuch VLT<sup>®</sup> Refrigeration Drive FC 103

1,1–90 kW





## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>7</b>
1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs	7
1.2 Organisation	7
1.3 Zusätzliche Materialien	7
1.4 Abkürzungen, Symbole und Konventionen	8
1.5 Sicherheitssymbole	9
1.6 Definitionen	9
1.7 Dokument- und Softwareversion	10
1.8 Zulassungen und Zertifizierungen	10
1.8.1 CE-Zeichen	10
1.8.1.1 Niederspannungsrichtlinie	10
1.8.1.2 EMV-Richtlinie	11
1.8.1.3 Maschinenrichtlinie	11
1.8.1.4 EU-Ökodesignrichtlinie	11
1.8.2 C-tick-Konformität (australische EMV-Standards)	11
1.8.3 UL-Konformität	11
1.8.4 Konformität mit Richtlinien in der Schifffahrt	11
1.8.5 Exportkontrollvorschriften	12
1.9 Sicherheit	12
1.9.1 Allgemeine Leitlinien zur Sicherheit	12
<b>2 Produktübersicht</b>	<b>14</b>
2.1 Einführung	14
2.2 Beschreibung des Betriebs	17
2.3 Funktionsbeschreibung	18
2.3.1 Gleichrichterteil	18
2.3.2 Zwischenkreisabschnitt	18
2.3.3 Wechselrichter	18
2.4 Regelungsstrukturen	18
2.4.1 Regelungsstruktur ohne Rückführung	18
2.4.2 Regelungsstruktur (Regelung mit Rückführung)	19
2.4.3 Hand-Steuerung (Hand On) und Fern-Betrieb (Auto On)	20
2.4.4 Sollwertverarbeitung	21
2.4.5 Istwertverarbeitung	23
2.5 Automatisierte Betriebsfunktionen	24
2.5.1 Kurzschluss-Schutz	24
2.5.2 Überspannungsschutz	24
2.5.3 Erkennung fehlender Motorphasen	25
2.5.4 Erkennung der Netzphasen-Asymmetrie	25

2.5.5 Schalten am Ausgang	25
2.5.6 Überlastschutz	25
2.5.7 Automatische Leistungsreduzierung	25
2.5.8 Automatische Energieoptimierung	25
2.5.9 Automatische Taktfrequenzmodulation	26
2.5.10 Automatische Leistungsreduzierung wegen erhöhter Taktfrequenz	26
2.5.11 Automatische Leistungsreduzierung bei Übertemperatur	26
2.5.12 Auto-Rampen	26
2.5.13 Stromgrenzenkreis	26
2.5.14 Ausgleich der Leistungsschwankung	26
2.5.15 Softstart des Motors	26
2.5.16 Resonanzdämpfung	27
2.5.17 Temperaturgeregelte Lüfter	27
2.5.18 EMV-Konformität	27
2.5.19 Strommessung an allen drei Motorphasen	27
2.5.20 Galvanische Trennung der Steuerklemmen	27
2.6 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen	27
2.6.1 Automatische Motoranpassung	27
2.6.2 Thermischer Motorschutz	27
2.6.3 Netzausfall	28
2.6.4 Integrierte PID-Regler	28
2.6.5 Automatischer Wiederanlauf	28
2.6.6 Motorfangschaltung	29
2.6.7 Volles Drehmoment bei gesenkter Drehzahl	29
2.6.8 Frequenzausblendung	29
2.6.9 Motor-Vorheizung	29
2.6.10 Vier programmierbare Parametersätze	29
2.6.11 DC-Bremsung	29
2.6.12 Energiesparmodus	29
2.6.13 Startfreigabe	29
2.6.14 Smart Logic Control (SLC)	30
2.6.15 Funktion "Safe Torque Off"	31
2.7 Fehler-, Warn- und Alarmfunktionen	31
2.7.1 Betrieb bei Übertemperatur	31
2.7.2 Warnung Sollwert hoch und niedrig	32
2.7.3 Warnung Istwert hoch und niedrig	32
2.7.4 Phasenasymmetrie oder Phasenfehler	32
2.7.5 Warnung Frequenz hoch	32
2.7.6 Warnung Frequenz niedrig	32
2.7.7 Warnung Strom hoch	32

2.7.8	Warnung Strom niedrig	32
2.7.9	Warnung "Keine Last/Riemenbruch"	32
2.7.10	Verlust der seriellen Schnittstelle	32
2.8	Benutzerschnittstellen und Programmierung	32
2.8.1	LCP Bedieneinheit	33
2.8.2	PC-Software	33
2.8.2.1	MCT 10 Konfigurationssoftware	34
2.8.2.2	VLT® Harmonics Calculation Software MCT 31	34
2.8.2.3	Harmonic Calculation Software (HCS)	34
2.9	Instandhaltung	35
2.9.1	Lagerung	35
<b>3</b>	<b>Systemintegration</b>	<b>36</b>
3.1	Betriebsbedingungen	37
3.1.1	Luftfeuchtigkeit	37
3.1.2	Temperatur	37
3.1.3	Kühlung	37
3.1.4	Vom Motor erzeugte Überspannung	38
3.1.5	Störgeräusche	38
3.1.6	Vibrationen und Erschütterungen	38
3.1.7	Aggressive Umgebungen	39
3.1.8	Definitionen der IP-Schutzarten	39
3.1.9	Funkstörungen	40
3.1.10	Konformität von PELV-Isolierung und galvanischer Trennung	41
3.2	EMV, Schutz vor Oberschwingungen und Erdableitstrom	41
3.2.1	Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen	41
3.2.2	EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung)	43
3.2.3	Emissionsanforderungen	44
3.2.4	Störfestigkeitsanforderungen	44
3.2.5	Motorisolation	45
3.2.6	Motorlagerströme	45
3.2.7	Oberschwingungen	46
3.2.8	Erdableitstrom	49
3.3	Energieeffizienz	51
3.3.1	IES- und IE-Klassen	51
3.3.2	Verlustleistungsdaten und Wirkungsgraddaten	51
3.3.3	Verluste und Wirkungsgrad eines Motors	52
3.3.4	Verluste und Wirkungsgrad eines Antriebssystems	53
3.4	Netzintegration	53
3.4.1	Netzkonfigurationen und EMV-Auswirkungen	53

3.4.2 Niederfrequente Netzstörungen	53
3.4.3 Analyse von Netzstörungen	54
3.4.4 Optionen zur Verringerung von Netzstörungen	54
3.4.5 Funkstörungen	55
3.4.6 Einstufung der Einsatzorte	55
3.4.7 Verwendung mit isolierter Eingangsquelle	55
3.4.8 Blindstromkompensation	56
3.4.9 Eingangsstromverzögerung	56
3.4.10 Netztransienten	56
3.4.11 Betrieb mit Notstromgenerator	56
3.5 Motoreinbau	57
3.5.1 Zu berücksichtigende Faktoren bei der Motorauswahl	57
3.5.2 Sinus- und dU/dt Filter	57
3.5.3 Ordnungsgemäße Motorerdung	57
3.5.4 Motorkabel	57
3.5.5 Motorkabelabschirmung	58
3.5.6 Anschluss von mehreren Motoren	58
3.5.7 Thermischer Motorschutz	60
3.5.8 Ausgangsschütz	60
3.5.9 Energieeffizienz	60
3.6 Zusätzliche Ein- und Ausgänge	62
3.6.1 Anschlussdiagramm	62
3.6.2 Relaisanschlüsse	63
3.6.3 EMV-konformer elektrischer Anschluss	64
3.7 Planung	65
3.7.1 Abstand	65
3.7.2 Wandmontage	65
3.7.3 Zugriff	66
3.8 Optionen und Zubehör	66
3.8.1 Kommunikationsoptionen	69
3.8.2 Eingang/Ausgang, Istwert- und Sicherheitsoptionen	69
3.8.3 Sinusfilter	69
3.8.4 du/dt-Filter	69
3.8.5 Oberschwingungsfilter	69
3.8.6 Gehäuseabdeckung IP21/NEMA Typ 1	70
3.8.7 Gleichtaktfilter	72
3.8.8 LCP-Einbausatz	72
3.8.9 Montagebügel für die Baugrößen A5, B1, B2, C1 und C2	73
3.9 Serielle Schnittstelle RS485	74
3.9.1 Übersicht	74

3.9.2 Netzwerkverbindung	75
3.9.3 RS485-Busabschluss	75
3.9.4 EMV-Schutzmaßnahmen	75
3.9.5 Übersicht zum FC-Protokoll	76
3.9.6 Netzwerkkonfiguration	76
3.9.7 Aufbau der Telegrammblöcke für FC-Protokoll	76
3.9.8 FC-Protokoll – Beispiele	80
3.9.9 Modbus RTU-Protokoll	80
3.9.10 Aufbau der Modbus RTU-Telegrammblöcke	81
3.9.11 Zugriff auf Parameter	85
3.9.12 FC-Steuerprofil	86
3.10 Checkliste zur Auslegung der Anlage	92
<b>4 Anwendungsbeispiele</b>	<b>94</b>
4.1 Anwendungsbeispiele	94
4.2 Ausgewählte Anwendungsfunktionen	94
4.2.1 SmartStart	94
4.2.2 Start/Stopp	95
4.2.3 Puls-Start/Stopp	95
4.2.4 Potenziometer Sollwert	96
4.3 Anwendungsbeispiele	96
<b>5 Besondere Betriebsbedingungen</b>	<b>102</b>
5.1 Leistungsreduzierung	102
5.2 Manuelle Leistungsreduzierung	102
5.3 Leistungsreduzierung für lange Motorkabel oder Kabel mit größerem Querschnitt	103
5.4 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur	103
<b>6 Typencode und Auswahl</b>	<b>108</b>
6.1 Bestellung	108
6.1.1 Einführung	108
6.1.2 Typencode	108
6.2 Optionen, Zubehör und Ersatzteile	109
6.2.1 Bestellnummern: Optionen und Zubehör	109
6.2.2 Bestellnummern: Oberschwingungsfilter	112
6.2.3 Bestellnummern: Sinusfiltermodule, 200-480 V AC	112
6.2.4 Bestellnummern: Sinusfiltermodule 525-600/690 V AC	113
6.2.5 Oberschwingungsfilter	114
6.2.6 Sinusfilter	116
6.2.7 du/dt-Filter	117
6.2.8 Gleichtaktfilter	118

<b>7 Technische Daten</b>	119
7.1 Elektrische Daten	119
7.1.1 Netzversorgung 3 x 200-240 V AC	119
7.1.2 Netzversorgung 3 x 380-480 V AC	121
7.1.3 Netzversorgung 3 x 525-600 V AC	123
7.2 Netzversorgung	125
7.3 Motorausgang und Motordaten	125
7.4 Umgebungsbedingungen	125
7.5 Kabelspezifikationen	126
7.6 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten	126
7.7 Anzugsdrehmoment für Anschlüsse	130
7.8 Sicherungen und Trennschalter	130
7.9 Nennleistungen, Gewicht und Abmessungen	136
7.10 dU/dt-Prüfung	137
7.11 Nennwerte der Störgeräusche	139
7.12 Ausgewählten Optionen	139
7.12.1 VLT® Universal-E/A-Modul MCB 101	139
7.12.2 VLT®-Relaiskarte MCB 105	140
7.12.3 VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113	141
<b>8 Anhang – Ausgewählte Zeichnungen</b>	144
8.1 Netzanschlusszeichnungen	144
8.2 Motoranschlusszeichnungen	147
8.3 Relaisklemmenzeichnungen	149
8.4 Kabeleinführungsöffnungen	150
<b>Index</b>	154

# 1 Einführung

## 1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs

Dieses Projektierungshandbuch für VLT® Refrigeration Drive FC 103-Frequenzumrichter ist vorgesehen für:

- Projektingenieure und Anlagenbauer
- Planer
- Anwendungs- und Produktspezialisten

Das Projektierungshandbuch enthält technische Informationen zu den Möglichkeiten und Funktionen des Frequenzumrichters zur Integration in Systeme zur Motorsteuerung und -überwachung.

Das Projektierungshandbuch hat den Zweck, Informationen zum Anlagendesign und notwendige Daten für die Integration des Frequenzumrichters in Anwendungen zu liefern. Das Projektierungshandbuch ermöglicht die Auswahl der passenden Frequenzumrichter und Optionen für Anwendungen und Installationen.

Die Verfügbarkeit aller detaillierten Produktinformationen in der Projektierungsphase ist für die Entwicklung einer ausgereiften Anlage mit optimaler Funktionalität und Effizienz sehr hilfreich.

VLT® ist eine eingetragene Marke.

## 1.2 Organisation

*Kapitel 1 Einführung:* Der allgemeine Zweck des Projektierungshandbuchs und Übereinstimmung mit internationalen Richtlinien.

*Kapitel 2 Produktübersicht:* Interner Aufbau und Funktionen des Frequenzumrichters sowie dessen Eigenschaften im Betrieb.

*Kapitel 3 Systemintegration:* Umgebungsbedingungen; EMV, Oberschwingungen und Erdableitstrom; Netzanschluss; Motoren und Motoranschlüsse; andere Anschlüsse; mechanische Planung; und Beschreibungen der verfügbaren Optionen und des verfügbaren Zubehörs.

*Kapitel 4 Anwendungsbeispiele:* Beispiele für Produktanwendungen und Nutzungsrichtlinien.

*Kapitel 5 Besondere Betriebsbedingungen:* Detaillierte Informationen zu ungewöhnlichen Betriebsumgebungen.

*Kapitel 6 Typencode und Auswahl:* Verfahren zur Bestellung von Geräten und Optionen zur bestimmungsgemäßen Verwendung der Anlage.

*Kapitel 7 Technische Daten:* Eine Zusammenstellung von technischen Daten im Tabellen- und Grafikformat.

*Kapitel 8 Anhang – Ausgewählte Zeichnungen:* Eine Zusammenstellung von Grafiken, die Folgendes darstellen:

- Netz und Motoranschlüsse
- Relaisklemmen
- Kabeleinführungen

## 1.3 Zusätzliche Materialien

Es stehen weitere Materialien bereit, die Ihnen helfen, den erweiterten Betrieb des Frequenzumrichters sowie Programmierung und Konformität mit den relevanten Normen zu verstehen:

- Das VLT® Refrigeration Drive FC 103-Produkt-handbuch (in diesem Handbuch als *Produkt-handbuch* bezeichnet) vermittelt Ihnen detaillierte Informationen zu Installation und Inbetriebnahme des Frequenzumrichters.
- Das VLT® Refrigeration Drive FC 103-*Projektierungshandbuch* enthält die notwendigen Informationen für die Integration des Frequenzumrichters in eine Anlage.
- Das VLT® Refrigeration Drive FC 103-*Programmierungshandbuch* (in diesem Handbuch als *Programmierungshandbuch* bezeichnet) enthält umfassende Informationen zur Programmierung, für die Arbeit mit Parametern sowie viele Anwendungsbeispiele.
- Das *VLT® Produkt-handbuch Safe Torque Off* enthält eine Beschreibung zur Verwendung von Danfoss Frequenzumrichtern in Anwendungen mit funktionaler Sicherheit. Dieses Handbuch ist im Lieferumfang des Frequenzumrichters enthalten, wenn die STO-Option vorhanden ist.

Sie können zusätzliche Veröffentlichungen und Handbücher herunterladen unter <http://vlt-drives.danfoss.com/support/technical-documentation/>.

**HINWEIS**

Für die Frequenzumrichter stehen Optionsmodule zur Verfügung, die einige der in diesen Dokumenten enthaltenen Informationen ändern können. Bitte prüfen Sie die Anleitungen dieser Optionsmodule auf besondere Anforderungen.

Wenden Sie sich für weitere Informationen an einen Danfoss-Händler oder besuchen Sie [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com)  
Weitere Informationen.

### 1.4 Abkürzungen, Symbole und Konventionen

60° AVM	60° Asynchrone Vektormodulation
A	Ampere
AC	Wechselstrom
AD	Luftentladung (Air Discharge)
AEO	Automatische Energieoptimierung
AI	Analogeingang
AMA	Automatische Motoranpassung
AWG	American Wire Gauge = Amerikanisches Drahtmaß
°C	Grad Celsius
CD	Konstante Entladung
CDM	Komplettes Antriebsmodul: der Frequenzumrichter, Einspeisung und Zubehör
CM (Common Mode)	Gleichtakt
CT	Konstantes Drehmoment
DC	Gleichstrom
DI	Digitaleingang
DM (Differenzbetrieb)	Differenzbetrieb
D-TYPE	Abhängig vom Frequenzumrichter
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EMK	Elektromotorische Gegenkraft
ETR	Elektronisches Thermorelais
f <sub>JOG</sub>	Motorfrequenz bei aktivierter Fstdrehzahl JOG-Funktion.
f <sub>M</sub>	Motorfrequenz
f <sub>MAX</sub>	Die maximale Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters an seinem Ausgang.
f <sub>MIN</sub>	Die minimale Motorfrequenz vom Frequenzumrichter.
f <sub>M,N</sub>	Motornennfrequenz
FC	Frequenzumrichter
g	Gramm
Hiperface®	Hiperface® ist eine eingetragene Marke von Stegmann.
HO	Hohe Überlast
hp	Horse Power
HTL	HTL-Drehgeber (10-30 V) Pulse - Hochspannungs-Transistorlogik

Hz	Hertz
I <sub>INV</sub>	Wechselrichter-Nennausgangsstrom
I <sub>LIM</sub>	Stromgrenze
I <sub>M,N</sub>	Motornennstrom
I <sub>VLT,MAX</sub>	Maximaler Ausgangsstrom
I <sub>VLT,N</sub>	Vom Frequenzumrichter gelieferter Ausgangs-nennstrom
kHz	Kilohertz
LCP	Local Control Panel (LCP Bedieneinheit)
lsb	Least Significant Bit (geringstwertiges Bit)
m	Meter
mA	Milliampere
MCM	Mille Circular Mil
MCT	Motion Control Tool
mH	Induktivität in Millihenry
mm	Millimeter
ms	Millisekunden
msb	Most Significant Bit (höchstwertiges Bit)
η <sub>VLT</sub>	Der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ist definiert als das Verhältnis zwischen Leistungsabgabe und Leistungsaufnahme.
nF	Kapazität in Nanofarad
LCP 101	Numerisches LCP Bedienteil
Nm	Newtonmeter
NO	Normale Überlast
n <sub>s</sub>	Synchrone Motordrehzahl
Online/Offline-Parameter	Änderungen der Online-Parameter sind sofort nach Änderung des Datenwertes wirksam.
P <sub>br,cont.</sub>	Nennleistung des Bremswiderstands (Durchschnittsleistung bei kontinuierlichem Bremsen).
PCB	Leiterplatte
PCD	Process Data (Prozessdaten)
PDS	Antriebssystem: ein CDM und ein Motor
PELV	PELV (Schutzkleinspannung - Protective Extra Low Voltage)
P <sub>m</sub>	Nenn-Ausgangsleistung des Frequenzumrichters als hohe Überlast (HO).
P <sub>M,N</sub>	Motornennleistung
PM-Motor	Permanentmagnetmotor
PID-Prozess	Der PID (Proportional, Integral und Differential)-Regler hält Drehzahl, Druck, Temperatur usw. konstant.
R <sub>br,nom</sub>	Der Nenn-Widerstandswert, der an der Motorwelle für eine Dauer von 1 Minute eine Bremsleistung von 150/160 % sicherstellt.
RCD	Fehlerstromschutzschalter
rückspeisefähig	Generatorische Klemmen
R <sub>min</sub>	Zulässiger Mindestwert des Frequenzumrichters für den Bremswiderstand
EFF	Effektivwert
U/min [UPM]	Umdrehungen pro Minute

R <sub>rec</sub>	Empfohlener Bremswiderstand von Danfoss-Bremswiderständen
s	Sekunde
SFAVM	Statorfluss-orientierte asynchrone Vektormodulation
STW (ZSW)	Zustandswort
SMPS	Schaltnetzteil SMPS
THD	Gesamtoberschwingungsgehalt
T <sub>LIM</sub>	Drehmomentgrenze
TTL	Pulse des TTL-Drehgebers (5 V) - Transistor-Transistor-Logik
U <sub>M,N</sub>	Motornennspannung
V	Volt
VT	Variables Drehmoment
VVC <sup>+</sup>	Voltage Vector Control (VVC) plus

Tabelle 1.1 Abkürzungen

**Konventionen**

Nummerierte Listen zeigen Vorgehensweisen.  
 Aufzählungslisten zeigen weitere Informationen und Beschreibung der Abbildungen.  
 Kursivschrift bedeutet:

- Querverweise.
- Link.
- Fußnoten.
- Parameternamen, Parametergruppennamen, Parameteroptionen.

Alle Abmessungen sind in mm (Zoll) angegeben.  
 \* kennzeichnet die Werkseinstellung eines Parameters.

1.5 Sicherheitssymbole

Dieses Handbuch verwendet folgende Symbole:



Weist auf eine potenziell gefährliche Situation hin, die zu schweren oder tödlichen Verletzungen führen kann.



Weist auf eine potenziell gefährliche Situation hin, die zu leichten oder mittleren Verletzungen führen kann. Die Kennzeichnung kann ebenfalls als Warnung vor unsicheren Verfahren dienen.



Weist auf eine wichtige Information hin, z. B. eine Situation, die zu Geräte- oder sonstigen Sachschäden führen kann.

1.6 Definitionen

**Motorfreilauf**

Die Motorwelle dreht im Motorfreilauf. Kein Drehmoment am Motor.

**CT-Kennlinie**

Konstante Drehmomentkennlinie; dient für Anwendungen folgender Art:

- Förderbänder
- Verdrängungspumpen
- Krane

**Initialisieren**

Bei der Initialisierung (*Parameter 14-22 Betriebsart*) werden die Werkseinstellungen des Frequenzumrichters wiederhergestellt.

**Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb**

Der Aussetzbetrieb bezieht sich auf eine Abfolge von Arbeitszyklen. Jeder Zyklus besteht aus einem Belastungs- und einem Entlastungszeitraum. Der Betrieb kann periodisch oder aperiodisch sein.

**Leistungsfaktor**

Der Wirkleistungsfaktor (Lambda) berücksichtigt alle Oberschwingungen. Der Wirkleistungsfaktor ist immer kleiner als der Leistungsfaktor (cos φ), der nur die 1. Oberschwingung von Strom und Spannung berücksichtigt.

$$\cos\phi = \frac{P \text{ (kW)}}{P \text{ (kVA)}} = \frac{U\lambda \times I\lambda \times \cos\phi}{U\lambda \times I\lambda}$$

Cosphi wird auch als Verschiebungsfaktor bezeichnet.

Lambda und Cos φ sind für Danfoss VLT<sup>®</sup>-Frequenzumrichter in *Kapitel 7.2 Netzversorgung* aufgeführt.

Der Leistungsfaktor gibt an, wie stark ein Frequenzumrichter die Netzversorgung belastet.

Je niedriger der Leistungsfaktor, desto höher der I<sub>eff</sub> bei gleicher kW-Leistung.

Darüber hinaus weist ein hoher Leistungsfaktor darauf hin, dass der Oberschwingungsstrom sehr niedrig ist. Alle Danfoss-Frequenzumrichter verfügen über eingebaute Zwischenkreisspulen und einen eingebauten Zwischenkreis. Die Spulen erzielen einen hohen Leistungsfaktor und reduzieren die gesamte harmonische Verzerrung THDi der Netzversorgung deutlich.

**Parametersatz**

Sie können die Parametereinstellungen in vier Parametersätzen speichern. Sie können zwischen den vier Parametersätzen wechseln oder einen Satz bearbeiten, während ein anderer Satz gerade aktiv ist.

**Schlupfgleich**

Der Frequenzumrichter gleicht den belastungsabhängigen Motorschlupf aus, indem er unter Berücksichtigung des Motorersatzschaltbildes und der gemessenen Motorlast die Ausgangsfrequenz anpasst (nahezu konstante Motordrehzahl).

**Smart Logic Control (SLC)**

SLC ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen, die der Frequenzumrichter ausführt, wenn die SLC die zugehörigen benutzerdefinierten Ereignisse als TRUE (WAHR) auswertet. (Parametergruppe 13-\*\* *Smart Logic*).

**FC-Standardbus**

Schließt RS485-Bus mit FC-Protokoll oder MC-Protokoll ein. Siehe *Parameter 8-30 FC-Protokoll*.

**Thermistor**

Ein temperaturabhängiger Widerstand, mit dem die Temperatur des Frequenzumrichters oder des Motors überwacht wird.

**Abschaltung**

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, z. B. bei einer Übertemperatur des Frequenzumrichters oder wenn der Frequenzumrichter den Motor, Prozess oder Mechanismus schützt. Der Neustart ist nicht möglich, bis Sie die Fehlerursache behoben und den Alarmzustand quittiert haben. Beenden Sie den Abschaltungszustand durch:

- Aktivierung von „Reset“ oder
- Programmierung des Frequenzumrichters zum automatischen Quittieren

Sie dürfen die Abschaltung nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwenden.

**Abschaltblockierung**

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, wenn sich der Frequenzumrichter selbst schützt und ein Eingriff erforderlich ist, z. B. bei einem Kurzschluss am Ausgang des Frequenzumrichters. Sie können eine Abschaltblockierung nur durch Unterbrechen der Netzversorgung, Beheben der Fehlerursache und erneuten Anschluss des Frequenzumrichters aufheben. Der Neustart wird verzögert, bis der Fehlerzustand über die [Reset]-Taste am LCP quittiert wird. Sie dürfen die Abschaltung nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwenden.

**VT-Kennlinie**

Variable Drehmomentkennlinie; typisch bei Anwendungen mit quadratischem Lastmomentverlauf über den Drehzahlbereich, z. B. Kreiselpumpen und Lüfter.

**1.7 Dokument- und Softwareversion**

Dieses Handbuch wird regelmäßig geprüft und aktualisiert. Verbesserungsvorschläge sind jederzeit willkommen.

*Tabelle 1.2* gibt die Dokumentversion und die entsprechende Softwareversion an.

Ausgabe	Anmerkungen	Softwareversion
MG16G2xx	Ersetzt MG16G1xx	1.4x

**Tabelle 1.2 Dokument- und Softwareversion**

**1.8 Zulassungen und Zertifizierungen**

Frequenzumrichter werden in Übereinstimmung mit den in diesem Abschnitt beschriebenen Richtlinien konstruiert.

Weitere Informationen zu den Zulassungen und Zertifizierungen finden Sie im Downloadbereich unter [vlt-drives.danfoss.de/dokumentation/marinezulassungen/](http://vlt-drives.danfoss.de/dokumentation/marinezulassungen/).

**1.8.1 CE-Zeichen**



**Abbildung 1.1 CE**

Das CE-Zeichen (Communauté Européenne) zeigt an, dass der Hersteller des Produkts alle relevanten EU-Richtlinien einhält. Die geltenden EU-Richtlinien zu Ausführung und Konstruktion des Frequenzumrichters sind in *Tabelle 1.3* aufgeführt.

**HINWEIS**

Über die Qualität eines Produkts sagt die CE-Kennzeichnung nichts aus. Auch gibt sie keinen Aufschluss zu technischen Spezifikationen.

**HINWEIS**

Frequenzumrichter mit integrierter Sicherheitsfunktion müssen mit der Maschinenrichtlinie konform sein.

EU-Richtlinie	Version
Niederspannungsrichtlinie	2014/35/EU
EMV-Richtlinie	2014/30/EU
Maschinenrichtlinie <sup>1)</sup>	2014/32/EU
EU-Ökodesignrichtlinie	2009/125/EC
ATEX-Richtlinie	2014/34/EU
RoHS-Richtlinie	2002/95/EC

**Tabelle 1.3 Frequenzumrichter betreffende EU-Richtlinien**

*1) Konformität mit der Maschinenrichtlinie ist nur bei Frequenzumrichtern mit integrierter Sicherheitsfunktion erforderlich.*

Konformitätserklärungen sind auf Anfrage erhältlich.

**1.8.1.1 Niederspannungsrichtlinie**

Die Niederspannungsrichtlinie gilt für alle elektrischen Geräte im Spannungsbereich von 50–1000 V AC und 75–1600 V DC.

Der Zweck der Richtlinie ist die Gewährleistung der Personensicherheit und die Vermeidung von Beschädigungen der Anlage und Geräte, wenn Anwender die elektrischen Betriebsmittel bei ordnungsgemäßer Instal-

lation, Wartung und bestimmungsgemäßer Verwendung bedienen.

### 1.8.1.2 EMV-Richtlinie

Der Zweck der EMV-Richtlinie (elektromagnetische Verträglichkeit) ist die Reduzierung elektromagnetischer Störungen und die Verbesserung der Störfestigkeit der elektrischen Geräte und Installationen. Die grundlegende Schutzanforderung der EMV-Richtlinie gibt vor, dass Betriebsmittel, die elektromagnetische Störungen (EMV) verursachen oder deren Betrieb durch diese Störungen beeinträchtigt werden kann, so ausgelegt sein müssen, dass ihre erreichten elektromagnetischen Störungen begrenzt sind. Die Geräte müssen bei ordnungsgemäßer Installation und Wartung sowie bestimmungsgemäßer Verwendung einen geeigneten Grad der Störfestigkeit gegenüber EMV aufweisen.

Elektrische Geräte, die alleine oder als Teil einer Anlage verwendet werden, müssen eine CE-Kennzeichnungen tragen. Anlagen müssen nicht über eine CE-Kennzeichnung verfügen, jedoch den grundlegenden Schutzanforderungen der EMV-Richtlinie entsprechen.

### 1.8.1.3 Maschinenrichtlinie

Der Zweck der Maschinenrichtlinie ist die Gewährleistung der Personensicherheit und die Vermeidung von Beschädigungen der Anlage und Geräte, wenn Nutzer die mechanischen Betriebsmittel bestimmungsgemäß verwenden. Die Maschinenrichtlinie bezieht sich auf Maschinen, die aus einem Aggregat mehrerer zusammenwirkender Komponenten oder Betriebsmittel bestehen, von denen mindestens eine(s) mechanisch beweglich ist.

Frequenzumrichter mit integrierter Sicherheitsfunktion müssen mit der Maschinenrichtlinie konform sein. Frequenzumrichter ohne Sicherheitsfunktion fallen nicht unter die Maschinenrichtlinie. Wird ein Frequenzumrichter jedoch in ein Maschinensystem integriert, so stellt Danfoss Informationen zu Sicherheitsaspekten des Frequenzumrichters zur Verfügung.

Kommen Frequenzumrichter in Maschinen mit mindestens einem beweglichen Teil zum Einsatz, muss der Maschinenhersteller eine Erklärung zur Verfügung stellen, die die Übereinstimmung mit allen relevanten gesetzlichen Bestimmungen und Sicherheitsrichtlinien bestätigt.

### 1.8.1.4 EU-Ökodesignrichtlinie

Die Ökodesignrichtlinie ist die europäische Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte. Die Richtlinie legt die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte einschließlich Frequenzumrichtern fest. Die Richtlinie hat eine verbesserte Energieeffizienz und

allgemeine Umweltverträglichkeit von Elektrogeräten bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit der Energieversorgung zum Ziel. Die Einflüsse der energieverbrauchsrelevanten Produkte auf die Umwelt umfassen den Energieverbrauch über die gesamte Produktlebensdauer.

### 1.8.2 C-tick-Konformität (australische EMV-Standards)



Abbildung 1.2 C-Tick

Die C-Tick-Kennzeichnung zeigt eine Übereinstimmung mit den relevanten technischen Standards zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) an. Die C-Tick-Konformität ist für die Markteinführung elektrischer und elektronischer Geräte auf dem Markt in Australien und Neuseeland erforderlich.

Die C-Tick-Richtlinie befasst sich mit leitungsgeführter und abgestrahlter Störaussendung. Wenden Sie für Frequenzumrichter die in EN/IEC 61800-3 angegebenen Störaussendungsbeschränkungen an. Eine Konformitätserklärung ist auf Anfrage erhältlich.

### 1.8.3 UL-Konformität

UL-gelistet



Abbildung 1.3 UL

#### **HINWEIS**

**Frequenzumrichter mit Betriebsspannungen von 525 bis 690 V sind nicht nach UL-Anforderungen zertifiziert.**

Der Frequenzumrichter erfüllt die Anforderungen der UL508C bezüglich der thermischen Sicherung. Weitere Informationen finden Sie unter *Kapitel 2.6.2 Thermischer Motorschutz*.

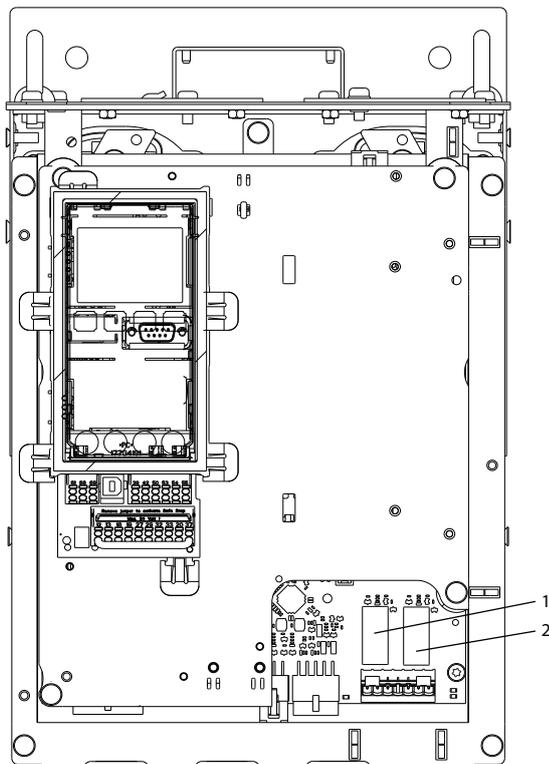
### 1.8.4 Konformität mit Richtlinien in der Schifffahrt

Einheiten mit der Schutzart IP55 (NEMA 12) oder höher verhindern Funkenbildung und werden in Übereinstimmung mit dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen (ADN) als elektrisches Betriebsmittel mit begrenzter Explosionsgefahr eingestuft.

Bei Geräten mit der Schutzart IP20/Chassis, IP21/NEMA 1 oder IP54 verhindern Sie Funkenbildung wie folgt:

- Installieren Sie keinen Netzschalter
- Vergewissern Sie sich, dass *Parameter 14-50 EMV-Filter* auf [1] Ein eingestellt ist.
- Entfernen Sie alle Relaisstecker mit der Kennzeichnung *RELAIS*. Siehe *Abbildung 1.4*.
- Kontrollieren Sie, welche Relaisoptionen installiert sind, falls vorhanden. Die einzige zulässige Relaisoption ist die erweiterte Relais-Optionskarte VLT® MCB 113.

Wählen Sie [vlt-drives.danfoss.de/dokumentation/marinezulassungen/](http://vlt-drives.danfoss.de/dokumentation/marinezulassungen/) für zusätzliche Informationen zu Zulassungen für Schifffahrtsanwendungen auf.



130BD832.10

1, 2	Relaisstecker
------	---------------

Abbildung 1.4 Position der Relaisstecker

Eine Herstellerdeklaration ist auf Anfrage erhältlich.

## 1.8.5 Exportkontrollvorschriften

Frequenzumrichter können regionalen und/oder nationalen Exportkontrollvorschriften unterliegen. Frequenzumrichter, die Exportkontrollvorschriften unterliegen, sind mit einer ECCN-Nummer gekennzeichnet. Die ECCN-Nummer finden Sie in den Dokumenten, die Sie mit dem Frequenzumrichter erhalten. Im Falle einer Wiederausfuhr ist der Exporteur dafür verantwortlich, die Einhaltung aller geltenden Exportkontrollvorschriften sicherzustellen.

## 1.9 Sicherheit

### 1.9.1 Allgemeine Leitlinien zur Sicherheit

Frequenzumrichter können bei unsachgemäßer Handhabung tödliche Verletzungen verursachen, da sie Hochspannungskomponenten enthalten. Nur qualifiziertes Fachpersonal darf dieses Gerät installieren oder bedienen. Reparaturarbeiten dürfen erst begonnen werden, wenn der Frequenzumrichter vom Netz getrennt und der festgelegte Zeitraum für die Entladung gespeicherter elektrischer Energie verstrichen ist.

Für einen sicheren Betrieb des Frequenzumrichters ist die strikte Befolgung von Sicherheitsmaßnahmen und -hinweisen unbedingt erforderlich.

Der einwandfreie und sichere Betrieb des Frequenzumrichters setzt fachgerechten und zuverlässigen Transport voraus. Lagerung, Installation, Bedienung und Instandhaltung müssen diese Anforderungen ebenfalls erfüllen. Nur qualifiziertes Fachpersonal darf dieses Gerät installieren oder bedienen.

Qualifiziertes Fachpersonal wird als geschulte Mitarbeiter definiert, die gemäß den einschlägigen Gesetzen und Vorschriften zur Installation, Inbetriebnahme und Instandhaltung von Betriebsmitteln, Systemen und Schaltungen berechtigt ist. Ferner muss das qualifizierte Personal mit allen Anweisungen und Sicherheitsmaßnahmen gemäß diesem Produkthandbuch vertraut sein.

### **⚠️ WARNUNG**

#### HOCHSPANNUNG

Bei Anschluss an Versorgungsnetzanschluss, DC-Versorgung oder Zwischenkreis-Kopplung führen Frequenzumrichter Hochspannung. Erfolgen Installation, Inbetriebnahme und Wartung nicht durch qualifiziertes Personal, kann dies zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen.

- Installation, Inbetriebnahme und Wartung dürfen ausschließlich von qualifiziertem Personal durchgeführt werden.

**⚠️ WARNUNG****UNERWARTETER ANLAUF**

Bei Anschluss des Frequenzumrichters an Versorgungsnetz, DC-Versorgung oder Zwischenkreiskopplung kann der angeschlossene Motor jederzeit unerwartet anlaufen. Ein unerwarteter Anlauf im Rahmen von Programmierungs-, Service- oder Reparaturarbeiten kann zu schweren bzw. tödlichen Verletzungen oder zu Sachschäden führen. Der Motor kann über einen externen Schalter, einen Feldbus-Befehl, ein Sollwerteingangssignal, über ein LCP oder nach einem quitierten Fehlerzustand anlaufen.

So verhindern Sie ein unerwartetes Starten des Motors:

- Trennen Sie den Frequenzumrichter vom Netz.
- Drücken Sie [Off/Reset] am LCP, bevor Sie Parameter programmieren.
- Verkabeln und montieren Sie Frequenzumrichter, Motor und alle angetriebenen Geräte vollständig, bevor Sie den Frequenzumrichter an Netzversorgung, DC-Versorgung oder Zwischenkreiskopplung anschließen.

**⚠️ WARNUNG****ENTLADEZEIT**

Der Frequenzumrichter enthält Zwischenkreiskondensatoren, die auch bei abgeschaltetem Frequenzumrichter geladen sein können. Auch wenn die Warn-LED nicht leuchten, kann Hochspannung vorliegen. Das Nichteinhalten der vorgesehenen Entladezeit nach dem Trennen der Stromversorgung vor Wartungs- oder Reparaturarbeiten kann zu schweren oder tödlichen Verletzungen führen!

1. Stoppen Sie den Motor.
2. Trennen Sie das Versorgungsnetz, Permanentmagnet-Motoren und externe Zwischenkreisversorgungen, einschließlich externer Batterie-, USV- und Zwischenkreisverbindungen zu anderen Frequenzumrichtern.
3. Führen Sie Wartungs- oder Reparaturarbeiten erst nach vollständiger Entladung der Kondensatoren durch. Die entsprechende Wartezeit finden Sie in *Tabelle 1.4*.

Spannung [V]	Mindestwartezeit (Minuten)	
	4	15
200–240	1,1–3,7 kW	5,5–45 kW
380–480	1,1–7,5 kW	11–90 kW
525–600	1,1–7,5 kW	11–90 kW

Tabelle 1.4 Entladezeit

**⚠️ WARNUNG****GEFAHR DURCH ABLEITSTRÖME**

Die Ableitströme überschreiten 3,5 mA. Eine nicht vorschriftsmäßige Erdung des Frequenzumrichters kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Lassen Sie die ordnungsgemäße Erdung der Geräte durch einen zertifizierten Elektroinstallateur überprüfen.

**⚠️ WARNUNG****GEFAHR DURCH ANLAGENKOMPONENTEN!**

Ein Kontakt mit drehenden Wellen und elektrischen Betriebsmitteln kann zu schweren Personenschäden oder sogar tödlichen Verletzungen führen.

- Stellen Sie sicher, dass Installations-, Inbetriebnahme- und Wartungsarbeiten ausschließlich von geschultem und qualifiziertem Personal durchgeführt werden.
- Alle Elektroarbeiten müssen den VDE-Vorschriften und anderen lokal geltenden Elektroinstallationsvorschriften entsprechen.
- Befolgen Sie die Verfahren in diesem Handbuch.

**⚠️ WARNUNG****UNERWARTETE MOTORDREHUNG  
WINDMÜHLEN-EFFEKT**

Ein unerwartetes Drehen von Permanentmagnetmotoren erzeugt Spannung und lädt das Gerät ggf. auf, was zu schweren Verletzungen oder Sachschäden führen kann.

- Stellen Sie sicher, dass die Permanentmagnetmotoren blockiert sind, sodass sie sich unter keinen Umständen drehen können.

**⚠️ VORSICHT****GEFAHR BEI EINEM INTERNEN FEHLER**

Ein interner Fehler im Frequenzumrichter kann zu schweren Verletzungen führen, wenn der Frequenzumrichter nicht ordnungsgemäß geschlossen wird.

- Stellen Sie vor dem Anlegen von Netzspannung sicher, dass alle Sicherheitsabdeckungen angebracht und ordnungsgemäß befestigt sind.

## 2 Produktübersicht

### 2

### 2.1 Einführung

Dieses Kapitel enthält eine Übersicht über die primären Baugruppen und Schaltkreise des Frequenzumrichters. Es dient zur Beschreibung der internen elektrischen und Signalverarbeitungsfunktionen. Eine Beschreibung der internen Regelungsstruktur ist ebenfalls enthalten.

Darüber hinaus enthält es Beschreibungen der verfügbaren automatisierten und optionalen Frequenzumrichterfunktionen zur Auslegung robuster Betriebssysteme mit einer hohen Leistung bei Steuerungs- und Statusprotokollierung.

#### 2.1.1 Bestimmungsgemäße Verwendung des Produkts in Kälteanwendungen

Der VLT® Refrigeration Drive FC 103 ist für Kälteanwendungen ausgelegt. Der integrierte Application Wizard führt den Benutzer durch den Inbetriebnahmeprozess. Das Angebot der Standard- und optionalen Funktionen umfasst:

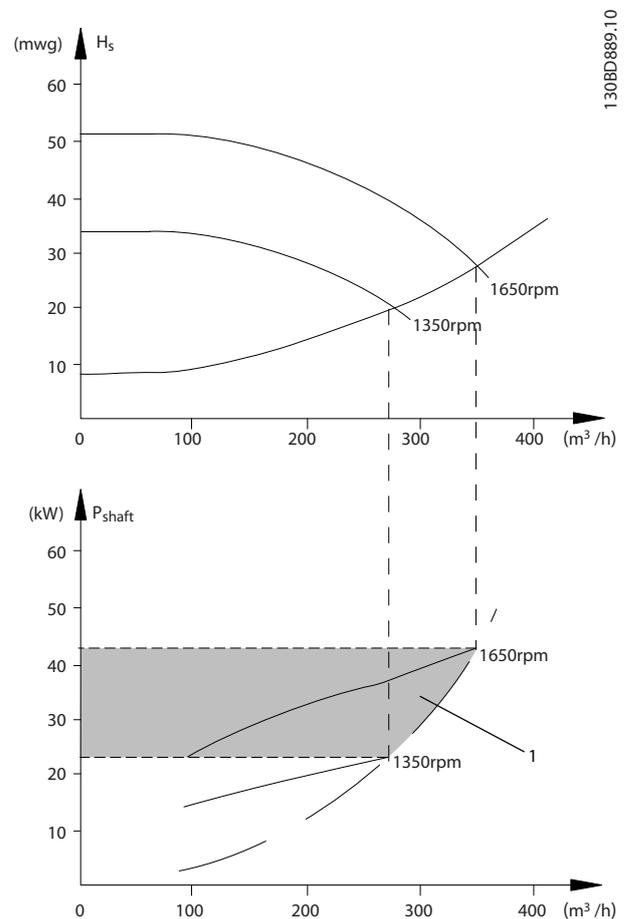
- Mehrzonenkaskadenregelung
- Neutralzonenregelung.
- Potenzialfreie Kondensationstemperatursteuerung.
- Ölrücklaufsteuerung.
- Multi-Feedback-Verdampfersteuerung.
- Kaskadenregelung.
- Trockenlauferkennung.
- Kennlinienende-Erkennung.
- Motorwechsel.
- STO.
- Energiesparmodus.
- Passwortschutz.
- Überlastschutz.
- Smart Logic Control.
- Mindestdrehzahlüberwachung.
- Frei programmierbare Texte für Informationen, Warnungen und Alarmer.

### 2.1.2 Energieeinsparungen

Im Vergleich zu alternativen Regelsystemen bietet ein Frequenzumrichter die höchste Energieeffizienz zur Regelung von Lüftungs- und Pumpenanlagen.

Die Verwendung eines Frequenzumrichters zur Regelung des Durchflusses führt in gängigen Anwendungen zu einer Reduzierung der Pumpendrehzahl von 20 % und Energieeinsparungen von ca. 50 %.

Abbildung 2.1 zeigt ein Beispiel für die erzielbare Energieeinsparung.



1	Energieeinsparung
---	-------------------

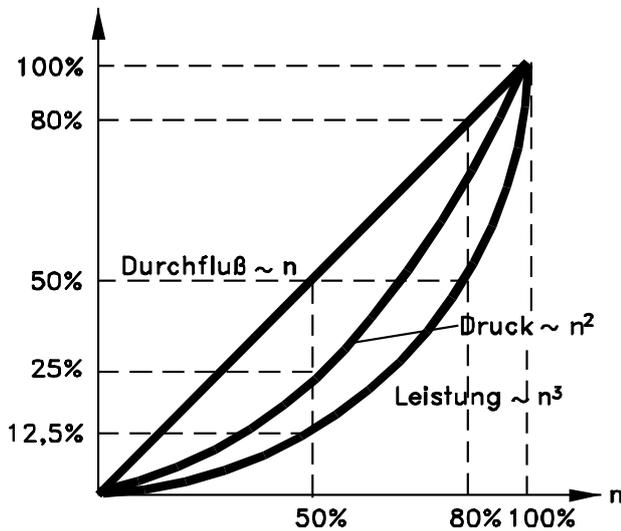
Abbildung 2.1 Beispiel: Energieeinsparung

### 2.1.3 Beispiele für Energieeinsparungen

Wie in *Abbildung 2.2* dargestellt, lässt sich der Durchfluss durch die Änderung der Drehzahl anpassen. Durch Reduzierung der Drehzahl um nur 20 % gegenüber der Nenndrehzahl wird auch der Durchfluss um 20 % reduziert, Der Durchfluss ist direkt proportional zur Drehzahl. Der Stromverbrauch sinkt um bis zu 50 %.

Soll die Anlage an nur sehr wenigen Tagen im Jahr einen Durchfluss erzeugen, der 100 % entspricht, im übrigen Teil des Jahres jedoch im Durchschnitt unter 80 % des Nenndurchflusswertes, so erreicht man eine Energieeinsparung von mehr als 50 %.

*Abbildung 2.2* beschreibt die in Kreiselpumpen gegebene Abhängigkeit von Durchfluss, Druck und Leistungsaufnahme von der Drehzahl.



175HA208.10

Abbildung 2.2 Affinitätsgesetze für Kreiselpumpen

$$\text{Durchfluss: } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{Druck: } \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\text{Power: } \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Es wird von einem gleichbleibenden Wirkungsgrad im gesamten Drehzahlbereich ausgegangen.

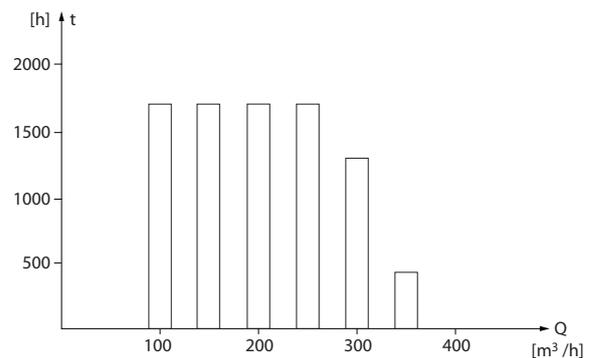
Q = Durchfluss	P = Leistung
Q <sub>1</sub> =Durchfluss 1	P <sub>1</sub> =Leistung 1
Q <sub>2</sub> = Reduzierter Durchfluss	P <sub>2</sub> = Reduzierte Leistung
H = Druck	n = Drehzahlregelung
H <sub>1</sub> =Druck 1	n <sub>1</sub> =Drehzahl 1
H <sub>2</sub> = Reduzierter Druck	n <sub>2</sub> = Reduzierte Drehzahl

Tabelle 2.1 Affinitätsgesetze

### 2.1.4 Beispiel mit variablem Durchfluss über 1 Jahr

Das Beispiel basiert auf einer Pumpenkennlinie, die von einem Pumpendatenblatt stammt dargestellt in *Abbildung 2.4*.

Das erzielte Ergebnis zeigt Energieeinsparungen von über 50 % bei der gegebenen Durchflussverteilung über ein Jahr, siehe *Abbildung 2.3*. Die Amortisationszeit hängt vom Strompreis sowie vom Preis des Frequenzumrichters ab. In diesem Beispiel beträgt die Amortisationszeit weniger als ein Jahr im Vergleich zu Ventilen und konstanter Drehzahl.



175HA210.11

t [h]	Durchflussdauer. Nähere Angaben finden Sie auch in <i>Tabelle 2.2</i> .
Q [m³/h]	Durchflussrate

Abbildung 2.3 Durchflussverteilung über 1 Jahr (Dauer im Verhältnis zur Durchflussrate)

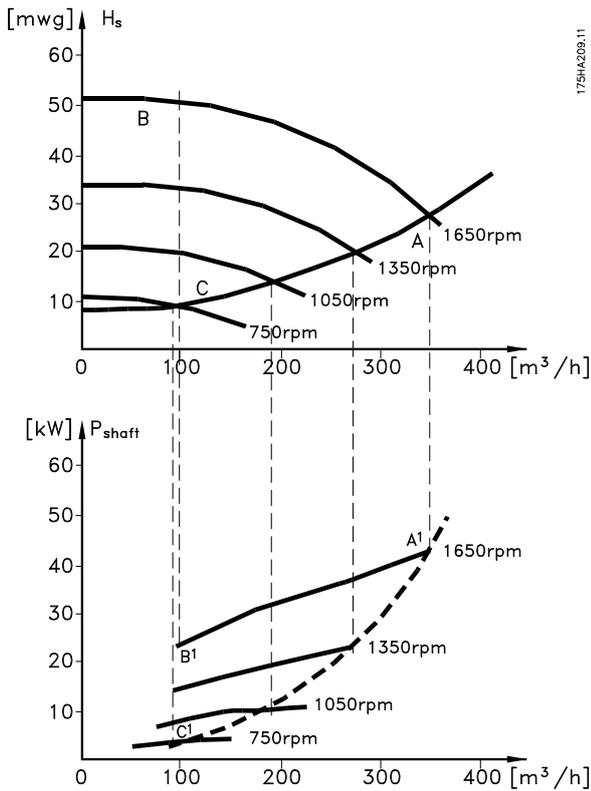


Abbildung 2.4 Energieverbrauch bei verschiedenen Drehzahlen

Durchflussrate [m³/h]	Verteilung		Ventilregelung		Frequenzumrichtersteuerung	
	%	Dauer [h]	Power [kW]	Verbrauch [kWh]	Power [kW]	Verbrauch [kWh]
350	5	438	42,5 <sup>1)</sup>	18,615	42,5 <sup>1)</sup>	18,615
300	15	1314	38,5	50,589	29,0	38,106
250	20	1752	35,0	61,320	18,5	32,412
200	20	1752	31,5	55,188	11,5	20,148
150	20	1752	28,0	49,056	6,5	11,388
100	20	1752	23,0 <sup>2)</sup>	40,296	3,5 <sup>3)</sup>	6,132
Σ	10	8760	-	275,064	-	26,801
0						

Tabelle 2.2 Ergebnis

- 1) Leistungsmesswert an Punkt A1.
- 2) Leistungsmesswert an Punkt B1.
- 3) Leistungsmesswert an Punkt C1.

### 2.1.5 Verbesserte Regelung

Verwenden Sie einen Frequenzumrichter, um die Regelung des Durchflusses oder des Drucks eines Systems zu verbessern.

Mithilfe eines Frequenzumrichters können Sie die Drehzahl eines Kompressors, Lüfters oder einer Pumpe ändern, sodass sich eine stufenlose Regelung des Durchflusses und des Drucks ergibt.

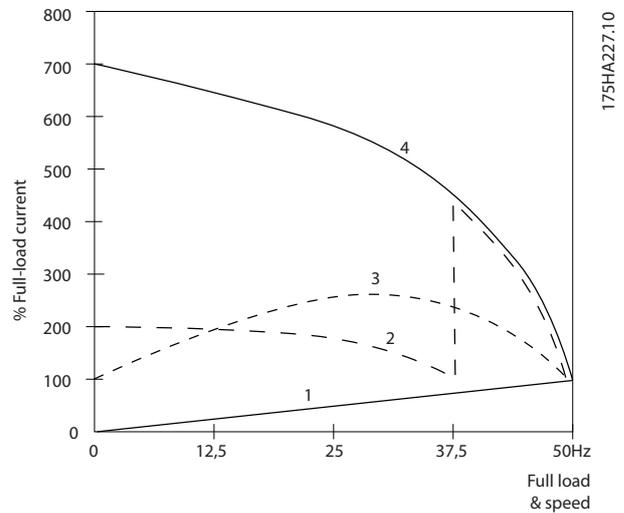
Darüber hinaus passt ein Frequenzumrichter die Kompressor-, Lüfter- oder Pumpendrehzahl schnell an die geänderten Durchfluss- oder Druckbedingungen in der Anlage an.

Einfache Prozessregelung (Durchfluss, Pegel oder Druck) über den integrierten PI-Regler.

### 2.1.6 Stern-/Dreieckstarter oder Softstarter

Wenn große Motoren anlaufen, verlangen viele Länder Geräte, die den Startstrom begrenzen. In konventionellen Systemen sind Stern-/Dreieckstarter oder Softstarter weit verbreitet. Bei Verwendung eines Frequenzumrichters sind solche Motorstarter nicht erforderlich.

Wie in *Abbildung 2.5* gezeigt, benötigt ein Frequenzumrichter nicht mehr als den Nennstrom.



1	VLT® Refrigeration Drive FC 103
2	Stern-/Dreieckstarter
3	Softstarter
4	Start direkt am Netz

Abbildung 2.5 Startstrom

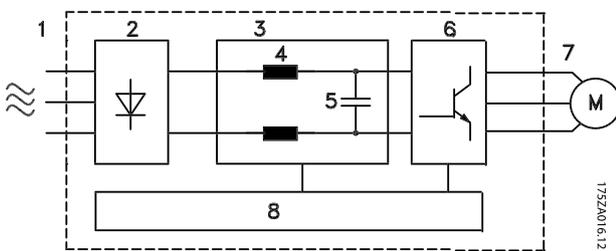
## 2.2 Beschreibung des Betriebs

Der Frequenzumrichter kontrolliert zur Regelung der Motordrehzahl den Netzstrom zum Motor. Der Frequenzumrichter liefert variable Frequenz und Spannung an den Motor.

Der Frequenzumrichter ist in 4 Hauptmodule unterteilt:

- Gleichrichter
- Gleichspannungszwischenkreis
- Wechselrichter
- Steuerung und Regelung

Abbildung 2.6 ist ein Blockschaltbild der internen Baugruppen des Frequenzumrichters.



Nummer	Bezeichnung	Funktionen
1	Netzanschluss	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-phasige Netzversorgung zum Frequenzumrichter.</li> </ul>
2	Gleichrichter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Gleichrichterbrücke wandelt den eingehenden Wechselstrom in einen Gleichstrom zur Versorgung des Wechselrichters um.</li> </ul>
3	Gleichspannungszwischenkreis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Gleichspannungszwischenkreis führt den Gleichstrom.</li> </ul>
4	DC-Zwischenkreisdrosseln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Zwischenkreisdrosseln filtern die Zwischenkreisgleichspannung.</li> <li>• Sie bieten Schutz vor Netztransienten.</li> <li>• Sie reduzieren den Effektivstrom.</li> <li>• Sie heben den Leistungsfaktor an.</li> <li>• Sie reduzieren Oberschwingungen am Netzeingang.</li> </ul>
5	Gleichspannungskondensatoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Kondensatoren speichern die Gleichspannung.</li> <li>• Sie überbrücken kurzzeitige Verlustleistungen.</li> </ul>

Nummer	Bezeichnung	Funktionen
6	Wechselrichter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Wechselrichter erzeugt aus der Gleichspannung eine pulsbreitenmodulierte AC-Wellenform für eine variable Motorregelung an den Motorklemmen.</li> </ul>
7	Motorklemmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geglättete 3-phasige Motorspannung zum Motor.</li> </ul>
8	Steuerteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Steuerteil überwacht die Netzversorgung, die interne Verarbeitung, den Motorausgang und den Motorstrom und sorgt somit für einen effizienten Betrieb und eine effiziente Regelung.</li> <li>• Es überwacht die Benutzerschnittstelle sowie die externen Steuersignale und führt die resultierenden Befehle aus.</li> <li>• Es stellt die Zustandsmeldungen und Kontrollfunktionen bereit.</li> </ul>

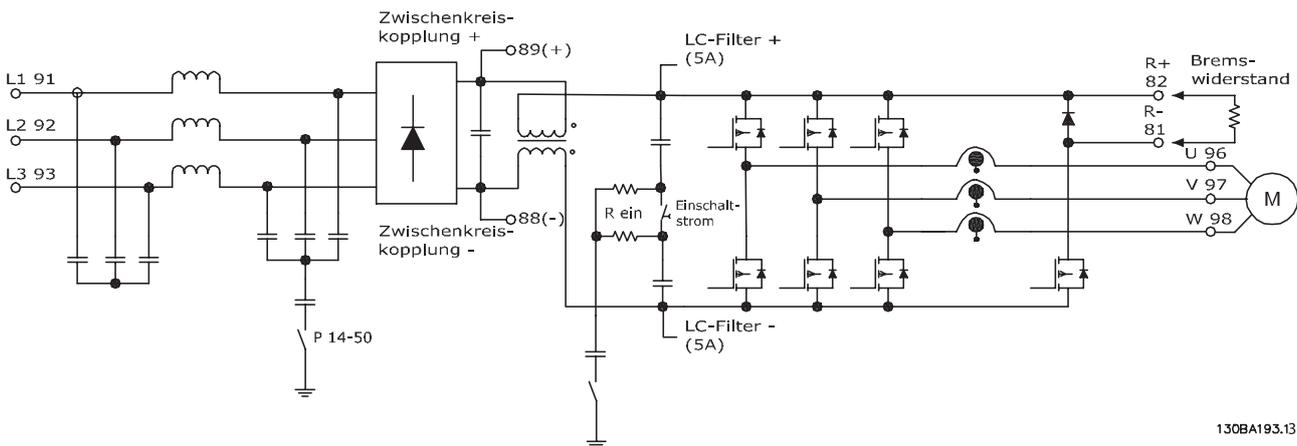
Abbildung 2.6 Blockschaltbild des Frequenzumrichters

### 2.2.1 Regelungsstrukturprinzip

- Der Frequenzumrichter richtet die Netzwechselspannung in Gleichspannung um.
- Der Wechselrichter wandelt dann die Gleichspannung in eine Wechselspannung mit variabler Amplitude und Frequenz um.

Der Frequenzumrichter versorgt den Motor mit variabler Spannung und Frequenz sowie variablem Strom, was eine stufenlose Drehzahlregelung von herkömmlichen Dreiphasen-Asynchronmotoren und Permanentmagnetmotoren ermöglicht.

Der Frequenzumrichter verwaltet verschiedene Arten von Motorsteuerprinzipien, wie U/f-Sondermotor-Modus und VVC+. Den Kurzschlusschutz beim Frequenzumrichter übernehmen Stromwandler in allen 3 Motorphasen.



130BA193.13

Abbildung 2.7 Aufbau des Frequenzumrichters

## 2.3 Funktionsbeschreibung

### 2.3.1 Gleichrichterteil

Wenn der Frequenzumrichter an Spannung liegt, fließt Strom durch die Netzklemmen (L1, L2 und L3). Je nach Konfiguration des Geräts fließt der Strom bis zur Schalter- und/oder zur EMV-Filteroption.

### 2.3.2 Zwischenkreisabschnitt

Nach dem Gleichrichter gelangt die Spannung zum Zwischenkreis. Der Filterkreis, der aus der Zwischenkreisdrossel und -kondensatoren besteht, glättet die gleichgerichtete Spannung.

Die DC-Busdrossel liefert eine Reihenimpedanz zur Änderung des Stroms. Die Gleichstromdrossel reduziert gleichzeitig die Netzverzerrungen, die normalerweise bei Gleichrichterschaltungen auf die Spannungsversorgung rückwirken.

### 2.3.3 Wechselrichter

Sobald Startbefehl und Drehzahlsollwert vorhanden sind, leiten die IGBTs im Wechselrichter den Schaltvorgang zur Erzeugung des Ausgangssignals ein. Die Signalform, die

vom Danfoss VVC<sup>+</sup> PWM-Verfahren an der Steuerkarte erzeugt wird, ermöglicht optimale Leistung und minimale Verluste im Motor.

## 2.4 Regelungsstrukturen

### 2.4.1 Regelungsstruktur ohne Rückführung

Bei Regelung ohne Rückführung lässt sich der Frequenzumrichter manuell über das LCP-Bedienteil sowie aus der Ferne über Analog-/Digitaleingänge oder serielle Schnittstellen betreiben.

Bei der in *Abbildung 2.8* abgebildeten Konfiguration arbeitet der Frequenzumrichter mit einer Drehzahlregelung ohne Rückführung. Er empfängt vom LCP (*Hand-Betrieb*) oder über ein Fernsignal (*Auto-Betrieb*) ein Eingangssignal. Der Umrichter empfängt das Signal (Drehzahlsollwert) und konditioniert es folgendermaßen:

- Programmierbare minimale und maximale Motordrehzahlgrenzwerte (in U/min und Hz).
- Rampe-Auf- und Rampe-Ab-Zeiten.
- Motordrehrichtung

Der Sollwert wird anschließend zur Motorregelung übermittelt.

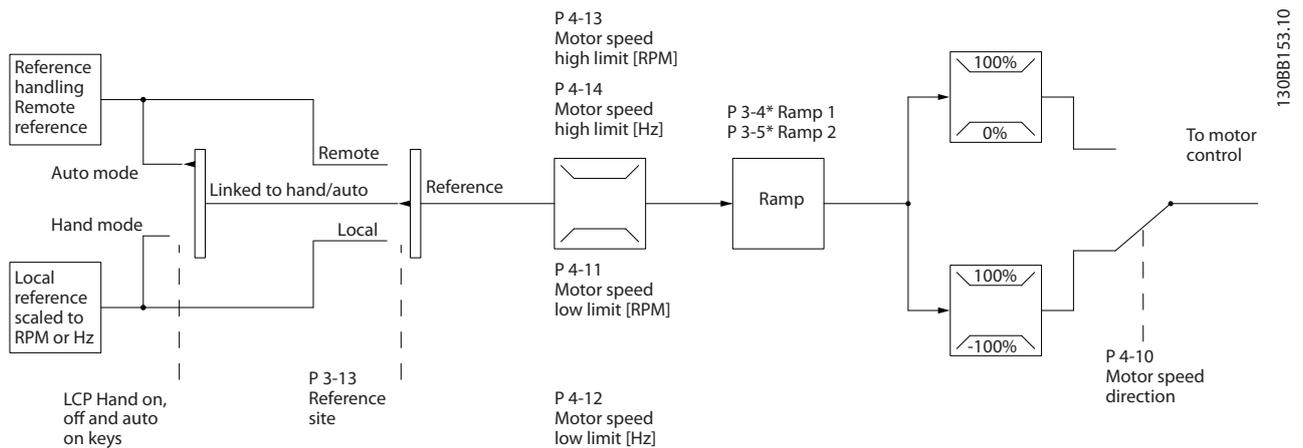


Abbildung 2.8 Blockschaltbild der Regelung ohne Rückführung

### 2.4.2 Regelungsstruktur (Regelung mit Rückführung)

Bei der Regelung mit Rückführung kann der Frequenzumrichter anhand eines internen PID-Reglers zum Betrieb als unabhängige Bedieneinheit Systemsollwert- und Istwert-

signale verarbeiten. Der Frequenzumrichter kann neben vielen anderen programmierbaren Optionen zur externen Systemüberwachung Status- und Alarmmeldungen ausgeben und zugleich unabhängig einen Regelbetrieb mit Rückführung durchführen.

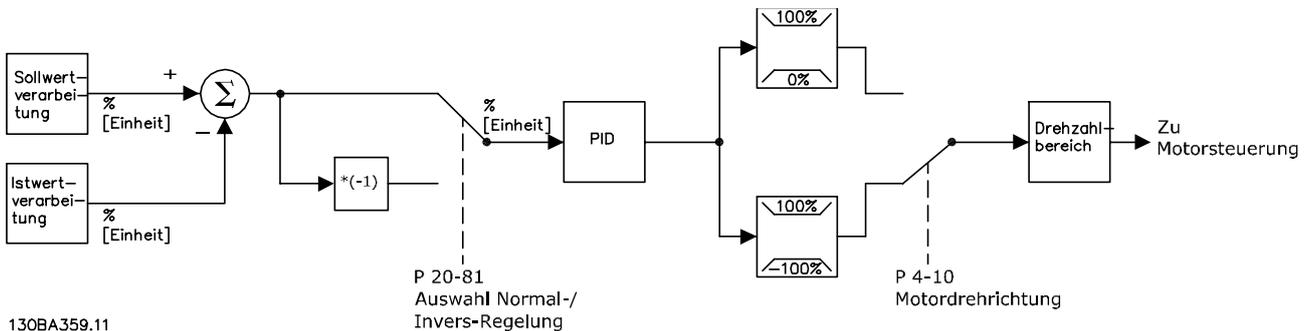


Abbildung 2.9 Blockschaltbild des Reglers mit Rückführung

Beispiel: Eine Pumpenanwendung, bei der der Frequenzumrichter die Drehzahl der Pumpe so regelt, dass der statische Druck in einer Leitung konstant bleibt (siehe *Abbildung 2.9*). Der Frequenzumrichter empfängt ein Istwertsignal von einem Sensor im System. Daraufhin vergleicht er diesen Istwert mit einem Sollwert und erkennt ggf. eine Abweichung zwischen diesen beiden Signalen. Zum Ausgleich dieser Abweichung passt er dann die Drehzahl des Motors an.

Erhöhung des von der Pumpe gelieferten Drucks eine Rampe Auf durch.

Auch wenn der Regler des Frequenzumrichters oft bereits mit den voreingestellten Werten für zufriedenstellende Leistung sorgt, können Sie die Regelung des Systems durch Anpassung einiger PID-Parameter oft noch verbessern. Für diese Optimierung steht die *Automatische Anpassung* zur Verfügung.

Der statische Drucksollwert wird als Sollwertsignal an den Frequenzumrichter übermittelt. Ein statischer Drucksensor misst den tatsächlichen statischen Druck in der Leitung und übermittelt diesen Wert als Istwertsignal an den Frequenzumrichter. Wenn das Istwertsignal größer ist als der Sollwert, führt der Frequenzumrichter zur Druckminderung eine Rampe Ab durch. Ist der Leitungsdruck niedriger als der Sollwert, führt der Frequenzumrichter zur

Weitere programmierbare Funktionen sind:

- Inverse Regelung – die Motordrehzahl wird bei einem hohen Istwertsignal erhöht. Das ist bei Kompressoranwendungen nützlich, bei denen die

Drehzahl erhöht werden muss, wenn der Druck/die Temperatur zu hoch ist.

- Startfrequenz – das System erreicht schnell einen bestimmten Betriebsstatus, bevor der PID-Regler übernimmt.
- Integrierter Tiefpassfilter – verringert Störungen des Istwertsignals.

### 2.4.3 Hand-Steuerung (Hand On) und Fern-Betrieb (Auto On)

Der Frequenzumrichter kann manuell über das Bedienteil (LCP) oder aus der Ferne über Analog-/Digitaleingänge oder serielle Schnittstellen betrieben werden.

#### Aktiver Sollwert und Regelverfahren

Der aktive Sollwert kann der Ortsollwert oder Fernsollwert sein. Der Fernsollwert ist die Werkseinstellung.

- Konfigurieren Sie zur Verwendung des Ortsollwerts im *Hand*-Betrieb. Passen Sie zur Aktivierung des *Hand-Betriebs* die Parametereinstellungen in Parametergruppe 0-4\* LCP-Tasten an. Weitere Informationen hierzu finden Sie im *Programmierhandbuch*.
- Konfigurieren Sie zur Verwendung des Fernsollwerts im *Auto*-Betrieb (der werkseitigen Betriebsart). Im *Auto*-Betrieb lässt sich der Frequenzumrichter über die Digitaleingänge bzw. verschiedene serielle Schnittstellen (RS485, USB oder einen optionalen Feldbus) steuern.
- *Abbildung 2.10* veranschaulicht das Regelverfahren, das sich durch die Auswahl des aktiven Sollwerts (Ort oder Fern) ergibt.
- *Abbildung 2.11* veranschaulicht das manuelle Regelverfahren für den Ortsollwert.

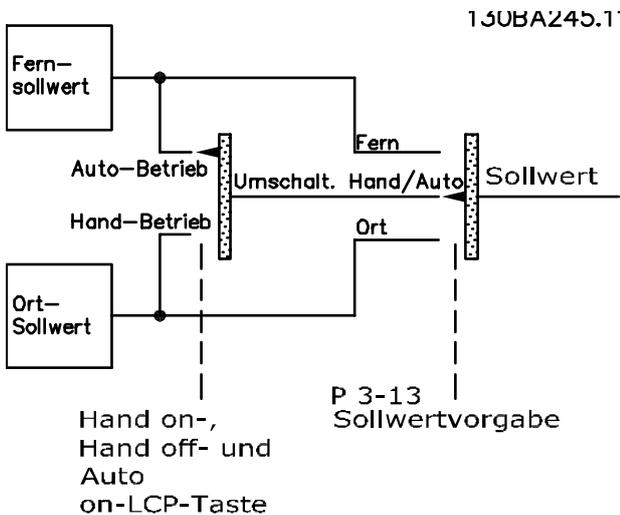


Abbildung 2.10 Aktiver Sollwert

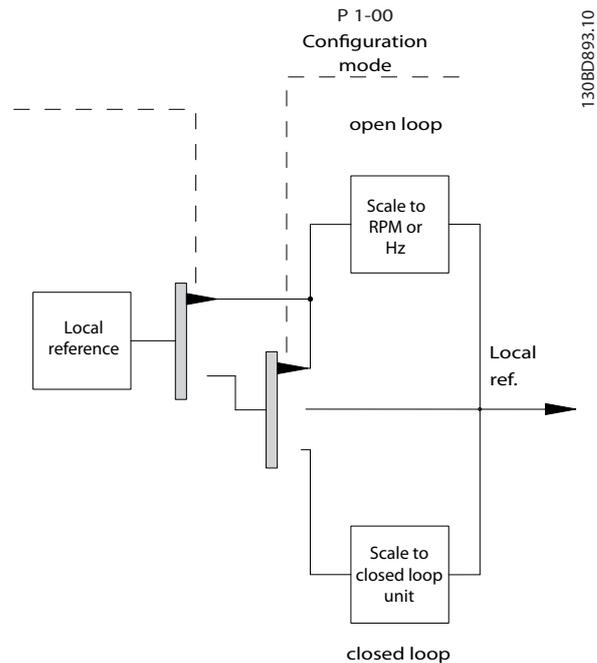


Abbildung 2.11 Manuelles Regelverfahren

#### Anwendungssteuerverfahren

Entweder ist der Fernsollwert oder der Ortsollwert aktiviert. Beide Sollwerte können nicht gleichzeitig aktiviert sein. Stellen Sie das Anwendungssteuerverfahren (Regelung ohne oder mit Rückführung) in *Parameter 1-00 Regelverfahren* ein, wie in *Tabelle 2.3* gezeigt.

Wenn der Ortsollwert aktiviert ist, müssen Sie das Steuerungsverfahren der Anwendung in *Parameter 1-05 Local Mode Configuration* einstellen.

Stellen Sie die Sollwertvorgabe in *Parameter 3-13 Sollwertvorgabe* ein, wie in *Tabelle 2.3* gezeigt.

Weitere Informationen hierzu finden Sie im *Programmierhandbuch*.

[Hand On] [Auto On] LCP-Tasten	Parameter 3-13 Sollwertvorgabe	Aktiver Sollwert
Hand	Umschalt. Hand/Auto	Ort
Hand⇒Off (Aus)	Umschalt. Hand/Auto	Ort
Auto	Umschalt. Hand/Auto	Fern
Auto⇒Off (Aus)	Umschalt. Hand/Auto	Fern
Alle Tasten	Ort	Ort
Alle Tasten	Fern	Fern

Tabelle 2.3 Ort- und Fernsollwertkonfigurationen

## 2.4.4 Sollwertverarbeitung

Die Sollwertverarbeitung erfolgt beim Betrieb mit und ohne Rückführung.

### Interne und externe Sollwerte

Im Frequenzumrichter können bis zu 8 interne Festsollwerte programmiert werden. Sie können den aktiven internen Festsollwert mithilfe von Digitaleingängen oder dem seriellen Kommunikationsbus extern auswählen.

Externe Sollwerte lassen sich an den Frequenzumrichter übertragen, in der Regel über einen analogen Steuerungseingang. Alle Sollwertquellen sowie der Bus-Sollwert ergeben durch Addition den gesamten externen Sollwert. Wählen Sie eine der folgenden Optionen als aktiven Sollwert aus:

- Der externe Sollwert
- Der Festsollwert
- Der Sollwert
- Die Summe der drei obenstehenden Werte

Der aktive Sollwert kann skaliert werden.

Der skalierte Sollwert wird wie folgt berechnet:

$$\text{Sollwert} = X + X \times \left( \frac{Y}{100} \right)$$

X ist der externe Sollwert, der Festsollwert oder die Summe dieser Sollwerte, und Y ist *Parameter 3-14 Relativer Festsollwert* in [%].

Wenn Y, *Parameter 3-14 Relativer Festsollwert*, auf 0 % eingestellt ist, wird der Sollwert nicht von der Skalierung beeinflusst.

### Fernsollwert

Ein Fernsollwert besteht aus folgenden Einzelwerten (siehe *Abbildung 2.12*):

- Festsollwerten
- Externe Sollwerte:
  - Analogeingänge
  - Pulsfrequenzeingänge
  - Eingänge des digitalen Potentiometers
  - Sollwerte des Feldbusses
- Einem relativen Festsollwert
- Einem durch Rückführung geregelten Sollwert

2

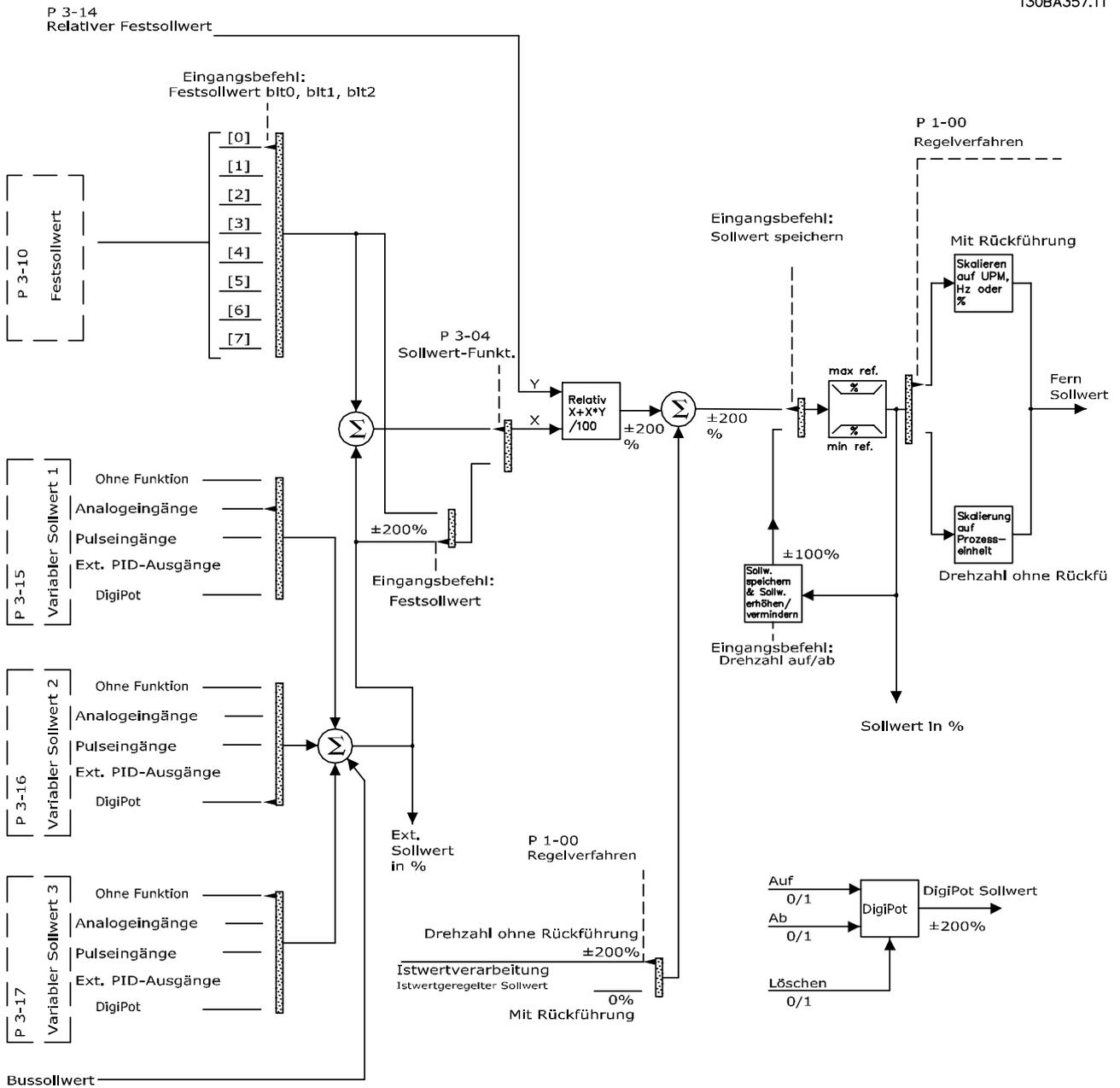


Abbildung 2.12 Fernsollwertverarbeitung

### 2.4.5 Istwertverarbeitung

Die Istwertverarbeitung lässt sich so konfigurieren, dass sie mit Anwendungen arbeitet, die eine erweiterte Steuerung erfordern, wie etwa mehrere Sollwerte und mehrere Istwerte (siehe *Abbildung 2.13*).

Drei Regelungstypen sind gebräuchlich:

#### Einzelne Zone, einzelner Sollwert

Dieser Regelungstyp ist eine grundlegende Istwertkonfiguration. Sollwert 1 wird zu einem anderen Sollwert (falls vorhanden) addiert und das Istwertsignal wird gewählt.

#### Mehrere Zonen, einzelner Sollwert

Dieser Regelungstyp verwendet 2 oder 3 Istwertensoren, aber nur einen Sollwert. Der Istwert kann hinzugefügt oder abgezogen werden oder aus ihm kann der Durchschnitt gebildet werden. Zusätzlich kann der maximale oder minimale Wert verwendet werden. Sollwert 1 wird ausschließlich bei dieser Konfiguration eingesetzt.

#### Mehrere Zonen, Sollwert/Istwert

Das Sollwert/Istwert-Paar mit der größten Differenz regelt die Drehzahl des Frequenzumrichters. Das Maximum versucht, alle Zonen an oder unter ihren jeweiligen Sollwerten zu halten; das Minimum versucht, alle Zonen an oder über ihren jeweiligen Sollwerten zu halten.

#### Beispiel

Eine Anwendung mit 2 Zonen und 2 Sollwerten. Der Sollwert von Zone 1 beträgt 15 bar, der Istwert 5,5 bar. Der Sollwert von Zone 2 beträgt 4,4 bar, der Istwert 4,6 bar. Wenn Maximum eingestellt ist, werden Sollwert und Istwert der Zone 2 an den PID-Regler gesendet, da diese die geringere Differenz aufweisen (der Istwert ist größer als der Sollwert, was eine negative Differenz ergibt). Wenn Minimum ausgewählt wurde, werden Sollwert und Istwert der Zone 1 an den PID-Regler gesendet, da diese die größere Differenz aufweisen (der Istwert ist kleiner als der Sollwert, was eine positive Differenz ergibt).

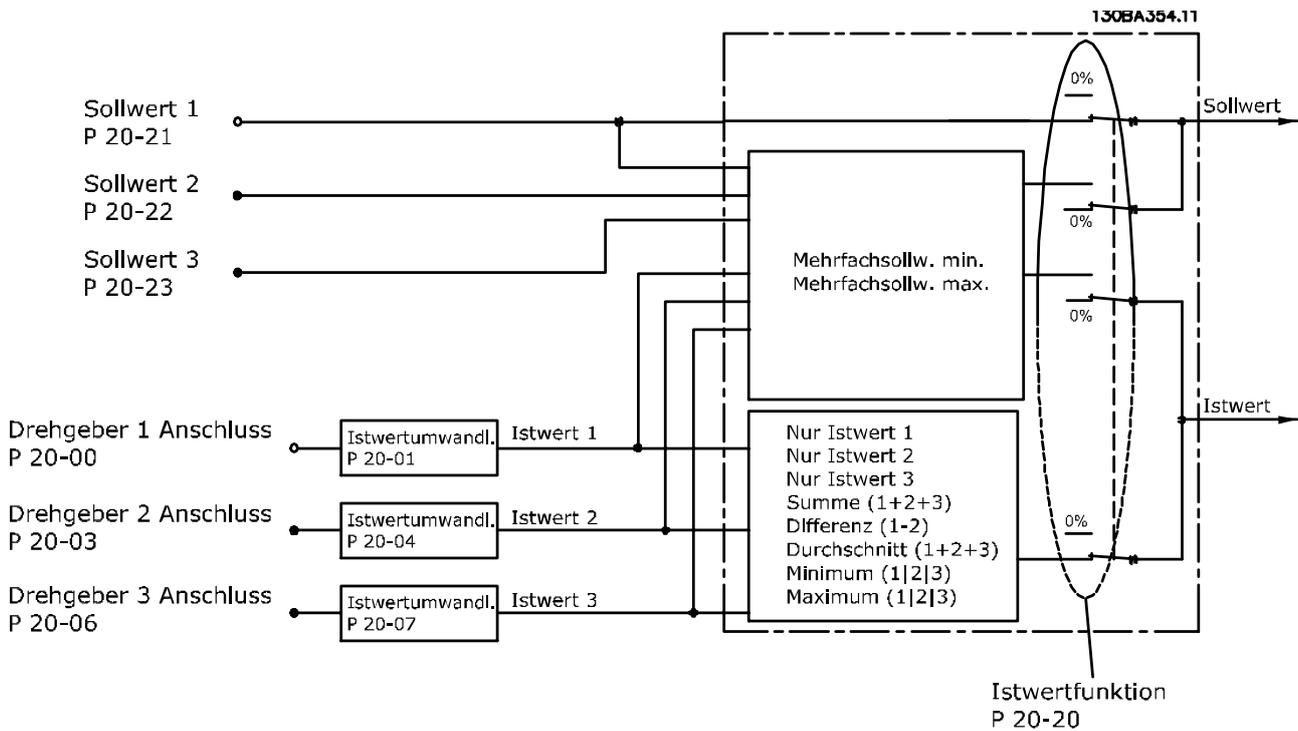
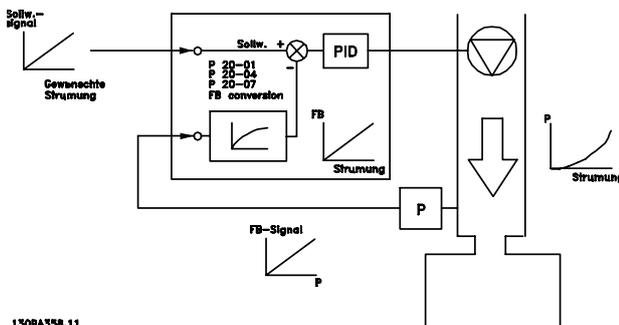


Abbildung 2.13 Blockschaltbild über die Verarbeitung von Istwertsignalen

### Istwertumwandlung

In einigen Anwendungen kann die Umwandlung des Istwertsignals hilfreich sein. Zum Beispiel kann ein Drucksignal für eine Durchflussrückführung verwendet werden. Da die Quadratwurzel des Drucks proportional zum Durchfluss ist, ergibt die Quadratwurzel des Drucksignals einen zum Durchfluss proportionalen Wert, siehe *Abbildung 2.14*.



130BA358.11

Abbildung 2.14 Istwertumwandlung

## 2.5 Automatisierte Betriebsfunktionen

Automatisierte Betriebsfunktionen sind aktiv, sobald der Frequenzumrichter in Betrieb ist. Die meisten dieser Funktionen erfordern keine Programmierung oder Konfiguration. Durch das Wissen, dass diese Funktionen existieren, kann die Systemauslegung optimiert und ggf. die Integration redundanter Komponenten oder Funktionen vermieden werden.

Detaillierte Informationen zu einer erforderlichen Konfiguration, insbesondere von Motorparametern, finden Sie im *Programmierhandbuch*.

Der Frequenzumrichter verfügt über eine Reihe von integrierten Schutzfunktionen zum Selbstschutz und zum Schutz des angetriebenen Motors.

### 2.5.1 Kurzschluss-Schutz

#### Motor (Phase-Phase)

Der Frequenzumrichter ist durch seine Strommessung in jeder der drei Motorphasen oder im Zwischenkreis gegen Kurzschlüsse geschützt. Ein Kurzschluss zwischen zwei Ausgangsphasen bewirkt einen Überstrom im Wechselrichter. Jedoch wird der Wechselrichter abgeschaltet, sobald sein Kurzschlussstrom den zulässigen Wert (*Alarm 16 Abschaltblockierung*) überschreitet.

#### Netzseite

Ein ordnungsgemäß arbeitender Frequenzumrichter begrenzt die Stromaufnahme vom Netz. Verwenden Sie versorgungsseitig Sicherungen und/oder Trennschalter als Schutz für den Fall einer Bauteilstörung im Inneren des Frequenzumrichters (erster Fehler). Nähere Informationen finden Sie unter *Kapitel 7.8 Sicherungen und Trennschalter*.

### HINWEIS

Zur Übereinstimmung mit IEC 60364 für CE oder NEC 2009 für UL ist die Verwendung von Sicherungen bzw. Trennschaltern zwingend erforderlich.

### 2.5.2 Überspannungsschutz

#### Vom Motor erzeugte Überspannung

Wenn der Motor als Generator arbeitet, steigt die Zwischenkreisspannung. Dies geschieht in folgenden Fällen:

- Die Last treibt den Motor an (bei konstanter Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters), d. h. die Last „erzeugt“ Energie.
- Während der Verzögerung (Rampe Ab) ist die Reibung bei hohem Trägheitsmoment niedrig und die Rampenzeit zu kurz, um die Energie als Verlustleistung im Frequenzumrichter, Motor oder in der Anlage abzugeben.
- Eine falsche Einstellung beim Schlupfausgleich kann eine höhere Zwischenkreisspannung hervorrufen.
- Gegen-EMK durch PM-Motorbetrieb. Bei Freilauf mit hoher Drehzahl kann die Gegen-EMK des PM-Motors möglicherweise die maximale Spannungstoleranz des Frequenzumrichters überschreiten und Schäden verursachen. Um diese Situation zu vermeiden, wird der Wert von *Parameter 4-19 Max. Ausgangsfrequenz* automatisch durch eine auf den Werten *Parameter 1-40 Gegen-EMK bei 1000 UPM*, *Parameter 1-25 Motornendrehzahl* und *Parameter 1-39 Motorpolzahl* basierende internen Berechnung begrenzt.

### HINWEIS

Statten Sie den Frequenzumrichter zur Vermeidung einer überhöhten Drehzahl des Motors (z. B. aufgrund eines übermäßigen Windmühleneffekts oder eines unkontrollierten Wasserdurchflusses) mit einem Bremswiderstand aus.

Sie können die Überspannung mithilfe einer Bremsfunktion (*Parameter 2-10 Bremsfunktion*) oder der Überspannungssteuerung (*Parameter 2-17 Überspannungssteuerung*) kontrollieren.

#### Überspannungssteuerung (OVC)

Die Überspannungssteuerung reduziert die Gefahr einer Abschaltung des Frequenzumrichters aufgrund einer Überspannung im Zwischenkreis. Dies wird gewährleistet, indem die Rampe-Ab-Zeit automatisch verlängert wird.

**HINWEIS**

Sie können die Überspannungssteuerung für PM-Motoren (PM VVC<sup>+</sup>) aktivieren.

### 2.5.3 Erkennung fehlender Motorphasen

Die Funktion Fehlende Motorphase (*Parameter 4-58 Motorphasen Überwachung*) ist werkseitig aktiviert, um Beschädigungen des Motors im Falle einer fehlenden Motorphase zu verhindern. Die Werkseinstellung ist 1.000 ms, für eine schnellere Erkennung kann diese jedoch geändert werden.

### 2.5.4 Erkennung der Netzphasen-Asymmetrie

Betrieb bei starkem Netzphasenfehler kann die Lebensdauer des Motors reduzieren. Wenn der Motor bei nahezu nomineller Last kontinuierlich betrieben wird, gelten die Bedingungen als schwer. Bei der Werkseinstellung wird der Frequenzumrichter bei einem Netzphasenfehler (*Parameter 14-12 Netzphasen-Unsymmetrie*) abgeschaltet.

### 2.5.5 Schalten am Ausgang

Das Hinzufügen eines Schalters am Ausgang, zwischen Motor und Frequenzumrichter, ist zulässig. Es können Fehlermeldungen auftreten. Aktivieren Sie zum Fangen eines drehenden Motors die Motorfangschaltung.

### 2.5.6 Überlastschutz

#### Drehmomentgrenze

Die Drehmomentgrenze schützt den Motor unabhängig von der Drehzahl vor Überlast. Die Drehmomentgrenze wird in *Parameter 4-16 Momentengrenze motorisch* oder *Parameter 4-17 Momentengrenze generatorisch* eingestellt, und die Verzögerungszeit zwischen Drehmomentgrenzen-Warnung und Abschaltung wird in *Parameter 14-25 Drehmom.grenze Verzögerungszeit* definiert.

#### Stromgrenze

Die Stromgrenze wird in *Parameter 4-18 Stromgrenze* geregelt.

#### Drehzahlgrenze

Definieren Sie mithilfe der folgenden Parameter die unteren und oberen Grenzwerte für den Betriebsdrehzahlbereich:

- *Parameter 4-11 Min. Drehzahl [UPM].*
- *Parameter 4-12 Min. Frequenz [Hz] und Parameter 4-13 Max. Drehzahl [UPM].*
- *Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz].*

Beispielsweise können Sie den Betriebsdrehzahlbereich im Bereich zwischen 30 und 50/60 Hz definieren.

*Parameter 4-19 Max. Ausgangsfrequenz* begrenzt die maximale Ausgangsdrehzahl, die der Frequenzumrichter liefern kann.

#### ETR

Bei ETR handelt es sich um eine elektronische Funktion, die anhand interner Messungen ein Bimetallrelais simuliert. Die Kennlinie wird in *Abbildung 2.15* gezeigt.

#### Spannungsgrenze

Erreicht der Frequenzumrichter ein bestimmtes, fest programmiertes Spannungsniveau, schaltet er ab, um die Transistoren und die Zwischenkreiskondensatoren zu schützen.

#### Übertemperatur

Der Frequenzumrichter verfügt über integrierte Temperatursensoren und reagiert aufgrund von fest programmierten Grenzen sofort auf kritische Werte.

### 2.5.7 Automatische Leistungsreduzierung

Der Frequenzumrichter prüft beständig, ob die folgenden Parameter ein kritisches Niveau aufweisen:

- Hohe Temperatur an Steuerkarte oder Kühlkörper
- Hohe Motorbelastung
- Hohe Zwischenkreisspannung
- Niedrige Motordrehzahl

Als Reaktion auf einen kritischen Wert passt der Frequenzumrichter die Taktfrequenz an. Bei hohen internen Temperaturen und niedriger Motordrehzahl kann der Frequenzumrichter ebenfalls den PWM-Schaltmodus auf SFAVM setzen.

**HINWEIS**

Die automatische Leistungsreduzierung erfolgt anders, wenn *Parameter 14-55 Ausgangsfilter auf [2] Fester Sinusfilter* programmiert ist.

### 2.5.8 Automatische Energieoptimierung

Die Automatische Energieoptimierung (AEO) gibt dem Frequenzumrichter vor, die Motorlast kontinuierlich zu überwachen und die Ausgangsspannung für eine maximale Effizienz anzupassen. Bei geringer Last wird die Spannung reduziert, und der Motorstrom wird minimiert. Der Motor profitiert von:

- Gesteigerter Effizienz
- Reduzierter Motorerwärmung
- Leiserem Betrieb

Sie müssen keine V/Hz-Kurve wählen, da der Frequenzumrichter die Motorspannung automatisch anpasst.

### 2.5.9 Automatische Taktfrequenzmodulation

Der Frequenzumrichter erzeugt kurze elektrische Impulse zur Bildung einer AC-Sinuskurve. Die Taktfrequenz ist die Rate dieser Impulse. Eine niedrige Taktfrequenz (langsame Pulsrate) führt zu Störgeräuschen im Motor, weshalb vorzugsweise eine höhere Taktfrequenz verwendet werden sollte. Eine hohe Taktfrequenz erzeugt jedoch wiederum Wärme im Frequenzumrichter, wodurch der verfügbare Ausgangsstrom zum Motor begrenzt wird.

Die automatische Taktfrequenzmodulation regelt diese Zustände automatisch, damit ohne Überhitzen des Frequenzumrichters die höchste Taktfrequenz zur Verfügung steht. Durch die geregelten hohen Taktfrequenz werden die Betriebsgeräusche des Motors bei niedrigen Drehzahlen leiser, wenn eine Geräuschdämpfung wichtig ist, und stellt die volle Ausgangsleistung zum Motor zur Verfügung.

### 2.5.10 Automatische Leistungsreduzierung wegen erhöhter Taktfrequenz

Der Frequenzumrichter ist für den Dauerbetrieb bei Volllast bei Taktfrequenzen zwischen 3,0 und 4,5 kHz ausgelegt (dieser Frequenzbereich ist von der Leistungsgröße abhängig). Überschreitet die Taktfrequenz den maximal zulässigen Bereich, erzeugt sie eine erhöhte Wärmeabgabe im Frequenzumrichter, was eine Reduzierung des Ausgangsstroms erfordert.

Der Frequenzumrichter umfasst eine automatische Funktion zur lastabhängigen Taktfrequenzregelung. Mit dieser Funktion kann der Motor von einer der zulässigen Last entsprechenden, hohen Taktfrequenz profitieren.

### 2.5.11 Automatische Leistungsreduzierung bei Übertemperatur

Mit der automatischen Leistungsreduzierung bei Übertemperatur wird verhindert, dass der Frequenzumrichter bei hoher Temperatur abschaltet. Die internen Temperatursensoren messen die Betriebsbedingungen, um die Leistungskomponenten vor Überhitzen zu schützen. Der Frequenzumrichter kann seine Taktfrequenz automatisch reduzieren, um die Betriebstemperatur innerhalb ihrer sicheren Grenzwerte zu halten. Nach der Reduzierung der Taktfrequenz kann der Frequenzumrichter auch Ausgangsfrequenz und -strom um bis zu 30 % reduzieren, um eine Übertemperatur-Abschaltung zu verhindern.

### 2.5.12 Auto-Rampen

Ein Motor, der versucht, eine Last zu schnell für den verfügbaren Strom zu beschleunigen, kann eine Abschaltung des Frequenzumrichters verursachen. Das Gleiche gilt für eine zu schnelle Verzögerung. Die Funktion Auto-Rampe bietet einen Schutz vor solchen Situationen, indem die Motorrampenrate (Beschleunigung und Verzögerung) erweitert wird, damit sie dem verfügbaren Strom entspricht.

### 2.5.13 Stromgrenzenkreis

Wenn die Last die Leistungsfähigkeit des Frequenzumrichters im Normalbetrieb überschreitet (aufgrund eines zu kleinen Frequenzumrichters oder Motors), reduziert die Stromgrenze die Ausgangsfrequenz, um den Motor zu verlangsamen und die Last zu reduzieren. Ein einstellbarer Timer steht zur Verfügung, um den Betrieb bei dieser Bedingung für maximal 60 s zu begrenzen. Die werkseitig eingestellte Grenze ist 110 % des Motornennstroms zur Minimierung von Überstrombelastungen.

### 2.5.14 Ausgleich der Leistungsschwankung

Der Frequenzumrichter hält den folgenden Netzschwankungen stand:

- Transienten
- Vorübergehenden Netzausfällen
- Kurzen Spannungsabfällen
- Überspannungen

Der Frequenzumrichter kompensiert Schwankungen in der Eingangsspannung von  $\pm 10$  % der Nennspannung automatisch, um die volle Motornennspannung und den vollen Drehmoment bereitstellen zu können. Wenn Sie den automatischen Wiederanlauf ausgewählt haben, läuft der Frequenzumrichter nach einer Überspannungsabschaltung automatisch wieder an. Bei aktivierter Motorfangschaltung synchronisiert der Frequenzumrichter vor dem Start die Motordrehung.

### 2.5.15 Softstart des Motors

Der Frequenzumrichter liefert die richtige Strommenge an den Motor, um Lastträgheit zu überwinden und den Motor auf die gewünschte Drehzahl zu bringen. Hierdurch wird vermieden, dass die volle Netzspannung an einem stehenden oder langsam drehenden Motor angelegt wird, wodurch ein hoher Strom erzeugt wird und eine starke Wärmeentwicklung die Folge ist. Diese vorhandene Softstart-Funktion reduziert die thermische und mechanische Belastung, führt zu einer längeren Motorlebensdauer und ermöglicht einen geräuschärmeren Anlagenbetrieb.

### 2.5.16 Resonanzdämpfung

Die Nutzung der Resonanzdämpfung kann hochfrequente Motorresonanzgeräusche unterbinden. Hierbei steht Ihnen die automatische oder manuelle Frequenzdämpfung zur Auswahl.

### 2.5.17 Temperaturregelte Lüfter

Sensoren im Frequenzumrichter steuern die internen Kühllüfter in Abhängigkeit der Gerätetemperatur. Der Kühllüfter läuft meist nicht bei Betrieb mit niedriger Last, im Energiesparmodus oder Standby. Dadurch wird der Geräuschpegel gesenkt, die Effizienz erhöht und die Nutzungsdauer des Lüfters verlängert.

### 2.5.18 EMV-Konformität

Elektromagnetische Störungen (EMI) oder Funkfrequenzstörungen (EMV, bei Funkfrequenzen) sind Interferenzen, die einen Stromkreis durch elektromagnetische Induktion oder Strahlung von einer externen Quelle beeinträchtigen. Der Frequenzumrichter ist so konzipiert, dass er die Anforderungen der EMV-Produktnorm für Frequenzumrichter, IEC 61800-3, sowie die Europäische Norm EN 55011, erfüllt. Damit der Frequenzumrichter die Emissionswerte der Norm EN 55011 einhält, müssen Sie das Motorkabel abschirmen und ordnungsgemäß anschließen. Weitere Informationen zur EMV-Leistung finden Sie unter *Kapitel 3.2.2 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung)*.

### 2.5.19 Strommessung an allen drei Motorphasen

Die kontinuierliche Messung des Ausgangsstroms zum Motor an allen 3 Phasen schützt Frequenzumrichter und Motor vor Kurzschlüssen, Erdschlüssen und Phasenfehlern. Erdschlüsse am Ausgang werden sofort erkannt. Wenn ein Motorphasenfehler auftritt, stoppt der Frequenzumrichter sofort und meldet, welche Phase fehlt.

### 2.5.20 Galvanische Trennung der Steuerklemmen

Alle Steuerklemmen und Ausgangsrelaisklemmen sind galvanisch von der Netzversorgung getrennt. So ist der Regelkreis vollständig vor dem Eingangsstrom geschützt. Die Ausgangsrelaisklemmen müssen separat geerdet werden. Diese Isolierung entspricht den strengen Anforderungen der PELV-Richtlinie (Protective Extra Low Voltage, Schutzkleinspannung).

Die Komponenten, aus denen die galvanische Trennung besteht, umfassen:

- Stromversorgung, einschließlich Signaltrennung.
- IGBT-Ansteuerkarte zur Ansteuerung der IGBTs, Triggertransformatoren und Optokoppler.
- Die Ausgangsstrom-Halleffektwandler.

## 2.6 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen

Bei kundenspezifischen Anwendungsfunktionen handelt es sich um die gängigsten Funktionen, die Sie zur Verbesserung der Systemleistung in den Frequenzumrichter einprogrammieren können. Sie erfordern einen minimalen Programmierungs- oder Einrichtungsaufwand. Diese Funktionen können die Systemauslegung optimieren und möglicherweise die Integration von redundanten Bauteilen oder Funktionen vermeiden. Anweisungen zur Aktivierung dieser Funktionen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

### 2.6.1 Automatische Motoranpassung

Die automatische Motoranpassung (AMA) ist ein automatisierter Testalgorithmus zur Messung der elektrischen Motorparameter. Die AMA stellt ein genaues elektronisches Modell des Motors bereit. Mit dieser Funktion kann der Frequenzumrichter die Abstimmung mit dem Motor für optimale Leistung und Effizienz berechnen. Indem Sie das AMA-Verfahren durchführen, wird außerdem die Energieoptimierungsfunktion des Frequenzumrichters verbessert. Die AMA wird bei Motorstillstand und ohne die Last vom Motor abzukoppeln durchgeführt.

### 2.6.2 Thermischer Motorschutz

Für die Bereitstellung des thermischen Motorschutzes gibt es drei Möglichkeiten:

- Mittels direkter Temperaturmessung über den in den Motorwicklungen eingebauten PTC-Sensor, der mit einem der Analog- oder Digitaleingänge verbunden ist.
- mittels des mechanischen Thermoalters (Klixon-Schalter) an einem Digitaleingang.
- mittels des integrierten elektronischen Thermo-relais (ETR) für Asynchronmotoren.

Die ETR-Funktion berechnet die Motortemperatur, indem es den Strom, die Frequenz und die Betriebszeit misst. Der Frequenzumrichter zeigt die thermische Belastung am Motor in Prozent an und kann bei einem programmierbaren Überlast-Sollwert eine Warnung ausgeben. Durch die programmierbaren Optionen bei einer Überlast kann der Frequenzumrichter den Motor stoppen, die Ausgangsleistung reduzieren oder den Zustand ignorieren. Sogar bei niedrigen Drehzahlen erfüllt der Frequenzumrichter die Normen der I2t Klasse 20 für elektronische Motorüberlastung.

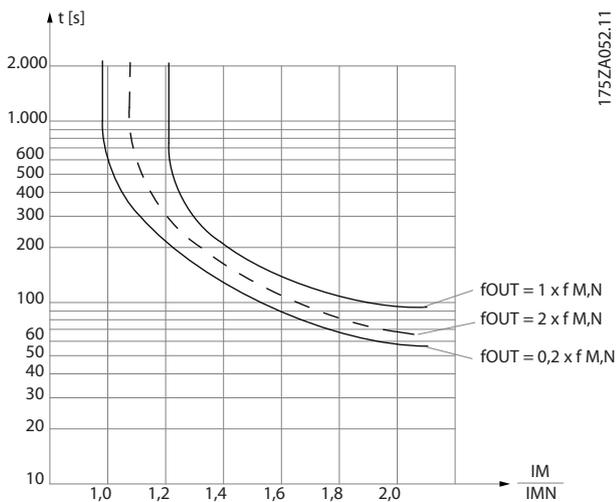


Abbildung 2.15 ETR-Eigenschaften

Die X-Achse in *Abbildung 2.15* zeigt das Verhältnis zwischen Motorstrom ( $I_{\text{motor}}$ ) und Motornennstrom ( $I_{\text{motor, nom}}$ ). Die Y-Achse zeigt die Zeit in Sekunden, bevor ETR eingreift und den Frequenzumrichter abschaltet. Die Kurven zeigen das Verhalten der Nenndrehzahl bei Nenndrehzahl  $\times 2$  und Nenndrehzahl  $\times 0,2$ .

Bei geringerer Drehzahl schaltet das ETR aufgrund einer geringeren Kühlung des Motors schon bei geringerer Wärmeentwicklung ab. So wird der Motor auch in niedrigen Drehzahlbereichen vor Überhitzung geschützt. Die ETR-Funktion berechnet die Motortemperatur anhand der Istwerte von Strom und Drehzahl. Die berechnete Temperatur kann in *Parameter 16-18 Therm. Motorschutz* abgelesen werden.

### 2.6.3 Netzausfall

Während eines Netzausfalls arbeitet der Frequenzumrichter weiter, bis die Zwischenkreisspannung unter das minimale Niveau abfällt. Das minimale Niveau liegt typischerweise 15 % unter der niedrigsten Versorgungsnennspannung. Die Höhe der Netzspannung vor dem Ausfall und die aktuelle Motorbelastung bestimmen, wie lange der Frequenzumrichter im Freilauf ausläuft.

Sie können für den Frequenzumrichter (*Parameter 14-10 Netzausfall-Funktion*) unterschiedliche Verhaltensweisen für Netzausfälle konfigurieren:

- Abschaltblockierung, sobald die Leistung des Zwischenkreises verbraucht ist.
- Motorfreilauf mit Motorfangschaltung, sobald die Netzversorgung zurückkehrt (*Parameter 1-73 Motorfangschaltung*).
- Kinetischer Speicher.
- Geregelte Rampe ab.

### Motorfangschaltung

Mit dieser Funktion kann der Frequenzumrichter einen Motor, der aufgrund eines Netzausfalls unkontrolliert läuft, „fangen“. Diese Option ist für Zentrifugen und Lüfter relevant.

### Kinetischer Speicher

Mit dieser Funktion wird sichergestellt, dass der Frequenzumrichter so lange weiterläuft, wie Energie im System vorhanden ist. Bei kurzen Netzausfällen wird der Betrieb wiederhergestellt, sobald das Netz wieder verfügbar ist, ohne dabei die Anwendung anzuhalten oder die Kontrolle zu verlieren. Sie können mehrere Varianten des kinetischen Speichers auswählen.

Das Verhalten des Frequenzumrichters bei einem Netzausfall können Sie in *Parameter 14-10 Netzausfall-Funktion* und *Parameter 1-73 Motorfangschaltung* konfigurieren.

### HINWEIS

Für Kompressoren wird der Freilauf empfohlen, da die Trägheit in den meisten Situationen zu klein für die Motorfangschaltung ist.

### 2.6.4 Integrierte PID-Regler

Ihnen stehen 4 integrierte, proportionale, differentiale PID-Regler zur Verfügung, sodass die Notwendigkeit zusätzlicher Steuergeräte entfällt.

Einer der PID-Regler sorgt für eine konstante Steuerung von Systemen mit Rückführung, bei denen eine Regelung von Druck, Durchfluss, Temperatur oder einer anderen Systemanforderung erforderlich ist. Der Frequenzumrichter stellt eine eigenständige Steuerung der Motordrehzahl als Reaktion auf die Istwertesignale von Fernsensoren bereit. Der Frequenzumrichter kann zwei Istwertesignale von zwei verschiedenen Geräten verarbeiten. Mit dieser Funktion können Sie ein System mit unterschiedlichen Istwert-Anforderungen steuern. Der Frequenzumrichter ergreift Steuerungsmaßnahmen, indem er die beiden Signale zur Optimierung der Systemleistung vergleicht.

Verwenden Sie die 3 zusätzlichen und unabhängigen Regler zur Regelung anderer prozessrelevanter Betriebsmittel, z. B. Förderpumpen in der Chemie, Ventilreglern oder zur Belüftung mit verschiedenen Stufen.

### 2.6.5 Automatischer Wiederanlauf

Sie können den Frequenzumrichter so programmieren, dass er den Motor nach einer Abschaltung aufgrund eines leichten Fehlers, wie einem vorübergehenden Leistungsverlust oder einer Schwankung, automatisch neu startet. Durch diese Funktion entfällt die Notwendigkeit eines manuellen Resets und der automatisierte Betrieb für ferngesteuerte Systeme wird verbessert. Die Anzahl der

Neustartversuche und die Dauer zwischen den Versuchen kann begrenzt sein.

### 2.6.6 Motorfangschaltung

Die Motorfangschaltung ermöglicht dem Frequenzumrichter die Synchronisierung mit einem drehenden Motor bis zur vollen Drehzahl. Die Synchronisierung ist unabhängig von der Laufrichtung des Motors möglich. Hierdurch können Sie Abschaltungen aufgrund einer Überstromaufnahme verhindern. Mechanische Belastungen der Anlage werden minimiert, da beim Start des Frequenzumrichters keine abrupte Änderung der Motordrehzahl erfolgt.

### 2.6.7 Volles Drehmoment bei gesenkter Drehzahl

Der Frequenzumrichter folgt einer variablen V/Hz-Kurve, damit das volle Motordrehmoment sogar bei gesenkten Drehzahlen vorhanden ist. Das volle Ausgangsmoment kann mit der maximalen ausgelegten Betriebsdrehzahl des Motors übereinstimmen. Dies unterscheidet sich von Frequenzumrichtern mit variablem Drehmoment und Frequenzumrichtern mit konstantem Drehmoment. Frequenzumrichter mit variablem Drehmoment bieten bei niedrigen Drehzahlen ein reduziertes Motordrehmoment. Bei Frequenzumrichtern mit konstantem Drehmoment sind Spannung, Wärme und Motorgeräusche zu hoch, wenn nicht die volle Drehzahl erreicht wird.

### 2.6.8 Frequenzausblendung

In bestimmten Anwendungen kann die Anlage Betriebsdrehzahlen aufweisen, die eine mechanische Resonanz erzeugen. Dies kann zu übermäßiger Geräuschentwicklung führen und mechanische Komponenten in der Anlage beschädigen. Der Frequenzumrichter verfügt über 4 programmierbare Ausblendfrequenzbandbreiten. Anhand dieser kann der Motor Drehzahlen überspringen, die Resonanzen in der Anlage verursachen.

### 2.6.9 Motor-Vorheizung

Zum Vorheizen eines Motors in kalten oder feuchten Umgebungen kann ein kleiner, kontinuierlicher Gleichstrom am Motor angelegt werden, um diesen vor Kondensation und einem Kaltstart zu schützen. Diese Methode macht den Einsatz eines Heizgeräts überflüssig.

### 2.6.10 Vier programmierbare Parametersätze

Der Frequenzumrichter verfügt über 4 voneinander unabhängig programmierbare Parametersätze. Über Externe Anwahl können Sie über Digitaleingänge oder die serielle Kommunikation zwischen mehreren unabhängig programmierten Funktionen umschalten. Es werden unabhängige Konfigurationen verwendet, zum Beispiel zur Änderung von Sollwerten, für einen Tages-/Nachtbetrieb bzw. einen Sommer-/Winterbetrieb oder zur Steuerung mehrerer Motoren. Die Bedieneinheit zeigt die aktive Konfiguration.

Sie können Konfigurationsdaten zwischen Frequenzumrichtern kopieren, indem Sie die Informationen vom abnehmbaren LCP herunterladen.

### 2.6.11 DC-Bremmung

In einigen Anwendungen ist ggf. ein Verzögern des Motors auf eine niedrige Drehzahl oder das Anhalten des Motors erforderlich. Die DC-Bremse kann den Motor verzögern, sodass keine separate Motorbremse erforderlich ist. Sie können DC-Bremmung bei einer voreingestellten Frequenz oder beim Empfang eines Signals aktivieren. Die Bremsrate kann ebenfalls programmiert werden.

### 2.6.12 Energiesparmodus

Der Energiesparmodus stoppt automatisch den Motor, wenn der Bedarf für eine festgelegte Zeitspanne niedrig ist. Wenn sich der Bedarf in der Anlage erhöht, startet der Frequenzumrichter den Motor neu. Der Energiesparmodus ermöglicht Energieeinsparungen und reduziert den Motorverschleiß. Im Gegensatz zu einer fest programmierten Zeitschaltung ist der Frequenzumrichter immer betriebsbereit und startet, wenn er den gewünschten Grenzwert für den Aktivierungsbefehl erreicht.

### 2.6.13 Startfreigabe

Der Frequenzumrichter kann vor dem Starten auf ein „System bereit“-Fernsignal warten. Ist diese Funktion aktiviert, bleibt der Frequenzumrichter gestoppt, bis er eine Startfreigabe erhält. Die Startfreigabe gewährleistet, dass sich Anlage oder Hilfsgeräte in einem einwandfreien Zustand befinden, bevor der Frequenzumrichter den Motor starten kann.

### 2.6.14 Smart Logic Control (SLC)

Smart Logic Control (SLC) ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen (siehe *Parameter 13-52 SL-Controller Aktion [x]*), die ausgeführt werden, wenn das zugehörige benutzerdefinierte Ereignis (siehe *Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis [x]*) durch die SLC als WAHR ermittelt wird. Die Bedingung für ein Ereignis kann ein bestimmter Status sein oder wenn der Ausgang einer Logikregel oder eines Vergleichers-Funktion WAHR wird. Dies führt zu einer zugehörigen Aktion, wie in *Abbildung 2.16* gezeigt.

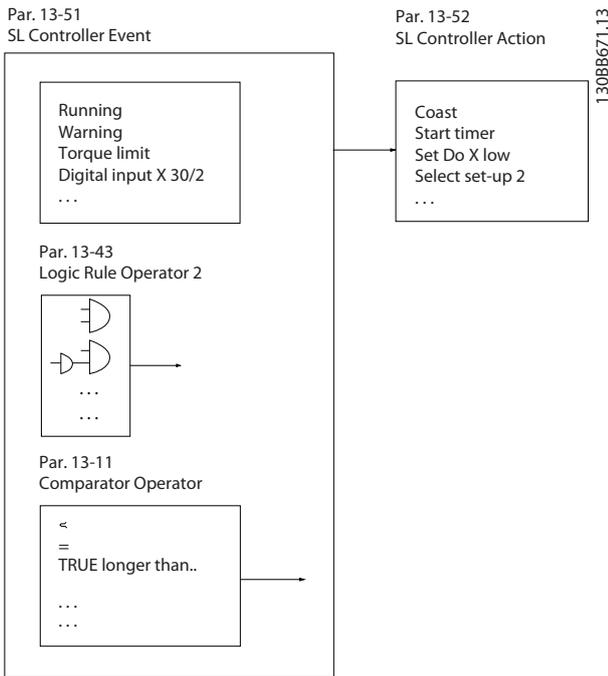


Abbildung 2.16 SLC-Ereignis und Aktion

Ereignisse und Aktionen sind jeweils nummeriert und paarweise verknüpft (Zustände). Wenn also Ereignis [0] erfüllt ist (d. h. WAHR ist), wird die Aktion [0] ausgeführt. Danach werden die Bedingungen von Ereignis [1] ausgewertet, und wenn WAHR, wird Aktion [1] ausgeführt usw. Es wird jeweils nur ein Ereignis ausgewertet. Ist das Ereignis FALSCH, wird während des aktuellen Abtastintervalls keine Aktion (im SLC) ausgeführt und es werden keine anderen Ereignisse ausgewertet. Dies bedeutet, dass der SLC, wenn er startet, Ereignis [0] (und nur Ereignis [0]) in jedem Abtastintervall auswertet. Nur wenn Ereignis [0] als WAHR bewertet wird, führt der SLC Aktion [0] aus und beginnt, Ereignis [1] auszuwerten. Sie können 1 bis 20 Ereignisse und Aktionen programmieren. Wenn das letzte Ereignis/die letzte Aktion durchgeführt wurde, startet die Sequenz ausgehend von Ereignis [0]/Aktion [0] erneut. *Abbildung 2.17* zeigt ein Beispiel mit 4 Ereignissen/Aktionen:

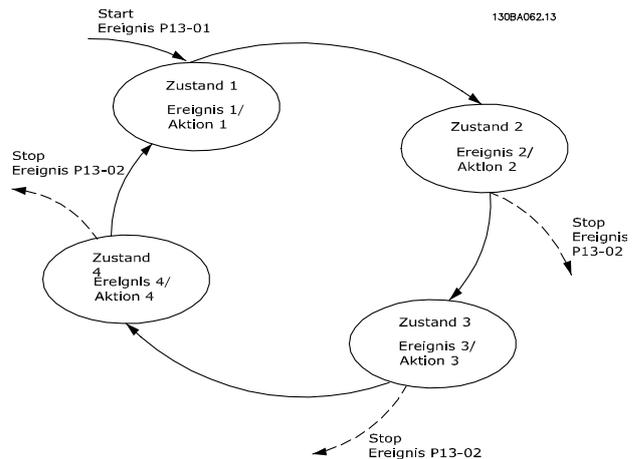


Abbildung 2.17 Ausführungsreihenfolge bei einer Programmierung von 4 Ereignissen/Aktionen

#### Vergleicher

Vergleicher dienen zum Vergleichen von Betriebsvariablen (z. B. Ausgangsfrequenz, Ausgangsstrom, Analogeingang usw.) mit festen Sollwerten.

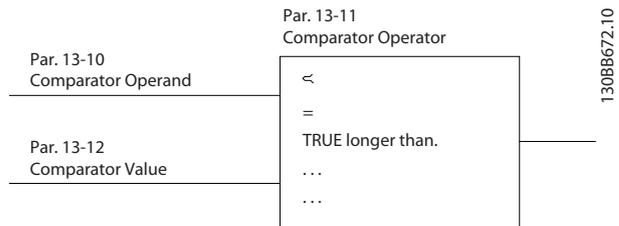


Abbildung 2.18 Vergleich

#### Logikregeln

Es ist möglich, 3 bool'sche Eingänge (WAHR/FALSCH) von Timern, Vergleichern, Digitaleingängen, Statusbits und Ereignissen über UND, ODER, NICHT miteinander zu verknüpfen.

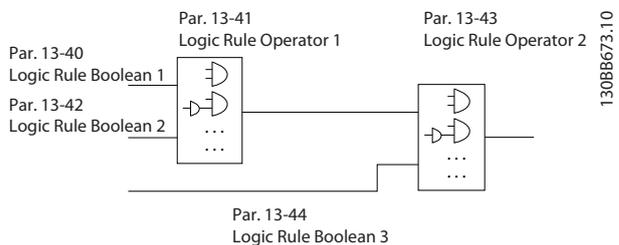


Abbildung 2.19 Logikregeln

Die Logikregeln, Timer und Vergleichers stehen auch für eine Verwendung außerhalb der SLC-Sequenz zur Verfügung.

Ein Beispiel zum SLC finden Sie in *Kapitel 4.3 Anwendungsbeispiele*.

## 2.6.15 Funktion "Safe Torque Off"

Der Frequenzumrichter ist mit der Funktion "Safe Torque Off (STO)" über Steuerklemme 37 erhältlich. STO schaltet die Steuerspannung der Leistungshalbleiter in der Ausgangsstufe des Frequenzumrichters ab. Dies verhindert die Erzeugung der Spannung, die der Motor zum Drehen benötigt. Ist Safe Torque Off (Klemme 37) aktiviert, gibt der Frequenzumrichter einen Alarm aus, schaltet ab und lässt den Motor im Freilauf zum Stillstand kommen. Zum Wiederanlauf müssen Sie den Frequenzumrichter manuell neu starten. Die Funktion Safe Torque Off kann als Not-Aus für den Frequenzumrichter verwendet werden. Verwenden Sie im Normalbetrieb, bei dem Sie kein Safe Torque Off benötigen, die normale Stoppfunktion. Vergewissern Sie sich bei der Verwendung des automatischen Wiederanlaufs, dass die Anforderungen nach ISO 12100-2 Absatz 5.3.2.5 erfüllt sind.

### Haftungsbedingungen

Der Anwender ist dafür verantwortlich, sicherzustellen, dass das Personal, das die Funktion Safe Torque Off installiert und bedient:

- die Sicherheitsvorschriften im Hinblick auf Arbeitsschutz und Unfallverhütung kennt.
- gute Kenntnisse über die allgemeinen und Sicherheitsnormen der jeweiligen Anwendung besitzt.

Folgende Personen zählen zu Anwendern:

- Integrierte
- Bediener
- Kundendiensttechniker
- Instandhalter

### Normen

Zur Verwendung der Funktion Safe Torque Off an Klemme 37 muss der Anwender alle Sicherheitsbestimmungen in einschlägigen Gesetzen, Vorschriften und Richtlinien erfüllen. Die optionale Funktion Safe Torque Off erfüllt die folgenden Normen:

- EN 954-1: 1996 Kategorie 3
- IEC 60204-1: 2005 Kategorie 0 – unkontrollierter Stopp
- IEC 61508: 1998 SIL2
- IEC 61800-5-2: 2007 – STO-Funktion
- IEC 62061: 2005 SIL CL2
- ISO 13849-1: 2006 Kategorie 3 PL d
- ISO 14118: 2000 (EN 1037) – Vermeidung von unerwartetem Anlauf

Die aufgeführten Informationen und Anweisungen reichen zur sicheren und einwandfreien Verwendung der STO-Funktion nicht aus. Vollständige Informationen finden Sie im *VLT®-Produktbuch zur Funktion Safe Torque Off*.

### Schutzmaßnahmen

- Qualifiziertes Fachpersonal muss sicherheitstechnische Anlagen installieren und in Betrieb nehmen.
- Installieren Sie die Einheit in einem Gehäuse der Schutzart IP54 oder in einer entsprechenden Umgebung. Bei speziellen Anwendungen ist eine höhere Schutzart erforderlich.
- Schützen Sie das Kabel zwischen Klemme 37 und der externen Sicherheitsvorrichtung gemäß ISO 13849-2 Tabelle D.4 gegen Kurzschluss.
- Wenn externe Kräfte auf die Motorachse wirken (z. B. hängende Lasten), sind zur Vermeidung potenzieller Gefahren zusätzliche Maßnahmen (z. B. eine sichere Haltebremse) erforderlich.

## 2.7 Fehler-, Warn- und Alarmfunktionen

Der Frequenzumrichter überwacht zahlreiche Aspekte des Anlagenbetriebs, einschließlich Netzbedingungen, Motorlast und -leistung sowie Umrichterstatus. Ein Alarm oder eine Warnung deutet nicht notwendigerweise auf ein Problem innerhalb des Frequenzumrichters hin. Es kann sich um eine Bedingung außerhalb des Frequenzumrichters handeln, die zur Bestimmung von Leistungsgrenzen überwacht wird. Der Frequenzumrichter verfügt über verschiedene vorprogrammierte Fehler-, Warn- und Alarmreaktionen. Wählen Sie zusätzliche Alarm- und Warnfunktionen zur Steigerung oder Änderung der Systemleistung.

In diesem Abschnitt werden die gängigen Alarm- und Warnfunktionen beschrieben. Durch ein Verständnis der Verfügbarkeit dieser Funktionen kann die Systemauslegung optimiert und möglicherweise die Integration von redundanten Bauteilen oder Funktionen vermieden werden.

### 2.7.1 Betrieb bei Übertemperatur

Standardmäßig gibt der Frequenzumrichter bei Übertemperatur einen Alarm aus und schaltet ab. Wenn Sie *Automatische Reduzierung und Warnung* auswählen, warnt der Frequenzumrichter vor dem Zustand, setzt seinen Betrieb jedoch fort und versucht zunächst, durch eine Reduzierung der Taktfrequenz abzukühlen. Falls erforderlich, reduziert er dann noch die Ausgangsfrequenz.

Die automatische Reduzierung ersetzt nicht die Benutzereinstellungen für die Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur (siehe *Kapitel 5.4 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur*).

## 2.7.2 Warnung Sollwert hoch und niedrig

Bei Regelung ohne Rückführung bestimmt das Sollwertsignal direkt die Drehzahl des Frequenzumrichters. Auf dem Display wird eine blinkende Warnung "Sollwert zu hoch/zu niedrig" angezeigt, wenn der programmierte Höchst- oder Mindestwert erreicht wird.

## 2.7.3 Warnung Istwert hoch und niedrig

Bei Regelung mit Rückführung werden die ausgewählten hohen und niedrigen Istwerte vom Frequenzumrichter überwacht. Das Display zeigt ggf. eine blinkende Warnung "hoch/niedrig" an. Der Frequenzumrichter kann die Istwertsignale auch bei Regelung ohne Rückführung überwachen. Die Signale beeinträchtigen nicht den Betrieb des Frequenzumrichters bei Regelung ohne Rückführung, jedoch können sie bei der Zustandsanzeige der Anlage (lokal oder per serieller Schnittstelle) hilfreich sein. Der Frequenzumrichter arbeitet mit 39 verschiedenen Maßeinheiten.

## 2.7.4 Phasenasymmetrie oder Phasenfehler

Ein zu hoher Rippel-Strom im DC-Bus ist ein Hinweis darauf, dass eine Netzphasenasymmetrie oder ein Phasenfehler vorhanden ist. Wenn eine Phase zum Frequenzumrichter fehlt, ist die standardmäßige Aktion die Anzeige eines Alarms und die Abschaltung des Geräts zum Schutz der Zwischenkreiskondensatoren. Weitere Optionen sind die Anzeige einer Warnung und die Reduzierung des Ausgangsstroms auf 30 % des Gesamtstroms oder die Anzeige einer Warnung und die Fortsetzung des Normalbetriebs. Der Betrieb eines an eine asymmetrische Leitung angeschlossenen Geräts kann u. U. von Vorteil sein, bis die Asymmetrie korrigiert wird.

## 2.7.5 Warnung Frequenz hoch

Beim Zuschalten zusätzlicher Betriebsmittel wie Kompressoren oder Kühllüftern kann der Frequenzumrichter vor hoher Motordrehzahl warnen. Sie können eine spezifische hohe Frequenzeinstellung im Frequenzumrichter programmieren. Wenn der Ausgang die vorgegebene Warnfrequenz überschreitet, zeigt das Gerät eine Warnung vor zu hoher Frequenz an. Ein Digitalausgang vom Frequenzumrichter kann das Zuschalten externer Geräte anzeigen.

## 2.7.6 Warnung Frequenz niedrig

Beim Abschalten von Betriebsmitteln kann der Frequenzumrichter vor niedriger Motordrehzahl warnen. Sie können für Warnungen und zum Abschalten externer Betriebsmittel eine spezifische niedrige Frequenzeinstellung wählen. Das Gerät zeigt weder bei einem Stopp noch bei

einem Start eine Warnung "niedrige Frequenz" an, bevor es die Betriebsfrequenz erreicht hat.

## 2.7.7 Warnung Strom hoch

Diese Funktion ähnelt der Warnung Frequenz hoch, mit der Ausnahme, dass eine hohe Stromeinstellung zur Anzeige einer Warnung und zum Zuschalten zusätzlicher Betriebsmittel verwendet wird. Die Funktion ist bei einem Stopp oder Start nicht aktiv, bis der Frequenzumrichter den eingestellten Betriebsstrom erreicht hat.

## 2.7.8 Warnung Strom niedrig

Diese Funktion ähnelt der Warnung niedrige Frequenz (siehe Kapitel 2.7.6 Warnung Frequenz niedrig), abgesehen davon, dass eine niedrige Stromeinstellung zur Anzeige einer Warnung und zum Abschalten von Betriebsmitteln verwendet wird. Die Funktion ist bei einem Stopp oder Start nicht aktiv, bis der Frequenzumrichter den eingestellten Betriebsstrom erreicht hat.

## 2.7.9 Warnung "Keine Last/Riemenbruch"

Diese Funktion kann zur Überwachung einer lastfreien Bedingung verwendet werden, z. B. bei einem Keilriemen. Nachdem Sie für den Fall eines Lastverlusts eine Grenze für "niedriger Strom" im Frequenzumrichter gespeichert haben, können Sie den Frequenzumrichter für die Anzeige eines Alarms und einer Abschaltung oder für die Fortsetzung des Betriebs mit Anzeige einer Warnung programmieren.

## 2.7.10 Verlust der seriellen Schnittstelle

Der Frequenzumrichter kann einen Verlust der seriellen Kommunikation erkennen. Sie können eine Zeitverzögerung von bis zu 99 s wählen, um eine Antwort aufgrund von Unterbrechungen am seriellen Kommunikationsbus zu vermeiden. Wird die Verzögerung überschritten hat das Gerät die folgenden Optionen:

- Beibehaltung der letzten Drehzahl.
- Wechseln zur Maximaldrehzahl.
- Wechseln zu einer voreingestellten Drehzahl.
- Stoppen und Anzeigen einer Warnung.

## 2.8 Benutzerschnittstellen und Programmierung

Der Frequenzumrichter verwendet Parameter zur Programmierung seiner Anwendungsfunktionen. Die Parameter bieten die Beschreibung einer Funktion und ein Optionsmenü, aus dem eine Auswahl getroffen oder über das numerische Werte eingegeben werden können. Ein

Beispiel für ein Programmiermenü ist in *Abbildung 2.20* abgebildet.

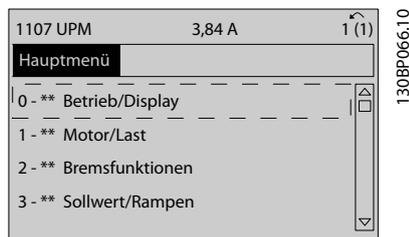


Abbildung 2.20 Beispiel – Programmiermenü

**Lokale Benutzerschnittstelle**

Zur lokalen Programmierung können Sie auf die Parameter zugreifen, indem Sie auf dem LCP entweder auf [Quick Menu] oder [Main Menu] drücken.

Das Quick-Menü ist für die erste Inbetriebnahme und Motorauswahl bestimmt. Das Hauptmenü greift auf alle Parameter zu und ermöglicht die Programmierung für erweiterte Anwendungen.

**Fern-Benutzerschnittstelle**

Zur Fernprogrammierung stellt Danfoss ein Softwareprogramm zur Verfügung, mit dem Sie Programme und Konfigurationen entwickeln, speichern und übertragen können. Mit Hilfe der MCT 10 Konfigurationssoftware können Sie einen PC an den Frequenzumrichter anschließen und den Frequenzumrichter online programmieren, anstatt das LCP zu benutzen. Zudem können Sie die gesamte Programmierung offline vornehmen und dann einfach in den Frequenzumrichter übertragen. Alternativ können Sie das gesamte Frequenzumrichterprofil zur Sicherung oder Analyse auf den PC übertragen. Zum Anschluss des Frequenzumrichters an den PC stehen ein USB-Anschluss oder die RS485-Schnittstelle bereit.

MCT 10 Konfigurationssoftware kann kostenlos heruntergeladen werden unter [www.VLT-software.com](http://www.VLT-software.com). Sie ist ebenfalls auf CD erhältlich (Teilenummer 130B1000). Eine Bedienungsanleitung enthält genaue Anweisungen. Siehe auch *Kapitel 2.8.2 PC-Software*.

**Programmieren der Steuerklemmen**

- Jede Steuerklemme hat vorgegebene Funktionen, die sie ausführen kann.
- Mit der Klemme verknüpfte Parameter aktivieren die jeweilige Funktion.
- Für eine einwandfreie Funktion des Frequenzumrichters müssen Sie die Steuerklemmen:
  - korrekt verdrahten.
  - für die gewünschte Funktion programmieren.

**2.8.1 LCP Bedieneinheit**

Das Local Control Panel (LCP) ist eine grafische Bedieneinheit mit Display an der Vorderseite des Geräts, die als Benutzerschnittstelle mit Bedientasten Statusmeldungen, Warnungen und Alarme, Programmierungsparameter und vieles mehr anzeigt. Ein numerisches Bedienteil mit begrenzten Anzeigeoptionen steht ebenfalls zur Verfügung. *Abbildung 2.21* zeigt das LCP.

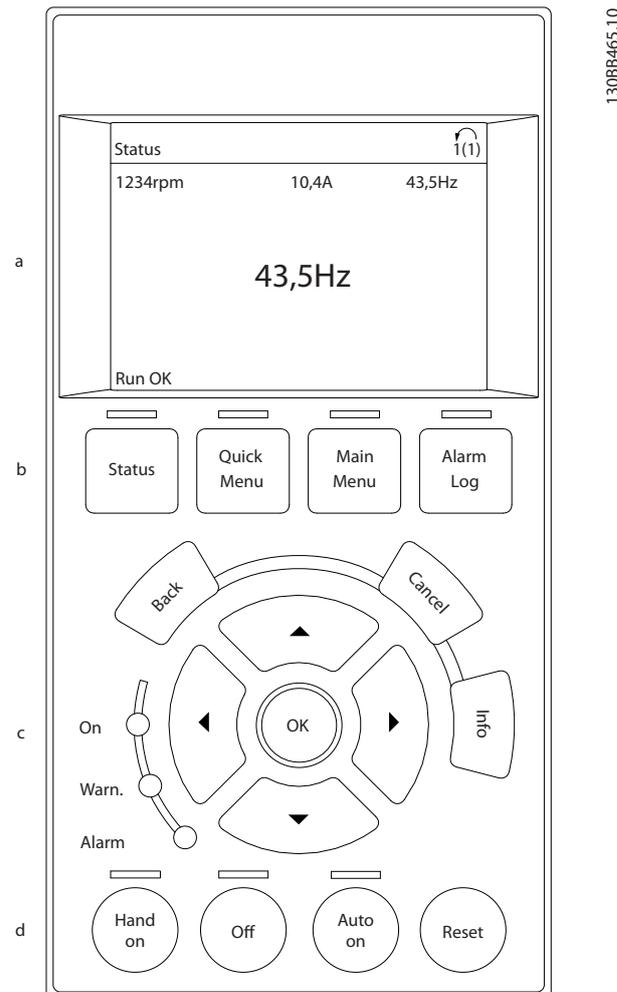


Abbildung 2.21 LCP Bedieneinheit

**2.8.2 PC-Software**

Der PC kann über ein Standard-USB-Kabel (Host/Gerät) oder über die RS485-Schnittstelle angeschlossen werden.

USB ist eine serielle Schnittstelle, die 4 abgeschirmte Signalleitungen mit geerdetem Stecker verwendet, die an die Abschirmung des USB-Anchlusses am PC angeschlossen sind. Wenn der PC per USB-Kabel an den Frequenzumrichter angeschlossen wird, besteht die Gefahr einer Beschädigung des USB-Hostcontrollers des PCs. Alle

Standard-PCs werden ohne galvanische Trennung an der USB-Schnittstelle hergestellt.

Jede Differenz des Erdungspotentials, die sich daraus ergibt, dass Sie die im *Produktbandbuch* beschriebenen Empfehlungen nicht einhalten, kann zu einer Beschädigung des USB-Hostcontrollers durch die Abschirmung des USB-Kabels führen.

Verwenden Sie beim Anschließen des PC an einen Frequenzumrichter per USB-Kabel einen USB-Isolator mit galvanischer Trennung, um den USB-Hostcontroller des PC vor Erdpotentialdifferenzen zu schützen.

Verwenden Sie kein PC-Leistungskabel mit geerdetem Stecker, wenn der PC per USB-Kabel an den Frequenzumrichter angeschlossen ist. Dies verringert die Potentialdifferenz bezüglich Erde, beseitigt aber aufgrund der Erdung und Abschirmung, die an der USB-Schnittstelle des PC angeschlossen sind, nicht alle Potentialdifferenzen.

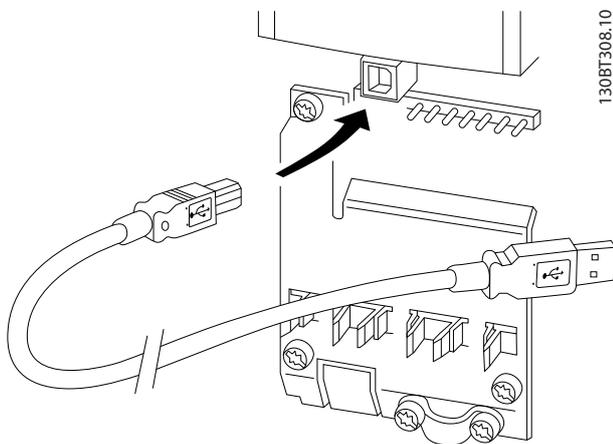


Abbildung 2.22 USB-Anschluss

### 2.8.2.1 MCT 10 Konfigurationssoftware

Die MCT 10 Konfigurationssoftware ist für die Inbetriebnahme und Wartung des Frequenzumrichters entwickelt, einschließlich geführter Programmierung des Kaskadenreglers, Echtzeituhr, Smart Logic Controller und vorbeugender Wartung.

Diese Software ermöglicht eine einfache Kontrolle über Details ebenso wie eine allgemeine Übersicht über Anlagen, gleichgültig ob groß oder klein. Die Software können Sie für alle Frequenzumrichterserien, VLT® Advanced Active Filter AAF 006 und VLT®-Softstarter verwendet.

#### Beispiel 1: Datenspeicherung im PC über MCT 10 Konfigurationssoftware

1. Schließen Sie über den USB-Anschluss oder die RS485-Schnittstelle einen PC an das Gerät an.
2. Öffnen Sie MCT 10 Konfigurationssoftware.
3. Wählen Sie den USB-Anschluss oder die RS485-Schnittstelle aus.

4. Wählen Sie *Kopieren*.
5. Wählen Sie die Auswahl *Projekt*.
6. Wählen Sie *Einfügen*.
7. Wählen Sie *Speichern unter*.

Alle Parameter sind nun gespeichert.

#### Beispiel 2: Datenübertragung vom PC zum Frequenzumrichter über MCT 10 Konfigurationssoftware

1. Schließen Sie über den USB-Anschluss oder die RS485-Schnittstelle einen PC an das Gerät an.
2. Öffnen Sie MCT 10 Konfigurationssoftware.
3. Wählen Sie *Öffnen* – alle gespeicherten Dateien werden angezeigt.
4. Öffnen Sie die gewünschte Datei.
5. Wählen Sie *Zum Frequenzumrichter schreiben*.

Alle Parameter werden nun in den Frequenzumrichter übertragen.

Für die MCT 10 Konfigurationssoftware ist ein gesondertes Handbuch erhältlich. Software und Handbuch sind als Download erhältlich über [www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/SoftwareDownload/](http://www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/SoftwareDownload/).

### 2.8.2.2 VLT® Harmonics Calculation Software MCT 31

Die MCT 31 Software zur Oberschwingungsberechnung hilft beim Einschätzen der Oberschwingungsbelastung in einer bestimmten Anwendung. Mit der Software können Sie sowohl die Oberschwingungsverzerrung von Danfoss-Frequenzumrichtern als auch von Frequenzumrichtern anderer Herstellern als Danfoss mit zusätzlichen Geräten zur Oberschwingungsreduzierung berechnen, wie z. B. Danfoss VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010 und 12- oder 18-Puls-Gleichrichter.

MCT 31 steht auch zum Download zur Verfügung unter [www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Software-download/](http://www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Software-download/).

### 2.8.2.3 Harmonic Calculation Software (HCS)

HCS ist eine erweiterte Version des Harmonic Calculation Tool. Die errechneten Ergebnisse werden mit den entsprechenden Normwerten verglichen und können anschließend gedruckt werden.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.danfoss-hcs.com/Default.asp?LEVEL=START](http://www.danfoss-hcs.com/Default.asp?LEVEL=START)

## 2.9 Instandhaltung

Danfoss-Frequenzumrichtermodelle bis 90 kW sind wartungsfrei. Frequenzumrichter mit hoher Leistung (mit Nennleistungen von 110 kW oder höher) verfügen über integrierte Filtermatten, die der Betreiber je nach Staub- und Verschmutzungsbelastung regelmäßig reinigen muss. Die Wartungsintervalle für die Kühllüfter (ca. 3 Jahre) und die Kondensatoren (ca. 5 Jahre) werden für die meisten Umgebungen empfohlen.

### 2.9.1 Lagerung

Wie alle elektronischen Betriebsmittel müssen Frequenzumrichter an einem trockenen Ort gelagert werden. Während der Lagerung ist ein regelmäßiges Formieren (Laden der Kondensatoren) nicht erforderlich.

Es wird empfohlen, das Gerät bis zur Installation verschlossen in der Verpackung zu belassen.

## 3 Systemintegration

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Aspekten, die bei der Integration des Frequenzumrichters in eine Systemauslegung zu berücksichtigen sind. Das Kapitel ist in diese Abschnitte unterteilt:

- *Kapitel 3.1 Betriebsbedingungen*  
Umgebungsbedingungen für den Betrieb für den Frequenzumrichter einschließlich:
  - Umgebung
  - Gehäuse
  - Temperatur
  - Leistungsreduzierung
  - Weitere Aspekte
- *Kapitel 3.2 EMV, Schutz vor Oberschwingungen und Erdableitstrom*  
Eingang (Rückspeisung) vom Frequenzumrichter in das Stromnetz, einschließlich:
  - Leistung
  - Oberschwingungen
  - Überwachung
  - Weitere Aspekte
- *Kapitel 3.4 Netzintegration*  
Netzseitiger Eingang in den Frequenzumrichter einschließlich:
  - Leistung
  - Oberschwingungen
  - Überwachung
  - Verkabelung
  - Sicherungen
  - Weitere Aspekte
- *Kapitel 3.5 Motoreinbau*  
Ausgang vom Frequenzumrichter zum Motor einschließlich:
  - Motortypen
  - Belastung
  - Überwachung
  - Verkabelung
  - Weitere Aspekte
- *Kapitel 3.6 Zusätzliche Ein- und Ausgänge, Kapitel 3.7 Planung*  
Integration von Frequenzumrichterein- und -ausgang für ein optimales Systemdesign einschließlich:

- Anpassung von Frequenzumrichter/ Motor
- Systemmerkmale
- Weitere Aspekte

Durch eine umfassende Systemplanung erkennen Sie potentielle Problembereiche bereits im Voraus, sodass Sie eine möglichst effektive Kombination aus Umrichterlösungen implementieren können. Die folgenden Informationen dienen als Richtlinien zur Planung und Spezifizierung eines Motorregelsystems mit Frequenzumrichtern.

Die Einsatzsachmöglichkeiten umfassen eine Reihe von Designkonzepten, angefangen mit der einfachen Motordrehzahlregelung bis hin zu einem voll integrierten Automationssystem mit beispielsweise:

- Istwertverarbeitung
- Berichtsfunktionen zur Betriebsbereitschaft
- Automatisierten Fehlerreaktionen
- Fernprogrammierung

Ein vollständiges Designkonzept enthält detaillierte Spezifikationen zu Anforderungen und Anwendungsbereich.

- Frequenzumrichtertypen
- Motoren
- Netzanforderungen
- Regelungsstruktur und Programmierung
- Serielle Kommunikation
- Gerätegröße, Form, Gewicht
- Anforderungen an die Leistungs- und Steuerleitungen; Typ und Länge
- Sicherungen
- Zusatzeinrichtungen
- Transport und Lagerung

Siehe *Kapitel 3.10 Checkliste zur Auslegung der Anlage* für praktische Hinweise zu Auswahl und Auslegung.

Durch ein Verständnis für die Funktionen und Strategieoptionen können Sie die Systemauslegung optimieren und ggf. die Integration redundanter Komponenten oder Funktionen vermeiden.

## 3.1 Betriebsbedingungen

### 3.1.1 Luftfeuchtigkeit

Obwohl der Frequenzumrichter bei hoher Feuchtigkeit (bis 95 % relativer Feuchte) ordnungsgemäß betrieben werden kann, müssen Sie Kondensation möglichst vermeiden. Insbesondere besteht die Gefahr von Kondensation, wenn der Frequenzumrichter kälter als feuchte Umgebungsluft ist. Luftfeuchtigkeit kann auch an den elektronischen Komponenten kondensieren und Kurzschlüsse verursachen. Kondensation tritt an stromlosen Geräten auf. Wenn aufgrund der Umgebungsbedingungen Kondensation möglich ist, sollten Sie die Installation einer Schaltschrankheizung vorsehen. Vermeiden Sie eine Installation in Bereichen, in denen Frost auftritt.

Alternativ kann die Gefahr von Kondensation durch den Standby-Betrieb des Frequenzumrichters (Gerät am Netz angeschlossen) reduziert werden. Stellen Sie sicher, dass der Leistungsverlust ausreichend ist, damit die Platinen des Frequenzumrichters frei von Feuchtigkeit bleibt.

### 3.1.2 Temperatur

Für alle Frequenzumrichter sind Ober- und Untergrenzen für die Umgebungstemperatur festgelegt. Durch die Vermeidung extremer Umgebungstemperaturen wird die Lebensdauer der Betriebsmittel verlängert und die allgemeine Anlagenzuverlässigkeit optimiert. Befolgen Sie die Empfehlungen für die maximale Leistung und die Langlebigkeit der Geräte.

- Frequenzumrichter können zwar bei Temperaturen bis  $-10\text{ °C}$  eingesetzt werden, jedoch ist ein einwandfreier Betrieb bei Nennlast nur bei Temperaturen von  $0\text{ °C}$  und höher gewährleistet.
- Überschreiten Sie nicht die Temperatur-Höchstwerte.
- Die Lebensdauer der elektronischen Komponenten reduziert sich je  $10\text{ °C}$  im Betrieb über der Auslegungstemperatur um 50 %.
- Auch Geräte der Schutzarten IP54, IP55 oder IP66 müssen den festgelegten Umgebungstemperaturbereichen entsprechen.
- Eine zusätzliche Klimatisierung des Schaltschranks oder des Installationsorts ist ggf. notwendig.

### 3.1.3 Kühlung

Frequenzumrichter geben Energie in Form von Wärme ab. Für eine effektive Kühlung der Geräte müssen die folgenden Empfehlungen berücksichtigt werden.

- Die Höchsttemperatur der Luft, die in den Schaltschrank eintritt, darf niemals  $40\text{ °C}$  [ $104\text{ °F}$ ] überschreiten.
- Die tägliche/nächtliche Durchschnittstemperatur darf  $35\text{ °C}$  [ $95\text{ °F}$ ] nicht überschreiten.
- Befestigen Sie das Gerät so, dass die ungehinderte Luftzirkulation durch die Kühlrippen gewährleistet ist. Siehe *Kapitel 3.7.1 Abstand* für korrekte Montageabstände.
- Halten Sie die Mindestanforderungen für den vorderen und hinteren Abstand zur Luftzirkulation für die Kühlung ein. Siehe das *Produktthandbuch* für die ordnungsgemäßen Installationsanforderungen.

#### 3.1.3.1 Ventilatoren

Der Frequenzumrichter verfügt für eine optimale Kühlung über integrierte Lüfter. Der Hauptlüfter führt den Luftstrom an den Kühlrippen des Kühlkörpers entlang und gewährleistet so eine Kühlung der Luft im Innenraum des Geräts. Bei einigen Leistungsgrößen befindet sich ein kleiner Sekundärlüfter in der Nähe der Steuerkarte, damit die Innenluft zur Vermeidung lokaler Überhitzung zirkuliert wird.

Die Innentemperatur des Frequenzumrichters ist die Führungsgröße für den Hauptlüfter. Die Drehzahl erhöht sich zusammen mit der Temperatur schrittweise, was Geräusche und Energieverbrauch bei niedrigen Innentemperaturen reduziert. Bei Bedarf ist dennoch eine maximale Kühlung gewährleistet. Sie können die Lüftersteuerung über *Parameter 14-52 Lüftersteuerung* an jede beliebige Anwendung anpassen, auch zum Schutz vor negativen Effekten der Kühlung bei sehr kaltem Klima. Bei einer Übertemperatur im Frequenzumrichter reduziert die interne Steuerung Taktfrequenz und Schaltmuster. Siehe *Kapitel 5.1 Leistungsreduzierung* für weitere Informationen.

#### 3.1.3.2 Berechnung der erforderlichen Luftzirkulation zur Kühlung des Frequenzumrichters

Die erforderliche Luftzirkulation zur Kühlung eines Frequenzumrichters bzw. mehrerer Frequenzumrichter in einem Schaltschrank kann wie folgt berechnet werden:

1. Bestimmen Sie die Verlustleistung bei maximaler Ausgangsleistung aller Frequenzumrichter anhand der Datentabellen in *Kapitel 7 Technische Daten*.
2. Addieren Sie die Verlustleistungswerte aller Frequenzumrichter, die gleichzeitig in Betrieb sein können. Die sich ergebende Summe ist die zu übertragende Wärme  $Q$ . Multiplizieren Sie das Ergebnis mit dem Faktor  $f$ , entnommen aus *Tabelle 3.1*. Zum Beispiel  $f = 3,1\text{ m}^3 \times \text{kWh}$  bei NN.

3. Bestimmen Sie die höchste Temperatur der in den Schaltschrank einströmenden Luft. Subtrahieren Sie diese Temperatur von der erforderlichen Temperatur im Schaltschrank, zum Beispiel 45 °C (113 °F).
4. Dividieren Sie die Summe aus Schritt 2 durch die Summe aus Schritt 3.

Die Berechnung wird durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$V = \frac{f \times Q}{T_i - T_A}$$

wobei

V = Luftstrom in m<sup>3</sup>/h

f = Faktor in m<sup>3</sup> x kWh

Q = zu übertragende Wärme in W

T<sub>i</sub> = Temperatur im Schaltschrank in °C

T<sub>A</sub> = Umgebungstemperatur in °C

f = cp x ρ (spezifische Luftwärme x Luftdichte)

### HINWEIS

**Spezifische Luftwärme (cp) und Luftdichte (ρ) sind keine Konstanten, sondern sind abhängig von Temperatur, Feuchte und atmosphärischem Druck. Daher sind sie von der Höhenlage über NN abhängig.**

Tabelle 3.1 zeigt typische Werte des Faktors f, berechnet für verschiedene Höhenlagen.

Höhe	Bestimmte Luftwärme cp	Luftdichte ρ	Faktor f
[m]	[kJ/kgK]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·kWh]
0	0,9480	1,225	3,1
500	0,9348	1,167	3,3
1000	0,9250	1,112	3,5
1500	0,8954	1,058	3,8
2000	0,8728	1,006	4,1
2500	0,8551	0,9568	4,4
3000	0,8302	0,9091	4,8
3500	0,8065	0,8633	5,2

Tabelle 3.1 Faktor f, berechnet für verschiedene Höhenlagen

#### Beispiel

Welcher Luftstrom ist zur Kühlung von 2 gleichzeitig betriebenen Frequenzumrichtern (Wärmeverluste 295 W und 1430 W) erforderlich, die in einem Schaltschrank mit einer Umgebungstemperatur von max. 37 °C installiert sind?

- Die Summe der Wärmeverluste beider Frequenzumrichter beträgt 1725 W.
- Multipliziert man 1725 W mit 3,3 m<sup>3</sup> x kWh, erhält man das Ergebnis 5693 m x K/h.
- Subtrahiert man 37 °C von 45 °C, erhält man das Ergebnis 8 °C (=8 K).
- Dividiert man 5693 m x K/h durch 8 K, erhält man das Ergebnis: 711,6 m<sup>3</sup>/h.

Wenn Sie den Luftstrom in der Einheit CFM benötigen, rechnen Sie wie folgt um: 1 m<sup>3</sup>/h = 0,589 CFM.

Für das obige Beispiel ergibt sich: 711,6 m<sup>3</sup>/h = 418,85 CFM.

### 3.1.4 Vom Motor erzeugte Überspannung

Die Gleichspannung im Zwischenkreis (DC-Bus) erhöht sich beim generatorischen Betrieb des Motors. Dies kann auf zwei Arten auftreten:

- Die Last treibt den Motor an, wenn der Frequenzumrichter bei konstanter Ausgangsfrequenz betrieben wird. Dies wird allgemein als durchziehende Last bezeichnet.
- Wenn die Trägheit der Last bei der Verzögerung hoch ist und die Verzögerungszeit des Frequenzumrichters auf einen kurzen Wert eingestellt ist.

Der Frequenzumrichter kann keine Energie in den Eingang zurückspeisen. Daher begrenzt er die vom Motor aufgenommene Energie, wenn die automatische Rampe aktiviert ist. Falls die Überspannung während der Verzögerung auftritt, versucht der Frequenzumrichter dies durch automatische Verlängerung der Rampe-Ab Zeit zu kompensieren. Ist diese Maßnahme nicht erfolgreich oder treibt die Last den Motor bei Betrieb mit konstanter Frequenz an, schaltet der Umrichter ab und zeigt einen Fehler an, wenn ein kritischer Zwischenkreisspannungspegel erreicht ist.

### 3.1.5 Störgeräusche

Störgeräusche von Frequenzumrichtern haben 3 Ursachen:

- Zwischenkreisdrosseln
- EMV-Filterdrossel
- Interne Lüfter

Siehe Tabelle 7.40 für Spezifikationen zu den Störgeräuschen.

### 3.1.6 Vibrationen und Erschütterungen

Der Frequenzumrichter wurde gemäß den Normen IEC 68-2-6/34/35 und 36 geprüft. Im Rahmen dieser Prüfverfahren wird das Gerät im Bereich von 18 bis 1000 Hz in 3 Richtungen für eine Dauer von 2 Stunden g-Kräften von 0,7 unterzogen. Alle Danfoss-Frequenzumrichter erfüllen die bei diesen Bedingungen gegebenen Anforderungen, wenn das Gerät an der Wand oder auf dem Boden montiert ist und der Schaltschrank, in dem das Gerät montiert ist, an der Wand oder mit dem Boden verschraubt ist.

### 3.1.7 Aggressive Umgebungen

#### 3.1.7.1 Gase

Aggressive Gase wie Schwefelwasserstoff, Chlor oder Ammoniak können die elektrischen und mechanischen Komponenten des Frequenzumrichters beschädigen. Eine Kontamination der Kühlluft kann zudem zu einer allmählichen Zersetzung von Leiterbahnen auf Platinen sowie Türdichtungen führen. Aggressive Stoffe finden sich häufig in Kläranlagen oder Schwimmbecken. Ein eindeutiges Anzeichen für eine aggressive Atmosphäre ist korrodiertes Kupfer.

In aggressiven Atmosphären werden nur bestimmte Schutzarten sowie schutzbeschichtete Platinen empfohlen. Siehe *Tabelle 3.2* für Anforderung der Schutzbeschichtung.

#### **HINWEIS**

Der Frequenzumrichter ist standardmäßig mit Leiterkarten ausgestattet, die eine Schutzbeschichtungen der Klasse 3C2 aufweisen. Auf Anfrage sind auch Beschichtungen der Klasse 3C3 erhältlich.

Gasart	Einheit	Klasse				
		3C1	3C2		3C3	
			Mittelwert	Maximalwert <sup>1)</sup>	Mittelwert	Maximalwert <sup>1)</sup>
Meersalz	k. A.	Keine	Salznebel		Salznebel	
Schwefeloxide	mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,3	1,0	5,0	10
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,1	0,5	3,0	10
Chlor	mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,1	0,03	0,3	1,0
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,1	0,5	1,0	5,0
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,003	0,01	0,03	0,1	3,0
Ammoniak	mg/m <sup>3</sup>	0,3	1,0	3,0	10	35
Ozon	mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,05	0,1	0,1	0,3
Stickstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,5	1,0	3,0	9,0

Tabelle 3.2 Spezifikationen der Schutzbeschichtungsklassen

1) Die Höchstwerte sind transiente Spitzenwerte, die maximal 30 Minuten pro Tag erreicht werden dürfen.

#### 3.1.7.2 Staubbelastung

Häufig kann die Installation von Frequenzumrichtern in Umgebungen mit hoher Staubbelastung nicht vermieden werden. Staub beeinträchtigt wand- oder rahmenmontierte Geräte mit der Schutzart IP55 oder IP66 sowie schrankmontierte Geräte der Schutzart IP21 oder IP20. Berücksichtigen Sie die 3 in diesem Abschnitt beschriebenen Aspekte, wenn Sie Frequenzumrichter in solchen Umgebungen installieren.

#### Reduzierte Kühlung

Staub führt zu Ablagerungen auf der Geräteoberfläche und im Inneren des Geräts auf den Leiterkarten und den elektronischen Komponenten. Diese Ablagerungen wirken wie isolierende Schichten und hindern die Wärmeableitung in die Umgebungsluft, wodurch die Kühlkapazität reduziert wird. Die Komponenten erwärmen sich, was zu einem schnelleren Verschleiß der elektronischen Komponenten führt und die Lebensdauer des Geräts reduziert. Staubablagerungen auf dem Kühlkörper an der Rückseite des Geräts reduzieren ebenfalls die Lebensdauer des Geräts.

#### Kühllüfter

Die Luftzirkulation zur Kühlung des Geräts generieren Kühllüfter, die sich in der Regel an der Rückseite des Geräts befinden. Die Lüfterrotoren verfügen über kleine Lager, in die Staub eindringen und abrasiv wirken kann. Staub in den Lagern führt zu Beschädigungen der Lager und zu einem Ausfall der Lüfter.

#### Filter

Frequenzumrichter mit hoher Leistung verfügen über Kühllüfter, die heiße Luft aus dem Geräteinneren herausführen. Ab einer bestimmten Größe verfügen diese Lüfter über Filtermatten. Diese Filter können in staubbelasteten Umgebungen schnell verstopfen. Unter diesen Bedingungen sind vorbeugende Maßnahmen erforderlich.

#### Regelmäßige Wartung

Unter den oben beschriebenen Bedingungen wird empfohlen, dass Sie den Frequenzumrichter im Rahmen der regelmäßigen Wartung reinigen. Beseitigen Sie jeglichen Staub vom Kühlkörper und von den Lüftern und reinigen Sie die Filtermatten.

### 3.1.8 Definitionen der IP-Schutzarten

		Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern	Schutz gegen den Zugang zu gefährlichen Bauteilen
Erste Kennziffer	0	(nicht geschützt)	(nicht geschützt)
	1	≥50 mm Durchmesser	Handrücken
	2	12,5 mm Durchmesser	Finger
	3	2,5 mm Durchmesser	Werkzeug
	4	≥1,0 mm Durchmesser	Draht
	5	Staubgeschützt	Draht
	6	Staubdicht	Draht
		Schutz gegen Eindringen von Wasser mit schädlicher Auswirkung	

	Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern	Schutz gegen den Zugang zu gefährlichen Bauteilen
Zweite Kennziffer	0 (nicht geschützt)	–
	1 Senkrecht tropfendes Wasser	–
	2 Tropfendes Wasser mit 15° Neigung	–
	3 Sprühwasser	–
	4 Spritzwasser	–
	5 Strahlwasser	–
	6 Starkes Strahlwasser	–
	7 Zeitweiliges Untertauchen	–
	8 Andauerndes Untertauchen	–
	<b>Weitere Informationen spezifisch für</b>	
Ersten Buchstaben	A	Handrücken
	B	Finger
	C	Werkzeug
	D	Draht
	<b>Weitere Informationen spezifisch für</b>	
Zusätzlicher Buchstabe	H Hochspannungsgerät	–
	M Bewegung während Wasserprüfung	–
	S Stillstand während Wasserprüfung	–
	W Wetterbedingungen	–

Tabelle 3.3 IEC 60529 – Definitionen für IP-Schutzarten

### 3.1.8.1 Schaltschrankoptionen und Schutzarten

Danfoss-Frequenzumrichter sind mit 3 verschiedenen Schutzarten erhältlich:

- IP00 oder IP20 zur Installation im Schaltschrank.
- IP54 oder IP55 zur lokalen Montage.
- IP66 für kritische Umgebungsbedingungen, zum Beispiel extrem hohe (Luft-) Feuchtigkeit oder hohe Konzentrationen von Staub oder aggressiven Gasen.

### 3.1.9 Funkstörungen

In der Praxis ist das Hauptziel, Anlagen zu errichten, die ohne Hochfrequenzstörungen zwischen den Komponenten stabil arbeiten. Um einen hohen Grad an Störfestigkeit zu erreichen, empfehlen wir die Verwendung von Frequenzumrichtern mit qualitativ hochwertigen EMV-Filtern.

Verwenden Sie Filter der Kategorie C1 gemäß EN 61800-3, die den Grenzwerten der Klasse B der allgemeinen Norm EN 55011 entsprechen.

Bringen Sie Warnschilder am Frequenzumrichter an, falls die EMV-Filter nicht der Kategorie C1 (Kategorie C2 oder niedriger) entsprechen. Die Verantwortung für eine ordnungsgemäße Kennzeichnung liegt beim Betreiber.

Im Feld gibt es 2 Ansätze für EMV-Filter:

- Integriert im Gerät
  - Integrierte Filter nehmen Platz in den Schaltschränken ein, jedoch fallen keine zusätzlichen Kosten für Einbau, Verkabelung und Material an. Der größte Vorteil der integrierten Filter ist jedoch die einwandfreie EMV-Konformität und Verkabelung.
- Externe Optionen
  - Externe EMV-Filteroptionen, die an der Eingangsseite des Frequenzumrichters installiert werden, verursachen einen Spannungsabfall. In der Praxis bedeutet dies, dass nicht die vollständige Netzspannung am Frequenzumrichter-eingang anliegt und Sie ggf. den Frequenzumrichter eine Stufe größer auslegen müssen. Für eine Übereinstimmung mit den geltenden EMV-Grenzwerten muss die Motorkabellänge zwischen 1 und 50 m liegen und darf diese Länge nicht überschreiten. Für Material, Verkabelung und Montage fallen Kosten an. Die EMV-Konformität wird nicht überprüft.

#### **HINWEIS**

Verwenden Sie immer EMV-Filter der Kategorie C1, um einen störungsfreien Betrieb des Frequenzumrichter-/ Motor-Systems zu gewährleisten.

#### **HINWEIS**

Die VLT® Refrigeration Drive FC 103-Geräte werden standardmäßig mit integrierten EMV-Filtern ausgeliefert, die der Kategorie C1 (EN 61800-3) zur Verwendung mit 400-V-Netzsystemen und Nennleistungen bis 90 kW oder der Kategorie C2 für Nennleistungen von 110 bis 630 kW entsprechen. Die FC 103 -Geräte entsprechen der Kategorie C1 mit abgeschirmten Motorkabeln bis 50 m oder der Kategorie C2 mit abgeschirmten Motorkabeln bis 150 m. Detaillierte Informationen siehe *Tabelle 3.4*.

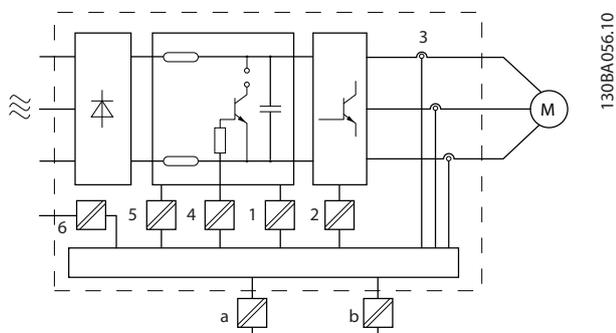
### 3.1.10 Konformität von PELV-Isolierung und galvanischer Trennung

Stellen Sie den Schutz gegen elektrischen Schlag sicher, wenn die Stromversorgung vom Typ PELV (Schutzkleinspannung – Protective Extra Low Voltage) ist und die Installation gemäß den örtlichen bzw. nationalen Vorschriften für PELV-Versorgungen ausgeführt wurde.

Um den PELV-Schutzgrad beizubehalten, müssen alle steuerklemmenseitig angeschlossenen Geräte den PELV-Anforderungen entsprechen, d. h. Thermistoren müssen beispielsweise verstärkt/zweifach isoliert sein. Alle Steuer- und Relaisklemmen der Danfoss-Frequenzumrichter erfüllen die PELV-Anforderungen (gilt nicht bei geerdetem Dreieck-Netz größer 400 V).

Die galvanische (sichere) Trennung wird erreicht, indem die Anforderungen für höhere Isolierung erfüllt und die entsprechenden Kriech-/Luftstrecken beachtet werden. Diese Anforderungen sind in der Norm EN 61800-5-1 beschrieben.

Die elektrische Isolierung wird wie in *Abbildung 3.1* gezeigt hergestellt. Die beschriebenen Komponenten erfüllen die PELV-Anforderungen sowie die Anforderungen an die galvanische Trennung.



1	Stromversorgung (SMPS) einschließlich Signaltrennung der Zwischenkreisspannung V DC.
2	IGBT-Ansteuerkarte für die IGBTs
3	Stromwandler
4	Bremselektronik (Optokoppler)
5	Einschaltstrombegrenzung, Funkenstörung und Temperaturmesskreise.
6	Ausgangsrelais
a	Galvanische Trennung für die externe 24-V-Versorgung
b	Galvanische Trennung für die RS485-Standard-Busschnittstelle

Abbildung 3.1 Galvanische Trennung

### Installation in großer Höhenlage

#### **⚠️ WARNUNG**

**ÜBERSPANNUNG** Installationen, bei denen die Grenzen der Höhenlagen überschritten werden, erfüllen ggf. nicht die PELV-Anforderungen. Die Isolierung zwischen Komponenten und kritischen Teilen ist ggf. nicht ausreichend. Es besteht die Gefahr von Überspannung. Reduzieren Sie die Gefahr von Überspannung durch externe Schutzeinrichtungen oder galvanische Trennung.

Kontaktieren Sie bei Installationen in großen Höhenlagen hinsichtlich der PELV-Konformität Danfoss.

- 380–500 V (Bauformen A, B und C): über 2000 m (6500 ft)
- 380–500 V (Bauformen D, E und F): über 3000 m (9800 ft)
- 525–690 V: über 2000 m (6500 ft)

### 3.2 EMV, Schutz vor Oberschwingungen und Erdableitstrom

#### 3.2.1 Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen

Frequenzumrichter (und andere elektrische Geräte) erzeugen elektronische oder magnetische Felder, die in ihrer Umgebung Störungen verursachen können. Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) dieser Effekte ist von den Leistungs- und Oberschwingungseigenschaften der Geräte abhängig.

Die unkontrollierte Wechselwirkung zwischen elektrischen Geräten in einer Anlage kann die Kompatibilität und den zuverlässigen Betrieb beeinträchtigen. Störungen können sich folgendermaßen äußern:

- Netzbereichsüberschwingungsgehalt
- Elektrostatische Entladung
- Schnelle Spannungsänderungen
- Hochfrequente Störspannungen bzw. Störfelder

Elektrische Geräte erzeugen Störungen und sind zugleich den Störungen von anderen Quellen ausgesetzt.

Elektromagnetische Störungen treten in der Regel im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz auf. Durch die Luft übertragene Störungen des Frequenzumrichtersystems im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz werden durch den Wechselrichter, das Motorkabel und den Motor erzeugt.

Wie in *Abbildung 3.2* gezeigt, werden durch kapazitive Ströme des Motorkabels, in Verbindung mit hohem  $dU/dt$  der Motorspannung, Ableitströme erzeugt. Die Verwendung eines abgeschirmten Motorkabels erhöht den Ableitstrom (siehe *Abbildung 3.2*), da abgeschirmte Kabel eine höhere Kapazität zu Erde haben als nicht abgeschirmte Kabel. Wird der Ableitstrom nicht gefiltert, verursacht dies in der Netzzuleitung größere Störungen im Funkfrequenzbereich unterhalb von etwa 5 MHz. Der Ableitstrom ( $I_1$ ) kann über die Abschirmung ( $I_3$ ) direkt zurück zum Gerät fließen. Es verbleibt dann nur ein kleines elektromagnetisches Feld ( $I_4$ ) vom abgeschirmten Motorkabel, siehe *Abbildung 3.2*.

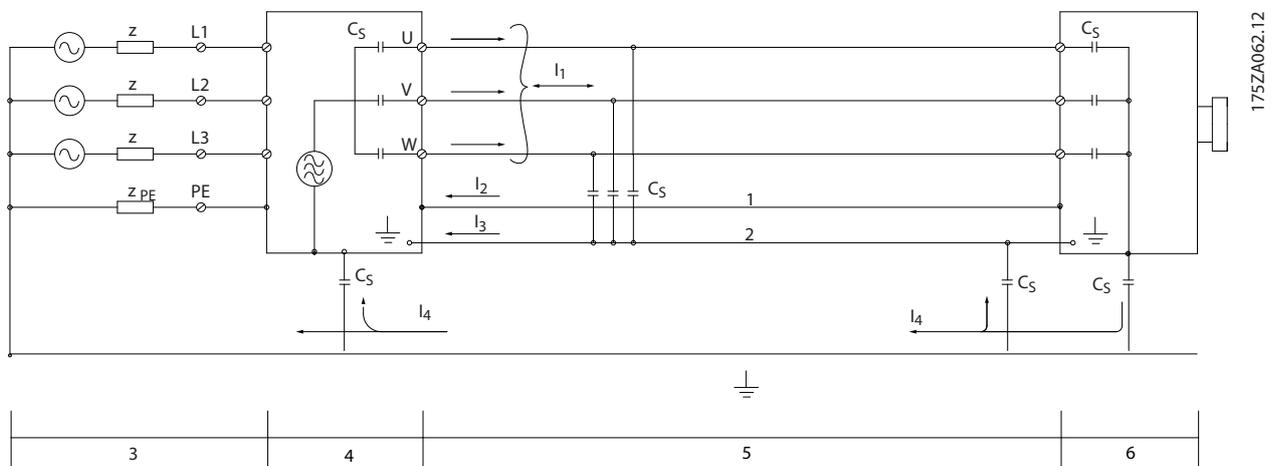
Die Abschirmung verringert zwar die abgestrahlte Störung, erhöht jedoch die Niederfrequenzstörungen am Netz. Schließen Sie den Motorkabelschirm an die Gehäuse von Frequenzumrichter und Motor an. Dies geschieht am besten durch die Verwendung von integrierten Schirmbügeln, um verdrehte Abschirmungsenden (Pigtails) zu vermeiden. Die verdrehten Abschirmungsenden erhöhen die Abschirmimpedanz bei höheren Frequenzen, wodurch der Abschirmungseffekt reduziert und der Ableitstrom ( $I_4$ ) erhöht wird. Verbinden Sie die Abschirmung an beiden Enden mit dem jeweiligen Gehäuse, wenn abgeschirmte Kabel für Relais,

Steuerleitung, Signalschnittstelle und Bremse verwendet werden. In einigen Situationen ist zum Vermeiden von Stromschleifen jedoch eine Unterbrechung der Abschirmung notwendig.

Wenn der Anschluss der Abschirmung über eine Montageplatte für den Frequenzumrichter vorgesehen ist, muss diese Montageplatte aus Metall gefertigt sein, da die Ableitströme zum Gerät zurückgeführt werden müssen. Außerdem muss durch die Montageschrauben stets ein guter elektrischer Kontakt von der Montageplatte zur Gehäusemasse des Frequenzumrichters gewährleistet sein.

Beim Einsatz ungeschirmter Leitungen werden einige Emissionsanforderungen nicht erfüllt. Die Immunitätsbezogenen Anforderungen werden jedoch erfüllt.

Um das Störungsniveau des gesamten Systems (Frequenzwandler und Installation) so weit wie möglich zu reduzieren, ist es wichtig, dass Sie die Motor- und Bremskabel so kurz wie möglich halten. Steuer- und Buskabel dürfen nicht gemeinsam mit Anschlusskabeln für Motor und Bremse verlegt werden. Insbesondere die Regelelektronik erzeugt Funkstörungen von mehr als 50 MHz (schwebend).



1	Massekabel	3	Netzversorgung	5	Abgeschirmtes Motorkabel
2	Abschirmung	4	Frequenzumrichter	6	Motor

Abbildung 3.2 Erzeugung von Ableitströmen

### 3.2.2 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung)

Folgende Ergebnisse wurden unter Verwendung eines Frequenzumrichters (mit Optionen, falls relevant), mit abgeschirmter Steuerleitung, eines Steuerkastens mit Potenziometer sowie eines Motors und geschirmten Motorkabeln erzielt.

EMV-Filtertyp		Leitungsgeführte Störaussendung			Abgestrahlte Störaussendung		
		Kabellänge [m]			Kabellänge [m]		
Standards und Anforderungen	EN 55011	Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbe- triebe	Klasse A Gruppe 1 Industrie- bereich	Klasse A Gruppe 2 Industrie- bereich	Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbe- triebe	Klasse A Gruppe 1 Industrie- bereich	Klasse A Gruppe 2 Industrie- bereich
	EN/IEC 61800-3	Kategorie C1 Erste Umgebung Wohn- und Bürobereich	Kategorie C2 Erste Umgebung Wohn- und Bürobereich	Kategorie C3 Zweite Umgebung Industrie	Kategorie C1 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C2 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C3 Zweite Umgebung Industrie
<b>H1</b>							
	1,1–22 kW 220–240 V	50	150	150	Nein	Ja	k. A.
	1,1–45 kW 200–240 V	50	150	150	Nein	Ja	Ja
	1,1–90 kW 380–480 V	50	150	150	Nein	Ja	Ja
<b>H2/H5</b>							
	1,1–22 kW 220–240 V	Nein	Nein	25	Nein	Nein	k. A.
	1,1–3,7 kW 200–240 V	Nein	Nein	5	Nein	Nein	Nein
	5,5–45 kW 200–240 V	Nein	Nein	25	Nein	Nein	Nein
	1,1–7,5 kW 380–480 V	Nein	Nein	5	Nein	Nein	Nein
	11–90 kW 380–480 V	Nein	Nein	25	Nein	Nein	Nein
<b>HX</b>							
	1,1–90 kW 525–600 V	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

**Tabelle 3.4 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung)**

*HX, H1 oder H2 ist an Pos. 16-17 des Typencodes für EMV-Filter definiert*

*HX – Keine EMV-Filter im Frequenzumrichter integriert (nur 600-V-Geräte)*

*H1 – Integriertes EMV-Filter. Erfüllt Klasse A1/B*

*H2 – Kein zusätzlicher EMV-Filter. Erfüllt Klasse A2*

*H5 – Schifffahrtsversionen. Entspricht denselben Emissionswerten wie H2-Versionen*

### 3.2.3 Emissionsanforderungen

Die EMV-Produktnorm für Frequenzumrichter definiert 4 Kategorien (C1, C2, C3 und C4) mit festgelegten Anforderungen für Störaussendung und Störfestigkeit. *Tabelle 3.5* enthält die Definitionen der 4 Kategorien und die entsprechende Klassifizierung aus EN 55011.

Kategorie	Definition	Entsprechende Störaussendungsklasse in EN 55011
C1	In der ersten Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V.	Klasse B
C2	In der ersten Umgebung (Wohn- und Bürobereich) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V, die weder steckerfertig noch beweglich sind und von Fachkräften installiert und in Betrieb genommen werden müssen.	Klasse A Gruppe 1
C3	In der zweiten Umgebung (Industriebereich) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V.	Klasse A Gruppe 2
C4	In der zweiten Umgebung (Industriebereich) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung gleich oder über 1000 V oder einem Nennstrom gleich oder über 400 A oder vorgesehen für den Einsatz in komplexen Systemen.	Keine Begrenzung. Erstellen Sie einen EMV-Plan.

**Tabelle 3.5 Zusammenhang zwischen IEC 61800-3 und EN 55011**

Wenn die Fachgrundnorm (leitungsgeführte) Störungs-aussendung zugrunde gelegt wird, müssen die Frequenzumrichter die Grenzwerte in *Tabelle 3.6* einhalten.

Umgebung	Fachgrundnorm Störungs-aussendung	Entsprechende Störaussendungsklasse in EN 55011
Erste Umgebung (Wohnung und Büro)	Fachgrundnorm EN/IEC 61000-6-3 für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe.	Klasse B
Zweite Umgebung (Industriebereich)	Fachgrundnorm EN/IEC 61000-6-4 für Industriebereiche.	Klasse A Gruppe 1

**Tabelle 3.6 Zusammenhang zwischen der Fachgrundnorm Störungs-aussendung und EN 55011**

### 3.2.4 Störfestigkeitsanforderungen

Die Störfestigkeitsanforderungen für Frequenzumrichter sind abhängig von der Installationsumgebung. In Industriebereichen sind die Anforderungen höher als in Wohn- oder Bürobereichen. Alle Danfoss-Frequenzumrichter erfüllen die Anforderungen für Industriebereiche. Daher erfüllen sie auch die niedrigeren Anforderungen für Wohn- und Bürobereiche mit einem großen Sicherheitsspielraum.

Zur Dokumentation der Störfestigkeit gegenüber elektrischen Störungen wurde der nachfolgende Störfestigkeitstest entsprechend den folgenden grundlegenden Normen durchgeführt:

- **EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2):** Elektrostatische Entladung (ESD): Simulation elektrostatischer Entladung von Personen.
- **EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3):** Elektromagnetisches Einstrahlungsfeld, amplitudenmodulierte Simulation der Auswirkungen von Radar- und Funkgeräten sowie von mobilen Kommunikationsgeräten.
- **EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4):** Schalttransienten: Simulation von Störungen, herbeigeführt durch Schalten mit einem Schütz, Relais oder ähnlichen Geräten.
- **EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5):** Überspannungen: Simulation von Transienten, z. B. durch Blitzschlag in nahe gelegenen Anlagen.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6):** HF-Gleichtakt: Simulation der Auswirkung von Funksendegeräten, die an Verbindungskabel angeschlossen sind.

Siehe *Tabelle 3.7*.

Fachgrundnorm	Schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst <sup>2)</sup> IEC 61000-4-42)	Überspannungen <sup>2)</sup> IEC 61000-4-5	Elektrostatistische Entladung <sup>2)</sup> IEC 61000-4-2	Abgestrahlte elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3	HF-Gleichtaktspannung IEC 61000-4-6
Abnahmekriterium	B	B	B	A	A
<b>Spannungsbereich: 200–240 V, 380–500 V, 525–600 V, 525–690 V</b>					
Leitung	4 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω Differenzbetrieb 4 kV/12 Ω CM (Common Mode)	—	—	10 V <sub>eff</sub>
Motor	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff</sub>
Steuerkabel	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff</sub>
Standardbus	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff</sub>
Relaisleitungen	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff</sub>
Anwendungs- und Feldbus-Optionen	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff</sub>
LCP-Kabel	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff</sub>
Externe 24 V DC	2 V CM (Common Mode)	0,5 kV/2 Ω Differenzbetrieb 1 kV/12 Ω CM (Common Mode)	—	—	10 V <sub>eff</sub>
Gehäuse	—	—	8 kV AD 6 kV CD	10 V/m	—

**Tabelle 3.7 Tabelle EMV-Immunität**

1) Einstreuung auf Kabelschirm

2) Werte wurden in der Regel im Rahmen von Tests festgestellt

### 3.2.5 Motorisolation

Moderne Motoren für den Einsatz mit Frequenzumrichtern haben einen hohen Isolationsgrad für die neue Generation hocheffizienter IGBTs mit hohem du/dt. Zur Nachrüstung in alten Motoren muss die Motorisolation überprüft oder eine Dämpfung mit einem du/dt-Filter bzw. falls erforderlich mit einem Sinusfilter durchgeführt werden.

Bei Motorkabellängen  $\leq$  der in *Kapitel 7 Technische Daten* aufgeführten maximalen Kabellänge werden die in *Tabelle 3.8* aufgeführten Motorisolutionsnennwerte empfohlen. Bei einem geringeren Isolationswert eines Motors empfiehlt sich die Verwendung eines du/dt- oder Sinusfilters.

Netzennspannung [V]	Motorisolation [V]
$U_N \leq 420$	Standard $U_{LL}=1300$
$420 \text{ V} < U_N \leq 500$	Verstärkte $U_{LL}=1600$
$500 \text{ V} < U_N \leq 600$	Verstärkte $U_{LL}=1800$
$600 \text{ V} < U_N \leq 690$	Verstärkte $U_{LL}=2000$

**Tabelle 3.8 Motorisolation**

### 3.2.6 Motorlagerströme

Erden Sie zur Minimierung der Lager- und Wellenströme die folgenden Komponenten mit der angetriebenen Maschine:

- Frequenzumrichter
- Motor
- Angetriebene Maschine

#### Vorbeugende Standardmaßnahmen

1. Verwenden Sie ein isoliertes Lager.
2. Wenden Sie strenge Installationsverfahren an:

- 2a Stellen Sie sicher, dass Motor und Motorbelastung aufeinander abgestimmt sind.
- 2b Befolgen Sie die EMV-Installationsrichtlinie streng.
- 2c Verstärken Sie den Schutzleiter (PE), sodass die hochfrequent wirksame Impedanz im PE niedriger als bei den Eingangsstromleitungen ist.
- 2d Stellen Sie eine hochfrequent gut wirksame Verbindung zwischen Motor und Frequenzumrichter her, zum Beispiel über ein abgeschirmtes Kabel mit einer 360°-Verschraubung am Motor und Frequenzumrichter.
- 2e Stellen Sie sicher, dass die Impedanz vom Frequenzumrichter zur Gebäudeerdung niedriger als die Erdungsimpedanz der Maschine ist. Dies kann bei Pumpen schwierig sein.
- 2f Stellen Sie eine direkte Erdverbindung zwischen Motor und angetriebenem Gerät her (z. B. Pumpe).
- 3. Senken Sie die IGBT-Taktfrequenz.
- 4. Ändern Sie die Wechselrichtersignalform, 60° AVM oder SFAVM.
- 5. Installieren Sie ein Wellenerdungssystem oder verwenden Sie eine Trennkupplung.
- 6. Tragen Sie leitfähiges Schmierfett auf.
- 7. Verwenden Sie, sofern möglich, minimale Drehzahleinstellungen.
- 8. Versuchen Sie sicherzustellen, dass die Netzspannung zur Erde symmetrisch ist. Dies kann bei IT-, TT-, TN-CS-Netzen oder Systemen mit geerdetem Zweig schwierig sein.
- 9. Verwenden Sie ein dU/dt- oder Sinusfilter.

### 3.2.7 Oberschwingungen

Elektrische Geräte mit Diodengleichrichtern, wie

- Leuchtstofflampen
- Computer
- Kopiergeräte
- Faxgeräte
- unterschiedliche Laborgeräte und
- Telekommunikationssysteme

können den Oberschwingungsgehalt der Netzversorgung erhöhen. Frequenzumrichter verwenden am Eingang eine

Diodenbrücke, die ebenfalls zu Oberschwingungsverzerrungen führen kann.

Der Frequenzumrichter nimmt nicht gleichmäßig Strom aus dem Netz auf. Dieser nicht sinusförmige Strom verfügt über Anteile, die ein Vielfaches der Grundstromfrequenz darstellen. Jene Anteile werden als Oberschwingungen bezeichnet. Es ist wichtig, den Gesamtoberschwingungsgehalt der Netzversorgung zu regeln. Zwar wirken sich die Oberschwingungsströme nicht direkt auf den gemessenen Verbrauch von elektrischer Energie aus, jedoch erzeugen sie Wärme in der Verkabelung und in den Transformatoren. Diese erzeugte Wärme kann andere Geräte beeinflussen, die an dieselbe Verteilung angeschlossen sind.

#### 3.2.7.1 Oberschwingungsanalyse

Verschiedene Eigenschaften des elektrischen Systems eines Gebäudes bestimmen die exakte Oberschwingungsverzerrung des Frequenzumrichters, die einen Anteil des Gesamtoberschwingungsgehalts einer Anlage ausmachen. Zudem entscheidet sich dadurch, ob die IEEE-Standards erfüllt werden. Allgemeine Grundsätze zum Anteil der Oberschwingungen von Frequenzumrichtern bei einer bestimmten Anlage sind schwierig zu erstellen. Führen Sie gegebenenfalls eine Analyse der Oberschwingungen im elektrischen System durch, um die Auswirkungen auf die Geräte zu bestimmen.

Ein Frequenzumrichter nimmt vom Netz einen nicht sinusförmigen Strom auf, der den Eingangsstrom  $I_{eff}$  erhöht. Nicht sinusförmige Ströme lassen sich mithilfe der Fourier-Analyse in Sinusströme verschiedener Frequenz, d. h. in verschiedene Oberschwingungsströme  $I_n$  mit ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz zerlegen.

Die Oberschwingungen tragen nicht direkt zur Leistungsaufnahme bei; sie erhöhen jedoch die Wärmeverluste bei der Installation (Transformator, Induktoren, Leitungen). Bei Anlagen mit einem hohen Anteil an Gleichrichterlasten müssen daher die Oberschwingungsströme auf einem niedrigen Pegel gehalten werden, um eine Überlastung des Transformators, der Induktoren und der Kabel zu vermeiden.

Abkürzung	Beschreibung
$f_1$	Grundfrequenz
$I_1$	Grundstrom
$U_1$	Grundspannung
$I_n$	Oberschwingungsströme
$U_n$	Oberschwingungsspannung
$n$	Ordnungszahl

Tabelle 3.9 Oberschwingungsbezogene Abkürzungen

	Grundstrom (I <sub>1</sub> )	Oberschwingungsstrom (I <sub>n</sub> )		
	I <sub>1</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>11</sub>
Strom	I <sub>1</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>11</sub>
Frequenz [Hz]	50	250	350	550

Tabelle 3.10 Umgewandelter nicht sinusförmiger Strom

Strom	Oberschwingungsstrom				
	I <sub>eff</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>11-49</sub>
Eingangsstrom	1,0	0,9	0,4	0,2	< 0,1

Tabelle 3.11 Oberschwingungsströme verglichen mit dem effektiven Eingangsstrom Strom

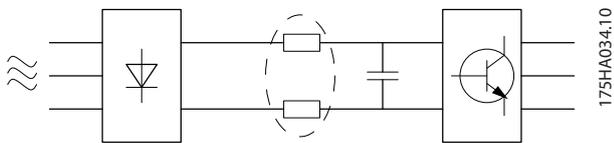


Abbildung 3.3 Zwischenkreisspulen

**HINWEIS**

Oberschwingungsströme können Kommunikationsgeräte stören, die an denselben Transformator angeschlossen sind, oder Resonanzen in Verbindung mit Blindstromkompensationsanlagen verursachen.

Um Oberschwingungsströme gering zu halten, ist der Frequenzrichter mit einem Zwischenkreis ausgestattet. Durch die DC-Spulen und DC-Kondensatoren wird der Gesamtoberschwingungsgehalt (THD) auf 40 % reduziert.

Die Spannungsverzerrung in der Netzversorgung hängt von der Größe der Oberschwingungsströme multipliziert mit der internen Netzimpedanz der betreffenden Frequenz ab. Die gesamte Spannungsverzerrung THD wird aus den einzelnen Spannungsüberschwingungen nach folgender Formel berechnet:

$$THD = \frac{\sqrt{U_5^2 + U_7^2 + \dots + U_N^2}}{U_1}$$

3.2.7.2 Oberschwingungsemissionsanforderungen

An das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossene Anlagen und Geräte

Option	Definition
1	IEC/EN 61000-3-2 Klasse A bei Dreiphasengeräten (bei Profigeräten nur bis zu 1 kW Gesamtleistung).
2	IEC/EN 61000-3-12 Geräte mit 16 A-75 A und professionell genutzte Geräte ab 1 kW bis 16 A Phasenstrom.

Tabelle 3.12 Oberschwingungsemissionsstandards

3.2.7.3 Prüfergebnisse für Oberschwingungsströme (Emission)

Leistungsgrößen bis zu PK75 bei T2 und T4 entsprechen der IEC/EN 61000-3-2 Klasse A. Leistungsgrößen von P1K1 bis zu P18K bei T2 und bis zu P90K bei T4 entsprechen IEC/EN 61000-3-12, Tabelle 4. Die Leistungsgrößen P110 bis P450 bei T4 entsprechen außerdem IEC/EN 61000-3-12, obwohl dies nicht erforderlich ist, da die Ströme über 75 A haben.

In Tabelle 3.13 wird beschrieben, dass die Kurzschlussleistung der Netzversorgung S<sub>SC</sub> an der Schnittstelle zwischen der Benutzerversorgung und der öffentlichen Versorgung (R<sub>sce</sub>) größer als folgende Werte sind bzw. diesen entsprechen:

$$S_{SC} = \sqrt{3} \times R_{SCE} \times U_{Netz} \times I_{equ} = \sqrt{3} \times 120 \times 400 \times I_{equ}$$

	Einzelner Oberschwingungsstrom I <sub>n</sub> /I <sub>1</sub> (%)			
	I <sub>5</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>11</sub>	I <sub>13</sub>
Tatsächlich (typisch)	40	20	10	8
Grenzwert für R <sub>sce</sub> ≥ 120	40	25	15	10
	Oberschwingungsstrom Verzerrungsfaktor (%)			
	THD		PWH	
Tatsächlich (typisch)	46		45	
Grenzwert für R <sub>sce</sub> ≥ 120	48		46	

Tabelle 3.13 Prüfergebnisse für Oberschwingungsströme (Emission)

Der Monteur oder der Benutzer des Geräts muss – ggf. durch Nachfrage beim Betreiber des Verteilernetzes – sicherstellen, dass das Gerät nur an eine Stromversorgung mit einer Kurzschlussleistung S<sub>k</sub> angeschlossen wird, die mindestens dem in der Gleichung angegebenen Wert entspricht.

Wenden Sie sich an den Betreiber des Verteilernetzes, wenn Sie andere Leistungsgrößen an das öffentliche Stromversorgungsnetz anschließen möchten.

Übereinstimmung mit verschiedenen Systemebenen-Richtlinien:

Die in Tabelle 3.13 vorhandenen Daten zu Oberschwingungsströmen entsprechen IEC/EN 61000-3-12 mit Bezug zur Produktnorm für Leistungsfrequenzrichter. Sie können als Grundlage zur Berechnung der Einflüsse der Oberschwingungsströme auf das Stromversorgungssystem und zur Dokumentation der Übereinstimmung mit den relevanten regionalen Richtlinien verwendet werden: IEEE 519 -1992; G5/4.

### 3.2.7.4 Einfluss von Oberschwingungen in einer Energieverteilungsanlage

In *Abbildung 3.4* ist ein Transformator auf der Primärseite mit einem Verknüpfungspunkt PCC1 an der Mittelspannungsversorgung verbunden. Der Transformator hat eine Impedanz  $Z_{xfr}$  und speist eine Reihe von Verbrauchern. Der PCC (Point of Common Coupling, Verknüpfungspunkt), an dem alle Verbraucher angeschlossen sind, ist PCC2. Jeder Verbraucher wird durch Kabel mit einer Impedanz  $Z_1, Z_2, Z_3$  angeschlossen.

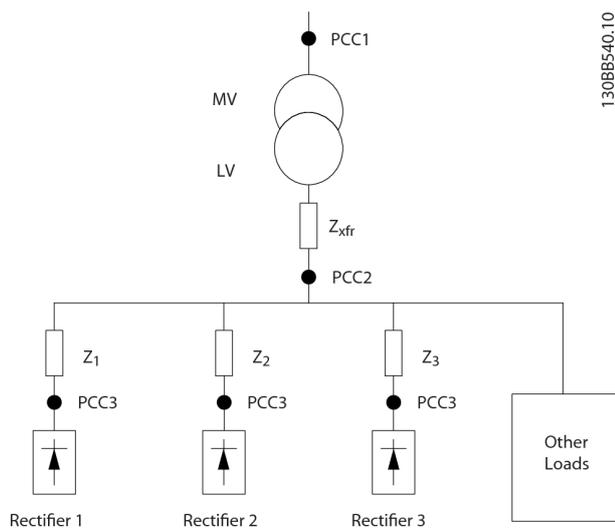


Abbildung 3.4 Kleine Verteilungsanlage

Von nichtlinearen Verbrauchern aufgenommene Oberschwingungsströme führen durch den Spannungsabfall an den Impedanzen des Stromverteilungssystems zu einer Spannungsverzerrung. Höhere Impedanzen ergeben höhere Grade an Spannungsverzerrung.

Die Stromverzerrung steht mit der Geräteleistung und der individuellen Last in Verbindung. Spannungsverzerrung steht mit der Systemleistung in Verbindung. Die Spannungsverzerrung im PCC kann nicht ermittelt werden, wenn nur die Oberschwingungsleistung der Last bekannt ist. Um die Verzerrung im PCC vorhersagen zu können, müssen die Konfiguration des Verteilungssystems und die entsprechenden Impedanzen bekannt sein.

Ein häufig verwendeter Begriff, um die Impedanz eines Stromnetzes zu beschreiben, ist das Kurzschlussverhältnis  $R_{sce}$ . Dieses Verhältnis ist definiert als das Verhältnis zwischen Kurzschluss-Scheinleistung der Versorgung am PCC ( $S_{sc}$ ) und der Nennscheinleistung der Last ( $S_{equ}$ ).

$$R_{sce} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}}$$

wobei  $S_{sc} = \frac{U^2}{Z_{Versorgung}}$  und  $S_{equ} = U \times I_{equ}$

Die störende Wirkung von Oberschwingungen hat zwei Faktoren:

- Oberschwingungsströme tragen zu Systemverlusten bei (in Verkabelung, Transformator).
- Spannungsverzerrung durch Oberschwingungen führt zu Störungen anderer Verbraucher und erhöht Verluste in anderen Verbrauchern.

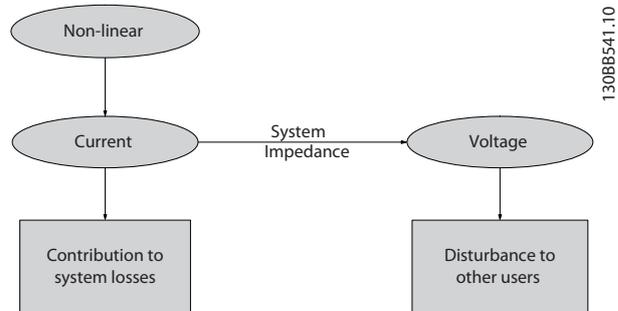


Abbildung 3.5 Störende Wirkungen von Oberschwingungen

### 3.2.7.5 Normen und Anforderungen zur Oberschwingungsbegrenzung

Die Anforderungen an die Oberschwingungsbegrenzungen können folgende sein:

- Anwendungsspezifische Anforderungen
- Einzuhaltende Normen

Die anwendungsspezifischen Anforderungen beziehen sich auf eine konkrete Anlage, in der technische Gründe für die Begrenzung der Oberschwingungen vorliegen.

#### Beispiel

Wenn einer der Motoren direkt an das Netz geschaltet und der andere über einen Frequenzumrichter gespeist wird, ist ein 250-kVA-Transformator mit zwei angeschlossenen 110-kW-Motoren ausreichend. Wenn beide Motoren über Frequenzumrichter gespeist werden, ist der Transformator jedoch unterdimensioniert. Die Verwendung zusätzlicher Maßnahmen zur Oberschwingungsreduzierung in der Anlage oder die Wahl von Low Harmonic Drives ermöglichen den Betrieb beider Motoren mit Frequenzumrichtern.

Es gibt verschiedene Normen, Vorschriften und Empfehlungen zur Reduzierung von Oberschwingungen. Normen unterscheiden sich je nach Land und Industrie. Die folgenden Normen sind am häufigsten anwendbar:

- IEC61000-3-2
- IEC61000-3-12
- IEC61000-3-4
- IEEE 519
- G5/4

Genauere Angaben zu jeder Norm enthält das VLT® AHF-Projektierungshandbuch 005/010.

In Europa beträgt die maximale THDv 8 %, wenn die Anlage über das öffentliche Netz versorgt wird. Wenn die Anlage über einen eigenen Transformator verfügt, ist die Grenze für die THDv 10 %. Der VLT® Refrigeration Drive FC 103 kann einer THvD von 10 % standhalten.

### 3.2.7.6 Reduzierung, Vermeidung oder Kompensation von Oberschwingungen

In Fällen, in denen zusätzliche Oberschwingungsunterdrückung gefordert ist, bietet Danfoss eine Vielzahl von Geräten zur Reduzierung, Vermeidung oder Kompensation von Netzurückwirkungen an. Dazu gehören:

- 12-Puls Frequenzumrichter
- AHF-Filter
- Low Harmonic Drives
- Aktive Filter

Die Wahl der richtigen Lösung hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Das Stromnetz (Hintergrundverzerrung, Netzasymmetrie, Resonanz und Art der Versorgung (Transformator/Generator))
- Anwendung (Lastprofil, Anzahl Lasten und Lastgröße)
- Örtliche/nationale Anforderungen/Vorschriften (IEEE 519, IEC, G5/4 usw.)
- Gesamtkosten für den Eigentümer (Anschaffungskosten, Wirkungsgrad, Wartung usw.)

Ziehen Sie immer eine Reduzierung der Oberschwingungen in Betracht, wenn die Transformatorlast einen nicht linearen Anteil von 40 % oder mehr hat.

Danfoss bietet Werkzeuge zur Berechnung der Oberschwingungen an, siehe *Kapitel 2.8.2 PC-Software*.

### 3.2.8 Erdableitstrom

Befolgen Sie im Hinblick auf die Schutzerdung von Geräten mit einem Ableitstrom gegen Erde von mehr als 3,5 mA alle nationalen und lokalen Vorschriften.

Die Frequenzumrichtertechnik nutzt hohe Taktfrequenzen bei gleichzeitig hoher Leistung. Dies erzeugt einen Ableitstrom in der Erdverbindung.

Der Erdableitstrom setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen und hängt von verschiedenen Systemkonfigurationen ab, u. a. folgenden:

- Filterung von Funkfrequenzstörungen
- Motorkabellänge
- Motorkabelabschirmung
- Leistung des Frequenzumrichters

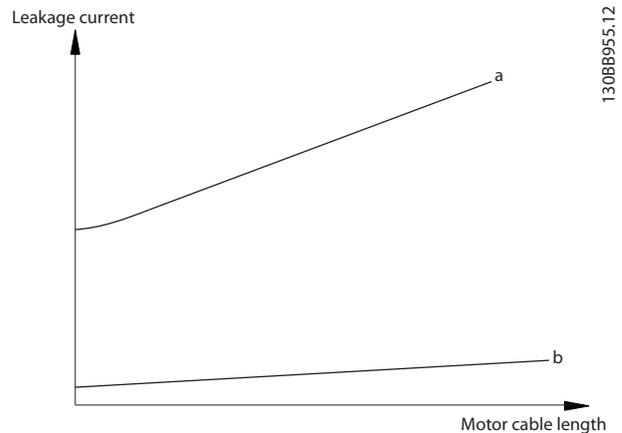


Abbildung 3.6 Einfluss von Motorkabellänge und Leistungsgröße auf den Ableitstrom. Leistungsgröße a > Leistungsgröße b

Der Ableitstrom hängt ebenfalls von der Netzverzerrung ab.

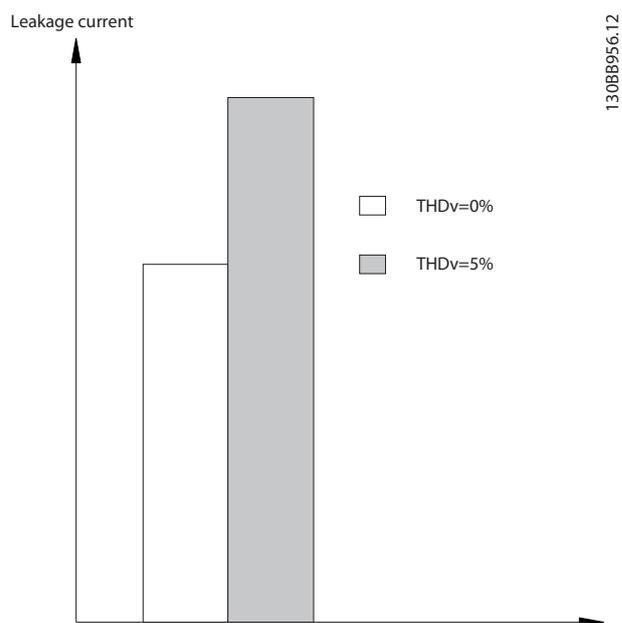


Abbildung 3.7 Die Netzverzerrung beeinflusst den Ableitstrom

Zur Übereinstimmung mit EN/IEC 61800-5-1 (Produktnorm für Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl) müssen besondere Anforderungen erfüllt werden, wenn der Erdableitstrom 3,5 mA übersteigt. Verstärken Sie die Erdung durch Berücksichtigung der folgenden Anforderungen zur Schutzerdung:

3

- Erdungskabel (Klemme 95) mit einem Querschnitt von mindestens 10 mm<sup>2</sup>
- Zwei getrennt verlegte Erdungskabel, die die vorgeschriebenen Maße einhalten

Weitere Informationen finden Sie in EN/IEC 61800-5-1 und EN 50178.

**Fehlerstromschutzschalter**

Wenn Fehlerstromschutzschalter (RCD), auch als Erdschlusstremschalter bezeichnet, zum Einsatz kommen, sind die folgenden Anforderungen einzuhalten:

- Verwenden Sie nur allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter (Typ B).
- Verwenden Sie Fehlerstromschutzschalter mit Einschaltverzögerung, um Fehler durch transiente Erdströme zu vermeiden.
- Bemessen Sie RCD in Bezug auf Systemkonfiguration und Umgebungsbedingungen.

Der Ableitstrom enthält mehrere Frequenzen, die ihren Ursprung in der Netzfrequenz und in der Taktfrequenz haben. Der Typ der verwendeten Fehlerstromschutzrichtung beeinflusst, ob die Taktfrequenz erkannt wird.

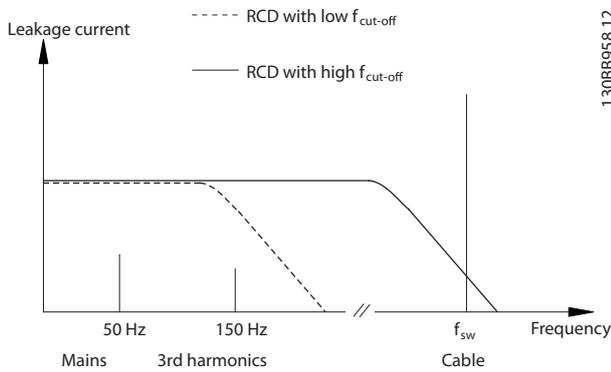


Abbildung 3.8 Hauptbeitragsfaktoren zum Ableitstrom

Die Menge des von der Fehlerstromschutzrichtung erkannten Ableitstroms hängt von der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters ab.

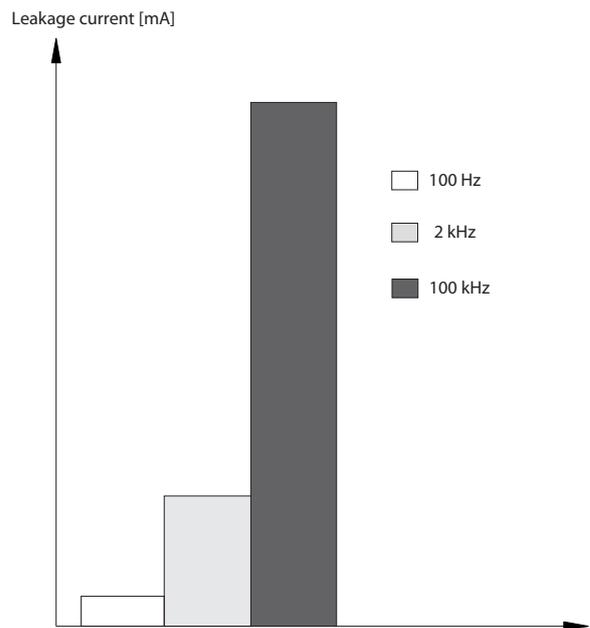


Abbildung 3.9 Einfluss der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters auf den Ableitstrom

### 3.3 Energieeffizienz

Die Norm EN 50598 Ökodesign für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen liefert Richtlinien für die Bewertung der Energieeffizienz von Frequenzumrichtern.

Die Norm stellt eine neutrale Methode zur Bestimmung von Effizienzklassen und Leistungsverlusten unter Vollast und Teillast bereit. Die Norm lässt die Kombination aus einem beliebigen Motor mit einem beliebigen Frequenzumrichter zu.

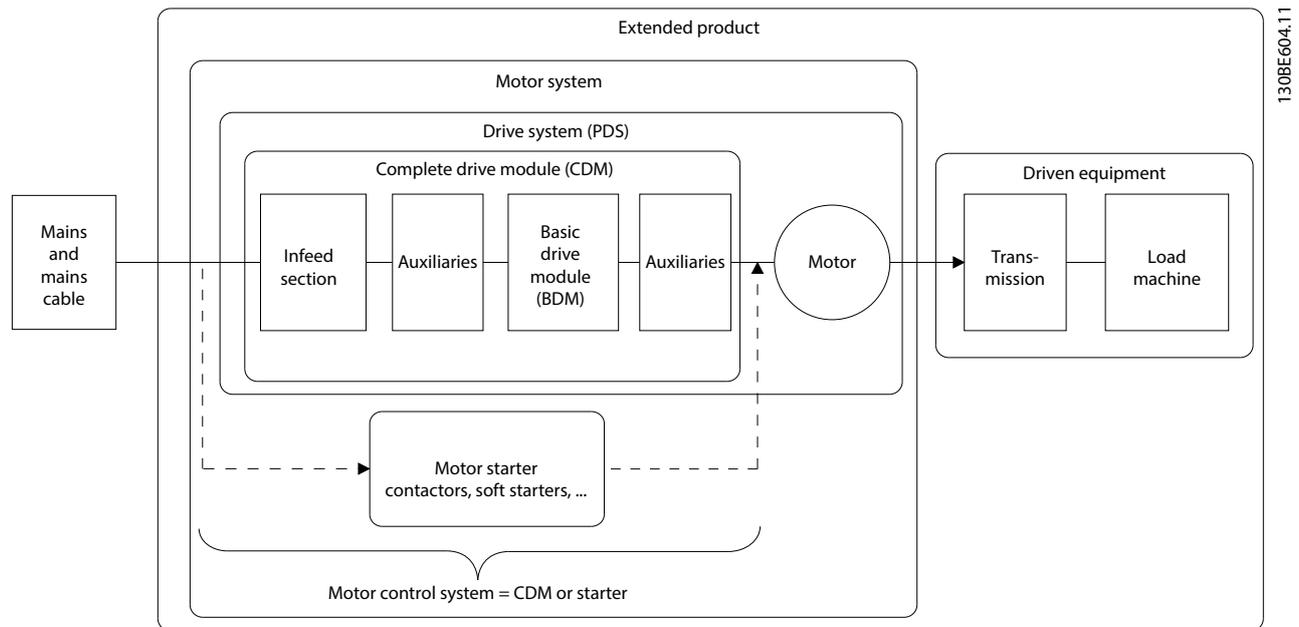


Abbildung 3.10 Antriebssystem (PDS) und komplettes Antriebsmodul (CDM)

Hilfseinrichtungen: Advanced Harmonic Filter AHF 005 AHF 010, Netzdrossel MCC 103, Sinusfilter MCC 101, dU/dt-Filter MCC 102.

#### 3.3.1 IES- und IE-Klassen

##### Komplette Antriebsmodule (CDM)

Gemäß der Norm EN 50598-2 umfasst das komplette Antriebsmodul (CDM) den Frequenzumrichter, seinen Speiseabschnitt und seine Hilfseinrichtungen.

Energieeffizienzklassen für CDM:

- IE0 = unter dem Stand der Technik
- IE1 = Stand der Technik.
- IE2 = über dem Stand der Technik.

Danfoss Frequenzumrichter erfüllen die Werte der Effizienzklasse IE2. Die Energieeffizienzklasse bezieht sich auf den Nennpunkt des CDM.

##### Antriebssysteme (PDS)

Ein Antriebssystem (PDS) besteht aus einem kompletten Antriebsmodul (CDM) und einem Motor.

Energieeffizienzklassen für PDS:

- IES0 = unter dem Stand der Technik.
- IES1 = Stand der Technik.
- IES2 = über dem Stand der Technik.

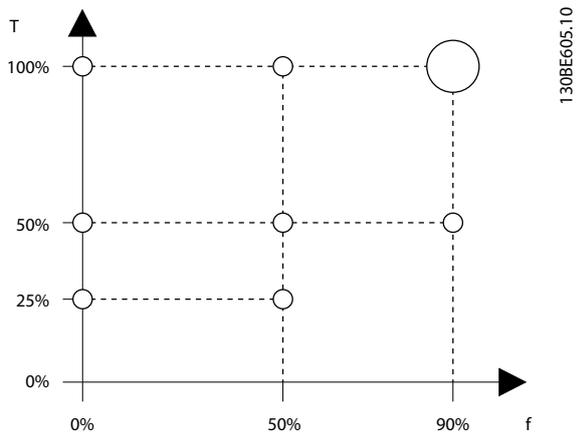
Abhängig vom Motorwirkungsgrad erfüllen von einem Danfoss VLT® Frequenzumrichter angetriebene Motoren normalerweise die Energieeffizienzklasse IES2.

Die Energieeffizienzklasse bezieht sich auf den Nennpunkt des PDS und kann auf der Basis von CDM und Motorverlusten berechnet werden.

#### 3.3.2 Verlustleistungsdaten und Wirkungsgraddaten

Leistungsverlust und Wirkungsgrad eines Frequenzumrichters sind abhängig von der Konfiguration und den Zusatzeinrichtungen. Um konfigurationsspezifische Daten zu Verlustleistung und Wirkungsgrad zu erhalten, verwenden Sie das DanfossDanfoss ecoSmart Tool.

Die Verlustleistungsdaten werden als Prozentsatz der Nennscheinleistung angegeben und gemäß EN 50598-2 bestimmt. Bei der Bestimmung der Verlustleistungsdaten verwendet der Frequenzumrichter die Werkseinstellungen mit Ausnahme der Motordaten, die für den Betrieb des Motors erforderlich sind.



T	Drehmoment [%]
f	Frequenz [%]

Abbildung 3.11 Betriebspunkte des Frequenzumrichters gemäß EN 50598-2

Unter [www.danfoss.com/vltenergyefficiency](http://www.danfoss.com/vltenergyefficiency) finden Sie Informationen zu den Verlustleistungs- und Wirkungsgraddaten des Frequenzumrichters an den Betriebspunkten, die in *Abbildung 3.11* angegeben sind.

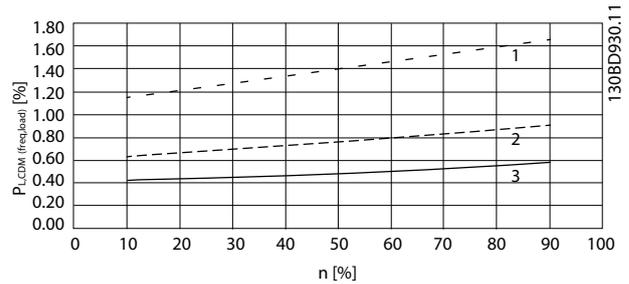
Mit der Danfoss ecoSmart-Anwendung können die Effizienzklassen IE und IES berechnet werden. Die Anwendung ist verfügbar unter [ecosmart.danfoss.com](http://ecosmart.danfoss.com).

**Beispiel für verfügbare Daten**

Die folgenden Beispiele zeigt Verlustleistungs- und Wirkungsgradkurven für einen Frequenzumrichter mit den folgenden Eigenschaften:

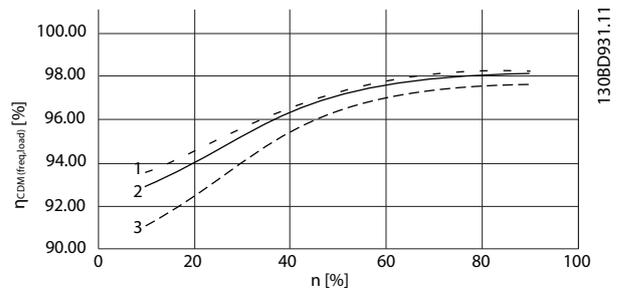
- Nennleistung 55 kW, Nennspannung bei 400 V.
- Nennscheinleistung,  $S_r$ , 67,8 KVA.
- Nennleistung,  $P_{CDM}$ , 59,2 kW.
- Nennwirkungsgrad,  $\eta_r$ , 98,3 %.

*Abbildung 3.12* und *Abbildung 3.13* zeigen Verlustleistungs- und Wirkungsgradkurven. Die Drehzahl ist proportional zur Frequenz.



1	100 % Last
2	50 % Last
3	25 % Last

Abbildung 3.12 Verlustleistungsdaten des Frequenzumrichters. CDM relative Verluste ( $P_{L, CDM}$ ) [%] bezogen auf Drehzahl (n) [% der Nenndrehzahl].



1	100 % Last
2	50 % Last
3	25 % Last

Abbildung 3.13 Effizienzdaten des Frequenzumrichters. CDM Wirkungsgrad ( $\eta_{CDM(freq, load)}$ ) [%] bezogen auf Drehzahl (n) [% der Nenndrehzahl].

**Interpolation der Verlustleistung**

Die Verlustleistung wird an einem zufälligen Betriebspunkt unter Verwendung einer zweidimensionalen Interpolation bestimmt.

**3.3.3 Verluste und Wirkungsgrad eines Motors**

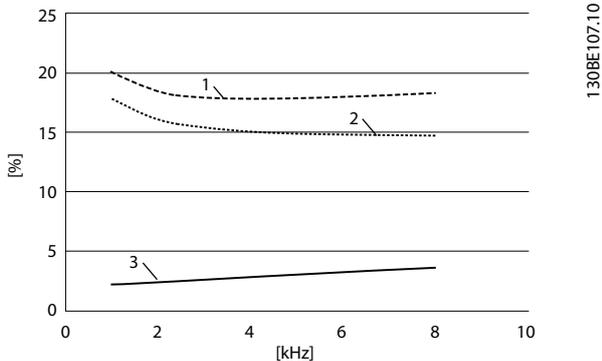
Der Wirkungsgrad eines Motor, der mit 50-100 % der Motornenndrehzahl und mit 75-100 % des Nenndrehmoments läuft, ist praktisch konstant. Dies gilt sowohl dann, wenn der Motor vom Frequenzumrichter geregelt wird als auch dann, wenn der Motor direkt im Netz betrieben wird.

Der Wirkungsgrad ist abhängig vom Motortyp und vom Niveau der Magnetisierung.

Weitere Informationen zu Motortypen finden Sie in der Motortechnologie-Broschüre unter [www.vlt-drives.danfoss.com](http://www.vlt-drives.danfoss.com).

**Taktfrequenz**

Die Taktfrequenz beeinflusst die Magnetisierungsverluste im Motor und die Schaltverluste im Frequenzumrichter, wie in *Abbildung 3.14* dargestellt.



1	Motor und Frequenzumrichter
2	Nur Motor
3	Nur Frequenzumrichter

Abbildung 3.14 Verluste [%] bezogen auf Taktfrequenz [kHz]

**HINWEIS**

Ein Frequenzumrichter erzeugt zusätzliche Oberwellenverluste im Motor. Diese Verluste nehmen bei steigender Taktfrequenz ab.

**3.3.4 Verluste und Wirkungsgrad eines Antriebssystems**

Um die Verlustleistung für ein Antriebssystem an verschiedenen Arbeitspunkten zu bestimmen, summieren Sie die Verlustleistung jeder Systemkomponente am jeweiligen Arbeitspunkt.

- Frequenzumrichter
- Motor
- Zusatzeinrichtungen

**3.4 Netzintegration**

**3.4.1 Netzkonfigurationen und EMV-Auswirkungen**

Es gibt verschiedene Typen von Versorgungsnetzen, die Frequenzumrichter mit Strom versorgen. Jeder Frequenzumrichter wirkt sich auf die EMV-Eigenschaften des Netzes aus. Die TN-S-Systeme mit fünf Leitern gelten als am besten geeignet für EMV, während das isolierte IT-System am wenigsten geeignet ist.

Netztyp	Beschreibung
TN-Netze	Es gibt zwei Typen von TN-Netzverteilungssystemen: TN-S und TN-C.
TN-S	Ein Fünfleitersystem mit separatem Neutral- (N) und Schutzleiter (PE). Das System bietet die besten EMV-Eigenschaften und vermeidet die Übertragung von Störungen.
TN-C	Ein Vierleitersystem mit gängigem Neutral- und Schutzleiter (PE), der durch das gesamte Netz führt. Die Kombination aus Neutral- und Schutzleiter führt zu schlechten EMV-Eigenschaften.
TT-Netze	Ein Vierleitersystem mit geerdetem Neutralleiter und jeweils einzelner Erdung für die Frequenzumrichter. Bei korrekter Erdung verfügen diese Netze über gute EMV-Eigenschaften.
IT-Netz	Ein isoliertes Vierleitersystem mit nicht geerdetem oder über eine Impedanz geerdetem Neutralleiter.

Tabelle 3.14 Versorgungsnetztypen

**3.4.2 Niederfrequente Netzstörungen**

**3.4.2.1 Nicht sinusförmige Netzversorgung**

Die Netzspannung ist nur in seltenen Fällen eine gleichförmige Sinusspannung mit konstanter Amplitude und Frequenz. Dies liegt zum Teil an Verbrauchern, die nicht sinusförmige Ströme aus dem Netz aufnehmen oder nichtlineare Eigenschaften aufweisen, beispielsweise

- Computer
- Fernseher
- Schaltnetzteile
- Energiesparlampen
- Frequenzumrichter

Abweichungen sind nicht vermeidbar und in gewissen Grenzen zulässig.

**3.4.2.2 Konformität mit den EMV-Richtlinien**

Im Großteil von Europa ist die Grundlage für eine objektive Bewertung der Netzspannungsqualität das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG). Durch Übereinstimmung mit dieser Regelung wird sichergestellt, dass sämtliche Geräte und Netzwerke, die an elektrische Systeme angeschlossen sind, ihren Zweck erfüllen, ohne Probleme zu verursachen.

Standard	Definition
EN 61000-2-2, EN 61000-2-4, EN 50160	Darin sind die Grenzwerte der Netzspannung in öffentlichen und industriellen Stromnetzen festgelegt.
EN 61000-3-2, 61000-3-12	Darin werden durch angeschlossene Geräte verursachte Netzstörungen geregelt.
EN 50178	Dient zur Überwachung der Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln.

Tabelle 3.15 Technische EN-Normen zur Netzspannungsqualität

### 3.4.2.3 Störungsfreie Frequenzumrichter

Alle Frequenzumrichter erzeugen bestimmte Netzstörungen. In den vorliegenden Normen ist nur ein Frequenzbereich von bis zu 2 kHz festgelegt. Einige Frequenzumrichter haben ihre Netzzrückwirkungen im Bereich über 2 kHz, wo derzeit noch keine Norm verabschiedet ist, und gelten daher derzeit dennoch als störungsfrei. Grenzwerte für diesen Bereich werden momentan erforscht. In der Regel wird der Netzstörungsbereich von Frequenzumrichtern nicht verändert.

### 3.4.2.4 Auftreten von Netzstörungen

Netzstörungen, welche die Sinusform der Netzspannung verzerren, entstehen durch pulsierende Eingangsströme und werden als Oberschwingungen bezeichnet. Basierend auf der Fourier-Analyse werden Oberschwingungen von bis zu 2,5 kHz untersucht, die der 50. Oberschwingung der Netzfrequenz entsprechen.

Eingangsgleichrichter von Frequenzumrichtern erzeugen eine solch typische Oberschwingungsbelastung des Netzes. Wenn Frequenzumrichter an Netze mit 50 Hz angeschlossen werden, weisen die dritte Oberschwingung (150 Hz), die fünfte Oberschwingung (250 Hz) bzw. die siebte Oberschwingung (350 Hz) die stärksten Auswirkungen auf. Die Gesamtmenge an Oberschwingungen wird als Gesamtoberschwingungsgehalt (THD) bezeichnet.

### 3.4.2.5 Auswirkungen von Netzstörungen

Oberschwingungen und Spannungsschwankungen stellen zwei Formen von niederfrequenten Netzstörungen dar. Sie haben am Entstehungsort ein anderes Erscheinungsbild als an einem anderen beliebigen Anschlusspunkt eines Verbrauchers im Netz. Folglich müssen Sie bei der Untersuchung der Auswirkungen von Netzstörungen eine Reihe von Einflüssen gemeinsam bestimmen. Dazu gehören u. a. die Netzeinspeisung, die Netzstruktur sowie die Verbraucher.

Infolge der Netzstörungen kann es zu Unterspannungswarnungen und stärkeren Funktionsverlusten kommen.

### Unterspannungswarnungen

- Falsche Spannungsmessungen durch Verlust der Sinusform der Netzspannung
- Führen zu falschen Strommessungen, da nur bei der Messung von Echteffektivwerten der Oberschwingungsgehalt berücksichtigt wird.

### Höhere Verluste

- Durch Oberschwingungen werden Wirkleistung, Scheinleistung und Blindleistung reduziert.
- Verzerrungen durch elektrische Verbraucher führen zu hörbaren Störungen in anderen Geräten, oder im schlimmsten Fall sogar zu einer Zerstörung der Geräte.
- Verkürzt die Lebensdauer der Geräte infolge von Wärmeentwicklung.

### HINWEIS

Durch einen übermäßigen Oberschwingungsgehalt entsteht eine Belastung der Blindstromkompensationsanlagen, wodurch es möglicherweise sogar zu dessen Zerstörung kommen kann. Aus diesem Grund müssen Sie die Blindstromkompensationsanlagen bei übermäßigem Oberschwingungsgehalt mit Drosseln versehen.

### 3.4.3 Analyse von Netzstörungen

Um eine Beeinträchtigung der Netzspannungsqualität zu vermeiden, sind zur Analyse von Systemen oder Geräten, die Oberschwingungsströme produzieren, verschiedene Verfahren einsetzbar. Mithilfe von Netzanalyseprogrammen, wie z. B. Harmonic Calculation Software (HCS), werden Systeme auf Oberschwingungen überprüft. Zuvor können Sie spezielle Gegenmaßnahmen überprüfen, die eine Kompatibilität mit dem System gewährleisten. Um Netze zu analysieren, besuchen Sie die Seite <http://www.danfoss-hcs.com/Default.asp?LEVEL=START> und laden Sie die entsprechende Software herunter.

### HINWEIS

Danfoss besitzt ein hohes Maß an Fachwissen im Bereich EMV und bietet Kunden neben Kursen, Seminaren und Workshops EMV-Analysen mit detaillierter Auswertung und Netzberechnungen.

### 3.4.4 Optionen zur Verringerung von Netzstörungen

Generell reduziert eine Amplitudenbegrenzung der einzelnen Pulsströme die von Frequenzumrichtern erzeugten Netzstörungen. Dies hat eine Verbesserung des Leistungsfaktors  $\lambda$  (Lambda) zur Folge.

Zur Vermeidung von Netzberschwingungen werden verschiedene Methoden empfohlen:

- Netzdrosseln oder Zwischenkreisdrosseln in den Frequenzumrichtern
- Passive Filter
- Aktive Filter
- Schlanke Zwischenkreise
- Active Front End und Low Harmonic Drives
- Gleichrichter mit 12, 18 oder 24 Pulsen pro Zyklus

### 3.4.5 Funkstörungen

Frequenzumrichter erzeugen Funkfrequenzstörungen (RFI) aufgrund ihrer Strompulse mit variablen Drehfeldfrequenzen. Frequenzumrichter und Motorkabel strahlen diese Störungen ab und speisen sie in das Netz zurück. Zur Reduzierung dieser Störungen im Netz werden EMV-Filter eingesetzt. Diese bieten Störfestigkeit und schützen die Geräte vor hochfrequenten leitungsgebundenen Störungen. Zudem reduzieren sie zum Netzkabel ausgesendete oder vom Netzkabel abgegebene Störungen. Die Filter sollen die Störungen auf einen bestimmten Wert reduzieren. Integrierte Filter sind häufig als Standardausrüstung im Lieferumfang enthalten und auf eine bestimmte Störfestigkeit ausgelegt.

#### **HINWEIS**

Sämtliche VLT® Refrigeration Drive FC 103-Frequenzumrichter sind standardmäßig mit integrierten Zwischenkreisdrosseln zur Reduzierung der Netzstörungen ausgestattet.

### 3.4.6 Einstufung der Einsatzorte

Im Hinblick auf die Erfüllung der EMV-Richtlinie ist das Bewusstsein für die Anforderungen an die Umwelt, in welcher der Frequenzumrichter betrieben werden soll, einer der wichtigsten Faktoren.

#### 3.4.6.1 Umwelt 1/Klasse B: Wohngebiet

Als Umgebung 1/Klasse B eingestuft werden Einsatzorte, die an das öffentliche Niederspannungsnetz angeschlossen sind (einschließlich Kleinbetriebe). Sie besitzen keine eigenen Hoch- oder Mittelspannungstransformatoren zur separaten Versorgung. Die Einstufungen im Hinblick auf die Umgebung gelten sowohl innerhalb als auch außerhalb von Gebäuden. Einige allgemeine Beispiele sind:

- Geschäftsgebiete
- Wohngebäude
- Restaurants
- Parkplätze

- Unterhaltungseinrichtungen

#### 3.4.6.2 Umgebung 2/Klasse A: Industriegebiet

Industriebereiche sind in der Regel nicht an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen. Stattdessen besitzen sie eigene Hoch- oder Mittelspannungstransformatoren. Die Einstufungen der Umgebungen gelten sowohl innerhalb als auch außerhalb der Gebäude.

Sie sind als Industriegebiet definiert und durch besondere elektromagnetische Gegebenheiten gekennzeichnet:

- Das Vorhandensein wissenschaftlicher, medizinischer oder industrieller Geräte
- Schalten großer induktiver und kapazitiver Lasten
- Das Vorhandensein hoher magnetischer Felder (z. B. wegen hoher Stromstärken)

#### 3.4.6.3 Spezielle Umgebungen

In Gebieten mit Mittelspannungstransformatoren, die klar von anderen Gebieten abgegrenzt sind, entscheidet der Anwender, in welche Art von Umgebung die Anlage eingestuft wird. Der Anwender muss die notwendige elektromagnetische Verträglichkeit eigenverantwortlich sicherstellen, die allen Geräten ein fehlerfreies Funktionieren unter festgelegten Bedingungen gewährleistet. Einige Beispiele für besondere Umgebungen sind:

- Einkaufszentren
- Supermärkte
- Abfüllstationen
- Bürogebäude
- Lagerhäuser

#### 3.4.6.4 Warnaufkleber

Wenn ein Frequenzumrichter nicht der Kategorie C1 entspricht, müssen Sie einen Warnhinweis anbringen. Dies liegt in der Verantwortung des Anwenders. Die Beseitigung von Störungen basiert in EN 55011 auf den Klassen A1, A2 und B. Für die passende Einstufung der Geräte und die Kosten zur Behebung von EMV-Problemen ist letztendlich der Anwender verantwortlich.

#### 3.4.7 Verwendung mit isolierter Eingangsquelle

Die meisten Netzstromleitungen in den USA sind geerdet. Als Netzversorgung kann eine isolierte Stromquelle dienen, auch wenn dies in den USA nicht gängig ist. Sie können alle Danfoss Frequenzumrichter mit isolierter Eingangsquelle sowie mit einem geerdeten Stromleitungen betreiben.

### 3.4.8 Blindstromkompensation

Blindstromkompensationsanlagen dienen zur Reduzierung der Phasenverschiebung ( $\varphi$ ) zwischen Spannung und Strom, um den Leistungsfaktor näher zum Wert Eins ( $\cos \varphi$ ) zu bringen. Dies ist erforderlich, wenn eine große Anzahl induktiver Lasten, beispielsweise Motoren oder Lampen-Vorschaltgeräte, in einem elektrischen System zum Einsatz kommen. Frequenzumrichter mit isoliertem Zwischenkreis nehmen keinen Blindstrom aus dem Netz auf bzw. erzeugen keine Phasenverschiebungen. Ihr Phasenwinkel  $\cos \varphi$  hat einen Wert von ungefähr 1.

Aus diesem Grund müssen Sie drehzahlgeregelte Motoren bei der Auslegung der Blindstromkompensationsanlage nicht berücksichtigen. Allerdings steigt der aus der Blindstromkompensationsanlage aufgenommene Strom an, da Frequenzumrichter Oberschwingungen erzeugen. Je mehr die Anzahl an Oberschwingungserzeugern steigt, umso mehr wirken Belastung und Wärme auf die Kondensatoren. Montieren Sie daher Drosseln an die Blindleistungskompensationsanlage. Diese Drosseln verhindern zudem die Entstehung einer Resonanz zwischen der Induktivität der Verbraucher und der Kapazität. Bei Frequenzumrichtern mit  $\cos \varphi < 1$  müssen Sie ebenfalls Drosseln vor der Blindleistungskompensationsanlage montieren. Berücksichtigen Sie bei der Dimensionierung der Kabel zudem die höhere Wirkleistung.

### 3.4.9 Eingangsstromverzögerung

Um sicherzustellen, dass die Überspannungsschutzkreise am Eingang korrekt funktionieren, halten Sie eine Zeitverzögerung zwischen aufeinander folgenden Anwendungen mit Eingangsstrom ein.

Tabelle 3.16 zeigt die minimal zulässige Zeit zwischen den Anwendungen mit Eingangsstrom.

Eingangsspannung [V]	380	415	460	600
Wartezeit [in s]	48	65	83	133

Tabelle 3.16 Eingangsstromverzögerung

### 3.4.10 Netztransienten

Transienten sind kurze Spannungsspitzen in einem Bereich von ein paar Tausend Volt. Sie können in allen Arten von Stromverteilungssystemen auftreten, einschließlich Industrie- und Wohngebieten.

Blitzeinschläge sind eine häufige Ursache für Transienten. Sie werden jedoch auch durch Ein- und Ausschalten großer Lasten oder durch Schalten sonstiger Anlagen gegen

Netztransienten erzeugt, beispielsweise Blindstromkompensationsgeräte. Transienten können ebenfalls durch Kurzschlüsse, durch Abschaltung eines Hauptschalters in Stromverteilungssystemen sowie durch induktive Kopplung zwischen parallel verlaufenden Kabeln erzeugt werden.

In der Norm EN 61000-4-1 wird beschrieben, in welchen Formen diese Transienten auftreten und wie viel Energie sie enthalten. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um die schädlichen Auswirkungen von Transienten zu begrenzen. Gasgefüllte Überspannungsableiter und Funkenstrecken bilden einen ersten Schutz vor energiereichen Transienten. Als zweiten Schutz sind die meisten elektronischen Geräte, einschließlich Frequenzumrichter, mit spannungabhängigen Widerständen (Varistoren) zur Dämpfung von Transienten ausgestattet.

### 3.4.11 Betrieb mit Notstromgenerator

Setzen Sie Netzersatzanlagen ein, wenn bei einem Netzausfall ein Dauerbetrieb erforderlich ist. Sie werden ebenfalls parallel zum öffentlichen Netz betrieben, um eine höhere Netzleistung zu erreichen. Hierbei handelt es sich um ein bewährtes Verfahren für wärme- und stromerzeugende Geräte, bei dem die hohe Effizienz genutzt wird, die bei dieser Form der Energieumwandlung erzielt wird. Bei Netzersatzschaltung mittels Generator ist die Netzimpedanz in der Regel höher als bei der Stromentnahme aus dem öffentlichen Netz. Dadurch kommt es zu einer Erhöhung des Gesamtoberschwingungsgehalts. Bei geeigneter Ausführung können Generatoren in einem System mit Geräten betrieben werden, die Oberschwingungen erzeugen.

Ziehen Sie bei dem Entwurf eines Systems die Nutzung eines Notstromgenerators in Betracht.

- Beim Umschalten des Systems von Netzbetrieb auf Generatorspeisung steigt die Oberschwingungsbelastung in der Regel an
- Planer müssen den Anstieg der Oberschwingungsbelastung berechnen bzw. messen, um sicherzustellen, dass die Netzqualität die Vorschriften erfüllt, und um Probleme durch Oberschwingungen sowie Anlagenausfälle zu vermeiden.
- Vermeiden Sie eine asymmetrische Belastung des Generators, da dies zu einer Erhöhung der Verluste und des Gesamtoberschwingungsgehalts führen kann.
- Eine 5/6-Staffelung der Generatorwicklung sorgt für eine Dämpfung der 5. und 7. Oberschwingung, führt jedoch zu einer Erhöhung der 3. Oberschwingung. Durch eine 2/3-Staffelung wird die 3. Oberschwingung wiederum reduziert.

- Nach Möglichkeit sollte der Betreiber die Blindstromkompensationsanlage vom Netz trennen, da diese eine Resonanz im System verursacht.
- Drosseln oder aktive Absorptionsfilter sowie parallel betriebene ohmsche Lasten können Oberschwingungen dämpfen.
- Parallel betriebene kapazitive Verbraucher erzeugen aufgrund von unvorhersehbaren Resonanzeffekten eine zusätzliche Last.

Eine genauere Analyse ist beispielsweise mit der Netzanalyse-Software HCS möglich. Um Netze zu analysieren, besuchen Sie die Seite <http://www.danfoss-hcs.com/Default.asp?LEVEL=START> und laden Sie die entsprechende Software herunter.

Für den Betrieb mit Oberschwingungserzeugenden Geräten werden die maximal zulässigen Verbraucher, die auf einem reibungslosen Anlagenbetrieb basieren, in der Tabelle mit Oberschwingungsgrenzwerten dargestellt.

#### Oberschwingungsgrenzwerte

- B2- und B6-Gleichrichter  $\Rightarrow$  maximal 20 % der Generatornennlast
- B6-Gleichrichter mit Drossel  $\Rightarrow$  maximal 20 bis 35 % der Generatornennlast, je nach Zusammensetzung
- Gesteuerter B6-Gleichrichter  $\Rightarrow$  maximal 10 % der Generatornennlast

### 3.5 Motoreinbau

#### 3.5.1 Zu berücksichtigende Faktoren bei der Motorauswahl

Der Frequenzumrichter kann bei einem Motor zu einer Stromüberlastung führen. Wenn Sie den Motor an den Frequenzumrichter anpassen, müssen Sie daher die folgenden Auswirkungen auf den Motor berücksichtigen:

- Isolationsbeanspruchung
- Lagerbeanspruchung
- Thermische Beanspruchung

#### 3.5.2 Sinus- und dU/dt Filter

Ausgangsfilter sind für einige Motoren zur Senkung der Strombelastung sowie für eine größere Kabellänge von Nutzen. Zu den Optionen für Ausgänge gehören u. a. Sinusfilter (auch als LC-Filter bezeichnet) und dU/dt-Filter. Durch dU/dt-Filter wird der starke Spannungsanstieg des Impulses reduziert. Durch Sinusfilter werden die Spannungspulse abgeschwächt und in eine beinahe sinusförmige Ausgangsspannung umgewandelt. Bei einigen Frequenzumrichtern erfüllen die Sinusfilter die Anforderungen

der Norm EN 61800-3 RFI, Kategorie C2, für ungeschirmten Motorkabeln, siehe *Kapitel 3.8.3 Sinusfilter*.

Nähere Informationen zu den optionalen Sinus- und du/dt-Filtern finden Sie in *Kapitel 6.2.6 Sinusfilter*, *Kapitel 3.8.3 Sinusfilter* und *Kapitel 6.2.7 du/dt-Filter*.

Nähere Informationen zu den Bestellnummern für Sinus- und du/dt-Filter finden Sie in *Kapitel 3.8.3 Sinusfilter* und *Kapitel 6.2.7 du/dt-Filter*.

### 3.5.3 Ordnungsgemäße Motorerdung

Eine ordnungsgemäße Erdung des Motors ist zur Gewährleistung der Personensicherheit sowie zur Erfüllung der EMV-Anforderungen des Stromnetzes für Niederspannungsanlagen unerlässlich. Für die effektive Nutzung von Abschirmungen und Filtern ist eine ordnungsgemäße Erdung erforderlich. Zur Erfüllung der EMV-Anforderungen müssen Sie Einzelheiten der Motorausführung überprüfen.

#### 3.5.4 Motorkabel

Technische Daten und Empfehlungen zu den Motorkabeln finden Sie unter *Kapitel 7.5 Kabelspezifikationen*.

Sie können alle Arten dreiphasiger Standard-Asynchronmotoren mit einem Frequenzumrichter verwenden. Die Werkseinstellung ist Rechtslauf, wobei der Frequenzumrichter Ausgang wie folgt angeschlossen ist:

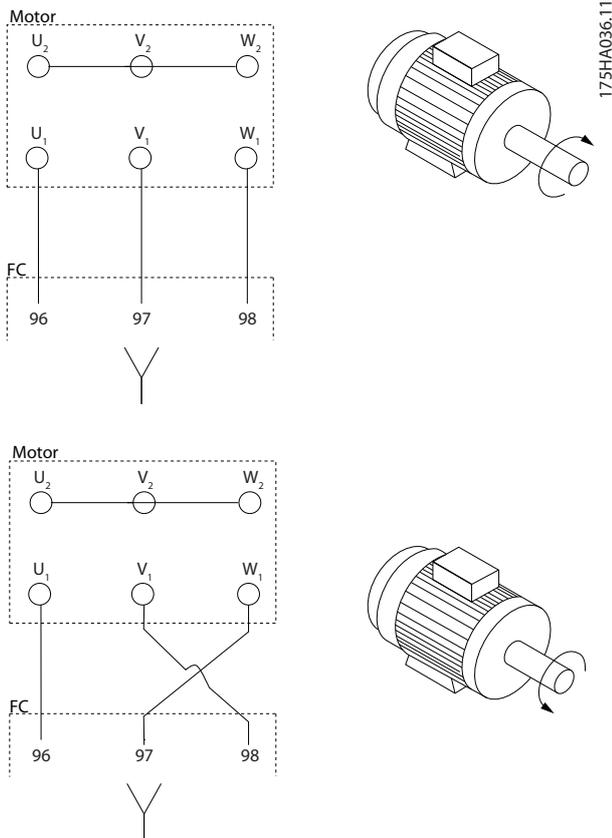


Abbildung 3.15 Klemmenanschluss für Rechts- und Linkslauf

Ändern Sie die Drehrichtung durch Vertauschen von zwei Phasen im Motorkabel oder durch Ändern der Einstellung von *Parameter 4-10 Motor Drehrichtung*.

### 3.5.5 Motorkabelabschirmung

Frequenzumrichter erzeugen an ihren Ausgängen Impulse mit steilen Spannungsflanken. Diese Impulse enthalten hochfrequente Anteile (deren Werte bis in den Gigahertz-Bereich reichen), die unerwünschte Strahlungen aus dem Motorkabel verursachen. Diese Strahlung können Sie durch abgeschirmte Motorkabel reduzieren.

Die Abschirmung der Kabel hat folgenden Zweck:

- Reduzierung der Menge an abgestrahlten Störungen.
- Verbesserung der Störfestigkeit einzelner Geräte.

Die Abschirmung nimmt hochfrequente Anteile auf und leitet sie zurück zur Störquelle, in diesem Fall zum Frequenzumrichter. Abgeschirmte Motorkabel erhöhen ebenfalls die Störfestigkeit gegen nahe gelegene externe Störquellen.

Auch bei einer guten Abschirmung wird die Strahlung nicht vollständig eliminiert. Systemkomponenten, die sich in der Strahlungsumgebung befinden, müssen ohne Verschlechterung der Leistung betrieben werden können.

### 3.5.6 Anschluss von mehreren Motoren

#### HINWEIS

Wenn sich die Motorgrößen stark unterscheiden, können beim Hochfahren und bei niedrigen Drehzahlen Probleme auftreten, da der relativ hohe Ohm-Widerstand der kleinen Motoren im Stator in solchen Situationen eine höhere Spannung erfordert.

Der Frequenzumrichter kann mehrere parallel geschaltete Motoren steuern/regeln. Bei parallelem Motoranschluss müssen Sie die folgenden Punkte beachten:

- VVC<sup>+</sup>-Modus kann in einigen Anwendungen verwendet werden.
- Der Gesamtstrom der Motoren darf den maximalen Ausgangsnennstrom  $I_{INV}$  des Frequenzumrichters nicht übersteigen.
- Verwenden Sie bei langen Kabeln keine gemeinsame Anschlussverbindung, siehe *Abbildung 3.17*.
- Die in *Tabelle 3.4* angegebene gesamte Motorkabellänge gilt nur, solange die parallelen Kabel kurz gehalten werden (jeweils kürzer als 10 m). Siehe *Abbildung 3.19* und *Abbildung 3.20*.
- Berücksichtigen Sie den Spannungsabfall an den Motorkabeln, siehe *Abbildung 3.20*.
- Verwenden Sie bei langen parallelen Kabel ein LC-Filter, siehe *Abbildung 3.20*.
- Für lange Kabel ohne parallelen Anschluss, siehe *Abbildung 3.21*.

**HINWEIS**

Bei parallel geschalteten Motoren müssen Sie *Parameter 1-01 Motor Control Principle* auf [0] U/f einstellen.

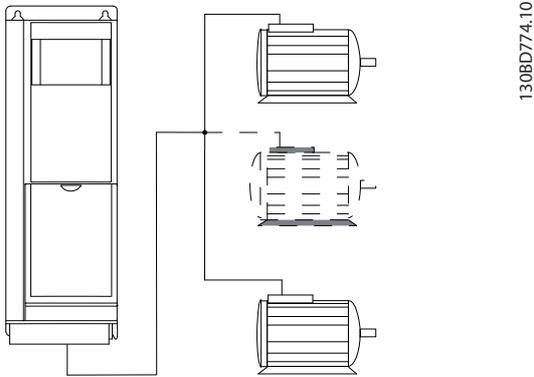


Abbildung 3.16 Gemeinsame Anschlussverbindung bei kurzen Kabeln

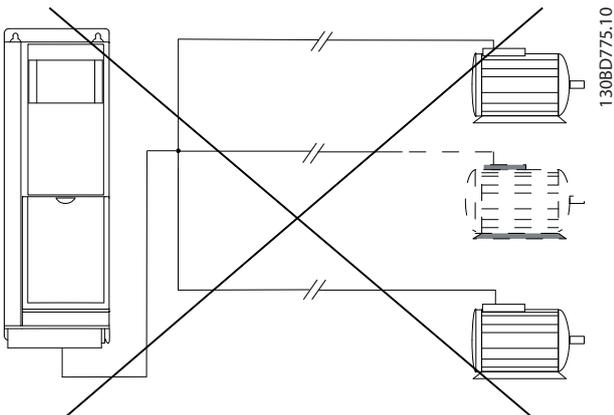


Abbildung 3.17 Gemeinsame Anschlussverbindung bei langen Kabeln

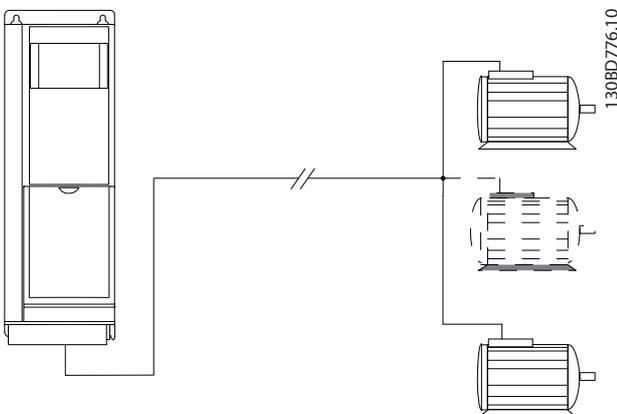


Abbildung 3.18 Parallele Kabel ohne Last

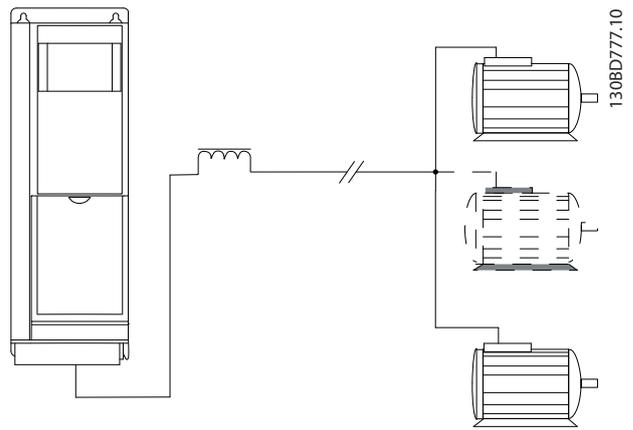


Abbildung 3.19 Parallele Kabel mit Last

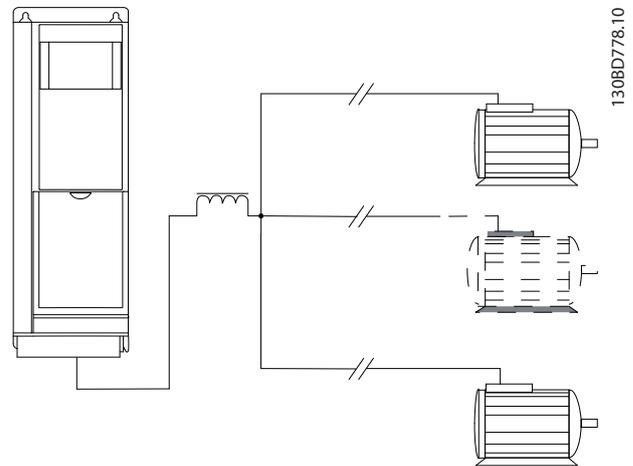


Abbildung 3.20 LC-Filter für lange parallele Kabel

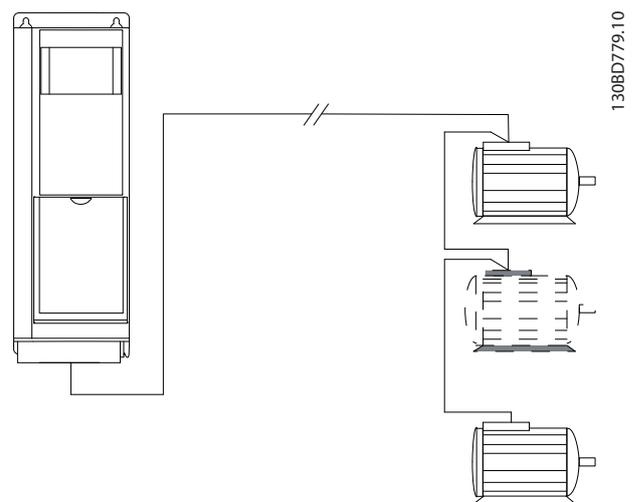


Abbildung 3.21 Lange Kabel in Reihenschaltung

Informationen zu Kabellängen für mehrere parallele Motoranschlüsse finden Sie in *Tabelle 7.7*.

### 3.5.7 Thermischer Motorschutz

Der Frequenzumrichter sorgt auf verschiedene Arten für thermischen Motorschutz:

- Die Drehmomentgrenze schützt den Motor unabhängig von der Drehzahl vor Überlast.
- Die Mindestdrehzahl begrenzt den Betriebsdrehzahlbereich, beispielsweise zwischen 30 und 50/60 Hz.
- Die Maximaldrehzahl begrenzt die maximale Ausgangsdrehzahl.
- Für einen externen Thermistor ist ein Eingang verfügbar.
- Das elektronischen Thermorelais (ETR) für Asynchronmotoren simuliert anhand interner Messungen ein Bimetallrelais. Das ETR misst den aktuellen Strom, die aktuelle Drehzahl und Zeit zur Berechnung der Motortemperatur und schützt den Motor vor Überhitzung, indem das System eine Warnmeldung ausgibt oder die Stromzufuhr des Motors unterbricht. Die Eigenschaften des ETR werden in *Abbildung 3.22* dargestellt.

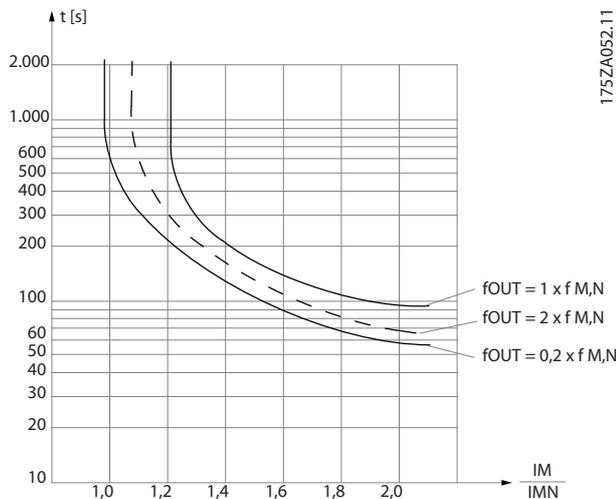


Abbildung 3.22 Eigenschaften des elektronischen Thermorelais

Die X-Achse zeigt das Verhältnis zwischen Motorstrom ( $I_{\text{motor}}$ ) und Motornennstrom ( $I_{\text{motor, nom}}$ ). Die Y-Achse zeigt die Zeit in Sekunden, bevor ETR eingreift und den Frequenzumrichter abschaltet. Die Kurven zeigen das Verhalten der Nenndrehzahl bei Nenndrehzahl x 2 und Nenndrehzahl x 0,2

Bei geringerer Drehzahl schaltet das ETR aufgrund einer geringeren Kühlung des Motors schon bei geringerer Wärmeentwicklung ab. So wird der Motor auch in niedrigen Drehzahlbereichen vor Überhitzung geschützt. Die ETR-Funktion berechnet die Motortemperatur anhand der Istwerte von Strom und Drehzahl.

### 3.5.8 Ausgangsschutz

Zwar ist dies in der Regel keine empfohlene Maßnahme, jedoch hat der Betrieb eines Ausgangsschützes zwischen Motor und Frequenzumrichter keine Beschädigung des Umrichters zur Folge. Durch Schließen eines zuvor geöffneten Ausgangsschützes wird ein laufender Frequenzumrichter möglicherweise an einen gestoppten Motor angeschlossen. Dadurch kann der Frequenzumrichter abschalten und einen Fehler anzeigen.

### 3.5.9 Energieeffizienz

#### Wirkungsgrad des Frequenzumrichters

Die Last am Frequenzumrichter hat kaum Auswirkung auf seinen Wirkungsgrad.

Das heißt auch, dass sich der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters nicht ändert, wenn Sie eine andere U/f-Kennlinie wählen. Dennoch haben die U/f-Kennlinien einen Einfluss auf den Wirkungsgrad des Motors.

Der Wirkungsgrad nimmt leicht ab, wenn die Taktfrequenz auf einen Wert von über 5 kHz eingestellt ist. Der Wirkungsgrad nimmt auch leicht ab, wenn das Motorkabel länger als 30 m ist.

#### Berechnung des Wirkungsgrads

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Frequenzumrichters bei unterschiedlichen Lasten auf Grundlage von *Abbildung 3.23*. Multiplizieren Sie den Faktor in dieser Abbildung mit dem spezifischen Wirkungsgradfaktor, der in *Kapitel 7.1 Elektrische Daten* zu finden ist.

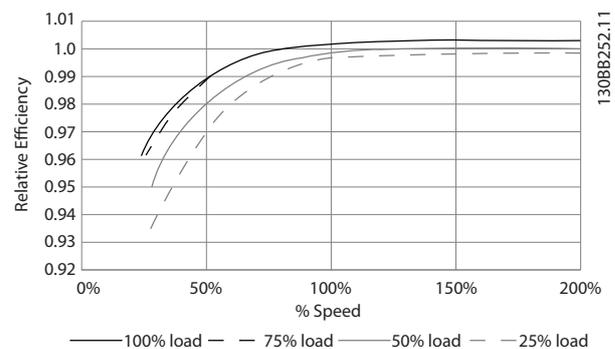


Abbildung 3.23 Typische Wirkungsgradkurven

Beispiel: Nehmen wir als Beispiel einen Frequenzumrichter mit 55 kW und 380–480 V AC bei 25 % Last bei 50 % Drehzahl. Das Diagramm zeigt 0,97 an. Die Nenn-Effizienz für einen 55-kW-Frequenzumrichter beträgt 0,98. Der tatsächliche Wirkungsgrad ist gleich:  $0,97 \times 0,98 = 0,95$ .

**Motorwirkungsgrade**

Der Wirkungsgrad eines an den Frequenzumrichter angeschlossenen Motors hängt von der Magnetisierungsstufe ab. Der Motorwirkungsgrad ist außerdem vom Motortyp abhängig.

- Im Nenndrehmomentbereich von 75–100 % ist der Motorwirkungsgrad praktisch konstant, sowohl wenn dieser vom Frequenzumrichter geregelt, als auch wenn er direkt am Netz betrieben wird.
- Die U/f-Kennlinien haben nur einen minimalen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Allerdings ergeben sich beachtliche Effizienzvorteile bei Motoren mit mindestens 11 kW.
- Die Taktfrequenz hat keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad von kleinen Motoren. Der Wirkungsgrad von Motoren ab 11 kW wird um 1 bis 2 % verbessert. Dies liegt daran, dass die Form der Sinuskurve des Motorstroms bei hoher Taktfrequenz fast perfekt ist.

**Systemwirkungsgrad**

Zur Berechnung des Systemwirkungsgrads multiplizieren Sie den Wirkungsgrad des Frequenzumrichters mit dem Motorwirkungsgrad.

### 3.6 Zusätzliche Ein- und Ausgänge

#### 3.6.1 Anschlussdiagramm

Bei Verkabelung und korrekter Programmierung liefern die Steuerklemmen Folgendes bzw. stellen Folgendes bereit:

- Istwert, Sollwert und weitere Eingangssignale an den Frequenzumrichter
- Ausgang für Status und Fehlerbedingungen des Frequenzumrichters
- Relais für den Betrieb von Zusatzeinrichtungen
- Serielle Kommunikationsschnittstelle
- 24-V-Bezugspotenzial

Die Steuerklemmen sind für verschiedene Funktionen programmierbar, indem Sie die Parameteroptionen an der Bedieneinheit (LCP) an der Vorderseite des Geräts oder an externen Quellen auswählen. Die meisten Steuerkabel stellt der Kunde bereit, es sei denn, diese wurden in der Werksbestellung angegeben.

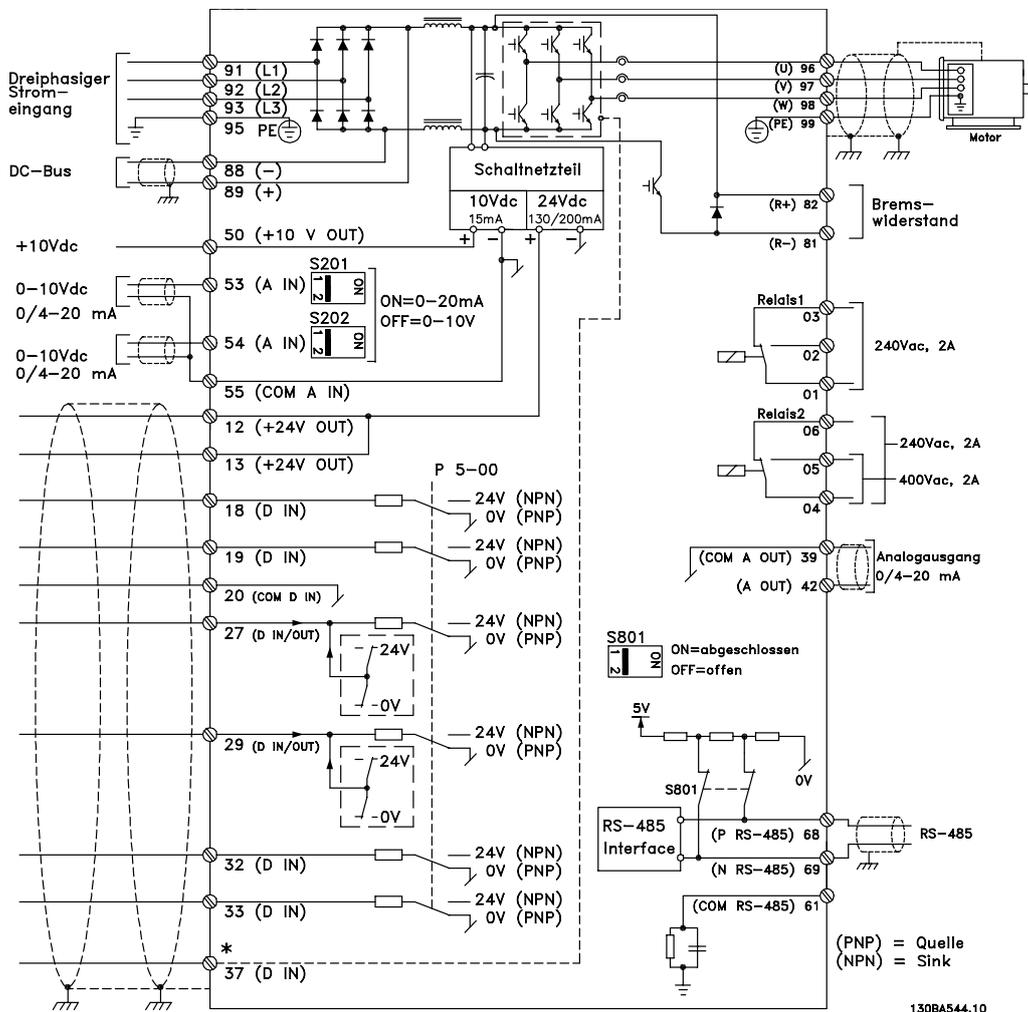


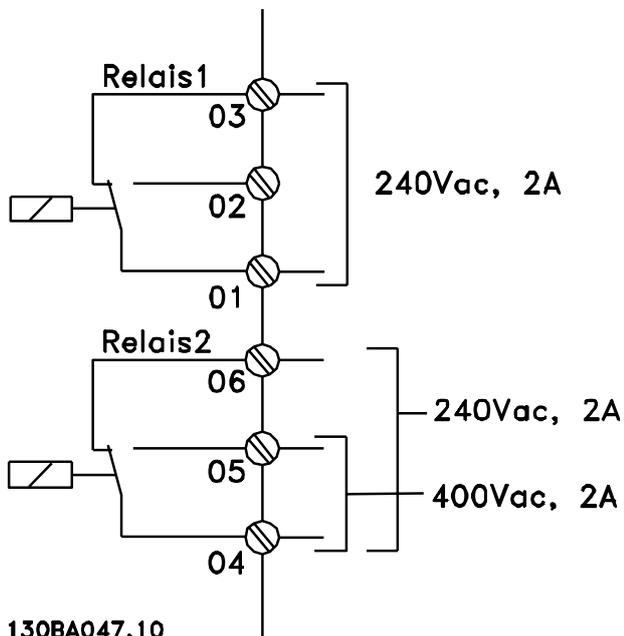
Abbildung 3.24 Anschlussplan des Grundgeräts

A=Analog, D=Digital

\*Klemme 37 (optional) wird für die Funktion Safe Torque Off (STO) verwendet. Installationsanweisungen für Safe Torque Off finden Sie im *Produkt Handbuch Safe Torque Off für VLT®-Frequenzumrichter*.

\*\*Schließen Sie die Abschirmung nicht an.

### 3.6.2 Relaisanschlüsse



Relais	Klemme <sup>1)</sup>	Beschreibung
1	1	Allgemein
	2	Schließer Maximal 240 V
	3	Öffner Maximal 240 V
2	4	Allgemein
	5	Öffner Maximal 240 V
	6	Öffner Maximal 240 V
1	01-02	Schließer (normal offen)
	01-03	Öffner (normal geschlossen)
2	04-05	Schließer (normal offen)
	04-06	Öffner (normal geschlossen)

Abbildung 3.25 Relaisausgänge 1 und 2, Maximale Spannungswerte

1) Um mehr Relaisausgänge hinzuzufügen, installieren Sie das VLT®-Relais-Optionsmodul MCB 105 oder das VLT®-Relais-Optionsmodul MCB 113.

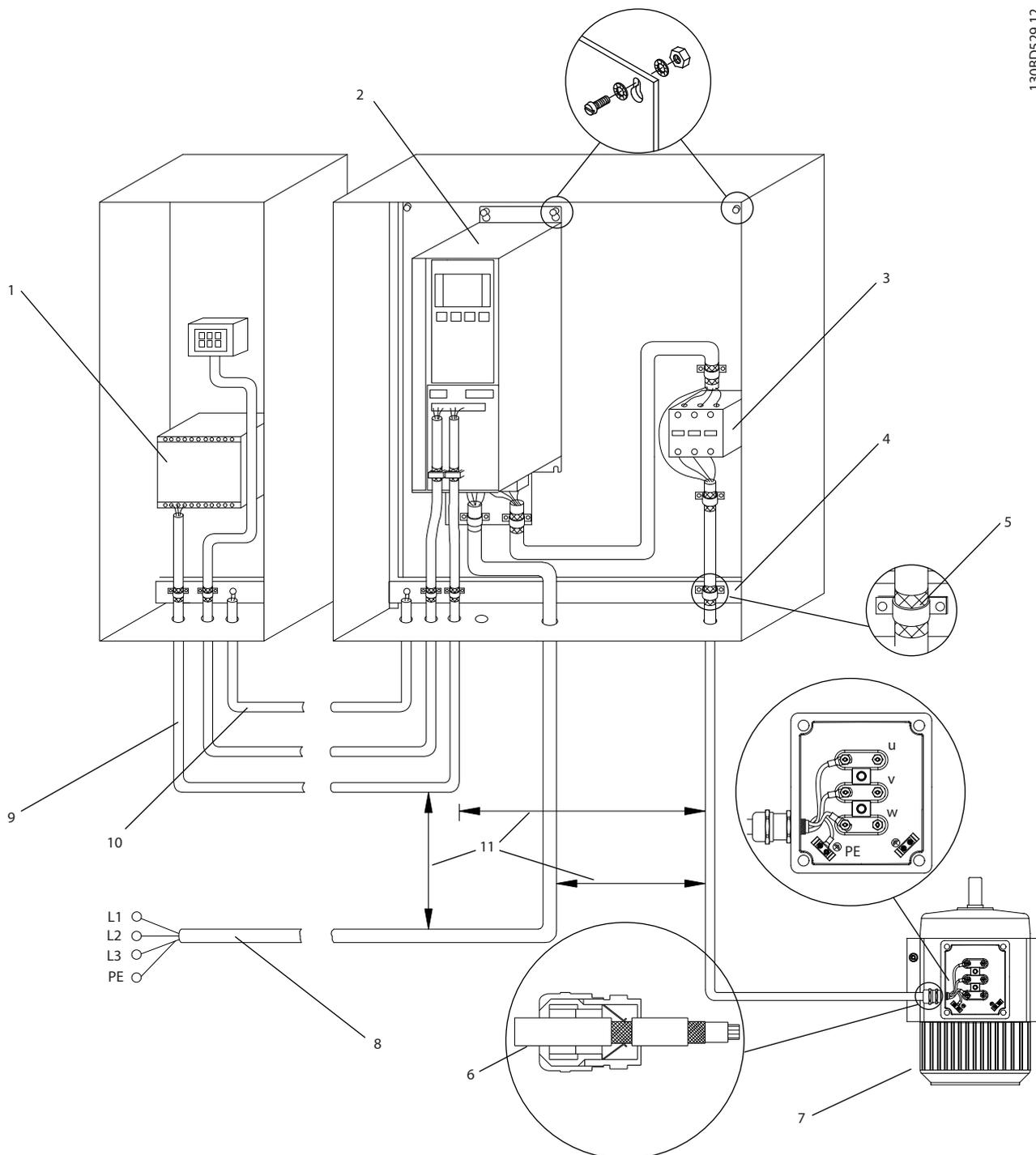
Weitere Informationen über Relais finden Sie unter Kapitel 7 Technische Daten und Kapitel 8.3 Relaisklemmenzeichnungen.

Weitere Informationen über Relaisoptionen finden Sie unter Kapitel 3.8 Optionen und Zubehör.

3.6.3 EMV-konformer elektrischer Anschluss

3

130BD529.12



1	Übergeordnete Steuerung (SPS)	7	Motor, 3-Phasen und PE-Leiter (abgeschirmt)
2	Frequenz- umrichter	8	Netz, 3-Phasen und verstärkter PE-Leiter (nicht abgeschirmt)
3	Ausgangs- schütz	9	Steuerkabel (abgeschirmt)
4	Kabelschelle	10	Potenzialausgleich mit mindestens 16 mm <sup>2</sup>
5	Kabelisolierung (abisoliert)	11	Abstand zwischen Steuerleitung, Motorkabel und Netzkabel: Mindestens 200 mm
6	Kabelverschraubung		

Abbildung 3.26 EMV-konformer elektrischer Anschluss

Weitere Informationen zu EMV finden Sie unter Kapitel 2.5.18 EMV-Konformität und Kapitel 3.2 EMV, Schutz vor Oberschwingungen und Erdableitstrom.

**HINWEIS**

**EMV-STÖRUNGEN**

Verwenden Sie für Motor- und Steuerleitungen abgeschirmte Kabel und verlegen Sie die Kabel für Netzversorgung, Motor- und Steuerleitungen getrennt. Die Nichtbeachtung dieser Vorgabe kann zu nicht vorgesehenem Verhalten oder reduzierter Leistung der Anlage führen. Ein Mindestabstand von 200 mm zwischen Leistungs- und Motorkabeln sowie Steuerleitungen ist erforderlich.

3.7 Planung

3.7.1 Abstand

Für alle Baugrößen ist eine Seite-an-Seite-Installation möglich, außer wenn eine optionale Abdeckung der Schutzart IP21/IP4X/TYP 1 verwendet wird (siehe Kapitel 3.8 Optionen und Zubehör).

**Horizontaler Abstand, IP20**

Die Baugrößen A und B der Schutzart IP20 können Sie Seite an Seite ohne Abstand aufstellen. Achten Sie jedoch auf die richtige Montagereihenfolge. *Abbildung 3.27* zeigt, wie die korrekte Aufstellung durchgeführt wird.

**HINWEIS**

Bei Baugröße A2 und A3 muss zwischen den Frequenzumrichtern ein Abstand von mindestens 40 mm eingehalten werden.

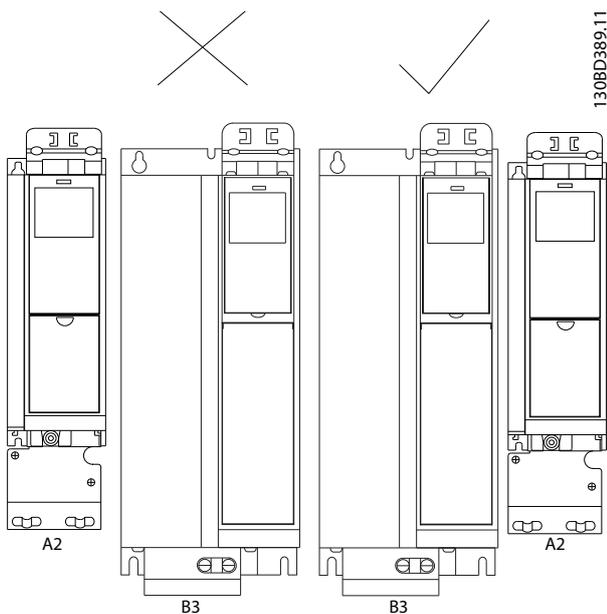


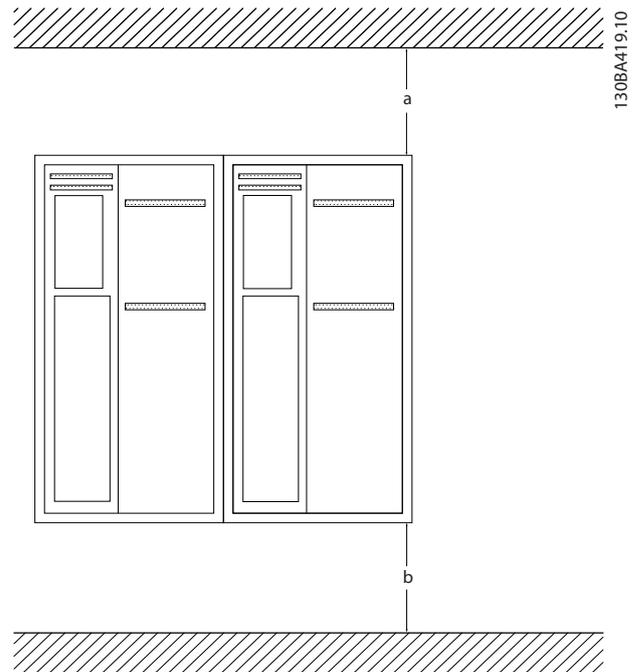
Abbildung 3.27 Korrekte Seite-an-Seite-Installation ohne Abstand

**Horizontaler Abstand, IP21-Gehäuseabdeckung**

Wenn Sie die IP21-Gehäuseabdeckung bei Baugröße A2 oder A3 verwenden, müssen Sie zwischen den Frequenzumrichtern einen Abstand von mindestens 50 mm eingehalten werden.

**Vertikaler Abstand**

Halten Sie für optimale Kühlbedingungen über und unter dem Frequenzumrichter einen Abstand für eine ausreichende Luftzirkulation ein. Siehe *Abbildung 3.28*.



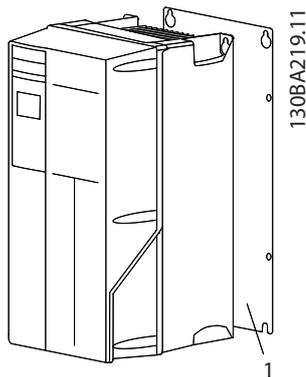
Baugröße	A2/A3/A4/ A5/B1	B2/B3/B4/ C1/C3	C2/C4
a [mm]	100	200	225
b [mm]	100	200	225

Abbildung 3.28 Vertikaler Abstand

3.7.2 Wandmontage

Bei der Installation an einer flachen Wand ist keine Rückwand erforderlich.

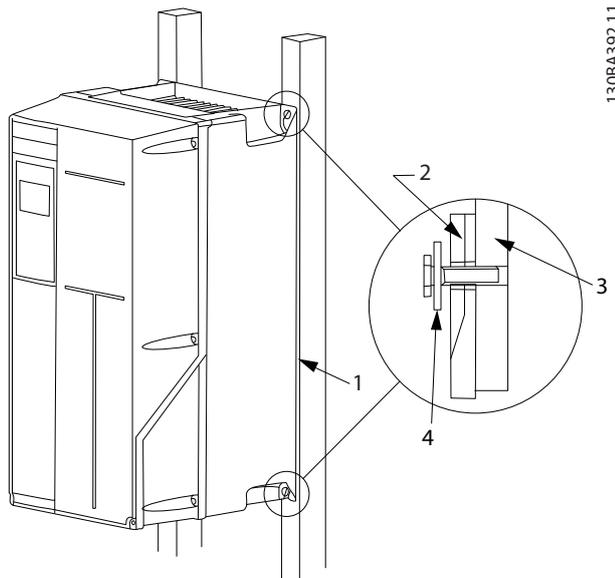
Bei der Installation an einer unebenen Wand müssen Sie die Kühlrippen mit einer Rückwand verwenden, um ausreichend Kühlluft über dem Kühlkörper sicherzustellen. Verwenden Sie die Rückwand nur bei den Bauformen A4, A5, B1, B2, C1 und C2.



1	Rückwand
---	----------

Abbildung 3.29 Montage mit Rückwand

Bei Frequenzumrichtern mit Schutzart IP66 müssen Sie zum Schutz der Epoxidbeschichtung eine Unterlegscheibe aus Faserstoff oder Nylon verwenden.



1	Rückwand
2	Frequenzumrichter mit IP66-Gehäuse
3	Rückwand
4	Unterlegscheibe aus Faserstoff

Abbildung 3.30 Installation mit Rückwand für die Schutzart IP66

### 3.7.3 Zugriff

Um vor der Montage den Zugriff auf die Kabel besser planen zu können, beachten Sie die Zeichnungen in Kapitel 8.1 Netzanschlusszeichnungen und Kapitel 8.2 Motoranschlusszeichnungen.

## 3.8 Optionen und Zubehör

### Optionen

Die Bestellnummern finden Sie in Kapitel 6 Typencode und Auswahl.

#### Netzabschirmung

- Die Lexan®-Abschirmung wird vor die Leistungsklemme und die Netzanschlussplatte montiert, um bei geöffneter Gehäuseklappe vor unbeabsichtigten Berührungen zu schützen.

#### EMV-Filter

- Frequenzumrichter sind standardmäßig mit EMV-Filtern der Klasse A2 ausgestattet. Wenn weiterführende EMV-Schutzmaßnahmen erforderlich sind, verwenden Sie die optionalen EMV-Filter der Klasse A1, die für eine Unterdrückung von Funkstörungen und elektromagnetischer Strahlung gemäß EN 55011 sorgen.

#### Fehlerstromschutzschalter

Arbeitet nach dem Summenstromprinzip, um die Erdschlussströme in geerdeten und hochohmig geerdeten Systemen (TN- und TT-Systeme in der IEC-Terminologie) zu überwachen. Es gibt einen Vorwarn- (50 % des Hauptalarm-Sollwertes) und einen Hauptalarm-Sollwert. Jedem Sollwert ist ein einpoliges Alarmrelais zum externen Gebrauch zugeordnet, der einen externen Aufsteck-Stromwandler erfordert (vom Kunden bereitgestellt und installiert).

- Diese sind in den Kreis „Safe Torque Off“ des Frequenzumrichters integriert.
- IEC 60755 Gerät vom Typ B überwacht gepulste DC und reine DC-Erdschlussströme
- LED-Balkenanzeige des Erdschlussstrompegels von 10–100 % des Sollwertes.
- Fehlerspeicher.
- TEST/RESET-Taste.

#### Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)

Überwacht den Isolationswiderstand zwischen den Phasenleitern und der Masse in nicht geerdeten Systemen (IT-Systeme in der IEC-Terminologie). Für das Isolationsniveau stehen ein ohmscher Vorwarn- und ein Hauptalarm-Sollwert zur Verfügung. Jedem Sollwert ist ein einpoliges Alarmrelais zum externen Gebrauch zugeordnet.

### HINWEIS

Sie können an jedes nicht geerdete System (IT-Netz) nur eine Isolationswiderstandsüberwachung anschließen.

- Diese sind in den Kreis „Safe Torque Off“ des Frequenzumrichters integriert.
- LCD-Display des Isolationswiderstands
- Fehlerspeicher.
- INFO-, TEST- und RESET-Tasten.

### Sicherungen

- Sicherungen werden als Schutz des Frequenzumrichters vor Überströmen empfohlen. Sicherungen dienen zur Begrenzung von Schäden am Frequenzumrichter und reduzieren die Wartungszeit bei einem Ausfall auf ein Minimum. Sicherungen sind erforderlich, um die Zulassung für Schiffsanwendungen zu erfüllen.

### Trennschalter

- Durch einen an der Tür montierten Griff ist die manuelle Bedienung eines Leistungstrennschalters möglich. Somit können Sie die Stromzufuhr zum Frequenzumrichter aktivieren und deaktivieren, wodurch während der Wartung eine verbesserte Sicherheit sichergestellt wird. Der Trennschalter ist mit den Gehäuseklappen verriegelt, damit diese nicht bei noch aktivierter Stromversorgung geöffnet werden.

### Hauptschalter

- Einen Hauptschalter können Sie manuell oder per Fernsteuerung auslösen, müssen ihn jedoch manuell wieder zurücksetzen. Hauptschalter sind mit den Gehäuseklappen verriegelt, damit diese nicht bei noch aktivierter Stromversorgung geöffnet werden. Bei Bestellung eines optionalen Hauptschalters sind im Lieferumfang auch Halbleitersicherungen enthalten, die zum Schutz des Frequenzumrichters vor Überströmen dienen.

### Schütze

- Ein elektrisch gesteuerter Schütz ermöglicht die ferngesteuerte Aktivierung und Deaktivierung der Stromversorgung des Frequenzumrichters. Bei Bestellung des optionalen IEC-Not-Aus überwacht das Pilz-Sicherheitsrelais einen Hilfskontakt am Schütz.

### Manuelle Motorstarter

Liefert dreiphasigen Strom für elektrische Kühlgebläse, die häufig für größere Motoren benötigt werden. Der Strom für die Starter wird lastseitig sowie auf der Eingangsseite des optionalen EMV-Filters der Klasse 1 durch ein mit Strom versorgtes Schütz, einen Hauptschalter oder einen Trennschalter bereitgestellt. Vor jedem Motorstarter befindet sich eine Sicherung, und die Stromversorgung wird abgeschaltet, wenn die Stromversorgung des Frequenzumrichters unterbrochen wird. Sie können bis zu 2 Starter einsetzen (nur einer, wenn Sie eine abgesicherte Schaltung mit 30 A bestellen). Die Motorstarter werden in die Safe Torque Off-Schaltung des Frequenzumrichters eingebaut.

Zu den Gerätefunktionen zählen:

- Betriebsschalter (ein/aus).
- Kurzschluss- und Überlastschutz mit Testfunktion.
- Manuelle Quittierfunktion.

### Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen

- Dreiphasiger Strom, der mit der eingehenden Netzspannung übereinstimmt, um kundenseitige Nebengeräte zu versorgen.
- Nicht verfügbar, wenn Sie 2 manuelle Motorstarter ausgewählt haben.
- Die Klemmen sind ausgeschaltet, wenn die Stromversorgung des Frequenzumrichters unterbrochen ist.
- Der Strom für die durch Sicherung geschützten Klemmen wird lastseitig und auf der Eingangsseite des optionalen EMV-Filters der Klasse 1 durch ein mit Strom versorgtes Schütz, einen Hauptschalter oder einen Trennschalter geliefert.

### 24 V DC-Versorgung

- 5 A, 120 W, 24 V DC.
- Gegen Ausgangs-Überstrom, Überlast, Kurzschlüsse und Übertemperatur geschützt.
- Für die Versorgung von kundenseitig bereitgestellten Zusatzgeräten wie Fühler, SPS-I/O, Schütze, Temperaturfühler, Anzeigeleuchten und/oder anderer elektronischer Hardware.
- Zu den Diagnosewerkzeugen zählen ein potenzialfreier DC-OK-Kontakt, eine grüne DC-OK-LED und eine rote Überlast-LED.

### Externe Temperaturüberwachung

- Zur Überwachung der Temperatur von externen Systemkomponenten, wie etwa Motorwicklungen und/oder -lager. Beinhaltet acht universelle Eingangsmodule sowie zwei spezielle Thermistor-Eingangsmodule. Alle zehn Module sind in die STO-Schaltung des Frequenzumrichters integriert und können über ein Feldbus-Netzwerk überwacht werden (erfordert den Kauf eines separaten Modul-/Bus-Kopplers). Bestellen Sie die Bremsoption „Safe Torque off“ und wählen Sie damit die externe Temperaturüberwachung aus.

### Serielle Kommunikation

#### VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101

- PROFIBUS DP V1 bietet Ihnen umfassende Kompatibilität, hohe Verfügbarkeit, Unterstützung für alle führenden SPS-Anbieter und Kompatibilität mit künftigen Ausführungen.
- Schnelle, effiziente Kommunikation, transparente Installation, erweiterte Diagnose und Parametrierung und Autokonfiguration von Prozessdaten per GSD-Datei
- Azyklische Parametrierung mittels PROFIBUS DP-V1, PROFIdrive oder Danfoss FC-Profil, PROFIBUS DP-V1, Master-Klasse 1 und 2

- Bestellnummern:
  - 130B1100 unbeschichtet.
  - 130B1200 beschichtet (Klasse G3/ISA S71.04-1985).

**VLT® LonWorks für ADAP-KOOL® MCA 107**

- Kontinuierlicher Austausch von Nachrichten zwischen mehreren Prozessoren.
- Ermöglicht direkte Kommunikation zwischen einzelnen Netzwerkgeräten.

**VLT® PROFINET MCA 120**

Die PROFINET-Option ermöglicht Anschluss an auf PROFINET basierende Netzwerke über das PROFINET-Protokoll. Die Option kann eine einzelne Verbindung mit einer API (Actual Packet Intervall) von 1 ms in beiden Richtungen bedienen.

- Integrierter Web-Server zur Ferndiagnose und zum Auslesen grundlegender Parameter des Frequenzumrichters
- Ein E-Mail-Benachrichtigungs-Service kann eingerichtet werden, der beim Eintreten oder Quittieren von bestimmten Warn- oder Alarmmeldungen E-Mail-Nachrichten an einen oder mehrere Adressaten versendet.
- TCP/IP für einfachen Zugriff auf Frequenzumrichter-Konfigurationsdaten über MCT 10 Konfigurationssoftware.
- Hochladen und Herunterladen der FTP (File Transfer Protocol)-Datei
- Unterstützung des DCP (Discovery and Configuration Protocol)

**Weitere Optionen****VLT®-Universal-E/A MCB 101**

Die E/A-Option erweitert die Anzahl der frei programmierbaren Steuerein- und -ausgänge um folgende Schnittstellen:

- 3 Digitaleingänge 0-24 V: Logik 0 < 5 V; Logik 1 > 10 V
- 2 Analogeingänge 0-10 V: Auflösung 10 Bit plus Vorzeichen
- 2 Digitalausgänge NPN/PNP umschaltbar
- 1 Analogausgang 0/4-20 mA
- Federzugklemmen
- Separate Parametereinstellungen
- Bestellnummern:
  - 130B1125 unbeschichtet
  - 130B1212 beschichtet (Klasse G3/ISA S71.04-1985)

**VLT®-Relaisoption MCB 105**

Ermöglicht die Erweiterung des Umrichters um drei zusätzliche Relaisausgänge.

- Maximaler Belastungsstrom der Klemme: AC-1 Ohmsche Last: 240 V AC, 2 A, AC-15
- Induktive Last @cos  $\phi$  0,4: 240 V AC, 0,2 A, DC-1
- Ohmsche Last: 24 V DC, 1 A, DC-13
- Induktive Last: @cos  $\phi$  0,4: 24 V DC, 0,1 A
- Minimaler Belastungsstrom der Klemme: DC 5 V: 10 mA.
- Maximale Taktfrequenz bei Nennlast/min. Last: 6 min-1/20 s-1
- Bestellnummern:
  - 130B1110 unbeschichtet
  - 130B1210 beschichtet (Klasse G3/ISA S71.04-1985)

**VLT®-Analog-E/A-Option MCB 109**

Diese Analog-E/A-Option wird problemlos am Frequenzumrichter angebracht. Somit profitieren Sie von einer erweiterten Leistung und Steuerung durch zusätzliche Eingänge/Ausgänge. Diese Option stattet den Frequenzumrichter zusätzlich mit einer externen Batterie aus, die die in den Frequenzumrichter integrierte Uhr puffert. Hierdurch ist ein stabiler Betrieb aller Uhrfunktionen des Frequenzumrichters wie z. B. Zeitablaufsteuerungen möglich.

- 3 Analogeingänge, jeweils für Spannungs- und Temperatureingänge konfigurierbar
- Anschluss von 0-10-V-Analogsignalen sowie von PT1000- und NI1000-Temperatureingängen
- 3 Analogausgänge, jeweils als 0-10-V-Ausgänge konfigurierbar
- Enthält eine externe Pufferbatterie für die Standard-Uhrfunktion im Frequenzumrichter. Die externe Batterie hält je nach Umgebung in der Regel ca. 10 Jahre.
- Bestellnummern:
  - 130B1143 unbeschichtet
  - 130B1243 beschichtet (Klasse G3/ISA S71.04-1985)

**VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113**

Die erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113 steigert die Flexibilität des Frequenzumrichters mit zusätzlichen Ein-/Ausgängen.

- 7 Digitaleingänge
- 2 Analogausgänge
- 4 einpolige Lastrelais
- Erfüllt NAMUR-Empfehlungen

- Galvanisch getrennt
- Bestellnummern:
  - 130B1164 unbeschichtet
  - 130B1264 beschichtet

#### VLT®-24 V DC-Versorgungsoption MCB 107

Die Option wird zum Anschluss einer externen DC-Versorgung verwendet, damit die Steuerkarte und alle installierten Optionen bei einem Netzstromausfall weiter versorgt werden.

- Eingangsspannungsbereich: 24 V DC  $\pm 15$  % (max. 37 V in 10 s).
- Maximaler Eingangsstrom: 2,2 A
- Maximale Kabellänge: 75 m
- Eingangskapazitätslast: <10  $\mu$ F
- Einschaltverzögerung: < 0,6 s.
- Die Option können Sie problemlos in Frequenzumrichtern in vorhandenen Maschinen installieren
- Erhält die Funktion von Steuerkarte und -optionen bei Stromausfällen aufrecht
- Hält Feldbusse während Stromausfällen aktiv
- Bestellnummern:
  - 130B1108 unbeschichtet
  - 130B1208 beschichtet (Klasse G3/ISA S71.04-1985)

### 3.8.1 Kommunikationsoptionen

- VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101
- VLT® AK-LonWorks MCA 107
- VLT® PROFINET MCA 120

Weitere Informationen finden Sie in *Kapitel 7 Technische Daten*.

### 3.8.2 Eingang/Ausgang, Istwert- und Sicherheitsoptionen

- VLT®-Universal-E/A-Modul MCB 101
- VLT®-Relaiskarte MCB 105
- VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113

Weitere Informationen finden Sie in *Kapitel 7 Technische Daten*.

### 3.8.3 Sinusfilter

Steuert ein Frequenzumrichter einen Motor, sind aus dem Motor Resonanzgeräusche zu hören. Die Geräusche, verursacht durch die Motorkonstruktion, treten immer bei der Ummagnetisierung des Blechpakets auf. Die Frequenz der Resonanzgeräusche entspricht somit der Taktfrequenz des Frequenzumrichters.

Danfoss bietet einen Sinusfilter zur Dämpfung der akustischen Motorgeräusche an.

Der Filter verringert die Rampe-Auf Zeit der Spannung, die Spitzenlastspannung  $U_{PEAK}$  und den Rippel-Strom  $\Delta I$  zum Motor. Das heißt, dass Strom und Spannung beinahe sinusförmig werden. Folglich reduzieren sich die akustischen Motorgeräusche auf ein Minimum.

Auch der Rippel-Strom in den Spulen des Sinusfilters verursacht Geräusche. Dieses Problem können Sie durch Einbau des Filters in einen Schaltschrank oder ein ähnliches Gehäuse beseitigen.

### 3.8.4 du/dt-Filter

Danfoss bietet dU/dt-Filter. Hierbei handelt es sich um Gegentakt-Tiefpassfilter, die Spannungsspitzen an den Motorklemmen verringern und die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit bis auf ein Niveau senken, auf dem die Belastung der Motorwicklungsisolierung reduziert wird. Dies ist besonders bei kurzen Motorkabeln von Bedeutung.

Im Vergleich zu Sinusfiltern (siehe *Kapitel 3.8.3 Sinusfilter*) haben die du/dt-Filter eine Trennfrequenz über der Taktfrequenz.

### 3.8.5 Oberschwingungsfilter

Die VLT® AHF 005 und AHF 010 sind erweiterte Oberschwingungsfilter (Advanced Harmonic Filter – AHF), die nicht mit herkömmlichen Oberschwingungsfiltern zu vergleichen sind. Die Danfoss-Oberschwingungsfilter sind speziell an die Danfoss-Frequenzumrichter angepasst.

Bei Anschluss der Danfoss-Oberschwingungsfilter AHF 005 oder AHF 010 vor einem Danfoss-Frequenzumrichter reduzieren diese die in das Netz zurückgespeiste Gesamt-Oberschwingungsstromverzerrung auf 5 % bzw. 10 %.

3

### 3.8.6 Gehäuseabdeckung IP21/NEMA Typ 1

IP20/IP4X (obere Abdeckung)/NEMA TYP 1 ist ein optionales, für IP20-Geräte verfügbares Gehäuseelement. Wenn die Gehäuseabdeckung verwendet wird, wird die IP20-Einheit aufgerüstet, auf die Schutzart IP21/4X (obere Abdeckung)/TYP 1 entsprechend.

Die obere IP4X-Gehäuseabdeckung kann bei allen IP20 FC 103-Standardvarianten verwendet werden.

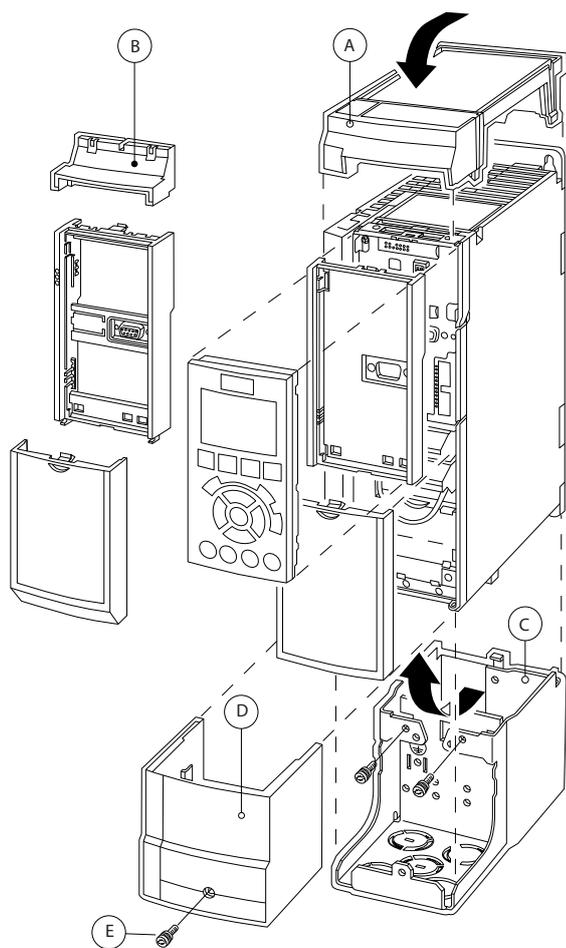
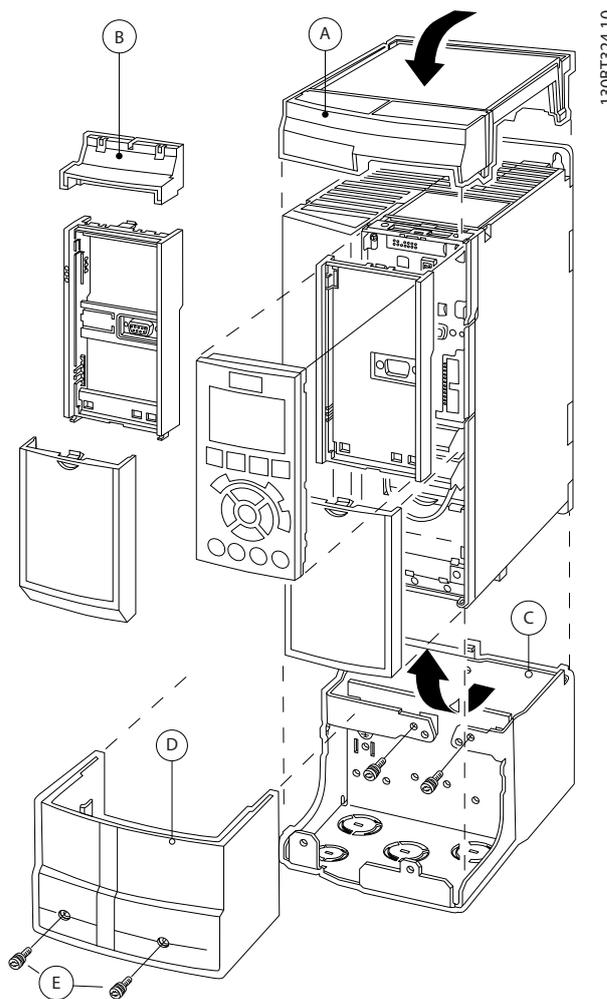


Abbildung 3.31 Baugröße A2



A	Abdeckplatte
B	Obere Blende
C	Socketteil
D	Untere Abdeckung
E	Schraube(n)

Abbildung 3.32 Baugröße A3

1. Positionieren Sie die obere Abdeckung wie abgebildet. Bei Verwendung einer A- oder B-Option muss die obere Blende zum Verdecken des oberen Einlasses angebracht werden.
2. Platzieren Sie den Socketteil C an der Unterseite des Frequenzumrichters.
3. Verwenden Sie die Schellen aus dem Beutel mit Zubehör zum ordnungsgemäßen Befestigen der Kabel.

Öffnungen für Kabelverschraubungen:

- Größe A2: 2 x M25 und 3 x M32
- Größe A3: 3 x M25 und 3 x M32

Gehäusotyp	Höhe A [mm]	Breite B [mm]	Tiefe C <sup>1)</sup> [mm]
A2	372	90	205
A3	372	130	205
B3	475	165	249
B4	670	255	246
C3	755	329	337
C4	950	391	337

Tabelle 3.17 Abmessungen

1) Wenn Option A/B verwendet wird, vergrößert sich die Tiefe (detaillierte Informationen finden Sie in Kapitel 7.9 Nennleistungen, Gewicht und Abmessungen)

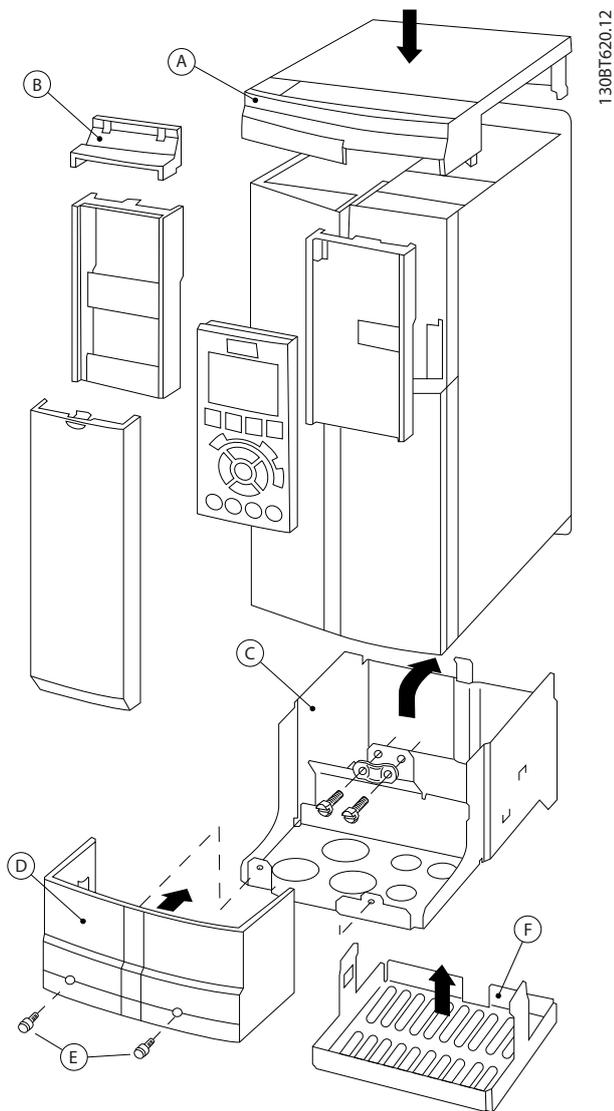


Abbildung 3.33 Baugröße B3

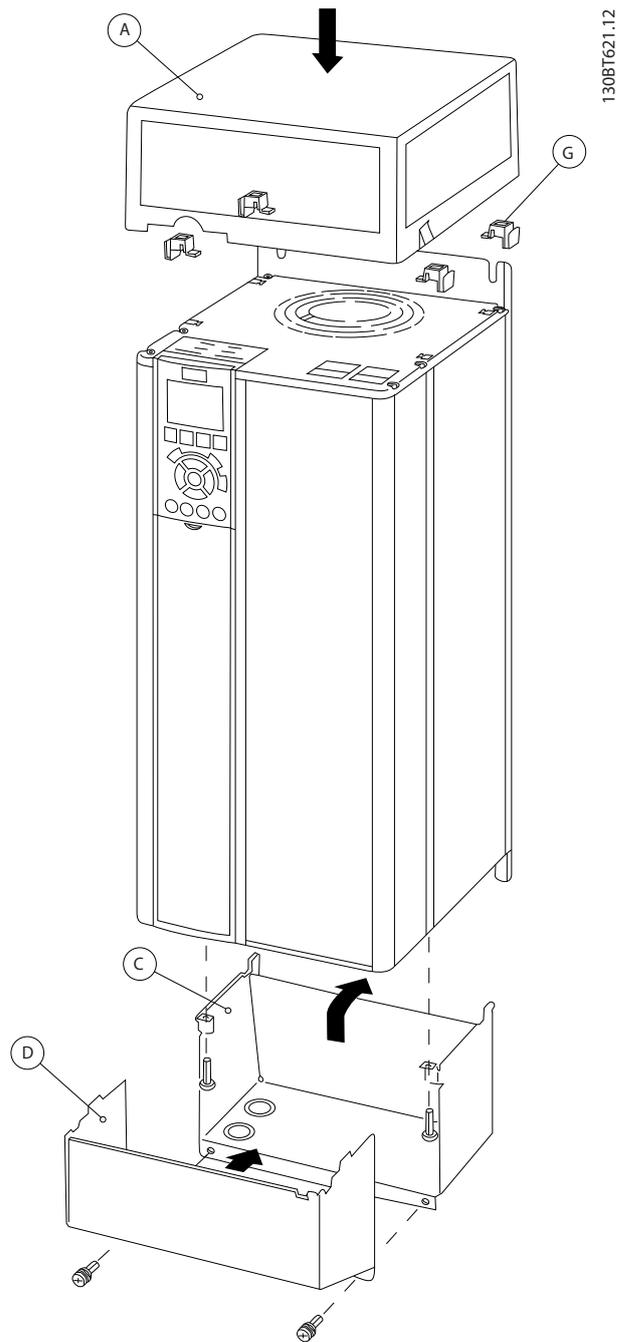


Abbildung 3.34 Baugrößen B4, C3 und C4

A	Abdeckplatte
B	Obere Blende
C	Sockelteil
D	Untere Abdeckung
E	Schraube(n)
F	Lüfterabdeckung
G	Obere Klammer

Tabelle 3.18 Legende zu Abbildung 3.33 und Abbildung 3.34

Wenn Optionsmodul A und/oder Optionsmodul B verwendet wird/werden, befestigen Sie die obere Blende (B) an der Abdeckplatte (A).

**HINWEIS**

Eine Seite-an-Seite-Aufstellung ist bei Verwendung des Gehäusesatzes IP21/IP4X/TYP 1 nicht möglich.

3

3.8.7 Gleichaktfilter

Hochfrequenz-Gleichaktkerne (HF-CM-Kerne) verringern elektromagnetische Störungen und eliminieren Lagerschäden durch elektrische Entladungen. Bei diesen handelt es sich um nanokristalline Magnetkerne, die im Vergleich zu normalen Ferritkernen höhere Filterleistungen aufweisen. Der HF-CM-Kern verhält sich wie eine Gleichstromdrossel zwischen Phasen und Erde.

Bei Installation um die drei Motorphasen (U, V, W) reduzieren die Gleichaktfilter hochfrequente Gleichaktströme. Als Ergebnis werden hochfrequente elektromagnetische Störungen vom Motorkabel verringert.

Die Anzahl der erforderlichen Kerne ist abhängig von der Länge des Motorkabels und von der Spannung des Frequenzumrichters. Jeder Satz besteht aus zwei Kernen. Informationen zur erforderlichen Anzahl an Kernen finden Sie in *Tabelle 3.19*.

Kabellänge <sup>1)</sup> [m]	Baugröße				
	A und B		C		D
	T2/T4	T7	T2/T4	T7	T7
50	2	4	2	2	4
100	4	4	2	4	4
150	4	6	4	4	4
300	4	6	4	4	6

Tabelle 3.19 Anzahl der Kerne

1) Wenn längere Kabel erforderlich sind, setzen Sie zusätzliche HF-CM-Kerne ein.

Um die HF-CM-Kerne anzubringen, führen Sie die drei Motorphasenkabel (U, V, W) durch jeden einzelnen Kern (siehe *Abbildung 3.35*).

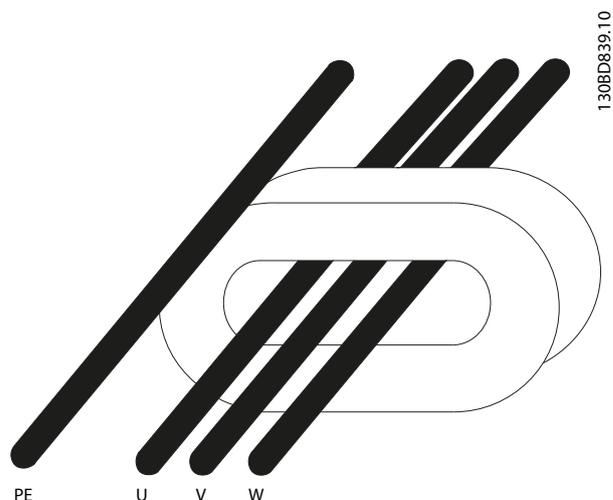


Abbildung 3.35 HF-CM-Kern mit Motorphasen

3.8.8 LCP-Einbausatz

Sie können die LCP Bedieneinheit durch Verwendung eines Fern-Einbausatzes in die Schaltschranktür integrieren. Ziehen Sie die Befestigungsschrauben mit einem Drehmoment von max. 1 Nm an.

Das LCP hat die Schutzart IP66.

Gehäuse	Vorderseite IP66
Maximale Kabellänge zwischen LCP und Gerät	3 m
Standardmäßige Kommunikationsschnittstelle	RS485

Tabelle 3.20 Technische Daten

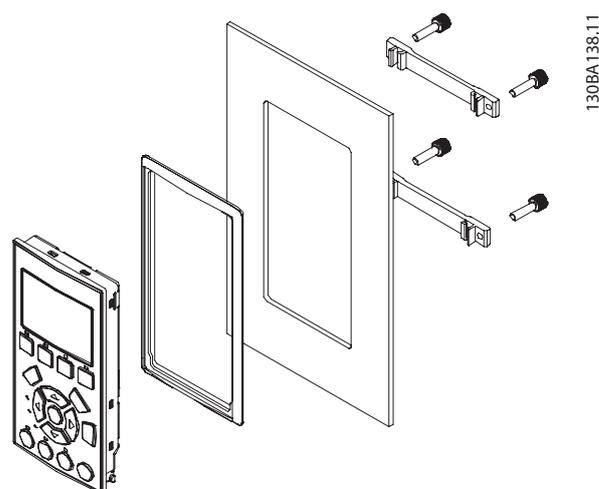


Abbildung 3.36 LCP-Einbausatz mit grafischer LCP-Bedieneinheit, Befestigungselementen, 3-m-Kabel und Dichtung Bestellnummer 130B1113

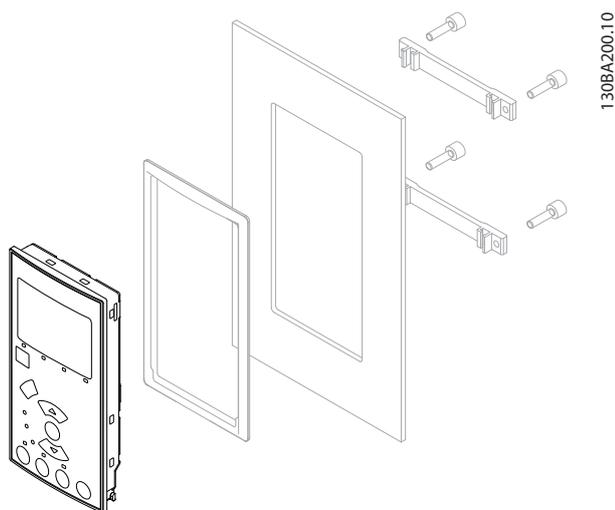


Abbildung 3.37 LCP-Einbausatz mit numerischer LCP-Bedien-  
einheit, Befestigungselementen und Dichtung  
Bestellnummer 130B1114

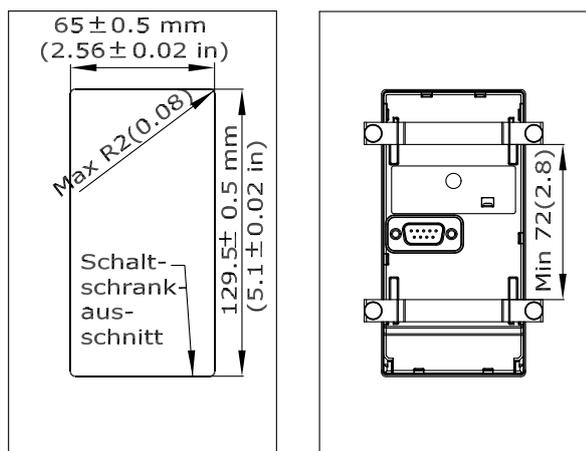


Abbildung 3.38 Abmessungen des LCP-Einbausatzes

### 3.8.9 Montagebügel für die Baugrößen A5, B1, B2, C1 und C2

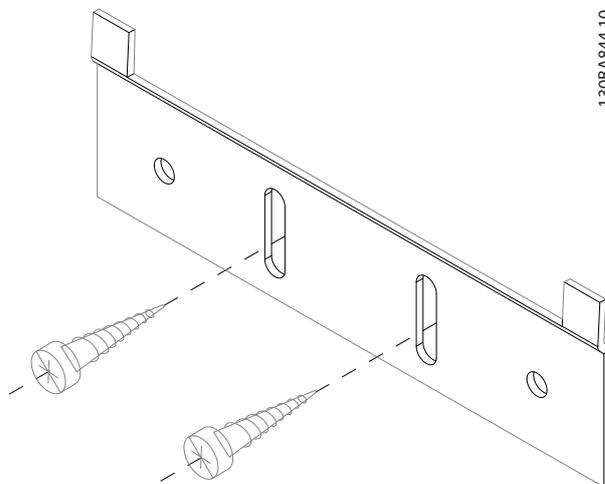


Abbildung 3.39 Untere Halterung

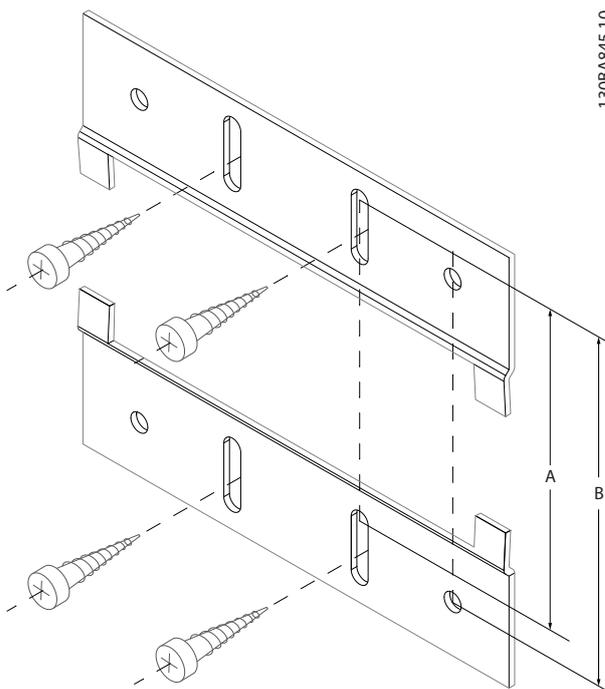


Abbildung 3.40 Obere Halterung

Siehe Abmessungen in *Tabelle 3.21*.

Baugröße	IP	A [mm]	B [mm]	Bestellnummer
A5	55/66	480	495	130B1080
B1	21/55/66	535	550	130B1081
B2	21/55/66	705	720	130B1082
B3	21/55/66	730	745	130B1083
B4	21/55/66	820	835	130B1084

Tabelle 3.21 Einzelheiten zu den Befestigungskonsolen

### 3.9 Serielle Schnittstelle RS485

#### 3.9.1 Übersicht

RS485 ist eine Zweileiter-Busschnittstelle, die mit einer busförmigen Netztopologie kompatibel ist. Knoten können als Bus oder über Übertragungskabel (Nahbuskabel) an eine gemeinsame Abnehmerleitung angeschlossen werden. Es können insgesamt 32 Teilnehmer (Knoten) an ein Netzwerksegment angeschlossen werden. Netzwerksegmente sind durch Busverstärker (Repeater) unterteilt, siehe *Abbildung 3.41*.

#### HINWEIS

Jeder Repeater fungiert in dem Segment, in dem er installiert ist, als Teilnehmer. Jeder mit einem Netzwerk verbundene Teilnehmer muss über alle Segmente hinweg eine einheitliche Teilnehmeradresse aufweisen.

Schließen Sie die Segmente an beiden Endpunkten ab – entweder mit Hilfe des Terminierungsschalters (S801) des Frequenzumrichters oder mit einem Abschlusswiderstand. Verwenden Sie stets ein STP-Kabel (Screened Twisted Pair) für die Busverdrahtung, und beachten Sie die bewährten Installationsverfahren.

Eine Erdverbindung der Abschirmung mit geringer Impedanz an allen Knoten ist wichtig, auch bei hohen Frequenzen. Schließen Sie daher die Abschirmung großflächig an Masse an, z. B. mit einer Kabelschelle oder einer leitfähigen Kabelverschraubung. Möglicherweise müssen Sie Potenzialausgleichskabel verwenden, um im Netz das gleiche Erdungspotenzial zu erhalten – insbesondere bei Installationen mit langen Kabeln. Um eine nicht übereinstimmende Impedanz zu verhindern, müssen Sie im gesamten Netzwerk immer den gleichen Kabeltyp verwenden. Beim Anschluss eines Motors an den Frequenzumrichter ist immer ein abgeschirmtes Motorkabel zu verwenden.

Kabel	Screened Twisted Pair (STP - verdrehte Zweidrahtleitung)
Impedanz [ $\Omega$ ]	120
Kabellänge [m]	Maximal 1200 (einschließlich Abzweigleitungen) Maximal 500 von Station zu Station

Tabelle 3.22 Kabelspezifikationen

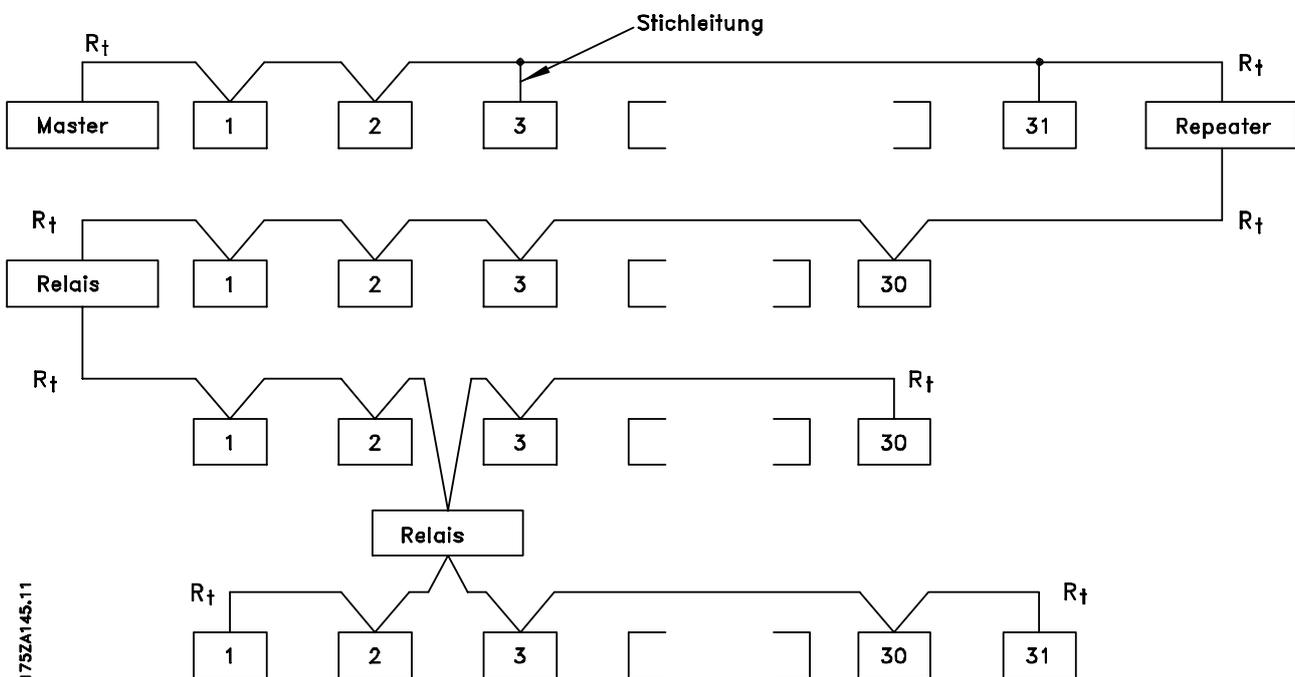


Abbildung 3.41 RS485-Busschnittstelle

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 8-30 F	
+24 V	13	C-Protokoll	FC-Profil*
D IN	18	Parameter 8-31 A	1*
D IN	19	Adresse	
COM	20	Parameter 8-32 B	9600*
D IN	27	Baudrate	
D IN	29	* = Werkseinstellung	
D IN	32	<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Wählen Sie in den oben genannten Parametern Protokoll, Adresse und Baudrate. DIN 37 ist eine Option.	
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
R1	01		
	02		
	03		
R2	04		
	05		
	06		
	61		
	68		
	69		

Tabelle 3.23 RS485-Netzwerkverbindung

### 3.9.2 Netzwerkverbindung

Mittels der RS485-Standardschnittstelle können Sie einen oder mehrere Frequenzrichter an einen Regler (oder Master) anschließen. Klemme 68 ist an das P-Signal (TX+, RX+) und Klemme 69 an das N-Signal (TX-, RX-) anzuschließen. Siehe Zeichnungen in Kapitel 3.6.1 Anschlussdiagramm.

Sollen mehrere Frequenzrichter an einen Master angeschlossen werden, verdrahten Sie die Schnittstellen parallel.

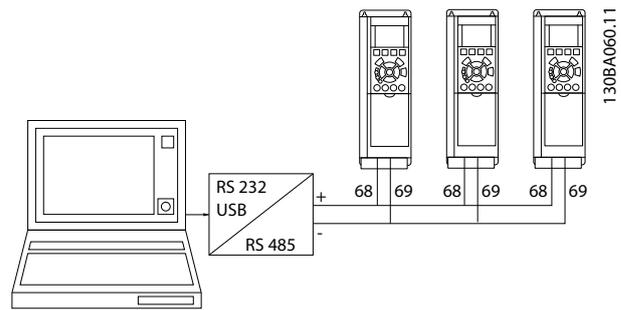


Abbildung 3.42 Parallele Verdrahtung

Zur Vermeidung von Potenzialausgleichsströmen über die Abschirmung führen Sie die Verkabelung gemäß Abbildung 3.24 durch.

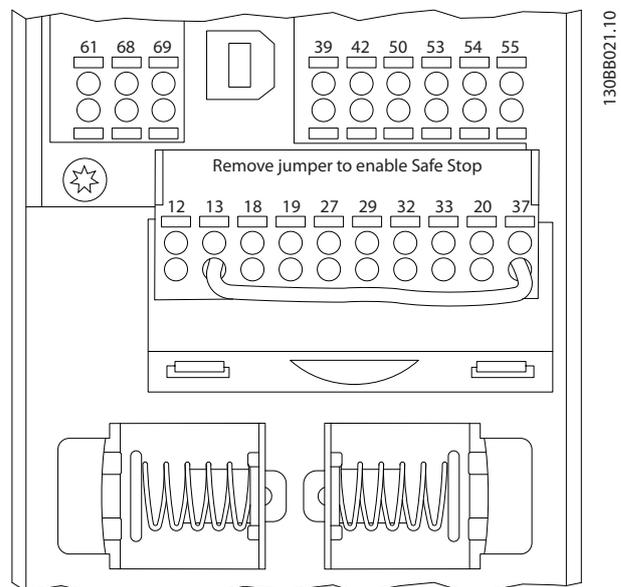


Abbildung 3.43 Steuerkartenklemmen

### 3.9.3 RS485-Busabschluss

Schließen Sie den RS485-Bus an beiden Endpunkten mit einem Widerstandsnetzwerk ab. Hierzu ist Schalter S801 auf der Steuerkarte auf „ON“ zu stellen.

Stellen Sie das Kommunikationsprotokoll auf Parameter 8-30 FC-Protokoll ein.

### 3.9.4 EMV-Schutzmaßnahmen

Die folgenden EMV-Schutzmaßnahmen werden empfohlen, um den störungsfreien Betrieb des RS485-Netzwerks zu erreichen.

Beachten Sie die einschlägigen nationalen und lokalen Vorschriften und Gesetze, zum Beispiel im Hinblick auf die

Schutzerdung. Halten Sie das RS485-Kommunikationskabel von Motor- und Bremswiderstandskabeln fern, um das Einkoppeln von Hochfrequenzstörungen von einem Kabel zum anderen zu vermeiden. Normalerweise genügt ein Abstand von 200 mm, aber halten Sie den größtmöglichen Abstand zwischen den Kabeln ein, insbesondere wenn diese über weite Strecken parallel laufen. Lässt sich das Kreuzen der Kabel nicht vermeiden, muss das RS485-Kabel in einem Winkel von 90° über Motorkabel geführt werden.

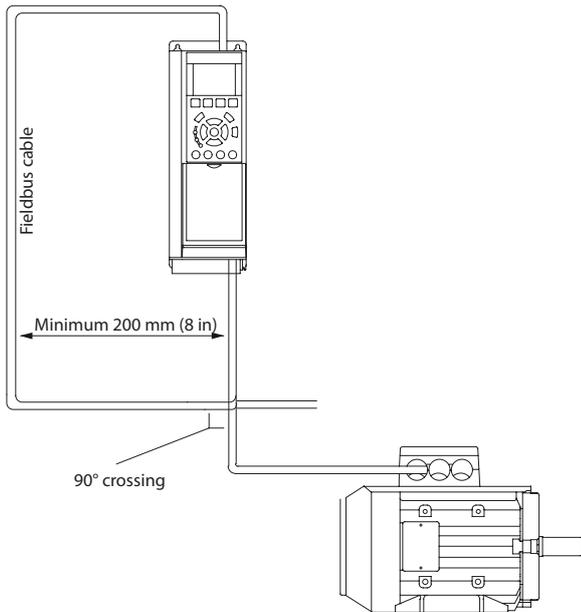


Abbildung 3.44 Kabelverlegung

### 3.9.5 Übersicht zum FC-Protokoll

Das FC-Protokoll, das auch als FC-Bus oder Standardbus bezeichnet wird, ist der Standardfeldbus von Danfoss. Es definiert ein Zugriffsverfahren nach dem Master/Follower-Prinzip für die Kommunikation über einen Feldbus. Sie können maximal 126 Follower und einen Master an die Schnittstelle anschließen. Die einzelnen Follower werden vom Master über ein Adresszeichen im Telegramm angewählt. Nur wenn ein Follower ein fehlerfreies, an ihn adressiertes Telegramm empfangen hat, sendet er ein Antworttelegramm. Die direkte Nachrichtenübertragung unter Followern ist nicht möglich. Die Datenübertragung findet im Halbduplex-Betrieb statt. Die Master-Funktion kann nicht auf einen anderen Teilnehmer übertragen werden (Ein-Master-System).

Die physikalische Schicht ist RS485 und nutzt damit die im Frequenzumrichter integrierte RS485-Schnittstelle. Das FC-Protokoll unterstützt unterschiedliche Telegrammformate:

- Ein kurzes Format mit 8 Bytes für Prozessdaten.
- Ein langes Format von 16 Bytes, das außerdem einen Parameterkanal enthält.

- Ein Format für Text.

### 3.9.6 Netzwerkkonfiguration

Legen Sie folgende Parameter fest, um das FC-Protokoll für den Frequenzumrichter zu aktivieren:

Parameternummer	Einstellung
Parameter 8-30 FC-Protokoll	FC
Parameter 8-31 Adresse	1–126
Parameter 8-32 Baudrate	2400–115200
Parameter 8-33 Parität/Stopbits	Gerade Parität, 1 Stopbit (Werkseinstellung)

Tabelle 3.24 Parameter des FC-Protokolls

### 3.9.7 Aufbau der Telegrammblöcke für FC-Protokoll

#### 3.9.7.1 Inhalt eines Zeichens (Byte)

Jedes übertragene Zeichen beginnt mit einem Startbit. Danach werden 8 Datenbits übertragen, was einem Byte entspricht. Jedes Zeichen wird über ein Paritätsbit abgesichert, das auf 1 gesetzt wird, wenn Parität gegeben ist. (d. h. eine gleiche Anzahl binärer Einsen in den 8 Datenbits und dem Paritätsbit zusammen). Ein Zeichen endet mit einem Stopbit und besteht somit aus insgesamt 11 Bits.

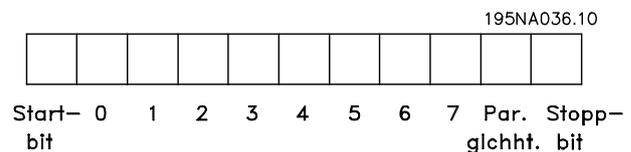


Abbildung 3.45 Inhalt eines Zeichens

#### 3.9.7.2 Telegrammaufbau

Jedes Telegramm ist folgendermaßen aufgebaut:

- Startzeichen (STX) = 02 Hex
- Ein Byte zur Angabe der Telegrammlänge (LGE)
- Ein Byte zur Angabe der Adresse des Frequenzumrichters (ADR)

Danach folgen verschiedene Nutzdaten (variabel, abhängig vom Telegrammtyp).

Das Telegramm schließt mit einem Datensteuerbyte (BCC).

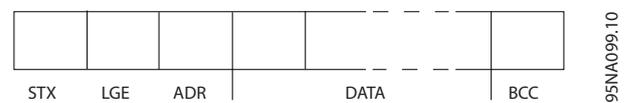


Abbildung 3.46 Telegrammaufbau

### 3.9.7.3 Telegrammlänge (LGE)

Die Telegrammlänge ist die Anzahl der Datenbytes plus Adressbyte ADR und Datensteuerbyte BCC.

4 Datenbyte	LGE = 4 + 1 + 1 = 6 Byte
12 Datenbyte	LGE = 12 + 1 + 1 = 14 Byte
Text enthaltene Telegramme	10 <sup>1)</sup> +n Byte

Tabelle 3.25 Länge des Telegramms

1) 10 steht für die festen Zeichen, während n variabel ist (je nach Textlänge).

### 3.9.7.4 Frequenzumrichteradresse (ADR)

Es wird mit 2 verschiedenen Adressformaten gearbeitet. Der Adressbereich des Frequenzumrichters beträgt entweder 1–31 oder 1–126.

- Adressformat 1–31
  - Bit 7 = 0 (Adressformat 1–31 aktiv).
  - Bit 6 wird nicht verwendet

### 3.9.7.6 Das Datenfeld

Die Struktur der Nutzdaten hängt vom Telegrammtyp ab. Es gibt drei Telegrammtypen, die sowohl für Steuertelegramme (Master⇒Follower) als auch Antworttelegramme (Follower⇒Master) gelten.

Die drei Telegrammartentypen sind:

#### Prozessblock (PCD)

Der PCD besteht aus einem Datenblock mit 4 Byte (2 Wörtern) und enthält:

- Steuerwort und Sollwert (von Master zu Follower)
- Zustandswort und aktuelle Ausgangsfrequenz (von Follower zu Master)



Abbildung 3.47 Prozessblock

#### Parameterblock

Der Parameterblock dient zur Übertragung von Parametern zwischen Master und Follower. Der Datenblock besteht aus 12 Byte (6 Wörtern) und enthält auch den Prozessblock.

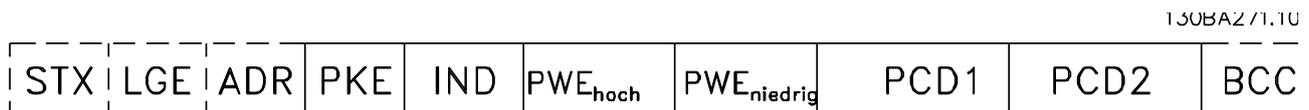


Abbildung 3.48 Parameterblock

- Bit 5=1: Broadcast, Adressbits (0–4) werden nicht benutzt.
- Bit 5=0: Kein Broadcast
- Bit 0-4 = Frequenzumrichteradresse 1-31
- Adressformat 1–126
  - Bit 7 = 1 (Adressformat 1–126 aktiv).
  - Bit 0-6 = Frequenzumrichteradresse 1-126
  - Bit 0-6 = 0 Broadcast

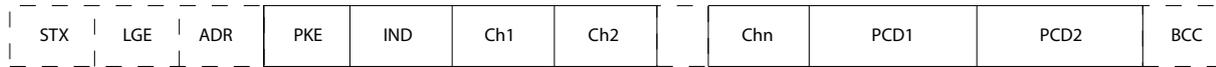
Der Follower sendet das Adress-Byte im Antworttelegramm unverändert an den Master zurück.

### 3.9.7.5 Datensteuerbyte (BCC)

Die Prüfsumme wird als XOR-Funktion berechnet. Bevor das erste Byte im Telegramm empfangen wird, lautet die berechnete Prüfsumme 0.

**Textblock**

Der Textblock dient zum Lesen oder Schreiben von Texten über den Datenblock.



130BA270.10

3

Abbildung 3.49 Textblock

**3.9.7.7 Das PKE-Feld**

Das PKE-Feld enthält zwei untergeordnete Felder:

- Parameterbefehle und Antworten (AK)
- Parameternummer (PNU)

130BA268.10

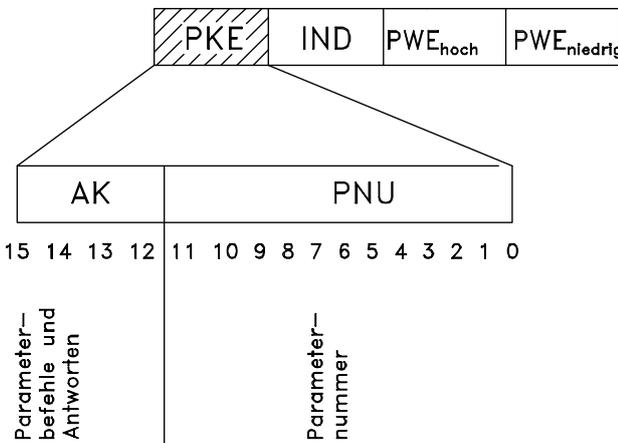


Abbildung 3.50 PKE-Feld

Die Bits Nr. 12-15 übertragen Parameterbefehle vom Master zum Follower und senden bearbeitete Follower-Antworten an den Master zurück.

Bitanzahl				Parameterbefehl
15	14	13	12	
0	0	0	0	Kein Befehl
0	0	0	1	Parameterwert lesen
0	0	1	0	Parameterwert in RAM schreiben (Wort)
0	0	1	1	Parameterwert in RAM schreiben (Doppelwort)
1	1	0	1	Parameterwert in RAM und EEPROM schreiben (Doppelwort)
1	1	1	0	Parameterwert in RAM und EEPROM schreiben (Wort)
1	1	1	1	Text lesen/schreiben

Tabelle 3.26 Parameterbefehle Master ⇒ Follower

Bitanzahl				Antwort
15	14	13	12	
0	0	0	0	Keine Antwort
0	0	0	1	Übertragener Parameterwert (Wort)
0	0	1	0	Übertragener Parameterwert (Doppelwort)
0	1	1	1	Befehl kann nicht ausgeführt werden
1	1	1	1	Übertragener Text

Tabelle 3.27 Antwort Follower ⇒ Master

Kann der Befehl nicht ausgeführt werden, sendet der Follower die Antwort

0111 Befehl kann nicht ausgeführt werden

- und gibt eine Fehlermeldung (siehe Tabelle 3.28) im Parameterwert (PWE) aus:

PWE niedrig (Hex)	Fehlermeldung
0	Angewandte Parameternummer nicht vorhanden
1	Auf den definierten Parameter besteht kein Schreibzugriff
2	Datenwert überschreitet die Parametergrenzen
3	Angewandtes Unterverzeichnis (Subindex) nicht vorhanden
4	Parameter nicht vom Typ Array
5	Datentyp passt nicht zum definierten Parameter
11	Der Datenaustausch im definierten Parameter ist im aktuellen Modus des Frequenzumrichters nicht möglich. Bestimmte Parameter können nur geändert werden, wenn der Motor ausgeschaltet ist.
82	Kein Buszugriff auf definierten Parameter
83	Datenänderungen sind nicht möglich, da die Werkseinstellung gewählt ist

Tabelle 3.28 Parameterwert Fehlermeldung

**3.9.7.8 Parameternummer (PNU)**

Die Bits Nr. 0-11 dienen zur Übertragung der Parameternummern. Die Funktion des betreffenden Parameters ist der Parameterbeschreibung im *Programmierhandbuch* zu entnehmen.

### 3.9.7.9 Index (IND)

Der Index wird zusammen mit der Parameternummer zum Lesen/Schreiben von Zugriffsparametern mit einem Index verwendet, z. B. *Parameter 15-30 Fehlerspeicher: Fehlercode*. Der Index besteht aus 2 Bytes, einem Lowbyte und einem Highbyte.

Nur das Low Byte wird als Index verwendet.

### 3.9.7.10 Parameterwert (PWE)

Der Parameterwertblock besteht aus zwei Wörtern (4 Bytes); der Wert hängt vom definierten Befehl (AK) ab. Verlangt der Master einen Parameterwert, so enthält der PWE-Block keinen Wert. Um einen Parameterwert zu ändern (schreiben), wird der neue Wert in den PWE-Block geschrieben und vom Master zum Follower gesendet.

Antwortet der Follower auf eine Parameteranfrage (Lesebefehl), so wird der aktuelle Parameterwert im PWE-Block an den Master übertragen. Wenn ein Parameter keinen numerischen Wert enthält, sondern mehrere Datenoptionen, z. B. *Parameter 0-01 Sprache*, wobei [0] Englisch und [4] Dänisch ist, wählen Sie den Datenwert durch Eingabe des Werts in den PWE-Block. Über die serielle Kommunikationsschnittstelle können nur Parameter des Datentyps 9 (Textblock) gelesen werden.

*Parameter 15-40 FC-Typ bis Parameter 15-53 Leistungsteil Seriennummer* enthalten Datentyp 9.

Zum Beispiel kann in *Parameter 15-40 FC-Typ* die Leistungsgröße und Netzspannung gelesen werden. Wird eine Textfolge übertragen (gelesen), so ist die Telegrammlänge variabel, da die Texte unterschiedliche Längen haben. Die Telegrammlänge ist im zweiten Byte (LGE) des Telegramms definiert. Bei Textübertragung zeigt das Indexzeichen an, ob es sich um einen Lese- oder Schreibbefehl handelt.

Um einen Text über den PWE-Block lesen zu können, müssen Sie den Parameterbefehl (AK) auf F Hex einstellen. Das Highbyte des Indexzeichens muss 4 sein.

Einige Parameter enthalten Text, der über den Feldbus geschrieben werden kann. Um einen Text über den PWE-Block schreiben zu können, stellen Sie Parameterbefehl (AK) auf F Hex ein. Das Highbyte des Indexzeichens muss 5 sein.

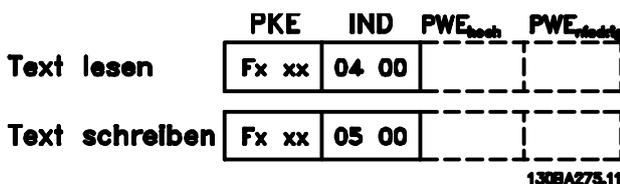


Abbildung 3.51 Text über PWE-Block

### 3.9.7.11 Unterstützte Datentypen

„Ohne Vorzeichen“ bedeutet, dass das Telegramm kein Vorzeichen enthält.

Datentypen	Beschreibung
3	Ganzzahl 16 Bit
4	Ganzzahl 32 Bit
5	Ohne Vorzeichen 8 Bit
6	Ohne Vorzeichen 16 Bit
7	Ohne Vorzeichen 32 Bit
9	Textblock
10	Bytestring
13	Zeitdifferenz
33	Reserviert
35	Bitsequenz

Tabelle 3.29 Unterstützte Datentypen

### 3.9.7.12 Umwandlung

Die verschiedenen Attribute jedes Parameters sind in den Werkseinstellungen aufgeführt. Parameterwerte werden nur als ganze Zahlen übertragen. Aus diesem Grund werden Umrechnungsfaktoren zur Übertragung von Dezimalwerten verwendet.

*Parameter 4-12 Min. Frequenz [Hz]* hat einen Umrechnungsfaktor von 0,1. Soll die Mindestfrequenz auf 10 Hz eingestellt werden, übertragen Sie den Wert 100. Der Umrechnungsfaktor 0,1 bedeutet, dass der übertragene Wert mit 0,1 multipliziert wird. Der Wert 100 wird somit als 10,0 gelesen.

Beispiele:

- 0 s⇒Umrechnungsindex 0
- 0,00 s⇒Umrechnungsindex -2
- 0 ms⇒Umrechnungsindex -3
- 0,00 ms⇒Umrechnungsindex -5

### 3.9.7.13 Prozesswörter (PCD)

Der Block mit Prozesswörtern wird in 2 Blöcke zu je 16 Bit unterteilt. Dies erfolgt stets in der definierten Reihenfolge.

PCD 1	PCD 2
Steuertelegramm (Steuerwort Master⇒Follower)	Sollwert
Steuertelegramm (Zustandswort Follower⇒Master)	Aktuelle Ausgangsfrequenz

Tabelle 3.30 Prozesswörter (PCD)

### 3.9.8 FC-Protokoll – Beispiele

#### 3.9.8.1 Schreiben eines Parameterwerts

Ändern Sie *Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]* zu 100 Hz. Schreiben Sie die Daten in EEPROM.

PKE = E19E Hex - Ein Wort schreiben in *Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]*.

IND = 0000 Hex

PWEHIGH=0000 Hex

PWELOW = 03E8 Hex – Datenwert 1000, entsprechend 100 Hz, siehe *Kapitel 3.9.7.12 Umwandlung*.

Das Telegramm sieht wie folgt aus:

E19E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Abbildung 3.52 Schreiben von Daten in EEPROM

130BA092.10

#### HINWEIS

*Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]* ist ein einzelnes Wort, und der in EEPROM zu schreibende Parameter lautet E. Parameternummer 4-14 ist 19E in hexadezimaler Schreibweise.

Die Antwort des Follower an den Master lautet wie folgt:

119E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Abbildung 3.53 Antwort vom Follower

130BA093.10

#### 3.9.8.2 Lesen eines Parameterwertes

Lesen Sie den Wert in *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1*.

PKE = 1155 Hex - Parameterwert lesen in *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1*.

IND = 0000 Hex

PWEHIGH=0000 Hex

PWELOW=0000 Hex

1155	H	0000	H	0000	H	0000	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Abbildung 3.54 Parameterwert

130BA094.10

Lautet der Wert in *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1* 10 s, lautet die Antwort des Follower an den Master

130BA267.10

1155	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Abbildung 3.55 Antwort vom Follower

3E8 Hex entspricht 1000 im Dezimalformat. Der Umwandlungsindex für *yParameter 3-41 Rampenzeit Auf 1* beträgt -2, d. h. 0,01.

*Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1* ist vom Typ *Unsigned 32* (Ohne Vorzeichen 32).

### 3.9.9 Modbus RTU-Protokoll

#### 3.9.9.1 Voraussetzungen

Danfoss geht davon aus, dass der installierte Regler die in diesem Handbuch aufgeführten Schnittstellen unterstützt und dass alle Anforderungen an den Regler und auch an den Frequenzrichter sowie sämtliche entsprechenden Einschränkungen unbedingt erfüllt werden.

Das integrierte Modbus RTU-Protokoll (Remote Terminal Unit) ist für die Kommunikation mit sämtlichen Reglern ausgelegt, die die in diesem Handbuch definierten Schnittstellen unterstützen. Voraussetzung ist, dass der Anwender vollständig über die Funktionen und Einschränkungen des Reglers informiert ist.

#### 3.9.9.2 Übersicht zu Modbus RTU

Ungeachtet der Art des physischen Kommunikationsnetzwerks wird in der Übersicht zum Modbus RTU der Vorgang beschrieben, den ein Regler beim Anfordern eines Zugriffs auf ein anderes Gerät verwendet. Dieser Vorgang umfasst auch die Art und Weise, wie die Modbus RTU auf Anforderungen von einem anderen Gerät antwortet und wie Fehler erkannt und gemeldet werden. Zudem etabliert er ein allgemeines Format für das Layout und die Inhalte der Meldungsfelder.

Während der Kommunikation über ein Modbus RTU-Netzwerk nimmt das Protokoll Folgendes vor:

- Bestimmt, wie jeder Regler seine Geräteadresse lernt.
- Erkennt eine an ihn adressierten Meldung.
- Bestimmt die Art der auszuführenden Aktionen.
- Auslesen von Daten oder anderen Informationen aus der Meldung.

Wenn eine Antwort erforderlich ist, erstellt der Regler die Antwortmeldung und sendet diese.

Regler kommunizieren mithilfe einer Master/Follower-Technik, bei der nur der Master Transaktionen (so genannte Abfragen) einleiten kann. Die Follower antworten, indem

sie den Master mit den angeforderten Daten versorgen oder die in der Abfrage angeforderte Maßnahme ergreifen. Der Master kann einzelne Follower direkt ansprechen oder eine Broadcast-Meldung an alle Follower einleiten. Follower senden auf Anfragen, die direkt an sie gerichtet sind, eine Antwort. Bei Broadcast-Anfragen vom Master werden keine Antworten zurückgesendet. Das Modbus RTU-Protokoll erstellt das Format für die Abfrage des Masters, indem es Folgendes bereitstellt:

- Die Geräte- (oder Broadcast-) Adresse.
- Einen Funktionscode, der die angeforderte Aktion definiert.
- Alle zu sendenden Daten.
- Ein Fehlerprüffeld.

Die Antwort des Followers wird ebenfalls über das Modbus-Protokoll erstellt. Sie enthält Felder für die Bestätigung der ergriffenen Maßnahme, jegliche zurückzusendenden Daten und ein Feld zur Fehlerprüfung. Tritt beim Empfang der Meldung ein Fehler auf oder der Follower kann die angeforderte Maßnahme nicht durchführen, antwortet der Follower mit einer Fehlermeldung. Oder es tritt ein Timeout auf.

### 3.9.9.3 Frequenzumrichter mit Modbus RTU

Der Frequenzumrichter kommuniziert im Modbus RTU-Format über die integrierte RS485-Schnittstelle. Die Modbus RTU bietet Zugriff auf das Steuerwort und den Bussollwert des Frequenzumrichters.

Mit dem Steuerwort kann der Modbus-Master mehrere wichtige Funktionen des Frequenzumrichters steuern:

- Start
- Stoppen des Frequenzumrichters auf unterschiedliche Arten:
  - Freilaufstopp
  - Schnellstopp
  - DC-Bremsstopp
  - Normaler Stopp (Rampenstopp)
- Reset nach Fehlerabschaltung
- Betrieb mit verschiedenen Festdrehzahlen
- Start mit Reversierung
- Änderung des aktiven Parametersatzes
- Steuern des integrierten Relais des Frequenzumrichters

Der Bussollwert wird in der Regel zur Drehzahlregelung verwendet. Es ist ebenfalls möglich, auf die Parameter zuzugreifen, ihre Werte zu lesen und, wo möglich, Werte an sie zu schreiben. Dies ermöglicht eine Reihe von Steuerungsoptionen, einschließlich der Regelung des Sollwerts des Frequenzumrichters, bei Verwendung seines internen PI-Reglers.

### 3.9.9.4 Netzwerkkonfiguration

Um den Modbus RTU auf dem Frequenzumrichter zu aktivieren, müssen Sie folgende Parameter einstellen:

Parameter	Einstellung
Parameter 8-30 FC-Protokoll	Modbus RTU
Parameter 8-31 Adresse	1-247
Parameter 8-32 Baudrate	2400-115200
Parameter 8-33 Parität/Stopbits	Gerade Parität, 1 Stopbit (Werkseinstellung)

Tabelle 3.31 Modbus RTU-Parameter

### 3.9.10 Aufbau der Modbus RTU-Telegrammblöcke

#### 3.9.10.1 Frequenzumrichter mit Modbus RTU

Die Regler sind für die Kommunikation über RTU-Modus (Remote Terminal Unit) am Modbus-Netz eingerichtet, wobei jedes Byte einer Meldung zwei hexadezimale 4-Bit-Zeichen enthält. Das Format für jedes Byte ist in Tabelle 3.32 dargestellt.

Startbit	Datenbyte						Stopp/Parität	Stopp

Tabelle 3.32 Format jedes Byte

Codiersystem	8 Bit binär, hexadezimal 0-9, A-F. 2 hexadezimale Zeichen in jedem 8-Bit-Feld des Telegramms.
Bit pro Byte	1 Startbit. 8 Datenbits, Bit mit der niedrigsten Wertigkeit wird zuerst gesendet; 1 Bit für gerade/ungerade Parität; kein Bit ohne Parität. 1 Stopbit, wenn Parität verwendet wird; 2 Bits ohne Parität.
Fehlerprüffeld	Zyklische Redundanz-Prüfung (CRC).

#### 3.9.10.2 Modbus RTU-Meldungsaufbau

Eine Modbus RTU-Meldung wird vom sendenden Gerät in einen Block gepackt, der einen bekannten Anfangs- und Endpunkt besitzt. Dadurch ist es dem empfangenden Gerät möglich, am Anfang des Telegramms zu beginnen, den Adressenabschnitt zu lesen, festzustellen, welches Gerät adressiert ist (oder alle Geräte, im Fall eines Broadcast-Telegramms) und festzustellen, wann das Telegramm beendet ist. Unvollständige Meldungen werden ermittelt und als Konsequenz Fehler gesetzt. Die für alle Felder zulässigen Zeichen sind im Hexadezimalformat 00 bis FF. Der Frequenzumrichter überwacht kontinuierlich den Netzwerkbus, auch während des Silent-Intervalls. Wenn das

erste Feld (das Adressfeld) empfangen wird, wird es von jedem Frequenzrichter oder jedem einzelnen Gerät entschlüsselt, um zu ermitteln, welches Gerät adressiert ist. Modbus RTU-Meldungen mit Adresse 0 sind Broadcast-Meldungen. Auf Broadcast-Meldungen ist keine Antwort erlaubt. Ein typischer Telegrammblock wird in *Tabelle 3.33* gezeigt.

Start	Adresse	Funktion	Daten	CRC-Prüfung	Ende
T1-T2-T3-T4	8 Bit	8 Bit	N x 8 Bit	16 Bit	T1-T2-T3-T4

Tabelle 3.33 Typischer Modbus RTU-Meldungsaufbau

### 3.9.10.3 Start-/Stoppfeld

Telegramme beginnen mit einer Sendepause von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit. Dies entspricht einem Vielfachen der Baudrate, mit der im Netzwerk die Datenübertragung stattfindet (in der Abbildung als Start T1-T2-T3-T4 angegeben). Das erste übertragene Feld ist die Geräteadresse. Nach dem letzten übertragenen Intervall markiert ein identisches Intervall von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit das Ende der Meldung. Nach diesem Intervall kann eine neue Meldung beginnen. Der gesamte Meldungsblock muss als kontinuierlicher Datenstrom übertragen werden. Falls eine Sendepause von mehr als 1,5 Zeichen pro Zeiteinheit vor dem Abschluss des Blocks auftritt, löscht das empfangende Gerät die Daten und nimmt an, dass es sich beim nächsten Byte um das Adressfeld einer neuen Meldung handelt. Beginnt ein neues Telegramm früher als 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit nach einem vorangegangenen Telegramm, interpretiert es das empfangende Gerät als Fortsetzung des vorangegangenen Telegramms. Dies führt zu einem Timeout (keine Antwort vom Follower), da der Wert im letzten CRC-Feld für die kombinierten Telegramme nicht gültig ist.

### 3.9.10.4 Adressfeld

Das Adressfeld eines Meldungsblocks enthält acht Bits. Gültige Adressen von Follower-Geräten liegen im Bereich von 0–247 dezimal. Die einzelnen Follower-Geräte entsprechen zugewiesenen Adressen im Bereich von 1–247 (0 ist für den Broadcast-Modus reserviert, den alle Follower erkennen.) Ein Master adressiert ein Follower-Gerät, indem er die Follower-Adresse in das Adressfeld des Telegramms einträgt. Wenn das Follower-Gerät seine Antwort sendet, trägt es seine eigene Adresse in das Adressfeld der Antwort ein, um den Master zu informieren, welches der Follower-Geräte antwortet.

### 3.9.10.5 Funktionsfeld

Das Feld für den Funktionscode eines Meldungsblocks enthält acht Bits. Gültige Codes liegen im Bereich von 1 bis FF. Funktionsfelder dienen zum Senden von Telegrammen zwischen Master und Follower. Wenn ein Telegramm vom Master zu einem Follower-Gerät übertragen wird, teilt das Funktionscodefeld dem Follower mit, welche Aktion durchzuführen ist. Wenn der Follower dem Master antwortet, nutzt er das Funktionscodefeld, um entweder eine normale (fehlerfreie) Antwort anzuzeigen oder um anzuzeigen, dass ein Fehler aufgetreten ist (Ausnahmeantwort). Im Fall einer normalen Antwort wiederholt der Follower den ursprünglichen Funktionscode. Im Fall einer Ausnahmeantwort sendet der Follower einen Code, der dem ursprünglichen Funktionscode entspricht, dessen wichtigstes Bit allerdings auf eine logische 1 gesetzt wurde. Neben der Modifizierung des Funktionscodes zur Erzeugung einer Ausnahmeantwort stellt der Follower einen individuellen Code in das Datenfeld des Antworttelegramms. Dadurch wird der Master über die Art des Fehlers oder den Grund der Ausnahme informiert. Siehe auch *Kapitel 3.9.10.10 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes* und *Kapitel 3.9.10.11 Modbus-Ausnahmecodes*.

### 3.9.10.6 Datenfeld

Das Datenfeld setzt sich aus Sätzen von je 2 hexadezimalen Zeichen im Bereich von 00 bis FF (hexadezimal) zusammen. Diese bestehen aus einem RTU-Zeichen. Das Datenfeld des von einem Master zu Follower-Geräten gesendeten Telegramms enthält zusätzliche Informationen, die der Follower verwenden muss, um die vom Funktionscode festgelegte Aktion durchführen zu können. Dazu gehören z. B. Einzel- und Registeradressen, die Anzahl der zu bearbeitenden Punkte oder die Zählung der Istwert-Datenbytes im Feld.

### 3.9.10.7 CRC-Prüffeld

Meldungen enthalten ein Fehlerprüffeld, das auf der zyklischen Redundanzprüfung (CRC) basiert. Das CRC-Feld prüft den Inhalt der gesamten Meldung. Die Prüfung wird in jedem Fall durchgeführt, unabhängig vom Paritätsprüfverfahren für die einzelnen Zeichen der Meldung. Der CRC-Wert wird vom sendenden Gerät errechnet und als letztes Feld an die Meldung angehängt. Das empfangende Gerät führt während des Erhalts der Meldung eine Neuberechnung der CRC durch und vergleicht den errechneten Wert mit dem tatsächlichen Wert im CRC-Feld. Sind die beiden Werte nicht identisch, erfolgt ein Bus-Timeout. Das CRC-Feld enthält einen 16-Bit-Binärwert, der in Form von zwei 8-Bit-Bytes implementiert wird. Wenn dieser Schritt abgeschlossen ist, wird das niederwertige Byte im Feld zuerst angehängt und anschließend das höherwertige Byte. Das höherwertige CRC-Byte ist das letzte im Rahmen der Meldung übertragene Byte.

### 3.9.10.8 Adressieren von Einzelregistern

Im Modbus-Protokoll sind alle Daten in Einzelregistern (Spulen) und Halteregistern organisiert. Einzelregister enthalten ein einzelnes Bit, während Halteregister ein 2-Byte-Wort (d. h. 16 Bit) enthalten. Alle Datenadressen in Modbus-Meldungen werden als Null referenziert. Das erste Auftreten eines Datenelements wird als Element Nr. 0 adressiert. Ein Beispiel: Die als *Spule 1* in einem programmierbaren Regler eingetragene Spule wird im Datenadressfeld eines Modbus-Telegramms adressiert. *Spule 127 (dezimal)* wird als *Spule 007E hexadezimal (126 dezimal)* adressiert.

*Halteregister 40001* wird im Datenadressfeld der Meldung als *0000* adressiert. Im Funktionscodefeld ist bereits eine „Halteregister“-Operation spezifiziert. Daher ist die Referenz *4XXXX* implizit. *Halteregister 40108* wird als Register *006B hexadezimal (107 dezimal)* adressiert.

Spulennr.	Beschreibung	Signalrichtung
1–16	Steuerwort des Frequenzumrichters.	Master → Follower
17–32	Drehzahl- oder Sollwertbereich des Frequenzumrichters 0x0–0xFFFF (-200 % ... ~200 %).	Master → Follower
33–48	Zustandswort des Frequenzumrichters (siehe <i>Tabelle 3.36</i> ).	Follower → Master
49–64	Regelung ohne Rückführung: Frequenzumrichter-Ausgangsfrequenz. Regelung mit Rückführung: Istwertsignal des Frequenzumrichters.	Follower → Master
65	Parameterschreibsteuerung (Master → Follower).	Master → Follower
	0 Parameteränderungen werden zum RAM des Frequenzumrichters geschrieben.	
	1 Parameteränderungen werden zum RAM und EEPROM des Frequenzumrichters geschrieben.	
66–65536	Reserviert.	

Tabelle 3.34 Spulenbeschreibungen

Spule	0	1
01	Festsollwert lsb	
02	Festsollwert msb	
03	DC-Bremse	Keine DC-Bremse
04	Freilaufstopp	Kein Freilaufstopp
05	Schnellstopp	Kein Schnellstopp
06	Freq. speichern	Freq. nicht speichern
07	Rampenstopp	Start
08	Kein Reset	Reset
09	Keine Festsdrehzahl JOG	Festsdrehzahl JOG
10	Rampe 1	Rampe 2
11	Daten nicht gültig	Daten gültig
12	Relais 1 Aus	Relais 1 Ein
13	Relais 2 Aus	Relais 2 Ein
14	Einrichtung lsb	
15	Einrichtung msb	
16	Keine Reversierung	Reversierung

Tabelle 3.35 Frequenzumrichter-Steuerwort (FC-Profil)

Spule	0	1
33	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
34	Frequenzumrichter nicht bereit	Frequenzumrichter bereit
35	Motorfreilaufstopp	Sicherheitsverriegelung
36	Kein Alarm	Alarm
37	Unbenutzt	Unbenutzt
38	Unbenutzt	Unbenutzt
39	Unbenutzt	Unbenutzt
40	Keine Warnung	Warnung
41	Istwert≠Sollwert	Ist=Sollwert
42	Hand-Betrieb	Betriebsart Auto
43	Außerhalb Frequenzbereich	In Freq.-Bereich
44	Gestoppt	In Betrieb
45	Unbenutzt	Unbenutzt
46	Keine Spannungswarnung	Spannungswarnung
47	Nicht in Stromgrenze	Stromgrenze
48	Keine Übertemperaturwarnung	Warnung Übertemp.

Tabelle 3.36 Frequenzumrichter-Zustandswort (FC-Profil)

Registernummer	Beschreibung
00001–00006	Reserviert
00007	Letzter Fehlercode von einer FC-Datenobjekt-schnittstelle
00008	Reserviert
00009	Parameterindex <sup>1)</sup>
00010–00990	Parametergruppe 000 (Parameter 0-01 bis 0-99)
01000–01990	Parametergruppe 100 (Parameter 1-00 bis 1-99)
02000–02990	Parametergruppe 200 (Parameter 2-00 bis 2-99)
03000–03990	Parametergruppe 300 (Parameter 3-00 bis 3-99)
04000–04990	Parametergruppe 400 (Parameter 4-00 bis 4-99)
...	...
49000–49990	Parametergruppe 4900 (Parameter 49-00 bis 49-99)
50000	Eingangsdaten: Frequenzumrichter-Steuerwortregister (STW)
50010	Eingangsdaten: Bussollwertregister (REF)
...	...
50200	Ausgangsdaten: Frequenzumrichter-Zustandswortregister (ZSW)
50210	Ausgangsdaten: Frequenzumrichter-Hauptistwertregister (HIW)

**Tabelle 3.37 Haltereister**

1) Zur Angabe der beim Zugriff auf Indexparameter zur verwendenden Indexnummer.

### 3.9.10.9 Steuern des Frequenzumrichters

Die verfügbaren Codes zur Verwendung in den Funktions- und Datenfeldern einer Modbus RTU-Meldung sind in *Kapitel 3.9.10.10 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes* und *Kapitel 3.9.10.11 Modbus-Ausnahmecodes* aufgelistet.

### 3.9.10.10 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes

Modbus RTU unterstützt die Funktionscodes (siehe *Tabelle 3.38*) im Funktionsfeld einer Meldung.

Funktion	Funktionscode (Hex)
Spulen lesen (Read coils)	1
Haltereister lesen (Read holding registers)	3
Einzelspule schreiben (Write single coil)	5
Einzelregister schreiben (Write single register)	6
Mehrere Spulen schreiben (Write multiple coils)	F
Mehrere Register schreiben (Write multiple registers)	10

Funktion	Funktionscode (Hex)
Kommunikations-Ereigniszähler abrufen (Get communication event counter)	B
Follower-ID melden (Report slave ID)	11

**Tabelle 3.38 Funktionscodes**

Funktion	Funktionscode	Subfunktionscode	Subfunktion
Diagnose	8	1	Kommunikation neu starten (Restart communication)
		2	Diagnoseregister angeben (Return diagnostic register)
		10	Zähler und Diagnoseregister löschen (Clear counters and diagnostic register)
		11	Zahl Busmeldungen angeben (Return bus message count)
		12	Buskommunikations-Fehlernummer ausgeben (Return bus communication error count)
		13	Follower-Fehlernummer ausgeben (Return slave error count)
		14	Anzahl Follower-Telegramme ausgeben (Return slave message count)

**Tabelle 3.39 Funktionscodes und Subfunktionscodes**

### 3.9.10.11 Modbus-Ausnahmecodes

Eine umfassende Erläuterung des Aufbaus einer Ausnahmecode-Antwort finden Sie unter *Kapitel 3.9.10.5 Funktionsfeld*.

Code	Bezeichnung	Bedeutung
1	Unzulässige Funktion	Der in der Anfrage empfangene Funktionscode ist keine zulässige Aktion für den Server (oder Follower). Es kann sein, dass der Funktionscode nur für neuere Geräte gilt und im ausgewählten Gerät nicht implementiert wurde. Es könnte auch anzeigen, dass der Server (oder Follower) im falschen Zustand ist, um eine Anforderung dieser Art zu verarbeiten, z. B. weil er nicht konfiguriert ist und aufgefordert wird, Registerwerte zu senden.

Code	Bezeichnung	Bedeutung
2	Unzulässige Datenadresse	Die in der Anfrage empfangene Datenadresse ist keine zulässige Adresse für den Server (oder Follower). Genauer gesagt ist die Kombination aus Referenznummer und Transferlänge ungültig. Bei einem Regler mit 100 Registern wäre eine Anfrage mit Offset 96 und Länge 4 erfolgreich, eine Anfrage mit Offset 96 und Länge 5 erzeugt jedoch Ausnahmefehler 02.
3	Unzulässiger Datenwert	Ein im Anfragedatenfeld enthaltener Wert ist kein zulässiger Wert für den Server (oder Follower). Dies zeigt einen Fehler in der Struktur des Rests einer komplexen Anforderung an, z. B. dass die implizierte Länge falsch ist. Es bedeutet jedoch genau NICHT, dass ein zur Speicherung in einem Register gesendetes Datenelement einen Wert hat, der außerhalb der Erwartung des Anwendungsprogramms liegt, da das Modbus-Protokoll die Bedeutung eines bestimmten Werts eines bestimmten Registers nicht kennt.
4	Follower-Gerätefehler	Ein nicht behebbarer Fehler trat auf, während der Server (oder Follower) versuchte, die angeforderte Aktion auszuführen.

Tabelle 3.40 Modbus-Ausnahmecodes

## 3.9.11 Zugriff auf Parameter

### 3.9.11.1 Parameterverarbeitung

Die PNU (Parameternummer) wird aus der Registeradresse übersetzt, die in der Modbus-Lese- oder Schreibmeldung enthalten ist. Die Parameternummer wird als (10 x Parameternummer) DEZIMAL für Modbus übersetzt. Beispiel: Messwert *Parameter 3-12 Catch up/slow Down Value* (16 bit): Das Halteregeister 3120 enthält den Wert der Parameter. Ein Wert von 1352 (Dezimal) bedeutet, dass der Parameter auf 12,52 % eingestellt ist.

Messwert *Parameter 3-14 Relativer Festsollwert* (32 Bit): Die Halteregeister 3410 und 3411 enthalten die Parameterwerte. Ein Wert von 11300 (Dezimal) bedeutet, dass der Parameter auf 1113,00 eingestellt ist.

Weitere Informationen zu den Parametern, zur Größe und zum Umrechnungsindex finden Sie im *Programmierhandbuch*.

### 3.9.11.2 Datenspeicherung

Die Spule 65 (dezimal) bestimmt, ob an den Frequenzumrichter geschriebene Daten im EEPROM und RAM (Spule 65 = 1) oder nur im RAM (Spule 65 = 0) gespeichert werden.

### 3.9.11.3 IND (Index)

Einige Parameter im Frequenzumrichter sind Arrayparameter, z. B. *Parameter 3-10 Festsollwert*. Da der Modbus keine Arrays in Halteregeistern unterstützt, hat der Frequenzumrichter das Halteregeister 9 als Zeiger zum Array reserviert. Stellen Sie das Halteregeister 9 ein, bevor ein Arrayparameter ausgelesen oder geschrieben wird. Wenn Sie das Halteregeister auf den Wert 2 einstellen, werden alle Lese-/Schreibevorgänge zu Arrayparametern mit 2 indiziert.

### 3.9.11.4 Textblöcke

Der Zugriff auf als Textblöcke gespeicherte Parameter erfolgt auf gleiche Weise wie für die anderen Parameter. Die maximale Textblockgröße ist 20 Zeichen. Gilt die Leseanfrage für einen Parameter für mehr Zeichen, als der Parameter speichert, wird die Antwort verkürzt. Gilt die Leseanfrage für einen Parameter für weniger Zeichen, als der Parameter speichert, wird die Antwort mit Leerzeichen gefüllt.

### 3.9.11.5 Umrechnungsfaktor

Da ein Parameterwert nur als ganze Zahl übertragen werden kann, muss zur Übertragung von Dezimalzahlen ein Umrechnungsfaktor benutzt werden.

### 3.9.11.6 Parameterwerte

#### Standarddatentypen

Standarddatentypen sind int 16, int 32, uint 8, uint 16 und uint 32. Sie werden als 4x-Register gespeichert (40001–4FFFF). Die Parameter werden über die Funktion 03HEX *Halteregeister lesen* gelesen. Parameter werden über die Funktion 6 hex *Einzelregister voreinstellen* für 1 Register (16 Bit) und die Funktion 10 hex *Mehrere Register voreinstellen* für 2 Register (32 Bit) geschrieben. Lesbare Längen reichen von 1 Register (16 Bit) bis zu 10 Registern (20 Zeichen).

#### Nicht-standardmäßige Datentypen

Nichtstandarddatentypen sind Textblöcke und werden als 4x-Register gespeichert (40001–4FFFF). Die Parameter werden über Funktion 03 hex *Halteregeister lesen* gelesen und über die Funktion 10 hex *Mehrere Register voreinstellen* geschrieben. Lesbare Längen reichen von 1 Register (2 Zeichen) bis zu 10 Registern (20 Zeichen).

### 3.9.12 FC-Steuerprofil

#### 3.9.12.1 Steuerwort gemäß FC-Profil (Parameter 8-10 Steuerprofil = FC-Profil)

3

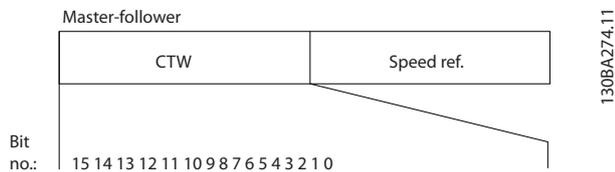


Abbildung 3.56 Steuerwort

Bit	Bitwert = 0	Bitwert = 1
00	Sollwert	Externe Anwahl lsb
01	Sollwert	Externe Anwahl msb
02	DC-Bremse	Rampe
03	Motorfreilauf	Kein Motorfreilauf
04	Schnellstopp	Rampe
05	Ausgangsfrequenz halten	Rampe verwenden
06	Rampenstopp	Start
07	Ohne Funktion	Reset
08	Ohne Funktion	Festdrehzahl JOG
09	Rampe 1	Rampe 2
10	Daten ungültig	Daten gültig
11	Ohne Funktion	Relais 01 aktiv
12	Ohne Funktion	Relais 02 aktiv
13	Parametersatzanwahl	(lsb)
14	Parametersatzanwahl	(msb)
15	Ohne Funktion	Reversierung

Tabelle 3.41 Steuerwort-Bits

#### Erklärung der Steuerbits

##### Bits 00/01

Bit 00 und 01 werden benutzt, um zwischen den vier Sollwerten zu wählen, deren Vorprogrammierung Sie unter Parameter 3-10 Festsollwert gemäß Tabelle 3.42 finden.

Programmierter Sollwert	Parameter	Bit 01	Bit 00
1	Parameter 3-10 Festsollwert [0]	0	0
2	Parameter 3-10 Festsollwert [1]	0	1
3	Parameter 3-10 Festsollwert [2]	1	0
4	Parameter 3-10 Festsollwert [3]	1	1

Tabelle 3.42 Sollwerte

### HINWEIS

Wählen Sie in Parameter 8-56 Festsollwertanwahl aus, wie Bit 00/01 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

#### Bit 02, DC-Bremse

Bit 02 = 0 führt zu DC-Bremmung und -Stopp. Stellen Sie den Bremsstrom und die Bremsdauer in Parameter 2-01 DC-Bremsstrom und Parameter 2-02 DC-Bremszeit ein.

Bit 02 = 1 bewirkt Rampe.

#### Bit 03, Motorfreilauf

Bit 03 = 0: Der Frequenzumrichter lässt den Motor austrudeln (Ausgangstransistoren werden „abgeschaltet“).  
Bit 03 = 1: Wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind, startet der Frequenzumrichter den Motor.

Wählen Sie in Parameter 8-50 Motorfreilauf, wie Bit 03 mit der entsprechenden Funktion an einem Digitaleingang verknüpft ist.

#### Bit 04, Schnellstopp

Bit 04 = 0: Lässt die Motordrehzahl bis zum Stopp absinken (eingestellt in Parameter 3-81 Rampenzeit Schnellstopp).

#### Bit 05, Ausgangsfrequenz halten

Bit 05 = 0: Die aktuelle Ausgangsfrequenz (in Hz) wird gespeichert. Sie können die gespeicherte Ausgangsfrequenz dann nur an den Digitaleingängen (Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang bis Parameter 5-15 Klemme 33 Digitaleingang), programmiert für Drehzahl auf und Drehzahl ab, ändern.

### HINWEIS

Ist „Ausgangsfrequenz speichern“ aktiv, stoppen Sie den Frequenzumrichter durch Auswahl von:

- Bit 03, Motorfreilaufstopp.
- Bit 02, DC-Bremmung.
- Digitaleingang (Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang bis Parameter 5-15 Klemme 33 Digitaleingang) auf DC-Bremmung, Freilaufstopp oder Reset und Freilaufstopp programmiert.

#### Bit 06, Rampe Stopp/Start

Bit 06 = 0: Bewirkt einen Stopp, indem die Motordrehzahl über den entsprechenden Parameter für Rampenzeit Ab bis zum Stopp reduziert wird.

Bit 06 = 1: Wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind, lassen Sie das Starten des Motors durch den Frequenzumrichter zu.

Wählen Sie in Parameter 8-53 Start, wie Bit 06 Rampenstart/-stopp mit der entsprechenden Funktion an einem Digitaleingang verknüpft ist.

**Bit 07, Reset**

Bit 07 = 0: Kein Reset.

Bit 07 = 1: Reset einer Abschaltung. Reset wird auf der ansteigenden Signalflanke aktiviert, d. h. beim Übergang von logisch 0 zu logisch 1.

**Bit 08, Jog**

Bit 08 = 1: *Parameter 3-19 Festdrehzahl Jog [UPM]* bestimmt die Ausgangsfrequenz.

**Bit 09, Auswahl von Rampe 1/2**

Bit 09 = 0: Rampe 1 ist aktiv (*Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1 bis Parameter 3-42 Rampenzeit Ab 1*).

Bit 09 = 1: Rampe 2 (*Parameter 3-51 Rampenzeit Auf 2 bis Parameter 3-52 Rampenzeit Ab 2*) ist aktiv.

**Bit 10, Daten nicht gültig/Daten gültig**

Teilt dem Frequenzumrichter mit, ob das Steuerwort benutzt oder ignoriert wird.

Bit 10 = 0: Das Steuerwort wird ignoriert.

Bit 10 = 1: Das Steuerwort wird verwendet. Diese Funktion ist relevant, weil das Telegramm unabhängig vom Telegrammtyp stets das Steuerwort enthält. Deaktivieren Sie das Steuerwort, wenn dieses beim Aktualisieren oder Lesen von Parametern nicht verwendet werden soll.

**Bit 11, Relais 01**

Bit 11 = 0: Relais nicht aktiviert.

Bit 11 = 1: Relais 01 ist aktiviert, vorausgesetzt in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* wurde [36] Steuerwort Bit 11 gewählt.

**Bit 12, Relais 04**

Bit 12 = 0: Relais 04 ist nicht aktiviert.

Bit 12 = 1: Relais 04 ist aktiviert, vorausgesetzt in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* wurde [37] Steuerwort Bit 12 gewählt.

**Bit 13/14, Parametersatzanwahl**

Mit Bit 13 und 14 können Sie unter den in *Tabelle 3.43* aufgeführten vier Parametersätzen auswählen.

Parametersatz	Bit 14	Bit 13
1	0	0
2	0	1
3	1	0
4	1	1

**Tabelle 3.43 Spezifikation der Parametersätze**

Die Funktion ist nur möglich, wenn [9] *Externe Anwahl* in *Parameter 0-10 Aktiver Satz* gewählt ist.

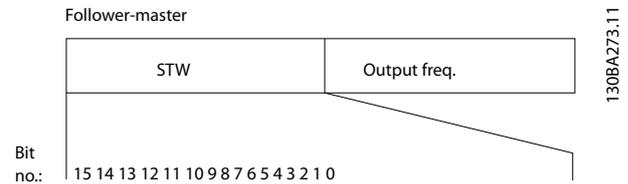
Wählen Sie in *Parameter 8-55 Satzanwahl* aus, wie Bit 13/14 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

**Bit 15 Reversierung**

Bit 15 = 0: Keine Reversierung.

Bit 15 = 1: Reversierung. In der Werkseinstellung ist Reversierung in *Parameter 8-54 Reversierung* auf Digital eingestellt. Bit 15 bewirkt nur dann eine Reversierung, wenn entweder [1] *Bus*, [2] *Bus UND Klemme* oder [3] *Bus ODER Klemme* gewählt ist.

**3.9.12.2 Zustandswort gemäß FC-Profil (STW) (Parameter 8-10 Steuerprofil=FC-Profil)**



**Abbildung 3.57 Zustandswort**

Bit	Bit=0	Bit = 1
00	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
01	FU nicht bereit	Bereit
02	Motorfreilauf	Aktivieren
03	Kein Fehler	Abschaltung
04	Kein Fehler	Fehler (keine Abschaltung)
05	Reserviert	-
06	Kein Fehler	Abschaltblockierung
07	Keine Warnung	Warnung
08	Drehzahl ≠ Sollwert	Drehzahl = Sollwert
09	Ortbetrieb	Bussteuerung
10	Außerhalb Frequenzgrenze	Frequenzgrenze OK
11	Ohne Funktion	In Betrieb
12	FU OK	Gestoppt, Auto Start
13	Spannung OK	Spannung überschritten
14	Moment OK	Moment überschritten
15	Timer OK	Timer überschritten

**Tabelle 3.44 Zustandswort-Bits**

**Erläuterung der Zustandsbits**

**Bit 00, Steuerung nicht bereit/bereit**

Bit 00 = 0: Der Frequenzumrichter schaltet ab.  
 Bit 00 = 1: Steuerkarte des Frequenzumrichters bereit, aber möglicherweise keine Versorgung zum Leistungsteil (bei externer 24 V DC-Versorgung der Steuerkarte).

**Bit 01, Frequenzumrichter bereit**

Bit 01 = 1: Der Frequenzumrichter ist betriebsbereit, aber der Freilaufbefehl ist über die Digitaleingänge oder über serielle Kommunikation aktiv.

**Bit 02, Motorfreilaufstopp**

Bit 02 = 0: Der Frequenzumrichter gibt den Motor frei.  
 Bit 02 = 1: Der Frequenzumrichter startet den Motor mit einem Startbefehl.

**Bit 03, Kein Fehler/keine Abschaltung**

Bit 03 = 0: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor.  
 Bit 03 = 1: Der Frequenzumrichter schaltet ab. Um den Fehler zurückzusetzen, muss ein [Reset] ausgeführt werden.

**Bit 04, Kein Fehler/Fehler (keine Abschaltung)**

Bit 04 = 0: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor.

Bit 04 = 1: Der Frequenzumrichter meldet einen Fehler, aber schaltet nicht ab.

**Bit 05, Nicht verwendet**

Bit 05 wird im Zustandswort nicht benutzt.

**Bit 06, Kein Fehler/Abschaltsperre**

Bit 06 = 0: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor.

Bit 06 = 1: Der Frequenzumrichter ist abgeschaltet und blockiert.

**Bit 07, Keine Warnung/Warnung**

Bit 07 = 0: Es liegen keine Warnungen vor.

Bit 07 = 1: Eine Warnung liegt vor.

**Bit 08, Drehzahl ≠ Sollwert/Drehzahl = Sollwert**

Bit 08 = 0: Der Motor läuft, die aktuelle Drehzahl entspricht aber nicht dem voreingestellten Drehzahlsollwert. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Drehzahl beim Starten/Stoppen ansteigt/sinkt.

Bit 08 = 1: Die Motordrehzahl entspricht dem voreingestellten Drehzahlsollwert.

**Bit 09, Ort-Betrieb/Bussteuerung**

Bit 09 = 0: Es wurde die [Stop/Reset]-Taste an der Bedieneinheit betätigt oder in *Parameter 3-13 Sollwertvorgabe auf [2] Ort* umgestellt. Die Steuerung über eine serielle Schnittstelle ist nicht möglich.

Bit 09 = 1 Der Frequenzumrichter kann über den Feldbus/die serielle Schnittstelle gesteuert werden.

**Bit 10, Frequenzgrenze überschritten**

Bit 10 = 0: Die Ausgangsfrequenz hat den Wert in *Parameter 4-11 Min. Drehzahl [UPM]* oder *Parameter 4-13 Max. Drehzahl [UPM]* erreicht.

Bit 10 = 1: Die Ausgangsfrequenz ist innerhalb der festgelegten Grenzen.

**Bit 11, Kein Betrieb/Betrieb**

Bit 11 = 0: Der Motor läuft nicht.

Bit 11 = 1: Der Frequenzumrichter hat ein Startsignal, oder die Ausgangsfrequenz ist größer als 0 Hz.

**Bit 12, Frequenzumrichter OK/gestoppt, autom. Start:**

Bit 12 = 0: Es liegt keine vorübergehende Übertemperatur des Wechselrichters vor.

Bit 12 = 1: Der Wechselrichter wird aufgrund einer Übertemperatur angehalten, aber die Einheit wird nicht abgeschaltet und nimmt nach Beseitigung der Übertemperatur den Betrieb wieder auf.

**Bit 13, Spannung OK/Grenze überschritten**

Bit 13 = 0: Es liegen keine Spannungswarnungen vor.

Bit 13 = 1: Die Zwischenkreisspannung (DC) des Frequenzumrichters ist zu niedrig oder zu hoch.

**Bit 14, Drehmoment OK/Grenze überschritten**

Bit 14 = 0: Der Motorstrom liegt unter der in *Parameter 4-18 Stromgrenze* gewählten Drehmomentgrenze.

Bit 14 = 1: Die Drehmomentgrenze in *Parameter 4-18 Stromgrenze* ist überschritten.

**Bit 15, Timer OK/Grenze überschritten**

Bit 15 = 0: Die Timer für thermischen Motorschutz und thermischen Schutz des Frequenzumrichters überschreiten nicht 100 %.

Bit 15 = 1: Einer der Timer überschreitet 100 %.

Wenn die Verbindung zwischen der Interbus-Option und dem Frequenzumrichter verloren geht oder ein internes Kommunikationsproblem auftritt, werden alle Bits im ZSW auf „0“ gesetzt.

3.9.12.3 Bus-Drehzahlsollwert

Der Sollwert für die Drehzahl wird an den Frequenzumrichter als relativer Wert in % übermittelt. Der Wert wird in Form eines 16-Bit-Wortes übermittelt. In Ganzzahlen (0-32767) entspricht der Wert 16384 (4000 Hex) 100 %. Negative Werte werden über Zweier-Komplement formatiert. Die aktuelle Ausgangsfrequenz (HIW) wird auf gleiche Weise wie der Bussollwert skaliert.

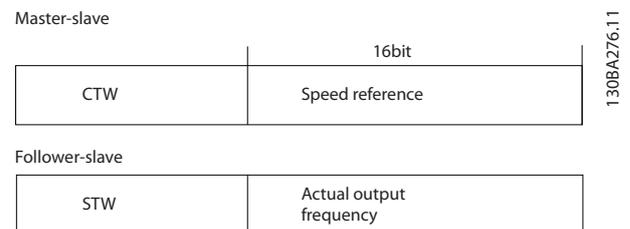


Abbildung 3.58 Aktuelle Ausgangsfrequenz (HIW)

Der Sollwert und HIW werden wie folgt skaliert:

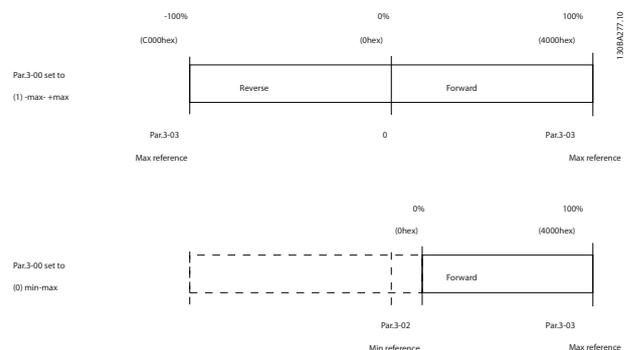


Abbildung 3.59 Sollwert und HIW

### 3.9.12.4 Steuerwort gemäß PROFIdrive-Profil (CTW)

Das Steuerwort dient zum Senden von Befehlen vom Master (z. B. einem PC) an einen Follower.

Bit	Bit=0	Bit = 1
00	Aus 1	Ein 1
01	Aus 2	Ein 2
02	Aus 3	Ein 3
03	Motorfreilauf	Kein Motorfreilauf
04	Schnellstopp	Rampe
05	Pulsausgang halten	Rampe verwenden
06	Rampenstopp	Start
07	Ohne Funktion	Reset
08	Festdrehzahl JOG 1 Aus	Festdrehzahl JOG 1 Ein
09	Festdrehzahl JOG 2 Aus	Festdrehzahl JOG 2 Ein
10	Daten ungültig	Daten gültig
11	Ohne Funktion	Frequenzkorrektur Ab
12	Ohne Funktion	Frequenzkorrektur Auf
13	Parametersatzanwahl	(lsb)
14	Parametersatzanwahl	(msb)
15	Ohne Funktion	Reversierung

Tabelle 3.45 Steuerwort-Bits

#### Erläuterung der Steuerbits

##### Bit 00, AUS 1/EIN 1

Normale Rampenstopps mit den Rampenzeiten der tatsächlich ausgewählten Rampe.  
 Bit 00=0 führt zum Stopp und Aktivierung des Ausgangs Relais 1 oder 2, wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn Sie [31] Relais 123 in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* ausgewählt haben.  
 Wenn Bit 0 = 1, befindet sich der Frequenzumrichter in Zustand 1: *Einschalten gesperrt*.

##### Bit 01, Aus 2/Ein 2

Motorfreilaufstopp  
 Wenn Bit 01 = 0, werden ein Freilaufstopp und die Aktivierung von Ausgangsrelais 1 oder 2 durchgeführt, wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn Sie [31] Relais 123 in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* ausgewählt haben.

##### Bit 02, Aus 3/Ein 3

Schnellstopp unter Verwendung der Rampenzeit von *Parameter 3-81 Rampenzeit Schnellstopp*. Wenn Bit 02 = 0, werden ein Schnellstopp und die Aktivierung von Ausgangsrelais 1 oder 2 durchgeführt, wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn Sie [31] Relais 123 in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* ausgewählt haben.  
 Wenn Bit 02 = 1, befindet sich der Frequenzumrichter in Zustand 1: *Einschalten gesperrt*.

##### Bit 03, Motorfreilauf/Kein Motorfreilauf

Freilaufstopp Bit 03 = 0 führt zu einem Stopp.  
 Wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind und Bit 03 = 1 ist, kann der Frequenzumrichter starten.

#### HINWEIS

Die Auswahl in *Parameter 8-50 Motorfreilauf* legt fest, wie Bit 03 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft ist.

##### Bit 04, Schnellstopp/Rampe

Schnellstopp unter Verwendung der Rampenzeit von *Parameter 3-81 Rampenzeit Schnellstopp*.  
 Wenn Bit 04 = 0 ist, wird ein Schnellstopp durchgeführt. Wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind und Bit 04 = 1 ist, kann der Frequenzumrichter starten.

#### HINWEIS

Die Auswahl in *Parameter 8-51 Quick Stop Select* legt fest, wie Bit 04 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft ist.

##### Bit 05, Pulsausgang halten/Rampe verwenden

Wenn Bit 05 = 0 ist, wird die aktuelle Ausgangsfrequenz beibehalten, auch wenn der Sollwert geändert wird.  
 Wenn Bit 05 = 1 ist, kann der Frequenzumrichter wieder seine Regelung ausführen; der Betrieb erfolgt gemäß dem jeweiligen Sollwert; der Betrieb wird gemäß dem entsprechenden Sollwert ausgeführt.

##### Bit 06, Rampe Stopp/Start

Normaler Rampenstopp unter Verwendung der Rampenzeiten der tatsächlichen Rampe (wie gewählt). Zudem wird Ausgangsrelais 01 oder 04 aktiviert, wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn [31] Relais 123 in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* ausgewählt wurde.  
 Bit 06 = 0 führt zu einem Stopp.  
 Wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind und Bit 06 = 1 ist, kann der Frequenzumrichter starten.

#### HINWEIS

Die Auswahl in *Parameter 8-53 Start* legt fest, wie Bit 06 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft ist.

##### Bit 07, Keine Funktion/Reset

Reset nach einem Abschalten.  
 Bestätigt das Ereignis im Fehlerpuffer.  
 Wenn Bit 07 = 0 ist, wird kein Reset durchgeführt. Bei einem Flankenwechsel von Bit 07 auf „1“ wird nach dem Ausschalten ein Reset durchgeführt.

##### Bit 08, Festdrehzahl JOG 1 Aus/Ein

Aktivierung der vorprogrammierten Drehzahl in *Parameter 8-90 Bus-Festdrehzahl 1*. JOG 1 ist nur möglich, wenn Bit 04 = 0 und Bit 00-03 = 1.

##### Bit 09, Festdrehzahl JOG 2 Aus/Ein

Aktivierung der vorprogrammierten Drehzahl in *Parameter 8-91 Bus-Festdrehzahl 2*. Festdrehzahl JOG 2 ist nur möglich, wenn Bit 04 = 0 und Bit 00-03 = 1.

**Bit 10, Daten nicht gültig/Daten gültig**

Teilt dem Frequenzumrichter mit, ob das Steuerwort benutzt oder ignoriert wird.

Bit 10 = 0 führt dazu, dass das Steuerwort ignoriert wird.

Bit 10 = 1 führt dazu, dass das Steuerwort verwendet wird.

Diese Funktion ist relevant, weil das Telegramm unabhängig vom Telegrammtyp stets das Steuerwort enthält. Sie können das Steuerwort deaktivieren, wenn es beim Aktualisieren oder Lesen von Parametern nicht benutzt werden soll.

**Bit 11, Keine Funktion/Frequenzkorrektur ab**

Reduziert den Drehzahlsollwert um den in *Parameter 3-12 Catch up/slow Down Value* angegebenen Wert.

Wenn Bit 11 = 0, wird keine Änderung des Sollwerts durchgeführt.

Wenn Bit 11 = 1, wird der Sollwert herabgesetzt.

**Bit 12, Keine Funktion/Frequenzkorrektur Auf**

Erhöht den Drehzahlsollwert um den in *Parameter 3-12 Catch up/slow Down Value* angegebenen Wert.

Wenn Bit 12 = 0, wird keine Änderung des Sollwerts durchgeführt.

Wenn Bit 12 = 1, wird der Sollwert erhöht.

Wenn sowohl Verlangsamten als auch Beschleunigen aktiviert sind (Bit 11 und 12 = 1), hat das Verlangsamten Priorität. Dies bedeutet, dass der Drehzahlsollwert verringert wird.

**Bits 13/14, Satzanwahl**

Mit Bit 13 und 14 können die 4 Parametersätze entsprechend *Tabelle 3.46* gewählt werden.

Die Funktion ist nur dann möglich, wenn [9] *Externe Anwahl* in *Parameter 0-10 Aktiver Satz* ausgewählt ist. Die Auswahl in *Parameter 8-55 Satzanwahl* legt fest, wie Bit 13 und 14 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft sind. Ein Umschalten zwischen den Parametersätzen bei laufendem Motor ist nur möglich, wenn diese in *Parameter 0-12 Satz verknüpfen mit* verknüpft wurden.

Parametersatz	Bit 13	Bit 14
1	0	0
2	1	0
3	0	1
4	1	1

Tabelle 3.46 Konfigurationsauswahl

**Bit 15, Keine Funktion/Reversierung**

Bit 15 = 0 verursacht keine Reversierung.

Bit 15 = 1 verursacht Reversierung.

**HINWEIS**

In der Werkseinstellung ist Reversierung in *Parameter 8-54 Reversierung auf [0] Klemme* eingestellt.

**HINWEIS**

Bit 15 bewirkt nur dann eine Reversierung, wenn entweder [1] *Bus*, [2] *Bus UND Klemme* oder [3] *Bus ODER Klemme* in *Parameter 8-54 Reversierung* gewählt ist.

**3.9.12.5 Zustandswort gemäß PROFIdrive-Profil (STW)**

Das Zustandswort wird verwendet, um den Master (zum Beispiel einen PC) über den Betriebsmodus eines Followers zu informieren.

Bit	Bit=0	Bit = 1
00	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
01	FU nicht bereit	Bereit
02	Motorfreilauf	Aktivieren
03	Kein Fehler	Abschaltung
04	Aus 2	Ein 2
05	Aus 3	Ein 3
06	Start möglich	Start nicht möglich
07	Keine Warnung	Warnung
08	Drehzahl≠Sollwert	Drehzahl = Sollwert
09	Ortbetrieb	Bussteuerung
10	Außerhalb Frequenzgrenze	Frequenzgrenze OK
11	Ohne Funktion	In Betrieb
12	FU OK	Gestoppt, Auto Start
13	Spannung OK	Spannung überschritten
14	Moment OK	Moment überschritten
15	Timer OK	Timer überschritten

Tabelle 3.47 Zustandswort-Bits

**Erläuterung der Zustandsbits**
**Bit 00, Steuerung nicht bereit/bereit**

Wenn Bit 00 = 0, ist Bit 00, 01 oder 02 des Steuerworts 0 (AUS 1, AUS 2 oder AUS 3) – andernfalls wird der Frequenzumrichter ausgeschaltet (Abschaltung).

Wenn Bit 00 = 1, ist die Frequenzumrichtersteuerung bereit, es gibt jedoch möglicherweise keine Spannungsversorgung für die vorhandene Einheit (im Fall einer externen 24 V DC-Versorgung des Steuerungssystems).

**Bit 01, Frequenzumrichter nicht bereit/bereit**

Gleiche Bedeutung wie Bit 00, es liegt jedoch eine Stromversorgung der Leistungseinheit vor. Der Frequenzumrichter ist bereit, wenn er die erforderlichen Startsignale empfängt.

**Bit 02, Motorfreilauf/aktivieren**

Wenn Bit 02 = 0, ist Bit 00, 01 oder 02 des Steuerworts 0 (AUS 1, AUS 2 oder AUS 3; oder Motorfreilauf) – andernfalls wird der Frequenzumrichter ausgeschaltet (Abschaltung).

Wenn Bit 02 = 1, ist Bit 00, 01 oder 02 des Steuerworts 1; der Frequenzumrichter wird nicht abgeschaltet.

**Bit 03, Kein Fehler/Keine Abschaltung**

Wenn Bit 03 = 0, liegt keine Fehlerbedingung für den Frequenzumrichter vor.

Wenn Bit 03 = 1, wurde der Frequenzumrichter abgeschaltet und kann erst nach einem Reset wieder starten.

**Bit 04, Ein 2/Aus 2**

Wenn Bit 01 des Steuerworts gleich 0 ist, dann ist Bit 04 = 0.

Wenn Bit 01 des Steuerworts gleich 1 ist, dann ist Bit 04 = 1.

**Bit 05, Ein 3/Aus 3**

Wenn Bit 02 des Steuerworts gleich 0 ist, dann ist Bit 05 = 0.

Wenn Bit 02 des Steuerworts gleich 1 ist, dann ist Bit 05 = 1.

**Bit 06, Start möglich/Start nicht möglich**

Wenn Sie [1] *PROFdrive* in *Parameter 8-10 Steuerprofil* ausgewählt haben, ist Bit 06 1 nach einer Abschaltungsbestätigung, nach der Aktivierung von Aus2 oder Aus3, und nach dem Einschalten der Netzspannung. *Start nicht möglich* wird quittiert, wenn Bit 00 des Steuerworts auf 0 gesetzt wird und die Bits 01, 02 und 10 auf 1 gesetzt werden.

**Bit 07, Keine Warnung/Warnung**

Bit 07 = 0 bedeutet, dass keine Warnungen vorliegen.

Bit 07 = 1 bedeutet, dass eine Warnung vorliegt.

**Bit 08, Drehzahl ≠ Sollwert/Drehzahl = Sollwert**

Wenn Bit 08 = 0, weicht die aktuelle Motordrehzahl vom eingerichteten Drehzahlsollwert ab. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Drehzahl beim Starten/Stoppen durch Rampe auf/ab geändert wird.

Wenn Bit 08 = 1, entspricht die aktuelle Motordrehzahl dem eingerichteten Drehzahlsollwert.

**Bit 09, Ort-Betrieb/Bussteuerung**

Bit 09 = 0 zeigt an, dass der Frequenzumrichter mit der [Stop]-Taste am LCP gestoppt wurde oder dass [0]

*Umschalt. Hand/Auto* oder [2] *Ort* in

*Parameter 3-13 Sollwertvorgabe* ausgewählt wurden.

Wenn Bit 09 = 1, kann der Frequenzumrichter über die serielle Schnittstelle gesteuert werden.

**Bit 10, Frequenzgrenze überschritten/Frequenzgrenze OK**

Wenn Bit 10 = 0, befindet sich die Ausgangsfrequenz außerhalb der in *Parameter 4-52 Warnung Drehz. niedrig* und *Parameter 4-53 Warnung Drehz. hoch* festgelegten Grenzen.

Wenn Bit 10 = 1, liegt die Ausgangsfrequenz innerhalb der angegebenen Grenzwerte.

**Bit 11, Kein Betrieb/Betrieb**

Wenn Bit 11 = 0, dreht sich der Motor nicht.

Wenn Bit 11 = 1, so hat der Frequenzumrichter ein Startsignal, oder die Ausgangsfrequenz liegt über 0 Hz.

**Bit 12, Frequenzumrichter OK/gestoppt, autom. Start**

Wenn Bit 12 = 0, ist derzeit keine Überlast im Wechselrichter vorhanden.

Wenn Bit 12 = 1, wurde der Wechselrichter aufgrund von Überlastung gestoppt. Allerdings wurde der Frequenzumrichter nicht ausgeschaltet (Alarm) und startet erneut, sobald die Überlastung beendet ist.

**Bit 13, Spannung OK/Spannung überschritten**

Wenn Bit 13 = 0, liegt die Spannung des Frequenzumrichters innerhalb der festgelegten Grenzwerte.

Wenn Bit 13 = 1, ist die Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters zu niedrig oder zu hoch.

**Bit 14, Drehmoment OK/Drehmoment überschritten**

Wenn Bit 14 = 0, liegt das Motordrehmoment unterhalb des in *Parameter 4-16 Momentengrenze motorisch* und *Parameter 4-17 Momentengrenze generatorisch* gewählten Grenzwerts.

Wenn Bit 14 = 1, wird der in *Parameter 4-16 Momentengrenze motorisch* oder *Parameter 4-17 Momentengrenze generatorisch* gewählte Grenzwert überschritten.

**Bit 15, Timer OK/Timer überschritten**

Wenn Bit 15 = 0, haben die Timer für thermischen Motorschutz und thermischen Schutz des Frequenzumrichters 100 % nicht überschritten.

Wenn Bit 15 = 1, so hat einer der Timer 100 % überschritten.

### 3.10 Checkliste zur Auslegung der Anlage

Tabelle 3.48 enthält eine Checkliste zur Integration eines Frequenzumrichters in ein Motorregelsystem. Die Liste dient als Erinnerungstütze zu den allgemeinen Kategorien und erforderlichen Optionen zur Definition der Systemanforderungen.

**3**

Kategorie	Details	Hinweise	<input type="checkbox"/>
<b>Frequenzumrichtermodell</b>			
<b>Power</b>			
	Volt		
	Strom		
<b>Physisch</b>			
	Abmessungen		
	Gewicht		
<b>Betriebsbedingungen</b>			
	Temperatur		
	Höhe		
	Luftfeuchtigkeit		
	Luftqualität/Staub		
	Anforderungen an die Leistungsreduzierung		
<b>Baugröße</b>			
<b>Eingang</b>			
<b>Kabel</b>			
	Typ		
	Länge		
<b>Sicherungen</b>			
	Typ		
	Größe		
	Nennwert		
<b>Optionen</b>			
	Anschlüsse		
	Kontakte		
	Filter		
<b>Ausgang</b>			
<b>Kabel</b>			
	Typ		
	Länge		
<b>Sicherungen</b>			
	Typ		
	Größe		
	Nennwert		
<b>Optionen</b>			
	Filter		
<b>Steuerung/Regelung</b>			
<b>Verdrahtung</b>			
	Typ		
	Länge		
	Klemmenverbindungen		
<b>Kommunikation</b>			
	FC-Protokoll		
	Anschluss		
	Verdrahtung		
<b>Optionen</b>			

Kategorie	Details	Hinweise	<input checked="" type="checkbox"/>
	Anschlüsse		
	Kontakte		
	Filter		
<b>Motor</b>			
	Typ		
	Nennwert		
	Spannung		
	Optionen		
<b>Spezielle Werkzeuge und Geräte</b>			
	Transport und Lagerung		
	Montage		
	Netzanschluss		

3

Tabelle 3.48 Checkliste zur Auslegung der Anlage

## 4 Anwendungsbeispiele

### 4.1 Anwendungsbeispiele

Der VLT® Refrigeration Drive FC 103 ist für Kälteanwendungen ausgelegt. Die zahlreichen Standard- und optionalen Funktionen umfassen einen optimierten SmartStart-Assistenten:

- **Motorwechsel**  
Die Motorwechselfunktion eignet sich für Anwendungen (z. B. Lüfter- oder Pumpenanwendungen) mit 2 Motoren, die sich einen Frequenzumrichter teilen.

#### **HINWEIS**

Verwenden Sie die Motorwechselfunktion nicht mit Kompressoren.

- **Kaskadenregelung**  
Die Basis-Kaskadenregelung ist standardmäßig integriert, mit einer Kapazität von bis zu 3 Kompressoren. Die Kaskadenregelung ermöglicht die Drehzahlregelung eines einzelnen Kompressors in einer Anlage mit mehreren Kompressoren. Für die Steuerung von bis zu 6 Kompressoren verwenden Sie die erweiterte VLT®-Relais-Optionskarte MCB 113.
- **Potenzialfreie Kondensationstemperatursteuerung**  
Spart Geld durch die Überwachung der Außentemperatur und die Ermöglichung einer minimalen Kondensationstemperatur, was Lüfterdrehzahl und Energieverbrauch reduziert.
- **Ölrücklaufsteuerung**  
Die Ölrücklaufsteuerung verbessert die Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Kompressors und stellt eine ordnungsgemäße Schmierung sicher, indem der Kompressor mit variabler Drehzahlregelung überwacht wird. Wenn er eine bestimmte Zeit lang betrieben wurde, wird Geschwindigkeit aufgenommen, um das Öl wieder dem Ölbehälter zuzuführen.
- **Low and high pressure monitoring**  
Spart Geld, indem die Notwendigkeit von Resets vor Ort reduziert wird. Der Frequenzumrichter überwacht den Druck im System. Wenn sich der Druck stark dem Wert annähert, bei dessen Erreichen das Abschaltventil betätigt wird, führt der Frequenzumrichter eine sichere Abschaltung und kurz danach einen Neustart durch.

- **STO**  
STO ermöglicht Safe Torque Off (Motorfreilauf), wenn eine kritische Situation auftritt.
- **Energiesparmodus**  
Der Energiesparmodus spart Energie, indem er die Pumpe stoppt, wenn kein Bedarf besteht.
- **Echtzeituhr**
- **Smart Logic Control (SLC)**  
Die SLC umfasst die Programmierung einer Sequenz aus Ereignissen und Aktionen. Sie bietet eine Vielzahl von SPS-Funktionen mit Vergleichen, Logikregeln und Timern.

### 4.2 Ausgewählte Anwendungsfunktionen

#### 4.2.1 SmartStart

Für eine möglichst effiziente und logische Einstellung des Frequenzumrichters nutzt das Gerät Anzeigetexte und fachspezifische Sprache für Kältetechniker und -installateure vor Ort. Um Parametrierung und Inbetriebnahme noch effizienter zu gestalten, führt das integrierte Inbetriebnahmemenü den Benutzer in klarer und strukturierter Weise durch die Konfiguration des Frequenzumrichters.

Die folgenden Anwendungen werden unterstützt:

- Steuerung mehrerer Kompressoren
- Lüfter mit mehreren Kondensatoren, Kühlturm/Verdunstungsberieselung
- Einzellüfter und -pumpe
- Pumpensystem

Die Funktion wird beim ersten Einschalten, nach einem Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen oder über das Quick-Menü aktiviert. Bei der Aktivierung des Assistenten fragt der Frequenzumrichter nach den für die Ausführung der Anwendung erforderlichen Informationen.

### 4.2.2 Start/Stop

Klemme 18 = Start/Stop Parameter 5-10 Klemme 18  
 Digitaleingang [8] Start  
 Klemme 27 = Ohne Funktion Parameter 5-12 Klemme 27  
 Digitaleingang [0] Ohne Funktion (Standardeinstellung [2]  
 Motorfreilauf (inv.)

Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang = [8]  
 Start (Werkseinstellung)

Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang = [2]  
 Motorfreilauf (inv.) (Werkseinstellung)

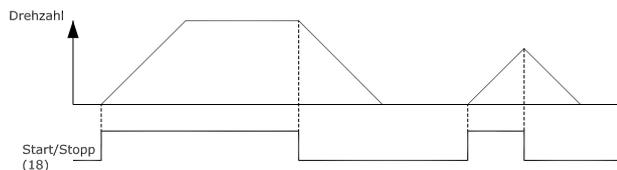
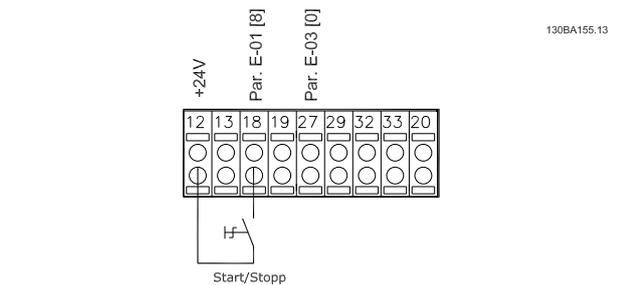


Abbildung 4.1 Klemme 37: Nur mit Safe Torque Off (STO)-Funktion verfügbar

### 4.2.3 Puls-Start/Stop

Klemme 18 = Start/Stop Parameter 5-10 Klemme 18  
 Digitaleingang [9] Puls-Start  
 Klemme 27 = Stopp Parameter 5-12 Klemme 27 Digital-  
 eingang [6] Stopp (invers)

Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang = [9]  
 Puls-Start

Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang = [6]  
 Stopp (invers)

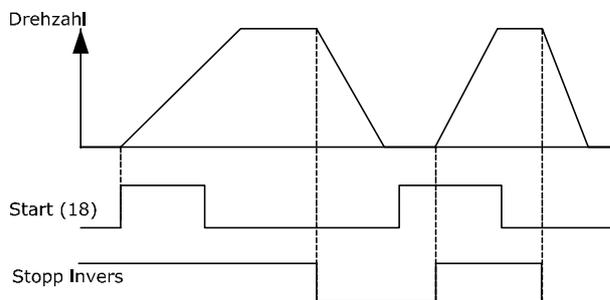
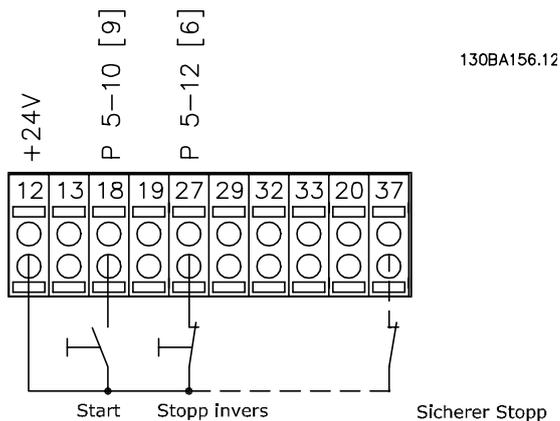


Abbildung 4.2 Klemme 37: Verfügbar nur mit STO-Funktion

### 4.2.4 Potenziometer Sollwert

Spannungssollwert über ein Potenziometer

- Parameter 3-15 Variabler Sollwert 1 [1] = Analog-  
eingang 53
- Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung = 0  
V
- Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung =  
10 V
- Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert =  
0 U/min
- Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert =  
1.500 U/min
- Schalter S201 = AUS (U)

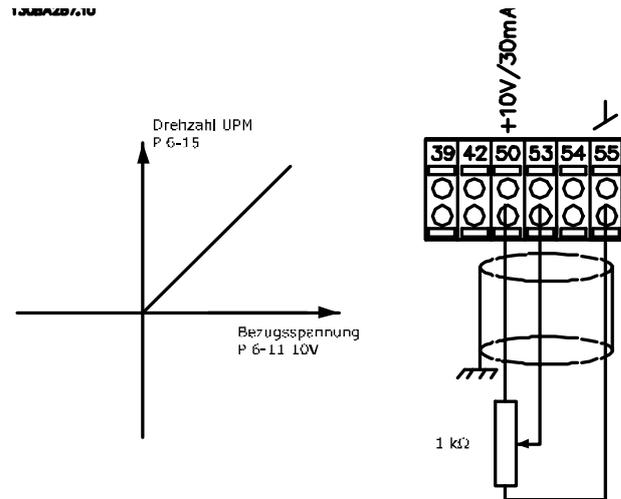


Abbildung 4.3 Spannungssollwert über Potenziometer

### 4.3 Anwendungsbeispiele

Die Beispiele in diesem Abschnitt sollen als Schnellreferenz für häufige Anwendungen dienen.

- Parametereinstellungen sind die regionalen Werkseinstellungen, sofern nicht anders angegeben (in *Parameter 0-03 Ländereinstellungen* ausgewählt).
- Neben den Zeichnungen sind die Parameter für die Klemmen und ihre Einstellungen aufgeführt.
- Wenn Schaltereinstellungen für die analogen Klemmen A53 und A54 erforderlich sind, werden diese ebenfalls dargestellt.

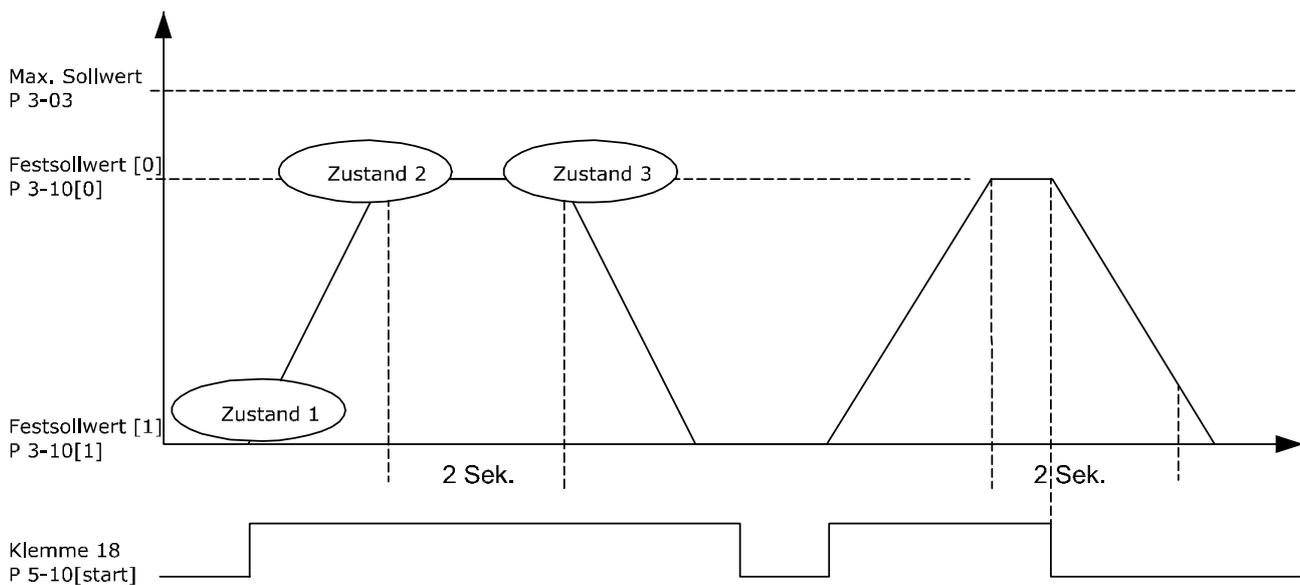
#### **HINWEIS**

Um den Frequenzumrichter mit der optionalen Funktion Safe Torque Off (STO) in Werkseinstellung zu betreiben, benötigen Sie ggf. Drahtbrücken zwischen Klemme 12 (oder 13) und Klemme 37.

#### SLC-Anwendungsbeispiel

##### Einfache Sequenz 1:

1. Anlaufen.
2. Rampe auf.
3. Motordrehzahl entspricht für 2 s dem Sollwert.
4. Rampe ab.
5. Nulldrehzahl bis Stopp.



130BA157.11

Abbildung 4.4 Rampe auf/Rampe ab

Rampenzeiten in *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1* und *Parameter 3-42 Rampenzeit Ab 1* auf die gewünschten Zeiten einstellen.

$$t_{\text{Rampe}} = \frac{t_{\text{Beschl.}} \times n_{\text{Norm}} (\text{Par.} \cdot 1 - 25)}{\text{Sollw. [U/min [UPM]]}}$$

Stellen Sie Klemme 27 auf [0] Ohne Funktion (*Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang*) ein.

Stellen Sie den Festsollwert 0 auf gewünschte Sollwertdrehzahl (*Parameter 3-10 Festsollwert [0]*) in Prozent von max. Sollwertdrehzahl (*Parameter 3-03 Maximaler Sollwert*) ein. Beispiel: 60 %

Stellen Sie den Festsollwert 1 auf die zweite Festdrehzahl ein (*Parameter 3-10 Festsollwert [1]* Beispiel: 0 % (Null)).

Timer 0 für konstante Drehzahl in *Parameter 13-20 SL-Timer [0]* einstellen. Beispiel: 2 s

Stellen Sie Ereignis 1 in *Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis [1]* auf [1] Wahr ein.

Stellen Sie Ereignis 2 in *Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis [2]* auf [4] Ist=Sollwert ein.

Stellen Sie Ereignis 3 in *Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis [3]* auf [30] Timeout 0 ein.

Stellen Sie Ereignis 4 in *Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis [4]* auf [0] Falsch ein.

Stellen Sie Aktion 1 in *Parameter 13-52 SL-Controller Aktion [1]* auf [10] Anwahl Festsollw. 0 ein.

Stellen Sie Aktion 2 in *Parameter 13-52 SL-Controller Aktion [2]* auf [29] Start Timer 0 ein.

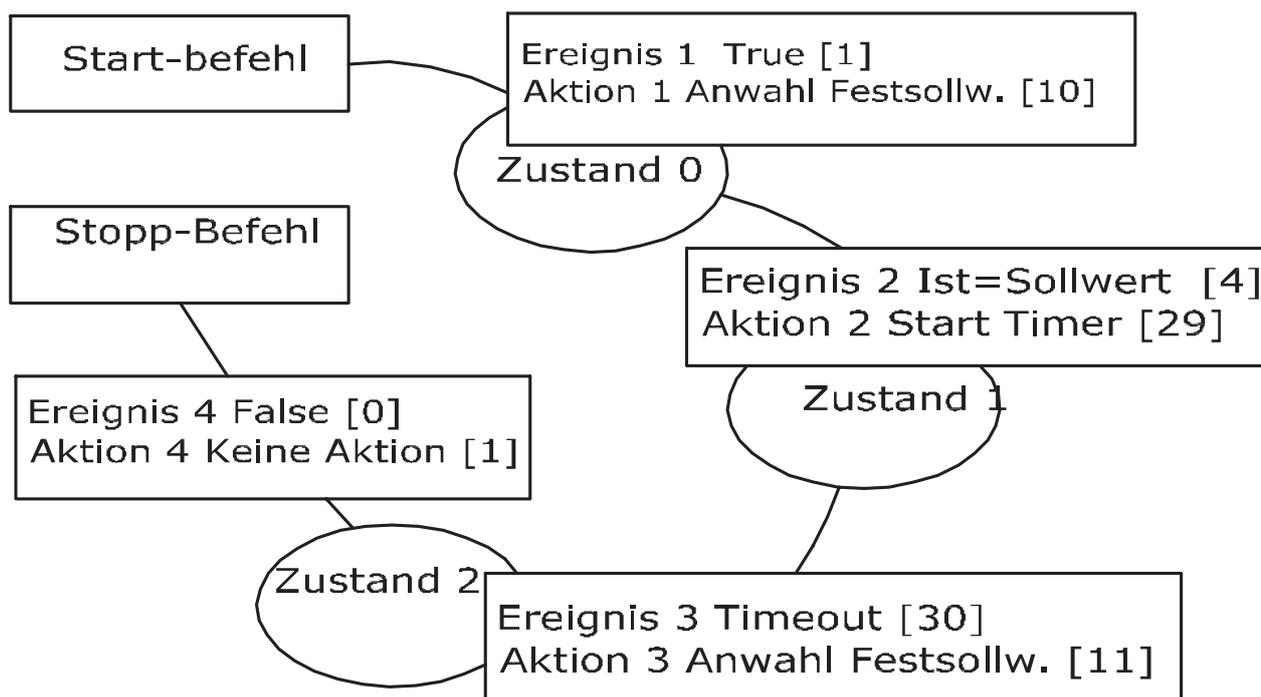
Stellen Sie Aktion 3 in *Parameter 13-52 SL-Controller Aktion [3]* auf [11] Anwahl Festsollw. 1 ein.

Stellen Sie Aktion 4 in *Parameter 13-52 SL-Controller Aktion [4]* auf [1] Keine Aktion ein.

Stellen Sie in *Parameter 13-00 Smart Logic Controller* auf EIN.

Start-/Stopp-Befehl liegt an Klemme 18 an. Bei anliegendem Stoppsignal werden die Rampe im Frequenzumrichter verringert und der Motorfreilauf aktiviert.

4



130BA148.11

Abbildung 4.5 SLC-Anwendungsbeispiel

4.3.1 Istwert

FC		Parameter	
Funktion	Einstellung	Funktion	Einstellung
Parameter 6-22 Klemme 54 Skal. Min.Strom	4 mA*	Parameter 6-23 Klemme 54 Skal. Max.Strom	20 mA*
Parameter 6-24 Klemme 54 Skal. Min.-Soll/ Istwert	0*	Parameter 6-25 Klemme 54 Skal. Max.-Soll/ Istwert	50*
* = Werkseinstellung		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> DIN 37 ist eine Option.	

Tabelle 4.1 Analoger Stromistwertwandler

FC		Parameter	
Funktion	Einstellung	Funktion	Einstellung
Parameter 6-20 Klemme 54 Skal. Min.Spannung	0,07 V*	Parameter 6-21 Klemme 54 Skal. Max.Spannung	10 V*
Parameter 6-24 Klemme 54 Skal. Min.-Soll/Istwert	0*	Parameter 6-25 Klemme 54 Skal. Max.-Soll/Istwert	50*
* = Werkseinstellung		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> DIN 37 ist eine Option.	

Tabelle 4.2 Analoger Spannungswandler (3 Leiter)

		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
<p>130BB677.10</p> <p>A54</p>		Parameter 6-20 Klemme 54 Skal. Min.Spannung	g 0,07 V*	
		Parameter 6-21 Klemme 54 Skal. Max.Spannung	10 V*	
		Parameter 6-24 Klemme 54 Skal. Min.-Soll/Istwert	0*	
		Parameter 6-25 Klemme 54 Skal. Max.-Soll/Istwert	50*	
		* = Werkseinstellung		
		Hinweise/Anmerkungen: DIN 37 ist eine Option.		

Tabelle 4.3 Analoger Spannungswertwandler (4 Leiter)

		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
<p>130BB927.10</p> <p>A53</p>		Parameter 6-12 Klemme 53 Skal. Min.Strom	ng 4 mA*	
		Parameter 6-13 Klemme 53 Skal. Max.Strom	20 mA*	
		Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert	0 Hz	
		Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert	50 Hz	
		* = Werkseinstellung		
		Hinweise/Anmerkungen: DIN 37 ist eine Option.		

Tabelle 4.5 Analoger Drehzahlswert (Strom)

4.3.2 Drehzahl

		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
<p>130BB926.10</p> <p>A53</p>		Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung	g 0,07 V*	
		Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung	10 V*	
		Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert	0 Hz	
		Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert	50 Hz	
		* = Werkseinstellung		
		Hinweise/Anmerkungen: DIN 37 ist eine Option.		

Tabelle 4.4 Analoger Drehzahlswert (Spannung)

		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
<p>130BB683.10</p> <p>A53</p>		Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung	ng 0,07 V*	
		Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung	10 V*	
		Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert	0 Hz	
		Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert	50 Hz	
		* = Werkseinstellung		
		Hinweise/Anmerkungen: DIN 37 ist eine Option.		

Tabelle 4.6 Drehzahlswert (über ein manuelles Potenziometer)

4.3.3 Start/Stop

4

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		<b>Parameter 5-10</b> [8] Start* Klemme 18 Digitaleingang	
		<b>Parameter 5-12</b> [7] Externe Klemme 27 Verriegelung Digitaleingang	
		* = Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> DIN 37 ist eine Option.	
+24 V 120 +24 V 130 D IN 180 D IN 190 COM 200 D IN 270 D IN 290 D IN 320 D IN 330 D IN 370  +10 V 500 A IN 530 A IN 540 COM 550 A OUT 420 COM 390			

Tabelle 4.7 Start/Stop-Befehl mit externer Verriegelung

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		<b>Parameter 5-10</b> [8] Start* Klemme 18 Digitaleingang	
		<b>Parameter 5-11</b> [52] Klemme 19 Startfreigabe Digitaleingang	
		<b>Parameter 5-12</b> [7] Externe Klemme 27 Verriegelung Digitaleingang	
		<b>Parameter 5-40</b> [167] Relaisfunktion Startbefehl aktiv	
		* = Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> DIN 37 ist eine Option.	
+24 V 120 +24 V 130 D IN 180 D IN 190 COM 200 D IN 270 D IN 290 D IN 320 D IN 330 D IN 370  +10 V 500 A IN 530 A IN 540 COM 550 A OUT 420 COM 390  R1 010 020 030  R2 040 050 060			

Tabelle 4.9 Startfreigabe

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		<b>Parameter 5-10</b> [8] Start* Klemme 18 Digitaleingang	
		<b>Parameter 5-12</b> [7] Externe Klemme 27 Verriegelung Digitaleingang	
		* = Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Wenn Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang auf [0] Ohne Funktion programmiert ist, wird keine Drahtbrücke zu Klemme 27 benötigt. DIN 37 ist eine Option.	
+24 V 120 +24 V 130 D IN 180 D IN 190 COM 200 D IN 270 D IN 290 D IN 320 D IN 330 D IN 370  +10 V 500 A IN 530 A IN 540 COM 550 A OUT 420 COM 390  R1 010 020 030  R2 040 050 060			

Tabelle 4.8 Start/Stop-Befehl ohne externe Verriegelung

4.3.4 Motorthermistor

**⚠️ WARNUNG**

**THERMISTORISOLIERUNG**

Gefahr von Personenschäden oder Sachschäden!

- Thermistoren müssen verstärkt oder zweifach isoliert werden, um die PELV-Anforderungen zu erfüllen.

		Parameter																																					
		Funktion	Einstellung																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VLT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>+24 V</td><td>12</td></tr> <tr><td>+24 V</td><td>13</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>18</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>19</td></tr> <tr><td>COM</td><td>20</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>27</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>29</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>32</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>33</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>37</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>+10 V</td><td>50</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>53</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>54</td></tr> <tr><td>COM</td><td>55</td></tr> <tr><td>A OUT</td><td>42</td></tr> <tr><td>COM</td><td>39</td></tr> </tbody> </table>		VLT		+24 V	12	+24 V	13	D IN	18	D IN	19	COM	20	D IN	27	D IN	29	D IN	32	D IN	33	D IN	37			+10 V	50	A IN	53	A IN	54	COM	55	A OUT	42	COM	39	130BB686.12	
VLT																																							
+24 V	12																																						
+24 V	13																																						
D IN	18																																						
D IN	19																																						
COM	20																																						
D IN	27																																						
D IN	29																																						
D IN	32																																						
D IN	33																																						
D IN	37																																						
+10 V	50																																						
A IN	53																																						
A IN	54																																						
COM	55																																						
A OUT	42																																						
COM	39																																						
		Parameter 1-90	[2]																																				
		Thermischer Motorschutz	Thermistor-Abschalt.																																				
		Parameter 1-93	[1] Analogeingang 53																																				
		Thermistoranschluss																																					
		* = Werkseinstellung																																					
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Wenn Sie nur eine Warnung wünschen, programmieren Sie Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz auf [1] Thermistor Warnung. DIN 37 ist eine Option.																																					

Tabelle 4.10 Motorthermistor

## 5 Besondere Betriebsbedingungen

### 5.1 Leistungsreduzierung

Diesem Abschnitt entnehmen Sie detaillierte Daten zum Betrieb des Frequenzumrichters unter Bedingungen, die eine Leistungsreduzierung erfordern. Bei bestimmten Bedingungen muss die Leistungsreduzierung manuell erfolgen. Unter anderen Bedingungen führt der Frequenzumrichter bei Bedarf automatisch eine Leistungsreduzierung durch. Die Leistungsreduzierung stellt ein ordnungsgemäßes Funktionieren in kritischen Phasen sicher, in denen die Alternative eine Abschaltung sein könnte.

### 5.2 Manuelle Leistungsreduzierung

#### 5.2.1 Bedingungen für eine Leistungsreduzierung

Ziehen Sie eine Leistungsreduzierung in Betracht, wenn eine der folgenden Bedingungen vorhanden ist:

- Betrieb über 1000 m (niedriger Luftdruck).
- Betrieb mit niedriger Drehzahl
- Lange Motorkabel
- Kabel mit großem Querschnitt
- Hohe Umgebungstemperatur

Weitere Informationen finden Sie in *Kapitel 5.4 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur*.

#### 5.2.2 Leistungsreduzierung beim Betrieb mit niedriger Drehzahl

Wenn ein Motor an den Frequenzumrichter angeschlossen ist, muss für eine ausreichende Motorkühlung gesorgt sein. Der Grad der Erwärmung hängt von der Last am Motor sowie von der Betriebsdrehzahl und -dauer ab.

#### Anwendungen mit konstantem Drehmoment (CT-Modus)

In Anwendungen mit konstantem Drehmoment kann im niedrigen Drehzahlbereich ein Problem auftreten. Bei Anwendungen mit konstantem Drehmoment kann es bei niedriger Drehzahl aufgrund einer geringeren Kühlleistung des Motorlüfters zu einer Überhitzung des Motors kommen.

Soll der Motor kontinuierlich mit weniger als der Hälfte der Nenndrehzahl laufen, müssen Sie dem Motor zusätzliche Kühlluft zuführen. Oder verwenden Sie einen für diese Betriebsart geeigneten Motor.

Eine Alternative ist, die Belastung des Motors durch die Auswahl eines größeren Motors zu reduzieren, die Leistungsgröße des Frequenzumrichters setzt jedoch eine Grenze für die Motorgröße.

#### Anwendungen mit variablem (quadratischem) Drehmoment (VT)

Bei Anwendungen mit variablem Drehmoment (z. B. Zentrifugalpumpen und Lüfter), bei denen das Drehmoment in quadratischer und die Leistung in kubischer Beziehung zur Drehzahl steht, ist keine zusätzliche Kühlung oder Leistungsreduzierung des Motors erforderlich.

#### 5.2.3 Leistungsreduzierung wegen niedrigem Luftdruck

Bei niedrigerem Luftdruck nimmt die Kühlfähigkeit der Luft ab.

Unterhalb einer Höhe von 1000 m über NN ist keine Leistungsreduzierung erforderlich. Oberhalb von 1000 m müssen Sie den maximale Ausgangsstrom ( $I_{out}$ ) bei der Umgebungstemperatur ( $T_{AMB}$ ) gemäß *Abbildung 5.1* reduzieren. Bei Höhen über 2000 m über NN ziehen Sie Danfoss zu PELV (Schutzkleinspannung) zurate.

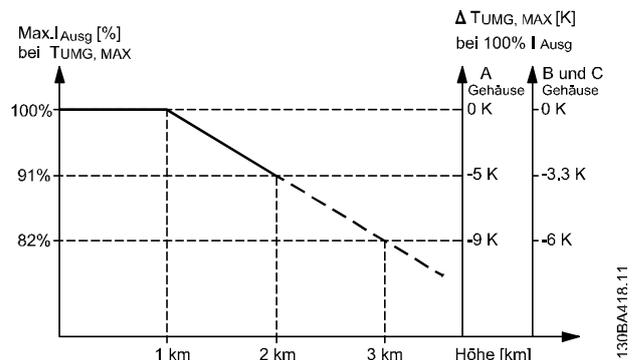


Abbildung 5.1 Höhenabhängige Reduzierung des Ausgangsstroms bei  $T_{AMB, MAX}$  bei den Baugrößen A, B und C.

Eine Alternative ist die Reduzierung der Umgebungstemperatur bei großen Höhen, um auch dort 100 % Ausgangsstrom sicherzustellen. Zur Veranschaulichung, wie sich *Abbildung 5.1* lesen lässt, wird die Situation bei 2.000 m Höhe für die Baugröße B mit  $T_{AMB, MAX} = 50\text{ °C}$  dargestellt. Bei einer Temperatur von  $45\text{ °C}$  ( $T_{AMB, MAX} - 3,3\text{ K}$ ) sind 91 % des Ausgangsnennstroms verfügbar. Bei einer Temperatur von  $41,7\text{ °C}$  sind 100 % des Ausgangsnennstroms verfügbar.

### 5.3 Leistungsreduzierung für lange Motorkabel oder Kabel mit größerem Querschnitt

#### HINWEIS

Gilt nur für Frequenzumrichter bis 90 kW.  
 Die maximale Kabellänge für diesen Frequenzumrichter beträgt 300 m (ungeschirmt) und 150 m (geschirmt).  
 Der Frequenzumrichter wurde für die Funktion mit einem Motorkabel mit einem Nennquerschnitt konzipiert. Wenn ein Kabel mit einem größeren Querschnitt benötigt wird, reduzieren Sie den Ausgangsstrom bei jedem Vergrößerungsschritt des Kabelquerschnitts um 5 %.  
 Ein vergrößerter Leitungsquerschnitt führt zu erhöhter Kapazität gegen Erde und dadurch zu einem erhöhten Erdableitstrom.

### 5.4 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur

Der über 24 Stunden gemessene Durchschnittswert für die Umgebungstemperatur ( $T_{AMB, AVG}$ ) muss mindestens 5 °C unter der maximal zulässigen Umgebungstemperatur ( $T_{AMB, MAX}$ ) liegen. Betreiben Sie den Frequenzumrichter bei hohen Umgebungstemperaturen, müssen Sie den Dauerausgangsstrom reduzieren. Die Leistungsreduzierung ist vom Schaltmodus abhängig, der in *Parameter 14-00 Schaltmuster* auf 60° AVM oder SFAVM einstellbar ist.

#### 5.4.1 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur, Baugröße A

##### 60° AVM - Pulsbreitenmodulation

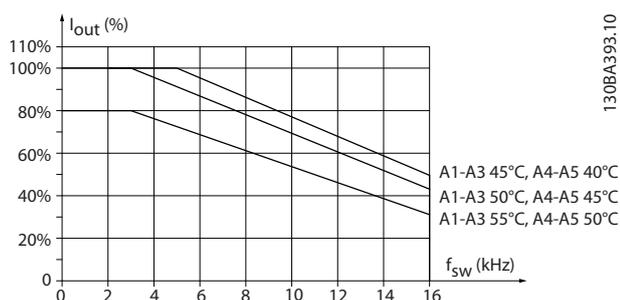


Abbildung 5.2 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  für abweichende  $T_{AMB, MAX}$  für die Baugröße A, bei 60° AVM

##### SFAVM - Ständerfrequenz Asynchron Vector Modulation

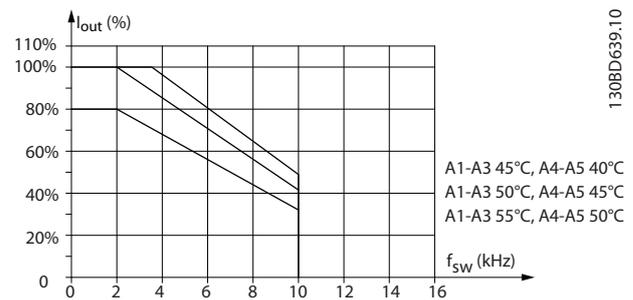


Abbildung 5.3 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  für abweichende  $T_{AMB, MAX}$  für Baugröße A, mittels SFAVM

Wenn Sie bei der Baugröße A ausschließlich Motorkabel mit einer Länge von 10 m oder weniger verwenden, ist eine geringere Leistungsreduzierung erforderlich. Dies liegt daran, dass die Länge des Motorkabels einen relativ hohen Einfluss auf die empfohlene Leistungsreduzierung hat.

##### 60° AVM

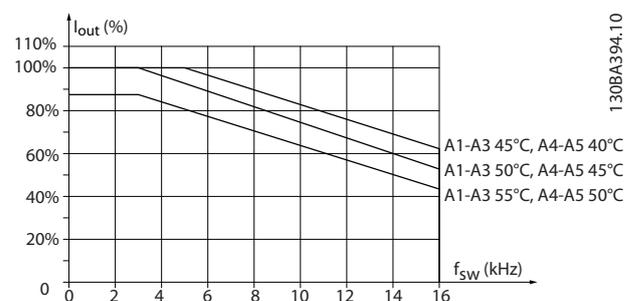


Abbildung 5.4 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  für abweichende  $T_{AMB, MAX}$  für Baugröße A, mittels 60° AVM und max. 10-m-Motorkabel

##### SFAVM

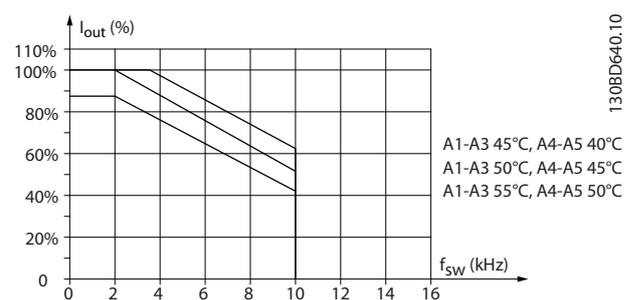


Abbildung 5.5 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  bei verschiedenen  $T_{AMB, MAX}$  bei Gehäusetyp A und Verwendung von SFAVM sowie maximal 10 m Motorkabel

5.4.2 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur, Baugröße B

Bauform B, T2 und T4

60° AVM - Pulsbreitenmodulation

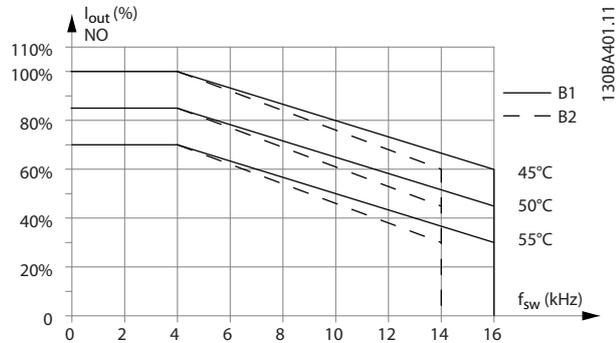


Abbildung 5.6 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  bei verschiedenen  $T_{AMB, MAX}$  bei Baugrößen B1 and B2 und Verwendung von 60° AVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

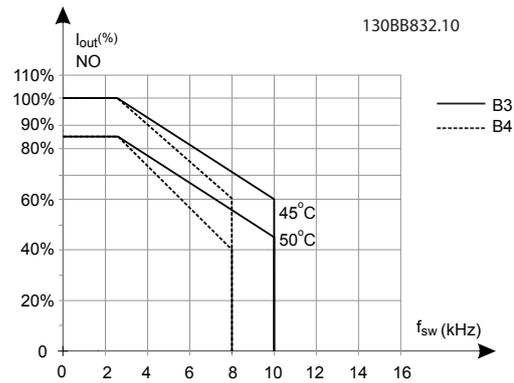


Abbildung 5.9 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  bei verschiedenen  $T_{AMB, MAX}$  bei den Baugrößen B3 and B4 und Verwendung von SFAVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

Bauformen B, T6

60° AVM - Pulsbreitenmodulation

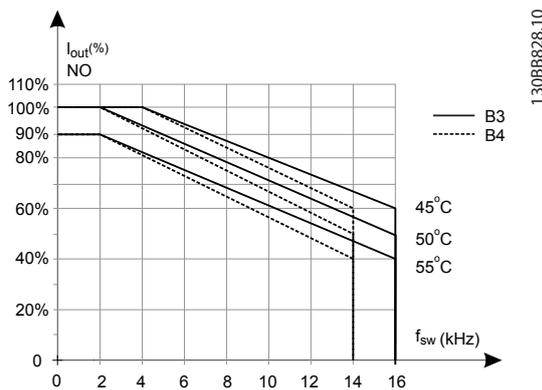


Abbildung 5.7 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  bei verschiedenen  $T_{AMB, MAX}$  bei den Baugrößen B3 and B4 und Verwendung von 60° AVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

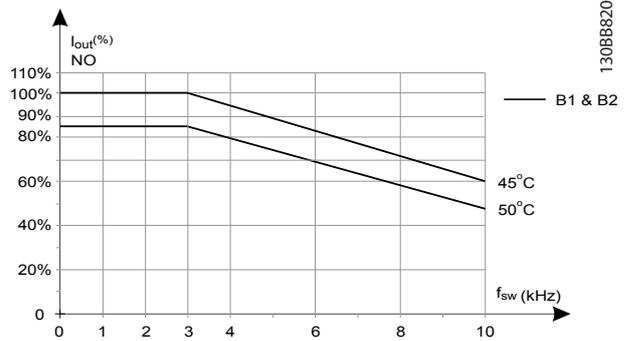


Abbildung 5.10 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für 600-V-Frequenzumrichter, Baugröße B, 60 AVM, normale Überlast

SFAVM - Ständerfrequenz Asynchron Vector Modulation

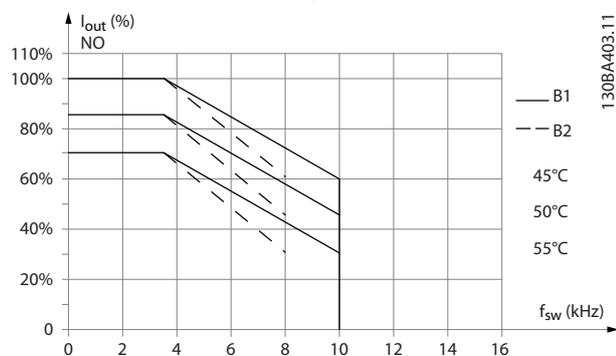


Abbildung 5.8 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  bei verschiedenen  $T_{AMB, MAX}$  bei den Baugrößen B1 and B2 und Verwendung von SFAVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

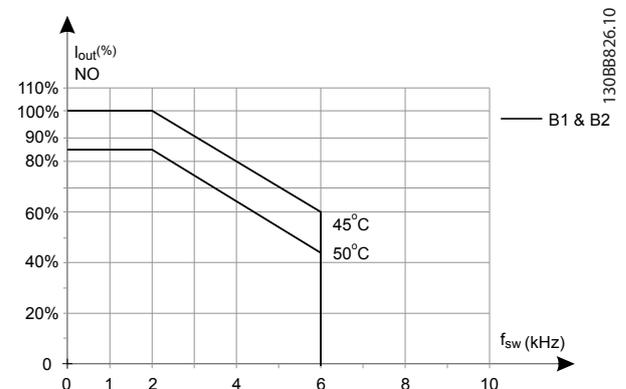


Abbildung 5.11 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für 600-V-Frequenzumrichter, Baugröße B; SFAVM, Normale Überlast

**Bauformen B, T7**

**Bauformen B2 und B4, 525-690 V**

**60° AVM - Pulsbreitenmodulation**

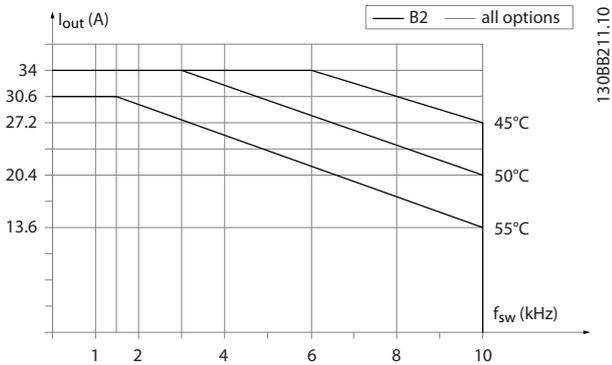


Abbildung 5.12 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für die Baugrößen B2 und B4, 60° AVM.

**SFAVM - Ständerfrequenz Asynchron Vector Modulation**

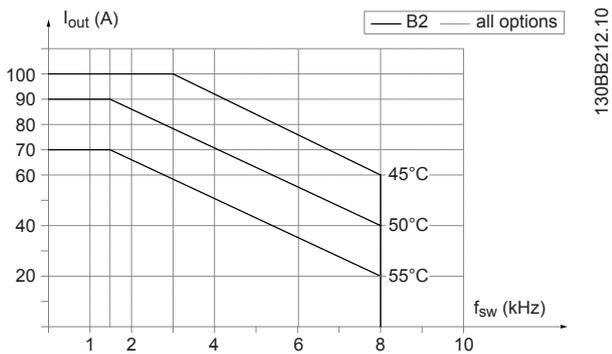


Abbildung 5.13 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für die Baugrößen B2 und B4, SFAVM.

**5.4.3 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur, Baugröße C**

**Bauformen C, T2 und T4**

**60° AVM - Pulsbreitenmodulation**

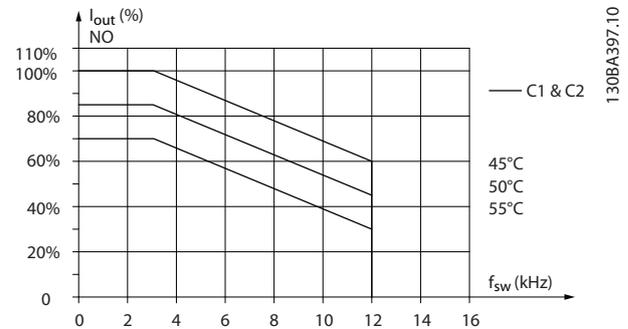


Abbildung 5.14 Leistungsreduzierung von I<sub>out</sub> bei verschiedenen T<sub>AMB, MAX</sub> bei den Baugrößen C1 und C2, bei Verwendung von 60° AVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

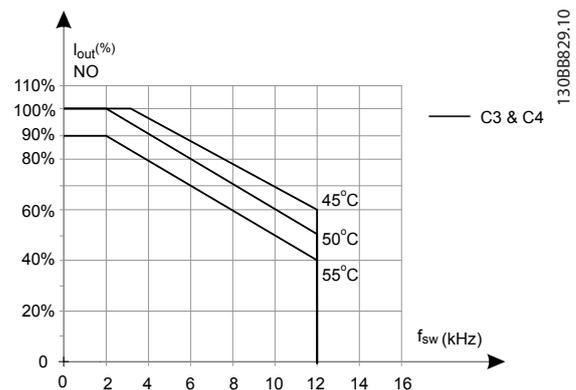


Abbildung 5.15 Leistungsreduzierung von I<sub>out</sub> bei verschiedenen T<sub>AMB, MAX</sub> bei den Baugrößen C3 and C4 und Verwendung von 60° AVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

SFAVM - Ständerfrequenz Asynchron Vector Modulation

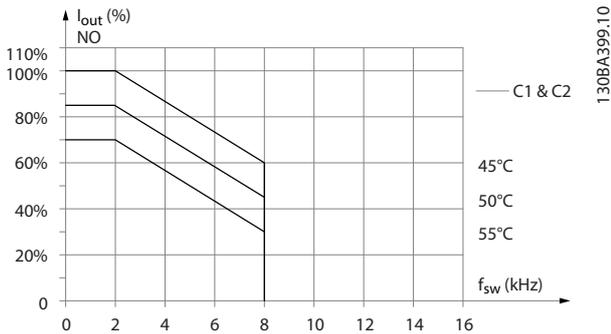


Abbildung 5.16 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  bei verschiedenen  $T_{AMB, MAX}$  bei den Baugrößen C1 and C2 und Verwendung von SFAVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

SFAVM - Ständerfrequenz Asynchron Vector Modulation

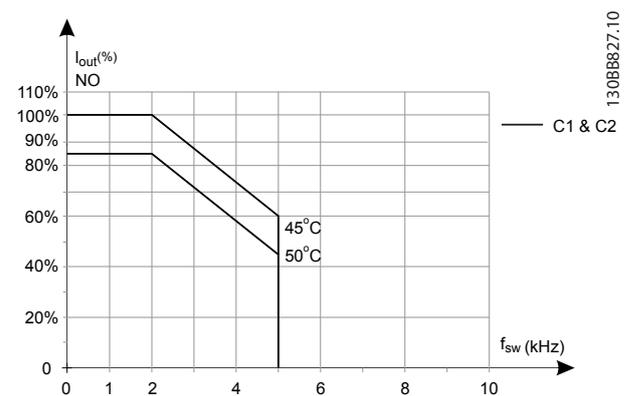


Abbildung 5.19 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für 600-V-Frequenzumrichter, Baugröße C; SFAVM, Normale Überlast

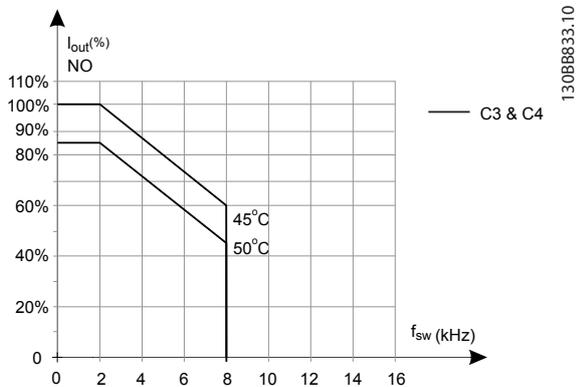


Abbildung 5.17 Leistungsreduzierung von  $I_{out}$  bei verschiedenen  $T_{AMB, MAX}$  bei den Baugrößen C3 and C4 und Verwendung von SFAVM im normalen Überlastmodus (110 % Übermoment)

Baugröße C, T7  
60° AVM - Pulsbreitenmodulation

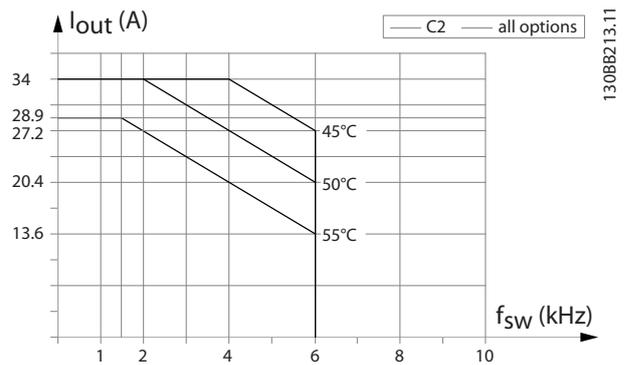


Abbildung 5.20 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für Baugröße C2, 60° AVM.

Baugröße C, T6  
60° AVM - Pulsbreitenmodulation

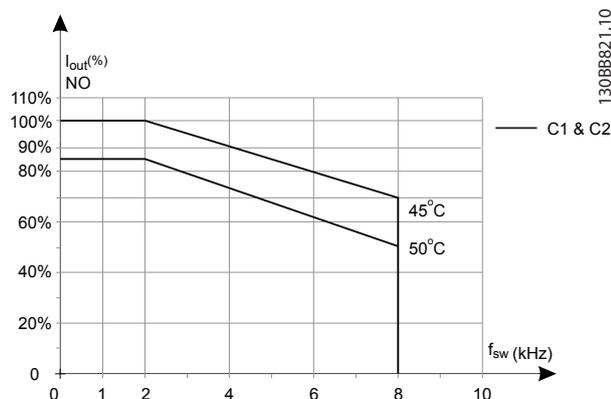


Abbildung 5.18 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für 600-V-Frequenzumrichter, Baugröße C, 60 AVM, normale Überlast

SFAVM - Ständerfrequenz Asynchron Vector Modulation

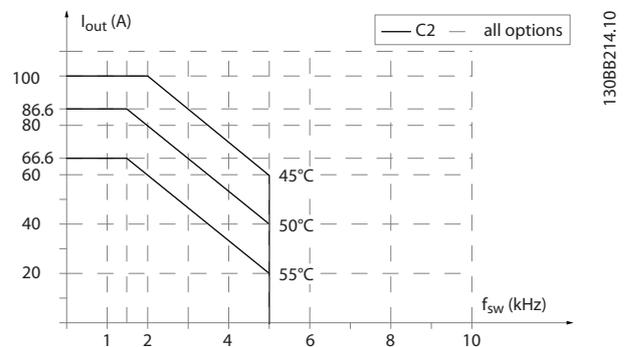
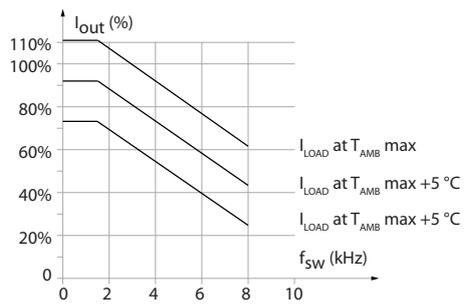


Abbildung 5.21 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für Baugröße C2, SFAVM.



1308D597.10

Abbildung 5.22 Leistungsreduzierung des Ausgangsstroms mit einer Taktfrequenz und Umgebungstemperatur für Baugröße C3

## 6 Typencode und Auswahl

### 6.1 Bestellung

#### 6.1.1 Einführung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
AKD-	0	P								T												X	X	S	X	X	X	X	A		B		C							D

130BA859.10

Abbildung 6.1 Typencode

**6**

Sie können mit dem Antriebskonfigurator den geeigneten Frequenzumrichter für Ihre Anwendung zusammenstellen und den entsprechenden Typencode erzeugen. Der Antriebskonfigurator erzeugt eine 8-stellige Bestellnummer, mit der Sie den Frequenzumrichter über Ihre Vertretung vor Ort bestellen können.

Außerdem können Sie mit dem Antriebskonfigurator eine Projektliste mit mehreren Produkten aufstellen und an Ihre Danfoss-Vertriebsvertretung senden.

Der Antriebskonfigurator ist auf der globalen Internetseite zu finden:  
[www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives).

#### 6.1.2 Typencode

Ein Beispiel für den Typencode:  
 FC-103-P18KT4E21H1XGCSXXSXXXAZBKCSXXDX

*Tabelle 6.1* und *Tabelle 6.2* beschreiben die Bedeutung der Zeichen in der Zeichenfolge. Im obigen Beispiel sind die Option AK-LonWorks und die Universal-E/A-Option im Frequenzumrichter enthalten.

Beschreibung	Position	Mögliche Optionen <sup>1)</sup>
Produktgruppe und VLT-Baureihe	1–6	FC 103
Nennleistung	8–10	1,1- 90 kW (P1K1-P90K)
Phasenzahl	11	3 Phasen (T)
Netzspannung	11–12	T 2: 200–240 V AC T 4: 380–480 V AC

Beschreibung	Position	Mögliche Optionen <sup>1)</sup>
Gehäuse	13–15	E20: IP20 E21: IP 21/NEMA 1 E55: IP 55/NEMA 12 E66: IP66 P21: IP21/NEMA 1 mit Rückwand P55: IP55/NEMA 12 mit Rückwand Z55: A4 Schutzart IP55 Z66: A4 Schutzart IP66
EMV-Filter	16–17	H1: EMV-Filter, Klasse A1/B H2: EMV-Filter, Klasse A2 Hx: Kein EMV-Filter
Display	19	G: Grafisches LCP-Bedienteil (LCP 102). X: Ohne LCP Bedienteil
Beschichtung der Platine	20	X: Keine beschichtete Platine C: Beschichtete Platine
Netzoption	21	X: Kein Netztrennschalter 1: Einschließlich Netztrennschalter (nur IP55)
Anpassung	22	Reserviert
Anpassung	23	Reserviert
Softwareversion	24–27	Tatsächliche Software
Software-Sprache	28	

Tabelle 6.1 Typenschlüssel für Bestellungen

<sup>1)</sup> Einige der verfügbaren Optionen sind von der Baugröße abhängig.

Beschreibung	Position	Mögliche Optionen
A-Optionen	29–30	AX: Keine Optionen AZ: VLT® AK-LonWorks MCA 107 A0: VLT® PROFIBUS DP MCA 101 AL: VLT® PROFINET MCA 120
B-Optionen	31–32	BX: Keine Option BK: Universal-E/A-Option MCB 101 BP: VLT®-Relaisoption MCB 105 BO: VLT®-Analog-E/A-Option MCB 109
C0-Optionen MCO	33–34	CX: Keine Optionen
C1 Optionen	35	X: Keine Optionen R: VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113
Software für die C-Option	36–37	XX: Standard-Software
D-Optionen	38–39	DX: Keine Option D0: VLT®-24 V DC-Versorgungsoption MCB 107

Tabelle 6.2 Typenschlüssel für Bestellungen, Optionen

## 6.2 Optionen, Zubehör und Ersatzteile

### 6.2.1 Bestellnummern: Optionen und Zubehör

#### **HINWEIS**

Sie können die Optionen bereits werkseitig montiert bestellen, siehe Bestellinformationen.

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
<b>Diverse Ausrüstung I</b>		
Zwischenkreisstecker	Klemmenblock für Zwischenkreis-kopplung bei A2/A3	130B1064
IP 21/4X (obere Abdeckung)/Ty p 1-Bausatz	Obere + untere Gehäuseabdeckung IP21/NEMA1 A2	130B1122
IP 21/4X (obere Abdeckung)/Ty p 1-Bausatz	Obere + untere Gehäuseabdeckung IP21/NEMA1 A3	130B1123
IP 21/4X (obere Abdeckung)/Ty p 1-Bausatz	Obere + untere Gehäuseabdeckung IP21/NEMA1 B3	130B1187
IP 21/4X (obere Abdeckung)/Ty p 1-Bausatz	Obere + untere Gehäuseabdeckung IP21/NEMA1 B4	130B1189

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
<b>Diverse Ausrüstung I</b>		
IP 21/4X (obere Abdeckung)/Ty p 1-Bausatz	Obere + untere Gehäuseabdeckung IP21/NEMA1 C3	130B1191
IP 21/4X (obere Abdeckung)/Ty p 1-Bausatz	Obere + untere Gehäuseabdeckung IP21/NEMA1 C4	130B1193
IP21/4X oben	Obere Abdeckung IP21 A2	130B1132
IP21/4X oben	Obere Abdeckung IP21 A3	130B1133
IP21/4X oben	Obere Abdeckung IP21 B3	130B1188
IP21/4X oben	Obere Abdeckung IP21 B4	130B1190
IP21/4X oben	Obere Abdeckung IP21 C3	130B1192
IP21/4X oben	Obere Abdeckung IP21 C4	130B1194
Einbausatz für Schaltschrank-installation mit Durchsteck-Kit	Baugröße A5	130B1028
Einbausatz für Schaltschrank-installation mit Durchsteck-Kit	Baugröße B1	130B1046
Einbausatz für Schaltschrank-installation mit Durchsteck-Kit	Baugröße B2	130B1047
Einbausatz für Schaltschrank-installation mit Durchsteck-Kit	Baugröße C1	130B1048
Einbausatz für Schaltschrank-installation mit Durchsteck-Kit	Baugröße C2	130B1049
Klemmenleisten	Schraubanschlussklemmen zum Austausch von Federzugklemmen 1 Stk. 10-Pol-, 1 Stk. 6-Pol- und 1 Stk. 3-Pol-Steckverbinder	130B1116
Rückwand	A5 IP55/NEMA 12	130B1098
Rückwand	B1 IP21/IP55/NEMA 12	130B3383
Rückwand	B2 IP21/IP55/NEMA 12	130B3397
Rückwand	C1 IP21/IP55/NEMA 12	130B3910
Rückwand	C2 IP21/IP55/NEMA 12	130B3911
Rückwand	A5 IP66	130B3242
Rückwand	B1 IP66	130B3434
Rückwand	B2 IP66	130B3465
Rückwand	C1 IP66	130B3468
Rückwand	C2 IP66	130B3491
<b>LCPs und Bausätze</b>		
LCP 102	Grafisches LCP-Bedienteil (LCP 102).	130B1107
LCP-Kabel	Separates LCP-Kabel, 3 m	175Z0929
LCP-Einbausatz	LCP-Einbausatz einschließlich grafischem LCP, Befestigungen, 3 m langem Kabel und Dichtung	130B1113

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
<b>Diverse Ausrüstung I</b>		
LCP-Einbausatz	LCP-Einbausatz einschließlich numerischem LCP, Befestigungen und Dichtung	130B1114
LCP-Einbausatz	LCP-Einbausatz für alle LCPs, einschließlich Befestigungen, 3 m langem Kabel und Dichtung	130B1117
LCP-Einbausatz	Einbausatz für die Frontmontage für Schaltschränke der Schutzart IP55/IP66, mit Befestigungen, 8 m langem Kabel und Dichtung	130B1129

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
<b>Diverse Ausrüstung I</b>		
LCP-Einbausatz	LCP-Einbausatz für alle LCPs, einschließlich Befestigungen und Dichtung – ohne Kabel	130B1170

Tabelle 6.3 Optionen und Zubehör

6

Typ	Beschreibung	Bemerkung
<b>Optionen für Steckplatz A</b>		<b>Bestellnummer beschichtet</b>
MCA 107	AK-LonWorks	130B1108
<b>Optionen für Steckplatz B</b>		
MCB 101	VLT®-Universal-E/A-Modul MCB 101	130B1212
MCB 105	VLT®-Relaiskarte MCB 105	130B1210
MCB 109	VLT®-Analog-E/A-Option MCB 109 und Notstromversorgung mit Batterien für Echtzeituhr	130B1243
<b>Option für Steckplatz C</b>		
MCB 113	VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113	130B1264
<b>Option für Steckplatz D</b>		
MCB 107	Externe 24 V DC-Spannungsversorgung	130B1208

Tabelle 6.4 Bestellnummern für Optionen A, B, C und D

Informationen zur Kompatibilität von Feldbus- und Anwendungsoptionen mit älteren Software-Versionen erhalten Sie von Ihrem Danfoss-Händler.

Typ	Beschreibung	Bestellnummer	Bemerkung
<b>Wechselteile</b>			
Steuerkarte FC	Mit Funktion „Safe Torque Off“	130B1150	
Steuerkarte FC	Ohne Funktion „Safe Torque Off“	130B1151	
Lüfter A2	Lüfter, Baugröße A2	130B1009	
Lüfter A3	Lüfter, Baugröße A3	130B1010	
Lüfter A5	Lüfter, Baugröße A5	130B1017	
Lüfter B1	Lüfter extern, Baugröße B1	130B3407	
Lüfter B2	Lüfter extern, Baugröße B2	130B3406	
Lüfter B3	Lüfter extern, Baugröße B3	130B3563	
Lüfter B4	Lüfter extern, 18,5/22 kW	130B3699	
Lüfter B4	Lüfter extern, 22/30 kW	130B3701	
Lüfter C1	Lüfter extern, Baugröße C1	130B3865	
Lüfter C2	Lüfter extern, Baugröße C2	130B3867	
Lüfter C3	Lüfter extern, Baugröße C3	130B4292	
Lüfter C4	Lüfter extern, Baugröße C4	130B4294	
<b>Diverse Ausrüstung II</b>			
Beutel mit Zubehör A2	Beutel mit Zubehör, Baugröße A2	130B1022	
Beutel mit Zubehör A3	Beutel mit Zubehör, Baugröße A3	130B1022	
Beutel mit Zubehör A5	Beutel mit Zubehör, Baugröße A5	130B1023	
Beutel mit Zubehör B1	Beutel mit Zubehör, Baugröße B1	130B2060	
Beutel mit Zubehör B2	Beutel mit Zubehör, Baugröße B2	130B2061	
Beutel mit Zubehör B3	Beutel mit Zubehör, Baugröße B3	130B0980	
Beutel mit Zubehör B4	Beutel mit Zubehör, Baugröße B4	130B1300	Klein
Beutel mit Zubehör B4	Beutel mit Zubehör, Baugröße B4	130B1301	Groß
Beutel mit Zubehör C1	Beutel mit Zubehör, Baugröße C1	130B0046	
Beutel mit Zubehör C2	Beutel mit Zubehör, Baugröße C2	130B0047	
Beutel mit Zubehör C3	Beutel mit Zubehör, Baugröße C3	130B0981	
Beutel mit Zubehör C4	Beutel mit Zubehör, Baugröße C4	130B0982	Klein
Beutel mit Zubehör C4	Beutel mit Zubehör, Baugröße C4	130B0983	Groß

Tabelle 6.5 Bestellnummern für Ersatzteile

## 6.2.2 Bestellnummern: OberschwingungsfILTER

OberschwingungsfILTER dienen zur Reduzierung von Netzoberschwingungen.

Die Bestellnummern finden Sie im *VLT® AHF-Projektierungshandbuch 005/010*.

### **HINWEIS**

Für die Unterstützung von AHF und Sinusfilter wird Softwareversion 1.1x oder höher benötigt. du/dt-Filter werden unterstützt und können mit jeder Softwareversion verwendet werden.

## 6.2.3 Bestellnummern: Sinusfiltermodule, 200-480 V AC

Frequenzumrichtergröße			Minimale Taktfrequenz [kHz]	Maximale Ausgangs- frequenz [Hz]	Teilenummer IP20	Teilenummer IP00	Filternennstrom bei 50 Hz [A]
200–240 V	380–440 V	440–480 V					
	P1K1	P1K1	5	120	130B2441	130B2406	4,5
	P1K5	P1K5	5	120	130B2441	130B2406	4,5
	P2K2	P2K2	5	120	130B2443	130B2408	8
P1K1	P3K0	P3K0	5	120	130B2443	130B2408	8
P1K5			5	120	130B2443	130B2408	8
	P4K0	P4K0	5	120	130B2444	130B2409	10
P2K2	P5K5	P5K5	5	120	130B2446	130B2411	17
P3K0	P7K5	P7K5	5	120	130B2446	130B2411	17
P4K0			5	120	130B2446	130B2411	17
P5K5	P11K	P11K	4	60	130B2447	130B2412	24
P7K5	P15K	P15K	4	60	130B2448	130B2413	38
	P18K	P18K	4	60	130B2448	130B2413	38
P11K	P22K	P22K	4	60	130B2307	130B2281	48
P15K	P30K	P30K	3	60	130B2308	130B2282	62
P18K	P37K	P37K	3	60	130B2309	130B2283	75
P22K	P45K	P55K	3	60	130B2310	130B2284	115
P30K	P55K	P75K	3	60	130B2310	130B2284	115
P37K	P75K	P90K	3	60	130B2311	130B2285	180
P45K	P90K		3	60	130B2311	130B2285	180

Tabelle 6.6 Netzversorgung 3 x 200-480 V

### **HINWEIS**

Bei Verwendung von Sinusfiltern sollte die Taktfrequenz mit den Filterspezifikationen in *Parameter 14-01 Taktfrequenz* übereinstimmen.

### **HINWEIS**

Siehe auch das *Projektierungshandbuch für AusgangsfILTER*.

## 6.2.4 Bestellnummern: Sinusfiltermodule 525-600/690 V AC

Frequenzumrichtergröße		Minimale Taktfrequenz [kHz]	Maximale Ausgangsfrequenz [Hz]	Teilenummer IP20	Teilenummer IP00	Filternennstrom bei 50 Hz [A]
525-600 V	690 V					
P1K1		2	60	130B2341	130B2321	13
P1K5		2	60	130B2341	130B2321	13
P2k2		2	60	130B2341	130B2321	13
P3K0		2	60	130B2341	130B2321	13
P4K0		2	60	130B2341	130B2321	13
P5K5		2	60	130B2341	130B2321	13
P7K5		2	60	130B2341	130B2321	13
	P11K	2	60	130B2342	130B2322	28
P11K	P15K	2	60	130B2342	130B2322	28
P15K	P18K	2	60	130B2342	130B2322	28
P18K	P22K	2	60	130B2342	130B2322	28
P22K	P30K	2	60	130B2343	130B2323	45
P30K	P37K	2	60	130B2343	130B2323	45
P37K	P45K	2	60	130B2344	130B2324	76
P45K	P55K	2	60	130B2344	130B2324	76
P55K	P75K	2	60	130B2345	130B2325	115
P75K	P90K	2	60	130B2345	130B2325	115
P90K		2	60	130B2346	130B2326	165

Tabelle 6.7 Netzversorgung 3 x 525-690 V

**HINWEIS**

Bei Verwendung von Sinusfiltern sollte die Taktfrequenz mit den Filterspezifikationen in *Parameter 14-01 Taktfrequenz* übereinstimmen.

**HINWEIS**

Siehe auch das *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

## 6.2.5 Oberschwingungsfilter

Oberschwingungsfilter dienen zur Reduzierung von Netzberschwingungen.

- AHF 010: 10 % Stromverzerrung
- AHF 005: 5 % Stromverzerrung

### Kühlung und Belüftung

IP20: Gekühlt per natürlicher Konvektionskühlung oder über die integrierten Lüfter.

IP00: Zusätzliche Fremdkühlung ist erforderlich. Stellen Sie während der Installation sicher, dass die Luftzirkulation durch den Filter ausreichend ist, um ein Überhitzen des Filters zu vermeiden. Eine Luftzirkulation von mindestens 2 m/s durch das Filter ist erforderlich.

**6**

Leistungs- und Stromdaten <sup>1)</sup>		Typischer Motor [kW]	Filternennstrom	Bestellnummer AHF 005		Bestellnummer AHF 010	
[kW]	[A]		50 Hz [A]	IP00	IP20	IP00	IP20
1,1–4,0	1,2–9	3	10	130B1392	130B1229	130B1262	130B1027
5,5–7,5	14,4	7,5	14	130B1393	130B1231	130B1263	130B1058
11,0	22	11	22	130B1394	130B1232	130B1268	130B1059
15,0	29	15	29	130B1395	130B1233	130B1270	130B1089
18,0	34	18,5	34	130B1396	130B1238	130B1273	130B1094
22,0	40	22	40	130B1397	130B1239	130B1274	130B1111
30,0	55	30	55	130B1398	130B1240	130B1275	130B1176
37,0	66	37	66	130B1399	130B1241	130B1281	130B1180
45,0	82	45	82	130B1442	130B1247	130B1291	130B1201
55,0	96	55	96	130B1443	130B1248	130B1292	130B1204
75,0	133	75	133	130B1444	130B1249	130B1293	130B1207
90,0	171	90	171	130B1445	130B1250	130B1294	130B1213

Tabelle 6.8 Oberschwingungsfilter für 380-415 V, 50 Hz

Leistungs- und Stromdaten <sup>1)</sup>		Typischer Motor [kW]	Filternennstrom	Bestellnummer AHF 005		Bestellnummer AHF 010	
[kW]	[A]		60 Hz [A]	IP00	IP20	IP00	IP20
1,1–4,0	1,2–9	3	10	130B3095	130B2857	130B2874	130B2262
5,5–7,5	14,4	7,5	14	130B3096	130B2858	130B2875	130B2265
11,0	22	11	22	130B3097	130B2859	130B2876	130B2268
15,0	29	15	29	130B3098	130B2860	130B2877	130B2294
18,0	34	18,5	34	130B3099	130B2861	130B3000	130B2297
22,0	40	22	40	130B3124	130B2862	130B3083	130B2303
30,0	55	30	55	130B3125	130B2863	130B3084	130B2445
37,0	66	37	66	130B3026	130B2864	130B3085	130B2459
45,0	82	45	82	130B3127	130B2865	130B3086	130B2488
55,0	96	55	96	130B3128	130B2866	130B3087	130B2489
75,0	133	75	133	130B3129	130B2867	130B3088	130B2498
90,0	171	90	171	130B3130	130B2868	130B3089	130B2499

Tabelle 6.9 Oberschwingungsfilter für 380-415 V, 60 Hz

Leistungs- und Stromdaten <sup>1)</sup>		Typischer Motor	Filternennstrom		Bestellnummer AHF 005		Bestellnummer AHF 010	
			60 Hz		IP00	IP20	IP00	IP20
[kW]	[A]	[kW]	[A]					
1,1–4,0	1–7,4	3	10	130B1787	130B1752	130B1770	130B1482	
5,5–7,5	9,9–13	7,5	14	130B1788	130B1753	130B1771	130B1483	
11,0	19	11	19	130B1789	130B1754	130B1772	130B1484	
15,0	25	15	25	130B1790	130B1755	130B1773	130B1485	
18,0	31	18,5	31	130B1791	130B1756	130B1774	130B1486	
22,0	36	22	36	130B1792	130B1757	130B1775	130B1487	
30,0	47	30	48	130B1793	130B1758	130B1776	130B1488	
37,0	59	37	60	130B1794	130B1759	130B1777	130B1491	
45,0	73	45	73	130B1795	130B1760	130B1778	130B1492	
55,0	95	55	95	130B1796	130B1761	130B1779	130B1493	
75,0	118	75	118	130B1797	130B1762	130B1780	130B1494	
90	154	90	154	130B1798	130B1763	130B1781	130B1495	

Tabelle 6.10 Oberschwingungsfiler für 440-480 V, 60 Hz

1) Leistungs- und Stromdaten des Frequenzumrichters gemäß den gegebenen Betriebsbedingungen

Leistungs- und Stromdaten <sup>1)</sup>		Typischer Motor	Filternennstrom		Bestellnummer AHF 005		Bestellnummer AHF 010	
			60 Hz		IP00	IP20	IP00	IP20
[kW]	[A]	[kW]	[A]					
11,0	15	10	15	130B5261	130B5246	130B5229	130B5212	
15,0	19	16,4	20	130B5262	130B5247	130B5230	130B5213	
18,0	24	20	24	130B5263	130B5248	130B5231	130B5214	
22,0	29	24	29	130B5263	130B5248	130B5231	130B5214	
30,0	36	33	36	130B5265	130B5250	130B5233	130B5216	
37,0	49	40	50	130B5266	130B5251	130B5234	130B5217	
45,0	58	50	58	130B5267	130B5252	130B5235	130B5218	
55,0	74	60	77	130B5268	130B5253	130B5236	130B5219	
75,0	85	75	87	130B5269	130B5254	130B5237	130B5220	
90	106	90	109	130B5270	130B5255	130B5238	130B5221	

Tabelle 6.11 Oberschwingungsfiler für 600 V, 60 Hz

Leistungs- und Stromdaten <sup>1)</sup>		Typischer Motor	Leistungs- und Stromdaten		Typischer Motor	Filternennstrom	Bestellnummer AHF 005		Bestellnummer AHF 010	
			551–690 V				50 Hz		IP00	IP20
[kW]	[A]	[kW]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	IP00	IP20	IP00	IP20
11,0	15	7,5	P15K	16	15	15	130B5000	130B5088	130B5297	130B5280
15,0	19,5	11	P18K	20	18,5	20	130B5017	130B5089	130B5298	130B5281
18,0	24	15	P22K	25	22	24	130B5018	130B5090	130B5299	130B5282
22,0	29	18,5	P30K	31	30	29	130B5019	130B5092	130B5302	130B5283
30,0	36	22	P37K	38	37	36	130B5021	130B5125	130B5404	130B5284
37,0	49	30	P45K	48	45	50	130B5022	130B5144	130B5310	130B5285
45,0	59	37	P55K	57	55	58	130B5023	130B5168	130B5324	130B5286
55,0	71	45	P75K	76	75	77	130B5024	130B5169	130B5325	130B5287
75,0	89	55	–	–	–	87	130B5025	130B5170	130B5326	130B5288
90,0	110	90	–	–	–	109	130B5026	130B5172	130B5327	130B5289

Tabelle 6.12 Oberschwingungsfiler für 500-690 V, 50 Hz

1) Leistungs- und Stromdaten des Frequenzumrichters gemäß den gegebenen Betriebsbedingungen

## 6.2.6 Sinusfilter

Leistungs- und Stromdaten des Frequenzumrichters						Filternennstrom			Taktfreque	Bestellnummer	
200–240 V		380–440 V		441–500 V		50 Hz	60 Hz	100 Hz	nz	IP00	IP20/23 <sup>1)</sup>
[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]			
–	–	1,1	3	1,1	3	4,5	4	3,5	5	130B2406	130B2441
–	–	1,5	4,1	1,5	3,4						
–	–	2,2	5,6	2,2	4,8	8	7,5	5,5	5	130B2408	130B2443
1,1	6,6	3	7,2	3	6,3						
1,5	7,5	–	–	–	–						
–	–	4	10	4	8,2	10	9,5	7,5	5	130B2409	130B2444
2,2	10,6	5,5	13	5,5	11	17	16	13	5	130B2411	130B2446
3	12,5	7,5	16	7,5	14,5						
3,7	16,7	–	–	–	–						
5,5	24,2	11	24	11	21	24	23	18	4	130B2412	130B2447
7,5	30,8	15	32	15	27	38	36	28,5	4	130B2413	130B2448
		18,5	37,5	18,5	34						
11	46,2	22	44	22	40	48	45,5	36	4	130B2281	130B2307
15	59,4	30	61	30	52	62	59	46,5	3	130B2282	130B2308
18,5	74,8	37	73	37	65	75	71	56	3	130B2283	130B2309
22	88	45	90	55	80	115	109	86	3	130B3179	130B3181*
30	115	55	106	75	105						
37	143	75	147	90	130						
45	170	90	177			180	170	135	3	130B3182	130B3183*

Tabelle 6.13 Sinusfilter für Frequenzumrichter mit 380-500 V

1) Mit \* gekennzeichnete Bestellnummern beziehen sich auf IP23.

Leistungs- und Stromdaten des Frequenzumrichters						Filternennstrom bei 690 V			Taktfreque	Bestellnummer	
525–600 V		551–690 V		525–550 V		50 Hz	60 Hz	100 Hz	nz	IP00	IP20/23 <sup>1)</sup>
[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]			
1,1	2,4	1,5	2,2	1,5	2,7	4,5	4	3	4	130B7335	130B7356
1,5	2,7	2,2	3,2	2,2	3,9						
2,2	3,9	3,0	4,5	3,0	4,9						
3	4,9	4,0	5,5	4,0	6,1	10	9	7	4	130B7289	130B7324
4	6,1	5,5	7,5	5,5	9,0						
5,5	9	7,5	10	7,5	11						
7,5	11	11	13	7,5	14	13	12	9	3	130B3195	130B3196
11	18	15	18	11	19	28	26	21	3	130B4112	130B4113
15	22	18,5	22	15	23						
18,5	27	22	27	18	28						
22	34	30	34	22	36	45	42	33	3	130B4114	130B4115
30	41	37	41	30	48						
37	52	45	52	37	54						
45	62	55	62	45	65	76	72	57	3	130B4116	130B4117*
55	83	75	83	55	87						
75	100	90	100	75	105	115	109	86	3	130B4118	130B4119*
90	131	–	–	90	137						
						165	156	124	2	130B4121	130B4124*

Tabelle 6.14 Sinusfilter für Frequenzumrichter mit 525–600 V und 525–690 V

1) Mit \* gekennzeichnete Bestellnummern beziehen sich auf IP23.

Parameter	Einstellung
Parameter 14-00 Schaltmuster	[1] SFAVM
Parameter 14-01 Taktfrequenz	Stellen Sie den Parameter entsprechend dem einzelnen Filter ein. Die Angaben hierzu finden Sie auf dem Etikett am Filter oder im Handbuch des Ausgangsfilters. Sinusfilter erlauben keine niedrigere Taktfrequenz als auf dem einzelnen Filter angegeben.
Parameter 14-55 Ausgangsfilter	[2] Fester Sinusfilter
Parameter 14-56 Capacitance Output Filter	Stellen Sie den Parameter entsprechend dem einzelnen Filter ein. Die Angaben hierzu finden Sie auf dem Etikett am Filter oder im Handbuch des Ausgangsfilters (nur bei FLUX-Betrieb erforderlich).
Parameter 14-57 Inductance Output Filter	Stellen Sie den Parameter entsprechend dem einzelnen Filter ein. Die Angaben hierzu finden Sie auf dem Etikett am Filter oder im Handbuch des Ausgangsfilters (nur bei FLUX-Betrieb erforderlich).

Tabelle 6.15 Parametereinstellungen für Sinusfilterbetrieb

## 6.2.7 du/dt-Filter

Frequenzumrichterspezifikationen [V]										Filternennstrom [V]				Bestellnummer		
200–240		380–440		441–500		525–550		551–690		380 bei 60 Hz 200-400/ 440 bei 50 Hz	460/480 bei 60 Hz 500/525 bei 50 Hz	575/600 bei 60 Hz	690 bei 50 Hz	IP00	IP20 <sup>1)</sup>	IP54
[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]			
3	12,5	5,5	13	5,5	11	5,5	9,5	1,1	1,6	17	15	13	10	k. A.	130B7367*	k. A.
3,7	16	7,5	16	7,5	14,5	7,5	11,5	1,5	2,2							
–	–	–	–	–	–	–	–	2,2	3,2							
–	–	–	–	–	–	–	–	3	4,5							
–	–	–	–	–	–	–	–	4	5,5							
–	–	–	–	–	–	–	–	5,5	7,5							
–	–	–	–	–	–	–	–	7,5	10							
5,5	24,2	11	24	11	21	7,5	14	11	13	44	40	32	27	130B2835	130B2836*	130B2837
7,5	30,8	15	32	15	27	11	19	15	18							
–	–	18,5	37,5	18,5	34	15	23	18,5	22							
–	–	22	44	22	40	18,5	28	22	27							
11	46,2	30	61	30	52	30	43	30	34	90	80	58	54	130B2838	130B2839*	130B2840
15	59,4	37	73	37	65	37	54	37	41							
18,5	74,8	45	90	55	80	45	65	45	52							
22	88	–	–	–	–	–	–	–	–							
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	106	105	94	86	130B2841	130B2842*	130B2843
–	–	55	106	75	105	55	87	55	62							
–	–	–	–	–	–	–	–	75	83							
30	115	75	147	90	130	75	113	90	108	177	160	131	108	130B2844	130B2845*	130B2846
37	143	90	177	–	–	90	137	–	–							
45	170	–	–	–	–	–	–	–	–							

Tabelle 6.16 du/dt-Filter für 200–690 V

1) Die spezielle Baugröße A3 ermöglicht die Montage auf engem Raum sowie eine Bookstyle-Montage. Fester ungeschirmter Kabelanschluss zum Frequenzumrichter.

Parameter	Einstellung
Parameter 14-01 Taktfrequenz	Es wird nicht empfohlen, die auf dem einzelnen Filter angegebene Betriebstaktfrequenz zu überschreiten.
Parameter 14-55 Ausgangsfilter	[0] Kein Filter
Parameter 14-56 Capacitance Output Filter	Unbenutzt
Parameter 14-57 Inductance Output Filter	Unbenutzt

Tabelle 6.17 Parametereinstellungen für dU/dt-Filterbetrieb

### 6.2.8 Gleichtaktfilter

Baugröße	Bestellnummer	Kernabmessung					Gewicht [kg]
		W	w	H	h	d	
A und B	130B3257	60	43	40	25	22,3	0,25
C1	130B7679	82,8	57,5	45,5	20,6	33	–
C2, C3, C4	130B3258	102	69	61	28	37	1,6

Tabelle 6.18 Gleichtaktfilter, Bestellnummern

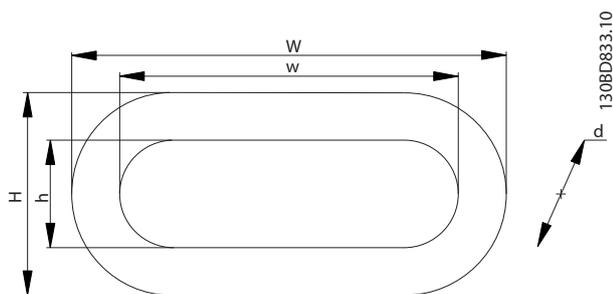


Abbildung 6.2 HF-CM-Kern

## 7 Technische Daten

### 7.1 Elektrische Daten

#### 7.1.1 Netzversorgung 3 x 200-240 V AC

Typenbezeichnung	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P3K7
Überlast <sup>1)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung [kW]	1,1	1,5	2,2	3,0	3,7
Typische Wellenleistung [PS] bei 208 V	1,5	2,0	2,9	4,0	4,9
IP20/Chassis <sup>6)</sup>	A2	A2	A2	A3	A3
IP55/NEMA 12	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
IP66/NEMA 4X	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
<b>Ausgangsstrom</b>					
Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	6,6	7,5	10,6	12,5	16,7
Überlast (3 x 200-240 V) [A]	7,3	8,3	11,7	13,8	18,4
Dauerbetrieb kVA (208 V AC) [kVA]	2,38	2,70	3,82	4,50	6,00
<b>Max. Eingangsstrom</b>					
Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	5,9	6,8	9,5	11,3	15,0
Überlast (3 x 200-240 V) [A]	6,5	7,5	10,5	12,4	16,5
<b>Weitere Spezifikationen</b>					
Typische Verlustleistung <sup>3)</sup> bei maximaler Nennlast [W] <sup>4)</sup>	63	82	116	155	185
IP20, IP21 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12) (mindestens 0,2 (24))				
IP55, IP66 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12)				
Maximaler Leitungsquerschnitt mit Schalter	6, 4, 4 (10, 12, 12)				
Wirkungsgrad <sup>5)</sup>	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96

Tabelle 7.1 Netzversorgung 3 x 200-240 V AC

Typenbezeichnung	P5K5	P7K5	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K
Überlast <sup>1)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung [kW]	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
Typische Wellenleistung [PS] bei 208 V	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60
IP20/Chassis <sup>6)</sup>	B3	B3	B3	B4	B4	C3	C3	C4	C4
IP21/NEMA 1	B1	B1	B1	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP55/NEMA 12	B1	B1	B1	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP66/NEMA 4X	B1	B1	B1	B2	C1	C1	C1	C2	C2
<b>Ausgangsstrom</b>									
Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	24,2	30,8	46,2	59,4	74,8	88,0	115	143	170
Überlast (3 x 200-240 V) [A]	26,6	33,9	50,8	65,3	82,3	96,8	127	157	187
Dauerbetrieb kVA (208 V AC) [kVA]	8,7	11,1	16,6	21,4	26,9	31,7	41,4	51,5	61,2
<b>Max. Eingangsstrom</b>									
Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	22,0	28,0	42,0	54,0	68,0	80,0	104,0	130,0	154,0
Überlast (3 x 200-240 V) [A]	24,2	30,8	46,2	59,4	74,8	88,0	114,0	143,0	169,0
<b>Weitere Spezifikationen</b>									
Typische Verlustleistung <sup>3)</sup> bei maximaler Nennlast [W] <sup>4)</sup>	269	310	447	602	737	845	1140	1353	1636
IP20 maximaler Leitungsquer- schnitt <sup>2)</sup> (Netz, Bremse, Motor und Zwischenkreiskopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	10, 10 (8, 8, -)			35 (2)		50 (1)		150 (300 MCM)	
IP21, IP55, IP66 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz und Motor) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	16, 10, 16 (6, 8, 6)			35, -, - (2, -, -)		50 (1)		150 (300 MCM)	
Wirkungsgrad <sup>5)</sup>	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97

Tabelle 7.2 Netzversorgung 3 x 200-240 V AC

## 7.1.2 Netzversorgung 3 x 380–480 V AC

Typenbezeichnung	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P4K0	P5K5	P7K5
Überlast <sup>1)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung [kW]	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5
Typische Wellenleistung [PS] bei 460 V	1,5	2,0	2,9	4,0	5,0	7,5	10
IP20/Chassis <sup>6)</sup>	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3
IP55/NEMA 12	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
IP66/NEMA 4X	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
<b>Ausgangsstrom</b>							
Dauerbetrieb (3 x 380–440 V) [A]	3	4,1	5,6	7,2	10	13	16
Überlast (3 x 380–440 V) [A]	3,3	4,5	6,2	7,9	11	14,3	17,6
Dauerbetrieb (3 x 441–480 V) [A]	2,7	3,4	4,8	6,3	8,2	11	14,5
Überlast (3 x 441–480 V) [A]	3,0	3,7	5,3	6,9	9,0	12,1	15,4
Dauerbetrieb kVA (400 V AC) [kVA]	2,1	2,8	3,9	5,0	6,9	9,0	11,0
Dauerbetrieb kVA (460 V AC) [kVA]	2,4	2,7	3,8	5,0	6,5	8,8	11,6
<b>Max. Eingangsstrom</b>							
Dauerbetrieb (3 x 380–440 V) [A]	2,7	3,7	5,0	6,5	9,0	11,7	14,4
Überlast (3 x 380–440 V) [A]	3,0	4,1	5,5	7,2	9,9	12,9	15,8
Dauerbetrieb (3 x 441–480 V) [A]	2,7	3,1	4,3	5,7	7,4	9,9	13,0
Überlast (3 x 441–480 V) [A]	3,0	3,4	4,7	6,3	8,1	10,9	14,3
<b>Weitere Spezifikationen</b>							
Geschätzte Verlustleistung <sup>3)</sup> bei maximaler Nennlast [W] <sup>4)</sup>	58	62	88	116	124	187	255
IP20, IP21 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm <sup>2</sup> / (AWG)] <sup>2)</sup>	4, 4, 4 (12, 12, 12) (min. 0,2 (24))						
IP55, IP66 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm <sup>2</sup> / (AWG)] <sup>2)</sup>	4, 4, 4 (12, 12, 12)						
Maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> mit Schalter	6, 4, 4 (10, 12, 12)						
Wirkungsgrad <sup>5)</sup>	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97

Tabelle 7.3 Netzversorgung 3 x 380–480 V AC

Typenbezeichnung	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	P55K	P75K	P90K
Überlast <sup>1)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung [kW]	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90
Typische Wellenleistung [PS] bei 460 V	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125
IP20/Chassis <sup>7)</sup>	B3	B3	B3	B4	B4	B4	C3	C3	C4	C4
IP21/NEMA 1	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP55/NEMA 12	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP66/NEMA 4X	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2
<b>Ausgangsstrom</b>										
Dauerbetrieb (3 x 380-439 V) [A]	24	32	37,5	44	61	73	90	106	147	177
Überlast (3 x 380-439 V) [A]	26,4	35,2	41,3	48,4	67,1	80,3	99	117	162	195
Dauerbetrieb (3 x 440-480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	80	105	130	160
Überlast (3 x 440-480 V) [A]	23,1	29,7	37,4	44	61,6	71,5	88	116	143	176
Dauerbetrieb kVA (400 V AC) [kVA]	16,6	22,2	26	30,5	42,3	50,6	62,4	73,4	102	123
Dauerbetrieb kVA (460 V AC) [kVA]	16,7	21,5	27,1	31,9	41,4	51,8	63,7	83,7	104	128
<b>Max. Eingangsstrom</b>										
Dauerbetrieb (3 x 380-439 V) [A]	22	29	34	40	55	66	82	96	133	161
Überlast (3 x 380-439 V) [A]	24,2	31,9	37,4	44	60,5	72,6	90,2	106	146	177
Dauerbetrieb (3 x 440-480 V) [A]	19	25	31	36	47	59	73	95	118	145
Überlast (3 x 440-480 V) [A]	20,9	27,5	34,1	39,6	51,7	64,9	80,3	105	130	160
<b>Weitere Spezifikationen</b>										
Geschätzte Verlustleistung <sup>3)</sup> bei maximaler Nennlast [W] <sup>4)</sup>	278	392	465	525	698	739	843	1083	1384	1474
IP20 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Bremse, Motor und Zwischenkreis-kopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, -, - (2, -, -)			50 (1)		95 (4/0)	
IP21, IP55, IP66 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz und Motor) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, 25, 25 (2, 4, 4)			50 (1)		150 (300 MCM)	
Einschließlich Netztrennschalter:	16, 10, 10 (6, 8, 8)					50, 35, 35 (1, 2, 2)			95, 70, 70 (3/0, 2/70, 2/0)	185, 150, 120 (350 MCM, 300 MCM, 4/0)
Wirkungsgrad <sup>5)</sup>	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99

**Tabelle 7.4 Netzversorgung 3 x 380-480 V AC**

## 7.1.3 Netzversorgung 3 x 525–600 V AC

Typenbezeichnung	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P3K7	P4K0	P5K5	P7K5
Überlast <sup>1)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung [kW]	1,1	1,5	2,2	3,0	3,7	4,0	5,5	7,5
IP20/Chassis	A3	A3	A3	A3	A2	A3	A3	A3
IP21/NEMA 1	A3	A3	A3	A3	A2	A3	A3	A3
IP55/NEMA 12	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5
IP66/NEMA 4X	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5
<b>Ausgangsstrom</b>								
Dauerbetrieb (3 x 525-550 V) [A]	2,6	2,9	4,1	5,2	–	6,4	9,5	11,5
Überlast (3 x 525–550 V) [A]	2,9	3,2	4,5	5,7	–	7,0	10,5	12,7
Dauerbetrieb (3 x 525-600 V) [A]	2,4	2,7	3,9	4,9	–	6,1	9,0	11,0
Überlast (3 x 525–600 V) [A]	2,6	3,0	4,3	5,4	–	6,7	9,9	12,1
Dauerbetrieb kVA (525 V AC) [kVA]	2,5	2,8	3,9	5,0	–	6,1	9,0	11,0
Dauerbetrieb kVA (575 V AC) [kVA]	2,4	2,7	3,9	4,9	–	6,1	9,0	11,0
<b>Max. Eingangsstrom</b>								
Dauerbetrieb (3 x 525-600 V) [A]	2,4	2,7	4,1	5,2	–	5,8	8,6	10,4
Überlast (3 x 525–600 V) [A]	2,7	3,0	4,5	5,7	–	6,4	9,5	11,5
<b>Weitere Spezifikationen</b>								
Geschätzte Verlustleistung <sup>3)</sup> bei maximaler Nennlast [W] <sup>4)</sup>	50	65	92	122	–	145	195	261
IP20 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12) (min. 0,2 (24))							
IP55, IP66 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12) (min. 0,2 (24))							
Maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> mit Schalter	6, 4, 4 (10, 12, 12)							
Wirkungsgrad <sup>5)</sup>	0,97	0,97	0,97	0,97	–	0,97	0,97	0,97

7

Tabelle 7.5 Netzversorgung 3 x 525–600 V AC

Typenbezeichnung	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	P55K	P75K	P90K	
Überlast <sup>1)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Typische Wellenleistung [kW]	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	
IP20/Chassis	B3	B3	B3	B4	B4	B4	C3	C3	C4	C4	
IP21/NEMA 1	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2	
IP55/NEMA 12	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2	
IP66/NEMA 4X	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2	
<b>Ausgangsstrom</b>											
Dauerbetrieb (3 x 525-550 V) [A]	19	23	28	36	43	54	65	87	105	137	
Überlast (3 x 525-550 V) [A]	21	25	31	40	47	59	72	96	116	151	
Dauerbetrieb (3 x 525-600 V) [A]	18	22	27	34	41	52	62	83	100	131	
Überlast (3 x 525-600 V) [A]	20	24	30	37	45	57	68	91	110	144	
Dauerbetrieb kVA (525 V AC) [kVA]	18,1	21,9	26,7	34,3	41	51,4	61,9	82,9	100	130,5	
Dauerbetrieb kVA (575 V AC) [kVA]	17,9	21,9	26,9	33,9	40,8	51,8	61,7	82,7	99,6	130,5	
<b>Max. Eingangsstrom</b>											
Dauerbetrieb (3 x 525-600 V) [A]	17,2	20,9	25,4	32,7	39	49	59	78,9	95,3	124,3	
Überlast (3 x 525-600 V) [A]	19	23	28	36	43	54	65	87	105	137	
<b>Weitere Spezifikationen</b>											
Geschätzte Verlustleistung <sup>3)</sup> bei maximaler Nennlast [W] <sup>4)</sup>	300	400	475	525	700	750	850	1100	1400	1500	
IP21, IP55, IP66 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Bremse und Zwischenkreis-kopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	16, 10, 10 (6, 8, 8)			35, -, - (2, -, -)			50, -, - (1, -, -)		150 (300 MCM)		
IP21, IP55, IP66 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Motor) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, 25, 25 (2, 4, 4)			50, -, - (1, -, -)		150 (300 MCM)		
IP20 maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> (Netz, Bremse und Zwischenkreis-kopplung) [mm <sup>2</sup> /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, -, - (2, -, -)			50, -, - (1, -, -)		150 (300 MCM)		
Maximaler Leitungsquerschnitt <sup>2)</sup> mit Schalter	16, 10, 10 (6, 8, 8)						50, 35, 35 (1, 2, 2)			95, 70, 70 (3/0, 2/0, 2/0)	185, 150, 120 (350 MCM, 300 MCM, 4/0)
Wirkungsgrad <sup>5)</sup>	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	

**Tabelle 7.6 Netzversorgung 3 x 525-600 V AC**

Zum Sicherungstyp siehe Kapitel 7.8 Sicherungen und Trennschalter.

1) Normale Überlast = 110 % Moment für 60 s.

2) Die drei Werte für den maximalen Leitungsquerschnitt gelten für einadrige Kabel, flexible Kabel und flexible Kabel mit Aderendhülse.

3) Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme des LCP und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [www.danfoss.com/vltenergyefficiency](http://www.danfoss.com/vltenergyefficiency).

4) Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.4 Umgebungsbedingungen.. Für Teillastverluste siehe [www.danfoss.com/vltenergyefficiency](http://www.danfoss.com/vltenergyefficiency).

5) Gemessen mit 5 m abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz.

6) Sie können die Baugrößen A2+A3 mit einem Umbausatz auf die Schutzart IP21 umrüsten. Siehe auch Kapitel 3.7 Planung..

7) Sie können die Baugrößen B3+B4 und C3+C4 mit einem Umbausatz auf IP21 umrüsten. Siehe auch Kapitel 3.7 Planung..

## 7.2 Netzversorgung

Netzversorgung	
Versorgungsklemmen	L1, L2, L3
Versorgungsspannung	200–240 V ±10 %
Versorgungsspannung	380–480 V ±10 %
Versorgungsspannung	525–600 V ±10 %

### Niedrige Netzspannung/Netzausfall:

Bei einer niedrigen Netzspannung oder einem Netzausfall arbeitet der Frequenzumrichter weiter, bis die Zwischenkreisspannung unter den minimalen Stopppiegel abfällt, Der minimale Stopppiegel liegt typischerweise 15 % unter der niedrigsten Versorgungsnennspannung des Frequenzumrichters. Bei einer Netzspannung von weniger als 10 % unterhalb der niedrigsten Versorgungsnennspannung des Frequenzumrichters erfolgt kein Netz-Ein und es wird kein volles Drehmoment erreicht.

Netzfrequenz	50/60 Hz ±5 %
Maximale kurzzeitige Asymmetrie zwischen Netzphasen	3,0 % der Versorgungsnennspannung
Wirkleistungsfaktor ( $\lambda$ )	≥0,9 bei Nennlast
Verschiebungs-Leistungsfaktor ( $\cos \phi$ )	Nahe 1 (> 0,98)
Schalten am Netzeingang L1, L2, L3 (Netz-Ein) ≤ 7,5 kW	max. 2 x/Min.
Schalten am Netzeingang L1, L2, L3 (Anzahl der Einschaltungen) 11-75 kW	max. 1 x/Min.
Schalten am Netzeingang L1, L2, L3 (Anzahl der Einschaltungen) ≥ 90 kW	max. 1 Mal/2 Minuten
Umgebung nach EN 60664-1	Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2

Das Gerät eignet sich für Netzversorgungen, die maximal 100.000 Aeff (symmetrisch) bei maximal je 240/500/600/690 V liefern können.

## 7.3 Motorausgang und Motordaten

Motorausgang (U, V, W)	
Ausgangsspannung	0–100 % der Versorgungsspannung
Ausgangsfrequenz (1,1-90 kW)	0–590 <sup>1)</sup> Hz
Schalten am Ausgang	Unbegrenzt
Rampenzeiten	1–3600 s

1) Ab Softwareversion 1.10 ist die Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters auf 590 Hz begrenzt. Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrem örtlichen Danfoss-Partner.

Drehmomentkennlinie	
Startmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 110 %/60 s <sup>1)</sup>
Startmoment	maximal 135 % bis zu 0,5 s <sup>1)</sup>
Überlastmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 110 %/60 s <sup>1)</sup>

1) Prozentwert bezieht sich auf das Nennmoment.

## 7.4 Umgebungsbedingungen

Umgebung	
IP-Schutzart	IP20 <sup>1)</sup> /Chassis, IP21 <sup>2)</sup> /Typ 1, IP55/Typ 12, IP66/Typ 4X
Vibrationstest	1,0 g
Maximale relative Feuchtigkeit	5–93 % (IEC 721-3-3; Klasse 3K3 (nicht kondensierend) bei Betrieb)
Aggressive Umgebungsbedingungen (IEC 60068-2-43) H <sub>2</sub> S-Test	Klasse kD

Umgebungstemperatur <sup>3)</sup>	Max. 50 °C (durchschnittliches Maximum 24 Stunden 45 °C)
Min. Umgebungstemperatur bei Volllast	0 °C
Min. Umgebungstemperatur bei reduzierter Leistung	-10 °C
Temperatur bei Lagerung/Transport	-25 bis +65/70 °C
Max. Höhe über dem Meeresspiegel ohne Leistungsreduzierung	1000 m

*Leistungsreduzierung bei großer Höhenlage siehe Besondere Betriebsbedingungen im Projektierungshandbuch*

EMV-Normen, Störaussendung	EN 61800-3
EMV-Normen, Störfestigkeit	EN 61800-3
Energieeffizienzklasse <sup>4)</sup>	IE2

*Siehe Kapitel 5 Besondere Betriebsbedingungen.*

1) Nur für ≤ 3,7 kW (200–240 V), ≤ 7,5 kW (380–480 V).

2) Als Gehäusesatz für ≤ 3,7 kW (200–240 V), ≤ 7,5 kW (380–480 V).

3) Leistungsreduzierung bei erhöhter Umgebungstemperatur, siehe Kapitel 5 Besondere Betriebsbedingungen.

4) Bestimmt gemäß EN 50598-2 bei:

- Nennlast
- 90 % der Nennfrequenz
- Taktfrequenz-Werkseinstellung.
- Schaltmodus-Werkseinstellung

**7**

## 7.5 Kabelspezifikationen

Kabellängen und -querschnitte für Steuerleitungen<sup>1)</sup>

Maximale Motorkabellänge, abgeschirmt	150 m (492 ft)
Maximale Motorkabellänge, ungeschirmt	300 m (984 ft)
Maximaler Querschnitt zu Steuerklemmen, flexibler/starrer Draht ohne Aderendhülsen	1,5 mm <sup>2</sup> /16 AWG
Maximaler Querschnitt für Steuerklemmen, flexibles Kabel mit Aderendhülsen	1 mm <sup>2</sup> /18 AWG
Maximaler Querschnitt für Steuerklemmen, flexibles Kabel mit Aderendhülsen mit Bund	0,5 mm <sup>2</sup> /20 AWG
Mindestquerschnitt für Steuerklemmen	0,25 mm <sup>2</sup> /24 AWG

1) Leistungskabel, siehe elektrische Datentabellen in Kapitel 7.1 Elektrische Daten.

### 7.5.1 Kabellängen für mehrere parallele Motoranschlüsse

Baugrößen	Leistungsgröße [kW]	Spannung [V]	1 Kabel [m]	2 Kabel [m]	3 Kabel [m]	4 Kabel [m]
A2, A4, A5	1,1–1,5	400	150	45	20	8
A2, A4, A5	2,2–4	400	150	45	20	11
A3, A4, A5	5,5–7,5	400	150	45	20	11
B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4	11–90	400	150	75	50	37

**Tabelle 7.7 Maximale Kabellänge für einzelne parallel verlaufende Kabel**

Weitere Informationen finden Sie unter Kapitel 3.5.6 Anschluss von mehreren Motoren.

## 7.6 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten

Digitaleingänge

Programmierbare Digitaleingänge	4 (6) <sup>1)</sup>
Klemme Nr.	18, 19, 27 <sup>1)</sup> , 29 <sup>1)</sup> , 32, 33
Logik	PNP oder NPN
Spannungsniveau	0–24 V DC
Spannungsniveau, logisch 0 PNP	<5 V DC
Spannungsniveau, logisch 1 PNP	>10 V DC
Spannungsniveau, logisch 0 NPN <sup>2)</sup>	>19 V DC

Spannungsniveau, logisch 1 NPN <sup>2)</sup>	<14 V DC
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Pulsfrequenzbereich	0–110 kHz
(Arbeitszyklus) Min. Pulsbreite	4,5 ms
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	Ca. 4 kΩ

Safe Torque Off (STO) Klemme 37<sup>3), 4)</sup> (Klemme 37 hat festgelegte PNP-Logik)

Spannungsniveau	0–24 V DC
Spannungsniveau, logisch 0 PNP	< 4 V DC
Spannungsniveau, logisch 1 PNP	> 20 V DC
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Typischer Eingangsstrom bei 24 V	50 mA <sub>eff</sub>
Typischer Eingangsstrom bei 20 V	60 mA <sub>eff</sub>
Eingangskapazität	400 nF

Alle Digitaleingänge sind von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch getrennt.

1) Sie können die Klemmen 27 und 29 auch als Ausgang programmieren.

2) Außer Safe Torque Off, Eingangsklemme 37.

3) Siehe VLT<sup>®</sup> Frequenzumrichter - Safe Torque Off Produkthandbuch für weitere Informationen zu Klemme 37 und Safe Torque Off.

4) Wenn Sie ein Schütz mit integrierter DC-Spule in Kombination mit STO verwenden, ist es wichtig, beim Abschalten für den Strom eine Rückleitung von der Spule zu legen. Dies können Sie durch eine Freilaufdiode (oder alternativ eine 30- oder 50-V-MOV für schnellere Antwortzeiten) an der Drossel umsetzen. Sie können typische Schütze zusammen mit dieser Diode erwerben.

Analogeingänge

Anzahl Analogeingänge	2
Klemme Nr.	53, 54
Betriebsarten	Spannung oder Strom
Betriebsartwahl	Schalter S201 und Schalter S202
Einstellung Spannung	Schalter S201/Schalter S202 = AUS (U)
Spannungsniveau	-10 V bis +10 V (skalierbar)
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	Ca. 10 kΩ
Höchstspannung	±20 V
Strom	Schalter S201/Schalter S202=EIN (I)
Strombereich	0/4 bis 20 mA (skalierbar)
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	ca. 200 Ω
Maximaler Strom	30 mA
Auflösung der Analogeingänge	10 Bit (+ Vorzeichen)
Genauigkeit der Analogeingänge	Maximale Abweichung 0,5 % der Gesamtskala
Bandbreite	100 Hz

Die Analogeingänge sind galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV = Protective extra low voltage/Schutzkleinspannung) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

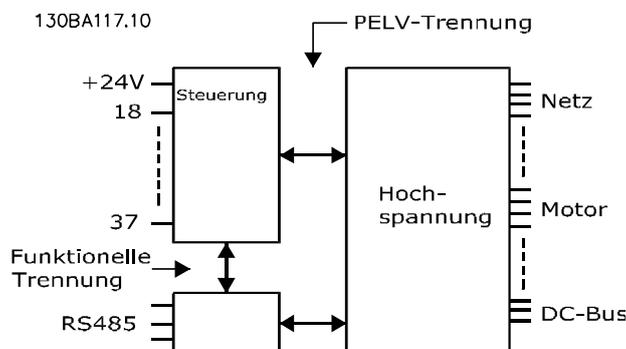


Abbildung 7.1 PELV-Trennung von Analogeingängen

**Pulseingänge**

Programmierbare Pulseingänge	2/1
Klemmennummer Puls	29, 33 <sup>1)</sup> /32 <sup>2)</sup> , 33 <sup>2)</sup>
Maximale Frequenz an Klemme 29, 32, 33	110 kHz (Gegentakt)
Maximale Frequenz an Klemme 29, 32, 33	5 kHz (offener Kollektor)
Minimale Frequenz an Klemme 29, 32, 33	4 Hz
Spannungsniveau	Siehe Kapitel 7.6.1 <i>Digitaleingänge</i>
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	ca. 4 kΩ
Pulseingangsgenauigkeit (0,1-1 kHz)	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala
Genauigkeit des Drehgebereingangs (1-11 kHz)	Maximale Abweichung: 0,05 % der Gesamtskala

*Die Puls- und Drehgebereingänge (Klemmen 29, 32, 33) sind galvanisch von der Versorgungsspannung PELV (Schutzkleinspannung – Protective extra low voltage) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.*

1) Pulseingänge sind 29 und 33.

2) Drehgebereingänge: 32=A und 33=B.

**Analogausgang**

Anzahl programmierbarer Analogausgänge	1
Klemme Nr.	42
Strombereich am Analogausgang	0/4–20 mA
Maximale Last GND – Analogausgang	500 Ω
Genauigkeit am Analogausgang	Maximale Abweichung: 0,5 % der Gesamtskala
Auflösung am Analogausgang	12 Bit

*Der Analogausgang ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV – Schutzkleinspannung, Protective extra low voltage) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.*

**Steuerkarte, RS485 serielle Schnittstelle**

Klemme Nr.	68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-)
Klemme Nr. 61	Masse für Klemmen 68 und 69

*Die serielle RS485-Kommunikationsschnittstelle ist von anderen zentralen Stromkreisen funktional und von der Versorgungsspannung (PELV) galvanisch getrennt.*

**Digitalausgang**

Programmierbare Digital-/Pulsausgänge	2
Klemme Nr.	27, 29 <sup>1)</sup>
Spannungsniveau am Digital-/Pulsausgang	0–24 V
Maximaler Ausgangsstrom (Körper oder Quelle)	40 mA
Maximale Last am Pulsausgang	1 kΩ
Maximale kapazitive Last am Pulsausgang	10 nF
Min. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	0 Hz
Max. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	32 kHz
Genauigkeit am Pulsausgang	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala
Auflösung der Pulsausgänge	12 Bit

1) Sie können die Klemmen 27 und 29 auch als Eingang programmieren.

*Der Digitalausgang ist von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch getrennt.*

**Steuerkarte, 24 V DC-Ausgang**

Klemme Nr.	12, 13
Ausgangsspannung	24 V +1, –3 V
Maximale Last	200 mA

*Die 24 V DC-Versorgung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) getrennt, hat jedoch das gleiche Potential wie die analogen und digitalen Ein- und Ausgänge.*

## Relaisausgänge

## Programmierbare Relaisausgänge

Klemmennummer Relais 01	1-3 (öffnen), 1-2 (schließen)
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> auf 1-3 (NC/Öffner), 1-2 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> (induktive Last bei @ cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> auf 1-2 (NO/Schließer), 1-3 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	60 V DC, 1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Klemmennummer Relais 02	4-6 (öffnen), 4-5 (schließen)
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> an 4-5 (NO/Schließer) (ohmsche Last) <sup>2)3)</sup> Überspannungs-	
Kat. II	400 V AC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> auf 4-5 (NO/Schließer) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> auf 4-5 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	80 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> auf 4-5 (NO/Schließer) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> auf 4-6 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> auf 4-6 (NC/Öffner) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> auf 4-6 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	50 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> an 4-6 (NC/Öffner) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Minimaler Belastungsstrom der Klemme an 1-3 (NC/Öffner), 1-2 (NO/Schließer), 4-6 (NC/Öffner), 4-5 (NO/Schließer)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 20 mA
Umgebung nach EN 60664-1	Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2

1) IEC 60947 Teile 4 und 5

Die Relaiskontakte sind durch verstärkte Isolierung (PELV – Protective extra low voltage/Schutzkleinspannung) vom Rest der Schaltung galvanisch getrennt.

2) Überspannungskategorie II

3) UL-Anwendungen 300 V AC 2 A.

## Steuerkarte, 10 V DC Ausgang

Klemme Nr.	50
Ausgangsspannung	10,5 V ± 0,5 V
Maximale Last	15 mA

Die 10-V-DC-Versorgung ist von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch getrennt.

## Steuerungseigenschaften

Auflösung der Ausgangsfrequenz bei 0-590 Hz	± 0,003 Hz
Wiederholgenauigkeit für Präz. Start/Stopp (Klemmen 18, 19)	± 0,1 ms
System-Reaktionszeit (Klemmen 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤ 10 ms
Drehzahlregelbereich (ohne Rückführung)	1:100 der Synchrodrehzahl
Drehzahlregelbereich (mit Rückführung)	1:1000 der Synchrodrehzahl
Drehzahlgenauigkeit (ohne Rückführung)	30–4000 UPM: Abweichung ±8 UPM
Drehzahlgenauigkeit (mit Rückführung), je nach Auflösung des Istwertgebers	0–6000 U/min: Abweichung ±0,15 UPM

Alle Angaben zu Steuerungseigenschaften basieren auf einem vierpoligen Asynchronmotor.

## Steuerkartenleistung

Abtastintervall	5 ms
-----------------	------

## Steuerkarte, serielle USB-Schnittstelle

USB-Standard	1.1 (Full Speed)
USB-Buchse	USB-Stecker Typ B

Der Anschluss an einen PC erfolgt über ein standardmäßiges USB-Kabel.

Die USB-Verbindung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV, Schutzkleinspannung) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

Der USB-Erdanschluss ist nicht galvanisch vom Schutzleiter getrennt. Benutzen Sie nur einen isolierten Laptop als PC-Verbindung zum USB-Anschluss am Frequenzumrichter.

## 7.7 Anzugsdrehmoment für Anschlüsse

Gehäuse	Leistung [kW]			Drehmoment [Nm]			
	200–240 V	380–480 V	525–600 V	Netz	Motor	Masse	Relais
A2	1,1–2,2	1,1–4,0	–	1,8	1,8	3	0,6
A3	3,0–3,7	5,5–7,5	1,1–7,5	1,8	1,8	3	0,6
A4	1,1–2,2	1,1–4,0	–	1,8	1,8	3	0,6
A5	1,1–3,7	1,1–7,5	1,1–7,5	1,8	1,8	3	0,6
B1	5,5–11	11–18	11–18	1,8	1,8	3	0,6
B2	15	22–30	22–30	4,5	4,5	3	0,6
B3	5,5–11	11–18	11–18	1,8	1,8	3	0,6
B4	15–18	22–37	22–37	4,5	4,5	3	0,6
C1	18–30	37–55	37–55	10	10	3	0,6
C2	37–45	75–90	75–90	14/24 <sup>1)</sup>	14/24 <sup>1)</sup>	3	0,6
C3	22–30	45–55	45–55	10	10	3	0,6
C4	37–45	75–90	75–90	14/24 <sup>1)</sup>	14/24 <sup>1)</sup>	3	0,6

Tabelle 7.8 Anziehen von Klemmen

1) Bei unterschiedlichen Kabelabmessungen  $x/y$ , wobei  $x \leq 95 \text{ mm}^2$  und  $y \geq 95 \text{ mm}^2$ .

## 7.8 Sicherungen und Trennschalter

Es wird empfohlen, versorgungsseitig Sicherungen und/oder Trennschalter als Schutz für den Fall einer Bauteilstörung im Inneren des Frequenzumrichters zu verwenden (erster Fehler).

### **HINWEIS**

Die versorgungsseitige Verwendung von Sicherungen ist in Übereinstimmung mit IEC 60364 für CE oder NEC 2009 für UL zwingend erforderlich.

#### Empfehlungen:

- Sicherungen des Typs gG.
- Trennschalter des Typs Moeller. Stellen Sie bei anderen Trennschalterttypen sicher, dass die dem Frequenzumrichter zugeführte Energie auf ein Niveau begrenzt wird, das dem der Moeller-Sicherungen entspricht oder niedriger ist.

Durch die Verwendung von Sicherungen und Trennschaltern gemäß den Empfehlungen stellen Sie sicher, dass mögliche Schäden am Frequenzumrichter auf Schäden innerhalb des Geräts beschränkt werden. Weitere Informationen finden Sie im *Anwendungshinweis Sicherungen und Trennschalter*.

Die Sicherungen in *Tabelle 7.9* bis *Tabelle 7.16* sind für einen Kurzschlussstrom von max. 100.000  $A_{\text{eff}}$  (symmetrisch) geeignet, abhängig von der Nennspannung des Frequenzumrichters. Mit der korrekten Sicherung liegt der Kurzschluss-Nennstrom (SCCR) des Frequenzumrichters bei 100.000  $A_{\text{eff}}$ .

## 7.8.1 CE-Konformität

## 200–240 V

Gehäuse- typ	Leistung [kW]	Empfohlene Sicherungsgröße	Empfohlene Maximalgröße Sicherung	Empfohlener Trennschalter (Moeller)	Maximaler Abschaltwert [A]
A2	1,1–2,2	gG-10 (1,1–1,5) gG-16 (2,2)	gG-25	PKZM0-25	25
A3	3,0–3,7	gG-16 (3) gG-20 (3,7)	gG-32	PKZM0-25	25
B3	5,5–11	gG-25 (5,5–7,5) gG-32 (11)	gG-63	PKZM4-50	50
B4	15–18	gG-50 (15) gG-63 (18)	gG-125	NZMB1-A100	100
C3	22–30	gG-80 (22) aR-125 (30)	gG-150 (22) aR-160 (30)	NZMB2-A200	150
C4	37–45	aR-160 (37) aR-200 (45)	aR-200 (37) aR-250 (45)	NZMB2-A250	250
A4	1,1–2,2	gG-10 (1,1–1,5) gG-16 (2,2)	gG-32	PKZM0-25	25
A5	1,1–3,7	gG-10 (1,1–1,5) gG-16 (2,2–3) gG-20 (3,7)	gG-32	PKZM0-25	25
B1	5,5–11	gG-25 (5,5) gG-32 (7,5–11)	gG-80	PKZM4-63	63
B2	15	gG-50	gG-100	NZMB1-A100	100
C1	18–30	gG-63 (18,5) gG-80 (22) gG-100 (30)	gG-160 (18,5–22) aR-160 (30)	NZMB2-A200	160
C2	37–45	aR-160 (37) aR-200 (45)	aR-200 (37) aR-250 (45)	NZMB2-A250	250

Tabelle 7.9 200-240 V, Bauformen A, B und C

## 380–480 V

Gehäusety P	Leistung [kW]	Empfohlene Sicherungsgröße	Empfohlene Maximalgröße Sicherung	Empfohlener Trennschalter (Moeller)	Maximaler Abschaltwert [A]
A2	1,1–4,0	gG-10 (1,1–3) gG-16 (4)	gG-25	PKZM0-25	25
A3	5,5–7,5	gG-16	gG-32	PKZM0-25	25
B3	11–18	gG-40	gG-63	PKZM4-50	50
B4	22–37	gG-50 (22) gG-63 (30) gG-80 (37)	gG-125	NZMB1-A100	100
C3	45–55	gG-100 (45) gG-160 (55)	gG-150 (45) gG-160 (55)	NZMB2-A200	150
C4	75–90	aR-200 (75) aR-250 (90)	aR-250	NZMB2-A250	250
A4	1,1–4	gG-10 (1,1–3) gG-16 (4)	gG-32	PKZM0-25	25
A5	1,1–7,5	gG-10 (1,1–3) gG-16 (4–7,5)	gG-32	PKZM0-25	25
B1	11–18,5	gG-40	gG-80	PKZM4-63	63
B2	22–30	gG-50 (22) gG-63 (30)	gG-100	NZMB1-A100	100
C1	37–55	gG-80 (37) gG-100 (45) gG-160 (55)	gG-160	NZMB2-A200	160
C2	75–90	aR-200 (75) aR-250 (90)	aR-250	NZMB2-A250	250

Tabelle 7.10 380-480 V, Bauformen A, B und C

## 525–600 V

Gehäusety P	Leistung [kW]	Empfohlene Sicherungsgröße	Empfohlene Maximalgröße Sicherung	Empfohlener Trennschalter (Moeller)	Maximaler Abschaltwert [A]
A3	5,5–7,5	gG-10 (5,5) gG-16 (7,5)	gG-32	PKZM0-25	25
B3	11–18	gG-25 (11) gG-32 (15–18)	gG-63	PKZM4-50	50
B4	22–37	gG-40 (22) gG-50 (30) gG-63 (37)	gG-125	NZMB1-A100	100
C3	45–55	gG-63 (45) gG-100 (55)	gG-150	NZMB2-A200	150
C4	75–90	aR-160 (75) aR-200 (90)	aR-250	NZMB2-A250	250
A5	1,1–7,5	gG-10 (1,1–5,5) gG-16 (7,5)	gG-32	PKZM0-25	25
B1	11–18	gG-25 (11) gG-32 (15) gG-40 (18,5)	gG-80	PKZM4-63	63
B2	22–30	gG-50 (22) gG-63 (30)	gG-100	NZMB1-A100	100
C1	37–55	gG-63 (37) gG-100 (45) aR-160 (55)	gG-160 (37–45) aR-250 (55)	NZMB2-A200	160
C2	75–90	aR-200 (75–90)	aR-250	NZMB2-A250	250

Tabelle 7.11 525-600 V, Bauformen A, B und C

## 7.8.2 UL-Konformität

## 3x200–240 V

Leistung [kW]	Empfohlene maximale Sicherung					
	Bussmann Typ RK1 <sup>1)</sup>	Bussmann Typ J	Bussmann Typ T	Bussmann Typ CC	Bussmann Typ CC	Bussmann Typ CC
1,1	KTN-R-10	JKS-10	JJN-10	FNQ-R-10	KTK-R-10	LP-CC-10
1,5	KTN-R-15	JKS-15	JJN-15	FNQ-R-15	KTK-R-15	LP-CC-15
2,2	KTN-R-20	JKS-20	JJN-20	FNQ-R-20	KTK-R-20	LP-CC-20
3,0	KTN-R-25	JKS-25	JJN-25	FNQ-R-25	KTK-R-25	LP-CC-25
3,7	KTN-R-30	JKS-30	JJN-30	FNQ-R-30	KTK-R-30	LP-CC-30
5,5/7,5	KTN-R-50	JKS-50	JJN-50	–	–	–
11	KTN-R-60	JKS-60	JJN-60	–	–	–
15	KTN-R-80	JKS-80	JJN-80	–	–	–
18,5–22	KTN-R-125	JKS-125	JJN-125	–	–	–
30	KTN-R-150	JKS-150	JJN-150	–	–	–
37	KTN-R-200	JKS-200	JJN-200	–	–	–
45	KTN-R-250	JKS-250	JJN-250	–	–	–

Tabelle 7.12 3x200-240 V, Baugrößen A, B und C

Leistung [kW]	Empfohlene maximale Sicherung							
	SIBA Typ RK1	Littelfuse Typ RK1	Ferraz Shawmut Typ CC	Ferraz Shawmut Typ RK1 <sup>3)</sup>	Bussmann Typ JFHR2 <sup>2)</sup>	Littelfuse JFHR2	Ferraz Shawmut JFHR2 <sup>4)</sup>	Ferraz Shawmut J
1,1	5017906-010	KLN-R-10	ATM-R-10	A2K-10-R	FWX-10	–	–	HSJ-10
1,5	5017906-016	KLN-R-15	ATM-R-15	A2K-15-R	FWX-15	–	–	HSJ-15
2,2	5017906-020	KLN-R-20	ATM-R-20	A2K-20-R	FWX-20	–	–	HSJ-20
3,0	5017906-025	KLN-R-25	ATM-R-25	A2K-25-R	FWX-25	–	–	HSJ-25
3,7	5012406-032	KLN-R-30	ATM-R-30	A2K-30-R	FWX-30	–	–	HSJ-30
5,5/7,5	5014006-050	KLN-R-50	–	A2K-50-R	FWX-50	–	–	HSJ-50
11	5014006-063	KLN-R-60	–	A2K-60-R	FWX-60	–	–	HSJ-60
15	5014006-080	KLN-R-80	–	A2K-80-R	FWX-80	–	–	HSJ-80
18,5–22	2028220-125	KLN-R-125	–	A2K-125-R	FWX-125	–	–	HSJ-125
30	2028220-150	KLN-R-150	–	A2K-150-R	FWX-150	L25S-150	A25X-150	HSJ-150
37	2028220-200	KLN-R-200	–	A2K-200-R	FWX-200	L25S-200	A25X-200	HSJ-200
45	2028220-250	KLN-R-250	–	A2K-250-R	FWX-250	L25S-250	A25X-250	HSJ-250

Tabelle 7.13 3x200-240 V, Baugrößen A, B und C

- 1) KTS-Sicherungen von Bussmann können KTN bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.
- 2) FWH-Sicherungen von Bussmann können FWX bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.
- 3) A6KR-Sicherungen von Ferraz-Shawmut können A2KR bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.
- 4) A50X-Sicherungen von Ferraz-Shawmut können A25X bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.

**3x380–480 V**

Leistung [kW]	Empfohlene maximale Sicherung					
	Bussmann Typ RK1	Bussmann Typ J	Bussmann Typ T	Bussmann Typ CC	Bussmann Typ CC	Bussmann Typ CC
1,1	KTS-R-6	JKS-6	JJS-6	FNQ-R-6	KTK-R-6	LP-CC-6
1,5–2,2	KTS-R-10	JKS-10	JJS-10	FNQ-R-10	KTK-R-10	LP-CC-10
3	KTS-R-15	JKS-15	JJS-15	FNQ-R-15	KTK-R-15	LP-CC-15
4	KTS-R-20	JKS-20	JJS-20	FNQ-R-20	KTK-R-20	LP-CC-20
5,5	KTS-R-25	JKS-25	JJS-25	FNQ-R-25	KTK-R-25	LP-CC-25
7,5	KTS-R-30	JKS-30	JJS-30	FNQ-R-30	KTK-R-30	LP-CC-30
11–15	KTS-R-40	JKS-40	JJS-40	–	–	–
18	KTS-R-50	JKS-50	JJS-50	–	–	–
22	KTS-R-60	JKS-60	JJS-60	–	–	–
30	KTS-R-80	JKS-80	JJS-80	–	–	–
37	KTS-R-100	JKS-100	JJS-100	–	–	–
45	KTS-R-125	JKS-125	JJS-125	–	–	–
55	KTS-R-150	JKS-150	JJS-150	–	–	–
75	KTS-R-200	JKS-200	JJS-200	–	–	–
90	KTS-R-250	JKS-250	JJS-250	–	–	–

Tabelle 7.14 3x380-480 V, Baugrößen A, B und C

Leistung [kW]	Empfohlene maximale Sicherung							
	SIBA Typ RK1	Littelfuse Typ RK1	Ferraz Shawmut Typ CC	Ferraz Shawmut Typ RK1	Bussmann JFHR2	Ferraz Shawmut J	Ferraz Shawmut JFHR2 <sup>1)</sup>	Littelfuse JFHR2
1,1	5017906-006	KLS-R-6	ATM-R-6	A6K-6-R	FWH-6	HSJ-6	-	-
1,5-2,2	5017906-010	KLS-R-10	ATM-R-10	A6K-10-R	FWH-10	HSJ-10	-	-
3	5017906-016	KLS-R-15	ATM-R-15	A6K-15-R	FWH-15	HSJ-15	-	-
4	5017906-020	KLS-R-20	ATM-R-20	A6K-20-R	FWH-20	HSJ-20	-	-
5,5	5017906-025	KLS-R-25	ATM-R-25	A6K-25-R	FWH-25	HSJ-25	-	-
7,5	5012406-032	KLS-R-30	ATM-R-30	A6K-30-R	FWH-30	HSJ-30	-	-
11-15	5014006-040	KLS-R-40	-	A6K-40-R	FWH-40	HSJ-40	-	-
18	5014006-050	KLS-R-50	-	A6K-50-R	FWH-50	HSJ-50	-	-
22	5014006-063	KLS-R-60	-	A6K-60-R	FWH-60	HSJ-60	-	-
30	2028220-100	KLS-R-80	-	A6K-80-R	FWH-80	HSJ-80	-	-
37	2028220-125	KLS-R-100	-	A6K-100-R	FWH-100	HSJ-100	-	-
45	2028220-125	KLS-R-125	-	A6K-125-R	FWH-125	HSJ-125	-	-
55	2028220-160	KLS-R-150	-	A6K-150-R	FWH-150	HSJ-150	-	-
75	2028220-200	KLS-R-200	-	A6K-200-R	FWH-200	HSJ-200	A50-P-225	L50-S-225
90	2028220-250	KLS-R-250	-	A6K-250-R	FWH-250	HSJ-250	A50-P-250	L50-S-250

Tabelle 7.15 3x380-480 V, Baugrößen A, B und C

1) A50QS-Sicherungen von Ferraz-Shawmut können A50P-Sicherungen ersetzen.

## 3x525-600 V

Leistung [kW]	Empfohlene maximale Sicherung									
	Bussmann Typ RK1	Bussmann Typ J	Bussmann Typ T	Bussmann Typ CC	Bussmann Typ CC	Bussmann Typ CC	SIBA Typ RK1	Littelfuse Typ RK1	Ferraz Shawmut Typ RK1	Ferraz Shawmut J
1,1	KTS-R-5	JKS-5	JJS-6	FNQ-R-5	KTK-R-5	LP-CC-5	5017906-005	KLS-R-005	A6K-5-R	HSJ-6
1,5-2,2	KTS-R-10	JKS-10	JJS-10	FNQ-R-10	KTK-R-10	LP-CC-10	5017906-010	KLS-R-010	A6K-10-R	HSJ-10
3	KTS-R-15	JKS-15	JJS-15	FNQ-R-15	KTK-R-15	LP-CC-15	5017906-016	KLS-R-015	A6K-15-R	HSJ-15
4	KTS-R-20	JKS-20	JJS-20	FNQ-R-20	KTK-R-20	LP-CC-20	5017906-020	KLS-R-020	A6K-20-R	HSJ-20
5,5	KTS-R-25	JKS-25	JJS-25	FNQ-R-25	KTK-R-25	LP-CC-25	5017906-025	KLS-R-025	A6K-25-R	HSJ-25
7,5	KTS-R-30	JKS-30	JJS-30	FNQ-R-30	KTK-R-30	LP-CC-30	5017906-030	KLS-R-030	A6K-30-R	HSJ-30
11-15	KTS-R-35	JKS-35	JJS-35	-	-	-	5014006-040	KLS-R-035	A6K-35-R	HSJ-35
18	KTS-R-45	JKS-45	JJS-45	-	-	-	5014006-050	KLS-R-045	A6K-45-R	HSJ-45
22	KTS-R-50	JKS-50	JJS-50	-	-	-	5014006-050	KLS-R-050	A6K-50-R	HSJ-50
30	KTS-R-60	JKS-60	JJS-60	-	-	-	5014006-063	KLS-R-060	A6K-60-R	HSJ-60
37	KTS-R-80	JKS-80	JJS-80	-	-	-	5014006-080	KLS-R-075	A6K-80-R	HSJ-80
45	KTS-R-100	JKS-100	JJS-100	-	-	-	5014006-100	KLS-R-100	A6K-100-R	HSJ-100
55	KTS-R-125	JKS-125	JJS-125	-	-	-	2028220-125	KLS-125	A6K-125-R	HSJ-125
75	KTS-R-150	JKS-150	JJS-150	-	-	-	2028220-150	KLS-150	A6K-150-R	HSJ-150
90	KTS-R-175	JKS-175	JJS-175	-	-	-	2028220-200	KLS-175	A6K-175-R	HSJ-175

Tabelle 7.16 3x525-600 V, Baugrößen A, B und C

## 7.9 Nennleistungen, Gewicht und Abmessungen

Gehäusetyp [kW]:	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
200-240 V	1,1-2,2	3,0-3,7	1,1-2,2	1,1-3,7	5,5-11	15	5,5-11	15-18,5	18,5-30	37-45	22-30	37-45
380-480 V	1,1-4,0	5,5-7,5	1,1-4,0	1,1-7,5	11-18,5	22-30	11-18,5	22-37	37-55	75-90	45-55	75-90
525-600 V		1,1-7,5		1,1-7,5	11-18,5	11-30	11-18,5	22-37	37-55	37-90	45-55	75-90
IP	20	21	20	55/66	21/55/66	21/55/66	20	20	21/55/66	21/55/66	20	20
NEMA	Gehäuse NEMA 1	Gehäuse NEMA 1	Typ 12/4X	Typ 12/4X	Typ 1/12/4X	Typ 1/12/4X	Gehäuse	Gehäuse	Typ 1/12/4X	Typ 1/12/4X	Gehäuse	Gehäuse
<b>Höhe [mm]</b>												
Gehäuse	A <sup>1)</sup> 246	372	246	420	480	650	350	460	680	770	490	600
Höhe der Rückwand	A 268	375	268	420	480	650	399	520	680	770	550	660
Höhe mit Abschirmblech für Feldbuskabel	A 374	-	374	-	-	-	419	595	-	-	630	800
Abstand zwischen Bohrungen	a 257	350	257	402	454	624	380	495	648	739	521	631
<b>Breite [mm]</b>												
Gehäuse	B 90	130	130	242	242	242	165	231	308	370	308	370
Breite der Rückwand	B 90	130	130	242	242	242	165	231	308	370	308	370
Breite der Rückwand mit einer C-Option	B 130	170	170	242	242	242	205	231	308	370	308	370
Abstand zwischen Bohrungen	b 70	110	110	215	210	210	140	200	272	334	270	330
<b>Tiefe<sup>2)</sup> [mm]</b>												
Ohne Option A/B	C 205	205	205	200	260	260	248	242	310	335	333	333
Mit Option A/B	C 220	220	220	200	260	260	262	242	310	335	333	333
<b>Schraubenbohrungen [mm]</b>												
c	8,0	8,0	8,0	8,2	12	12	8	-	12	12	-	-
d	11	11	11	12	19	19	12	-	19	19	-	-
e	5,5	5,5	5,5	6,5	9	9	6,8	8,5	9,0	9,0	8,5	8,5
f	9	9	9	9	9	9	7,9	15	9,8	9,8	17	17
<b>Max. Gewicht [kg]</b>												
	4,9	5,3	6,6	14	23	27	12	23,5	45	65	35	50

<sup>1)</sup> Siehe Abbildung 7.2 und Abbildung 7.3 für Bohrungen oben und unten.

<sup>2)</sup> Tiefe des Gehäuses variiert je nach installierten Optionen.

Tabelle 7.17 Nennleistungen, Gewicht und Abmessungen

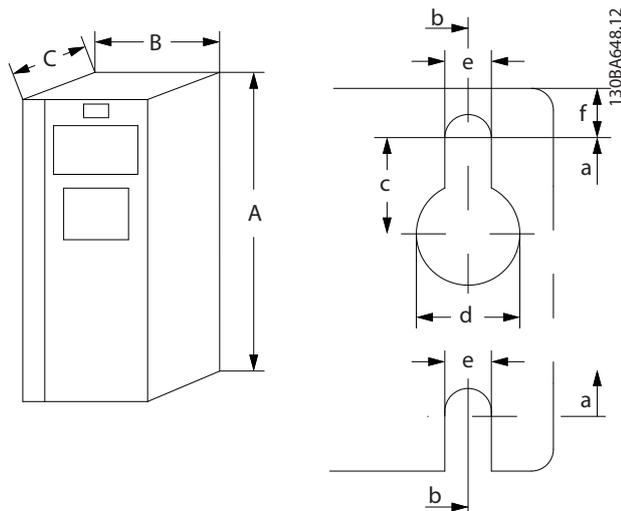


Abbildung 7.2 Bohrungen oben und unten (siehe Kapitel 7.9 Nennleistungen, Gewicht und Abmessungen)

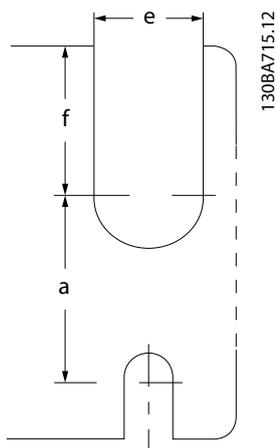


Abbildung 7.3 Bohrungen oben und unten (B4, C3 und C4)

### 7.10 dU/dt-Prüfung

Zur Vermeidung von Beschädigungen von Motoren ohne Phasentrennpapier oder einer anderen Isolationsverstärkung für den Betrieb des Frequenzumrichters installieren Sie einen du/dt-Filter oder LC-Filter am Ausgang des Frequenzumrichters.

Wenn ein Transistor in der Wechselrichterbrücke schaltet, steigt die Spannung im Motor im Verhältnis dU/dt, abhängig von:

- Motorinduktivität
- Motorkabel (Typ, Querschnitt, Länge, mit/ohne Abschirmung)

Die Selbstinduktivität verursacht ein Übersteuern der Spannungsspitze in der Motorspannung, bevor sie sich stabilisiert. Der Pegel wird durch die Spannung im Zwischenkreis bestimmt.

Das Schalten der IGBT-Transistoren verursacht eine Spitzenspannung an den Motorklemmen. Die Lebensdauer des Motors wird sowohl durch die Anstiegszeit als auch die Spitzenspannung beeinflusst. Eine zu hohe Spitzenspannung schädigt vor allem Motoren ohne Phasentrennpapier in den Wicklungen.

Bei kurzen Motorkabeln (wenige Meter) sind Anstiegszeit und Spitzenspannung niedriger. Die Anstiegszeit und Spitzenspannung steigt mit der Kabellänge.

Der Frequenzumrichter erfüllt hinsichtlich der Motorkonstruktion IEC 60034-25 und IEC 60034-17.

Verwenden Sie folgende Faustregeln, um annähernde Kabellängen- und Spannungswerte zu erreichen, die hier nicht erwähnt werden:

- Die Anstiegszeit steigt/fällt proportional zur Kabellänge.
- $U_{PEAK} = \text{Zwischenkreisspannung} \times 1,9$   
(Zwischenkreisspannung = Netzspannung  $\times 1,35$ ).
- $du/dt = \frac{0,8 \times U_{PEAK}}{\text{Anstiegszeit}}$

Die Angaben werden gemäß IEC 60034-17 gemessen. Die Kabellängen werden in Metern angegeben.

#### 200–240 V (T2)

Kabel-länge [m]	Netz-spannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	$U_{PEAK}$ [kV]	dU/dt [kV/ $\mu$ s]
36	240	0,226	0,616	2,142
50	240	0,262	0,626	1,908
100	240	0,650	0,614	0,757
150	240	0,745	0,612	0,655

Tabelle 7.18 Frequenzumrichter, P5K5, T2

Kabel-länge [m]	Netz-spannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	$U_{PEAK}$ [kV]	dU/dt [kV/ $\mu$ s]
5	230	0,13	0,510	3,090
50	230	0,23	0,590	2,034
100	230	0,54	0,580	0,865
150	230	0,66	0,560	0,674

Tabelle 7.19 Frequenzumrichter, P7K5, T2

Kabel-länge [m]	Netz-spannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	$U_{PEAK}$ [kV]	dU/dt [kV/ $\mu$ s]
36	240	0,264	0,624	1,894
136	240	0,536	0,596	0,896
150	240	0,568	0,568	0,806

Tabelle 7.20 Frequenzumrichter, P11K, T2

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
30	240	0,556	0,650	0,935
100	240	0,592	0,594	0,807
150	240	0,708	0,575	0,669

Tabelle 7.21 Frequenzumrichter, P15K, T2

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	240	0,244	0,608	1,993
136	240	0,568	0,580	0,832
150	240	0,720	0,574	0,661

Tabelle 7.22 Frequenzumrichter, P18K, T2

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	240	0,244	0,608	1,993
136	240	0,560	0,580	0,832
150	240	0,720	0,574	0,661

Tabelle 7.23 Frequenzumrichter, P22K, T2

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
15	240	0,194	0,626	2,581
50	240	0,252	0,574	1,929
150	240	0,444	0,538	0,977

Tabelle 7.24 Frequenzumrichter, P30K, T2

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
30	240	0,300	0,598	1,593
100	240	0,536	0,566	0,843
150	240	0,776	0,546	0,559

Tabelle 7.25 Frequenzumrichter, P37K, T2

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
30	240	0,300	0,598	1,593
100	240	0,536	0,566	0,843
150	240	0,776	0,546	0,559

Tabelle 7.26 Frequenzumrichter, P45K, T2

## 380–480 V (T4)

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,640	0,690	0,862
50	400	0,470	0,985	0,985
150	400	0,760	1,045	0,947

Tabelle 7.27 Frequenzumrichter, P1K5, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,172	0,890	4,156
50	400	0,310	–	2,564
150	400	0,370	1,190	1,770

Tabelle 7.28 Frequenzumrichter, P4K0, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,04755	0,739	8,035
50	400	0,207	1,040	4,548
150	400	0,6742	1,030	2,828

Tabelle 7.29 Frequenzumrichter, P7K5, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
15	400	0,408	0,718	1,402
100	400	0,364	1,050	2,376
150	400	0,400	0,980	2,000

Tabelle 7.30 Frequenzumrichter, P11K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,422	1,060	2,014
100	400	0,464	0,900	1,616
150	400	0,896	1,000	0,915

Tabelle 7.31 Frequenzumrichter, P15K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,344	1,040	2,442
100	400	1,000	1,190	0,950
150	400	1,400	1,040	0,596

Tabelle 7.32 Frequenzumrichter, P18K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,232	0,950	3,534
100	400	0,410	0,980	1,927
150	400	0,430	0,970	1,860

Tabelle 7.33 Frequenzumrichter, P22K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
15	400	0,271	1,000	3,100
100	400	0,440	1,000	1,818
150	400	0,520	0,990	1,510

Tabelle 7.34 Frequenzumrichter, P30K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	480	0,270	1,276	3,781
50	480	0,435	1,184	2,177
100	480	0,840	1,188	1,131
150	480	0,940	1,212	1,031

Tabelle 7.35 Frequenzumrichter, P37K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,254	1,056	3,326
50	400	0,465	1,048	1,803
100	400	0,815	1,032	1,013
150	400	0,890	1,016	0,913

Tabelle 7.36 Frequenzumrichter, P45K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
10	400	0,350	0,932	2,130

Tabelle 7.37 Frequenzumrichter, P55K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	480	0,371	1,170	2,466

Tabelle 7.38 Frequenzumrichter, P75K, T4

Kabel-länge [m]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [µs]	U <sub>PEAK</sub> [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,364	1,030	2,264

Tabelle 7.39 Frequenzumrichter, P90K, T4

## 7.11 Nennwerte der Störgeräusche

Die typischen, im Abstand von 1 m zum Frequenzumrichter gemessenen Werte:

Baugröße	Bei reduzierter Lüfterdrehzahl (50 %) [dBA]	Volle Lüfterdrehzahl [dBA]
A2	51	60
A3	51	60
A4	50	55
A5	54	63
B1	61	67
B2	58	70
B3	59,4	70,5
B4	53	62,8
C1	52	62
C2	55	65
C3	56,4	67,3
C4	-	-

Tabelle 7.40 Messwerte

## 7.12 Ausgewählten Optionen

### 7.12.1 VLT® Universal-E/A-Modul MCB 101

MCB 101 wird verwendet, um die Anzahl der Digitaleingänge und -ausgänge und der Analogeingänge und -ausgänge zu erhöhen.

Stecken Sie das Optionsmodul MCB 101 in Steckplatz B des Frequenzumrichters.

Inhalt:

- Optionsmodul MCB 101
- Erweiterte Befestigung des LCP
- Klemmenabdeckung

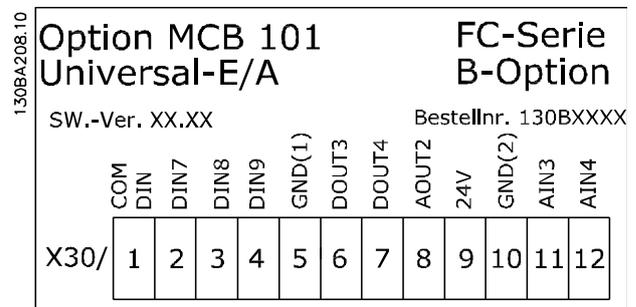


Abbildung 7.4 MCB 101 Option

### 7.12.2 VLT®-Relaiskarte MCB 105

Die Option MCB 105 umfasst 3 einpolige Lastrelaiskontakte und passt in Optionssteckplatz B.

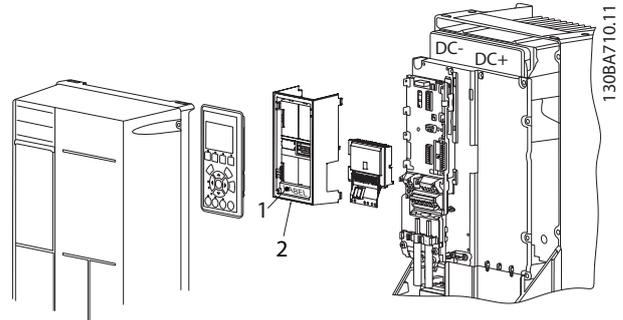
Elektrische Daten

Max. Belastungsstrom der Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> (ohmsche Last)	240 V AC 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> (induktive Last bei $\cos\phi$ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Max. Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> (ohmsche Last)	24 V DC 1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> (induktive Last)	24 V DC 0,1 A
Min. Belastungsstrom der Klemme (DC)	5 V 10 mA
Maximale Taktfrequenz bei Nennlast/min. Last	6 minimum <sup>-1</sup> /20 s <sup>-1</sup>

1) IEC 947 Teil 4 und 5

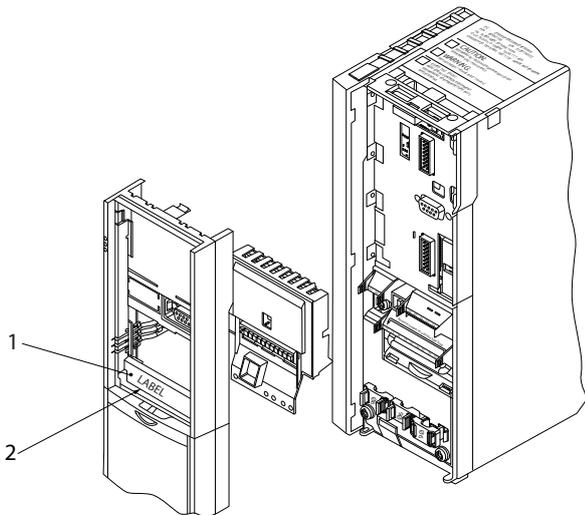
Wenn das Relais-Optionskit separat bestellt wird, enthält der Satz Folgendes:

- Relaismodul MCB 105.
- Erweiterte LCP-Befestigung und vergrößerte Klemmenabdeckung
- Etikett für den Zugriff zu den Schaltern S201, S202 und S801
- Kabelbinder zur Befestigung von Kabeln am Relaismodul



1	<b>WARNUNG!</b> Sie MÜSSEN den Aufkleber wie gezeigt an der oberen Frontabdeckung des LCP anbringen (UL-Zulassung).
2	Relaiskarte

Abbildung 7.6 Baugrößen A5, B1, B2, B4, C1, C2, C3 und C4



1	<b>WARNUNG!</b> Sie MÜSSEN den Aufkleber wie gezeigt an der oberen Frontabdeckung des LCP anbringen (UL-Zulassung).
2	Relaiskarte

Abbildung 7.5 Baugrößen A2, A3 und B3



Abbildung 7.7 An Option angebrachtes Warnschild

Hinzufügen des MCB 105:

1. Trennen Sie die Stromversorgung zum Frequenzumrichter.
2. Trennen Sie die spannungsführenden Anschlüsse an den Relaisklemmen von der Stromversorgung.
3. Entfernen Sie das LCP, die Klemmenabdeckung und die LCP-Befestigung vom Frequenzumrichter.
4. Stecken Sie das Relaismodul MCB 105 in Steckplatz B.
5. Schließen Sie die Steuerleitungen an und befestigen Sie sie mit den beigefügten Kabelbindern.
6. Achten Sie darauf, das Kabel auf der richtigen Länge abzuisolieren (siehe Abbildung 7.9).
7. Verbinden Sie nie spannungsführende Teile (Hochspannung) mit Steuersignalen (PELV).

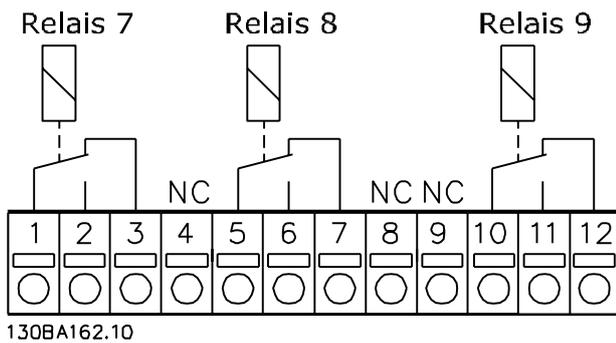
8. Setzen Sie die erweiterte LCP-Befestigung und die vergrößerte Klemmenabdeckung auf.
9. Setzen Sie das LCP wieder ein.
10. Schließen Sie die Netzversorgung wieder am Frequenzumrichter an.
11. Wählen Sie die Relaisfunktionen unter *Parameter 5-40 Relaisfunktion* [6–8], *Parameter 5-41 Ein Verzög., Relais*[6–8] und *Parameter 5-42 Aus Verzög., Relais* [6–8].

**HINWEIS**

Array [6] ist Relais 7, Array [7] ist Relais 8 und Array [8] ist Relais 9.

**HINWEIS**

Entfernen Sie die Relaiskarte für einen Zugang zum RS485-Terminierungsschalter S801 oder zu den Strom/Spannungsschaltern S201/S202 (siehe *Abbildung 7.5* und *Abbildung 7.6*, Position 2).



NC = Öffner

Abbildung 7.8 Relais

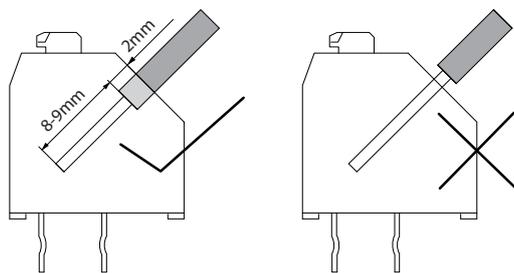
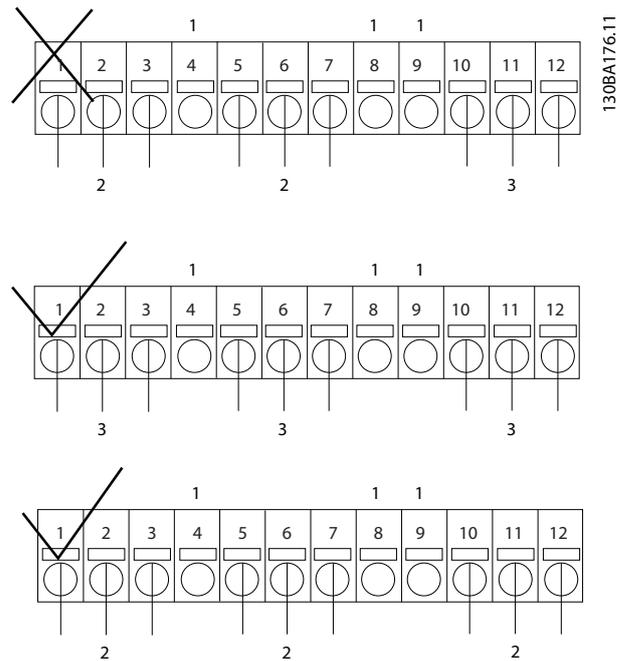


Abbildung 7.9 Korrekte Kabeleinführung



1	NC
2	Spannungsführendes Teil
3	PELV

Abbildung 7.10 Korrekte Verkabelung des Relais

**HINWEIS**

Kombinieren Sie 24/48-V-Systeme nicht mit Hochspannungssystemen.

7.12.3 VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113

Die MCB 113 erweitert den E/A des Frequenzumrichters durch:

- 7 Digitaleingänge
- 2 Analogausgänge
- 4 einpolige Lastrelais

Die erweiterten Ein- und Ausgänge erhöhen die Flexibilität und ermöglichen Übereinstimmung mit den deutschen NAMUR NE37-Empfehlungen.

Die Option MCB 113 ist Standardoption C1 konstruiert und wird nach der Installation automatisch erkannt.

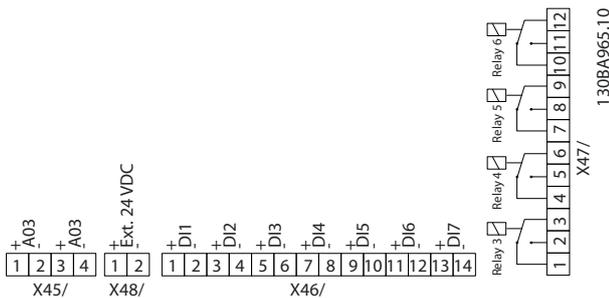


Abbildung 7.11 Elektrische Anschlüsse des MCB 113

Schließen Sie zur Gewährleistung einer galvanischen Trennung zwischen dem Frequenzumrichter und der Optionskarte die Option MCB 113 an Klemme X48 an eine externe 24-V-Versorgung an. Wenn keine galvanische Trennung erforderlich ist, können Sie die Optionskarte an die interne 24-V-Versorgung des Frequenzumrichters anschließen.

**HINWEIS**

Stellen Sie zum Anschluss beider 24-V-Signale und Hochspannungssignale im Relais sicher, dass ein ungenutztes Relais zwischen 24-V-Signal und Hochspannungssignal geschaltet ist.

**Elektrische Daten**

<b>Relais</b>	
Anzahl	4 einpolige Lastrelais (Wechslerkontakte)
Last bei 250 V AC/30 V DC	8 A
Last bei 250 V AC/30 V DC mit $\cos\phi = 0,4$	3,5 A
Überspannungskategorie (Kontakt-Erde)	III
Überspannungskategorie (Kontakt-Kontakt)	II
Kombination aus 250-V- und 24-V-Signalen	Zulässig mit einem ungenutzten Relais dazwischen
Maximale Durchsatzverzögerung	10 ms
Von Masse/ Chassis isoliert für den Einsatz in Systemen des IT-Netzes	
<b>Digitaleingänge</b>	
Anzahl	7
Bereich	0-24 V
Modus	PNP/NPN
Eingangsimpedanz	4 kW
Niedriger Auslösepegel	6,4 V
Hoher Auslösepegel	17 V
Maximale Durchsatzverzögerung	10 ms
<b>Analogausgänge</b>	
Anzahl	2
Bereich	0/4 -20 mA
Auflösung	11 Bit
Linearität	< 0,2 %

Verwenden Sie folgende Parametergruppen zur Konfiguration der Option MCB 113:

- 5-1\* Digitaleingänge
- 6-7\* Analogausgang 3
- 6-8\* Analogausgang 4
- 14-8\* Optionen
- 5-4\* Relais
- 16-6\* Anzeig. Ein-/Ausg.

**HINWEIS**

In Parametergruppe 5-4\* Relais,

- Array [2] ist Relais 3.
- Array [3] ist Relais 4.
- Array [4] ist Relais 5.
- Array [5] ist Relais 6.

7.12.4 VLT® LonWorks für ADAP-KOOL® MCA 107

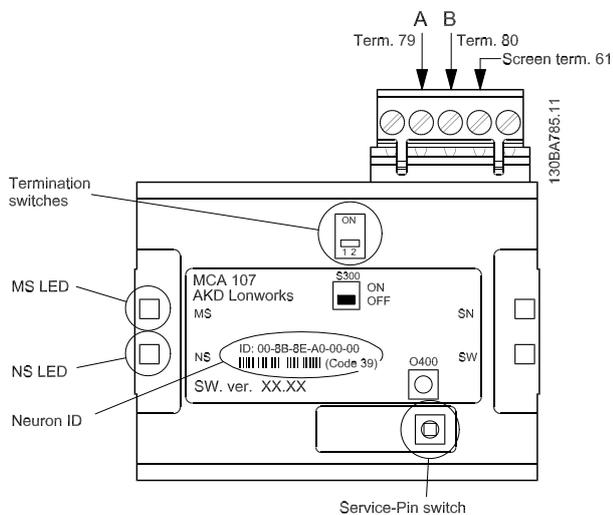


Abbildung 7.12 Die AKD Lonworks-Option

7

S300 schaltet zwischen:

- AUS: Kein Abschluss (Werkseinstellung)
- EIN: Einzelner Abschluss (120 Ω)

Der Druckknopfschalter O400 aktiviert die Service-Pin-Funktion.

LED-Kennzeichnung	Beschreibung
MS	Service-LED (rot)
NS	Status-LED (grün)

Tabelle 7.41 LED

Die Neuron-ID ist als Text und als Barcode (Code 39) auf die Option gedruckt.

## 8 Anhang – Ausgewählte Zeichnungen

### 8.1 Netzanschlusszeichnungen

Diese Zeichnungssammlung soll Sie bei der Planung in der Auslegungsphase unterstützen.

Informationen zu Installationsverfahren finden Sie im *Produktthandbuch*, einschließlich:

- Sicherheitsanforderungen.
- Schritt-für-Schritt-Installationsverfahren.
- Alternative Konfigurationen.
- Zusätzliche Zeichnungen

#### Netzanschluss bei Baugrößen A2 und A3

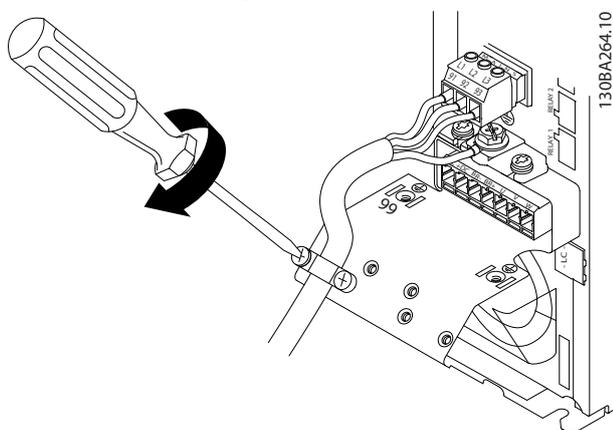


Abbildung 8.1 Abschirmblech

#### Netzanschluss bei Baugrößen A4/A5

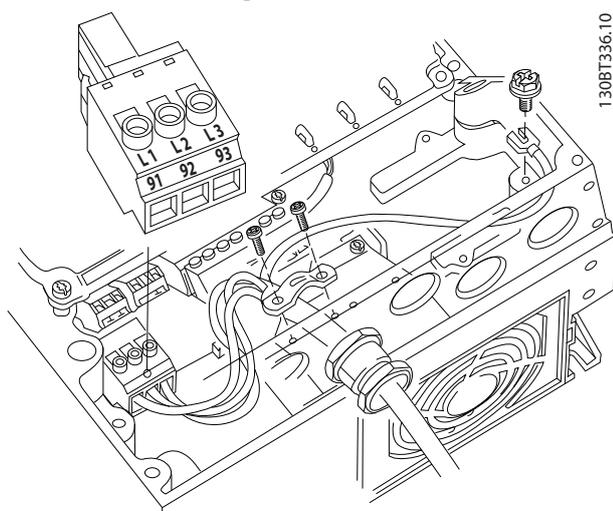


Abbildung 8.2 Netz- und Erdungsanschluss ohne Trennschalter

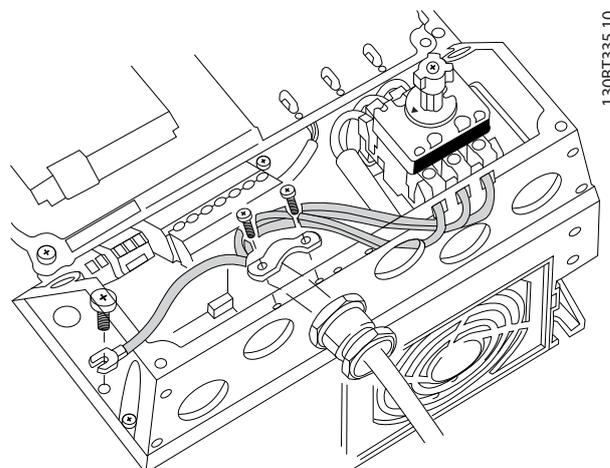


Abbildung 8.3 Netz- und Erdungsanschluss mit Trennschalter

Installieren Sie den Schutzleiter bei Verwendung eines Trennschalters (Baugrößen A4/A5) an der linken Seite des Frequenzumrichters.

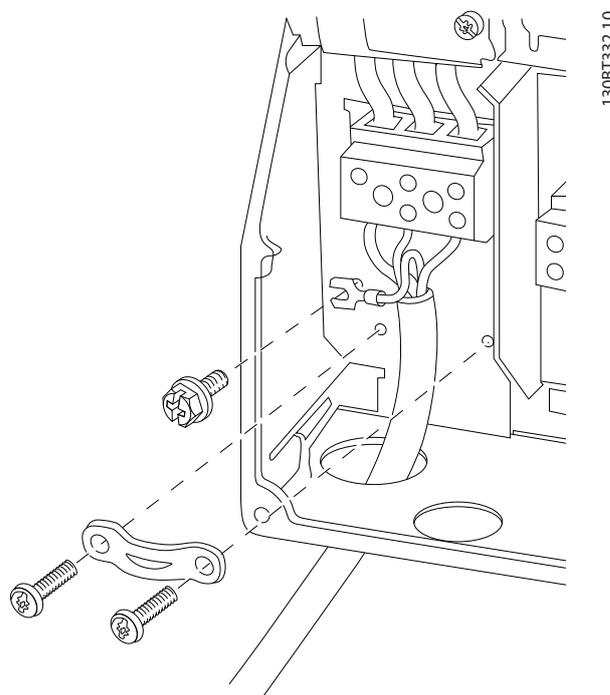


Abbildung 8.4 Netzanschluss bei Baugrößen B1 und B2

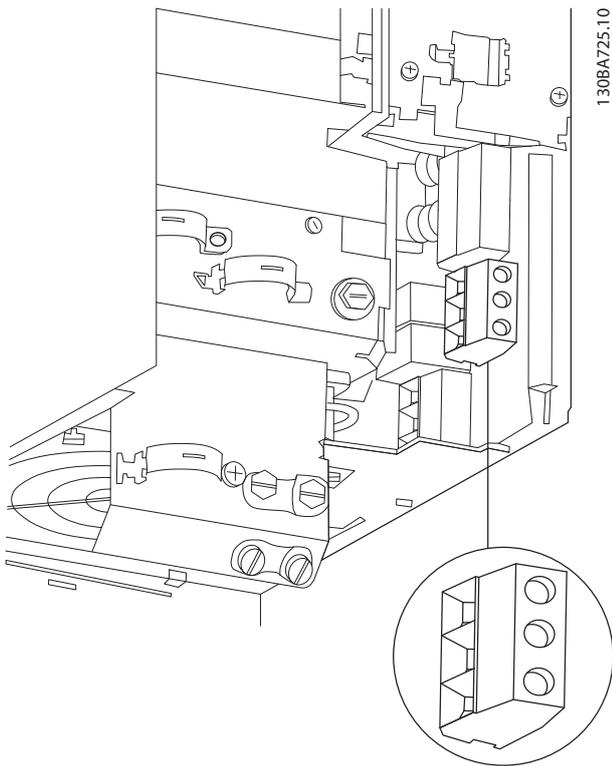


Abbildung 8.5 Netzanschluss Baugröße B3

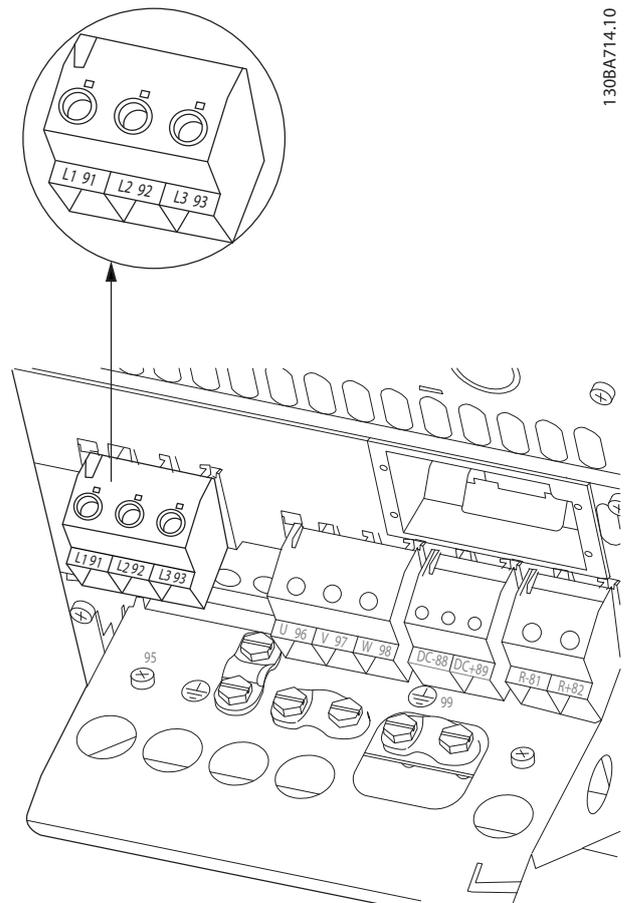


Abbildung 8.6 Netzanschluss Baugröße B4

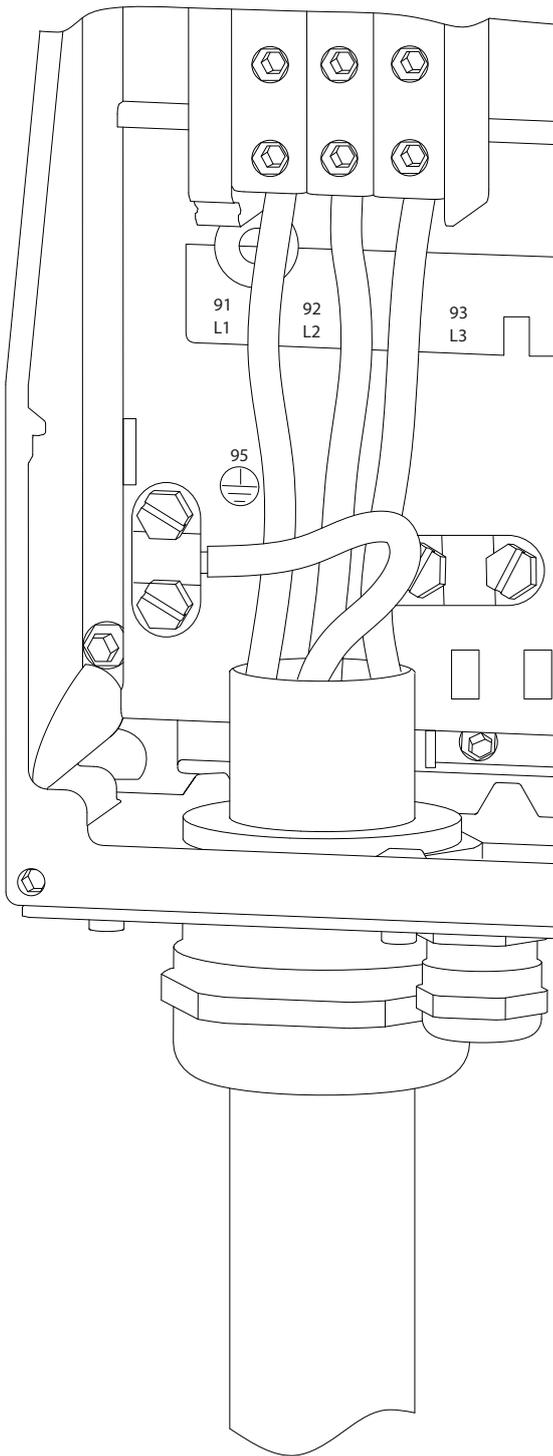


Abbildung 8.7 Netzanschluss Baugrößen C1 und C2 (IP21/  
NEMA Typ 1 und IP55/66/NEMA Typ 12)

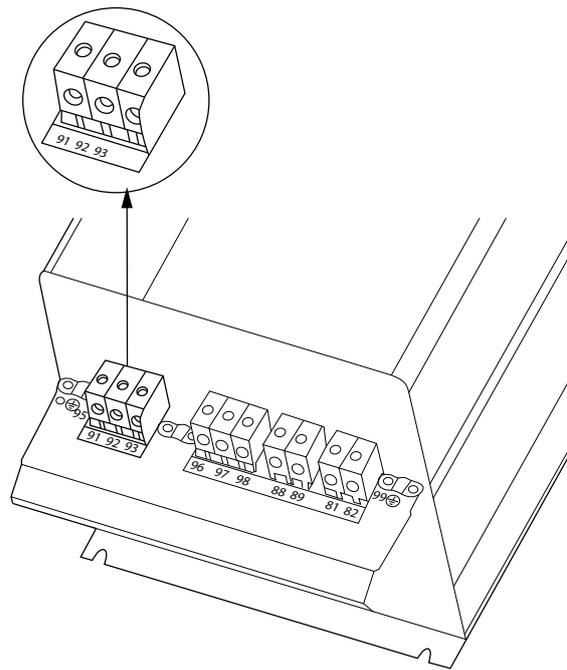


Abbildung 8.8 Netzanschluss Baugröße C3 (IP20)

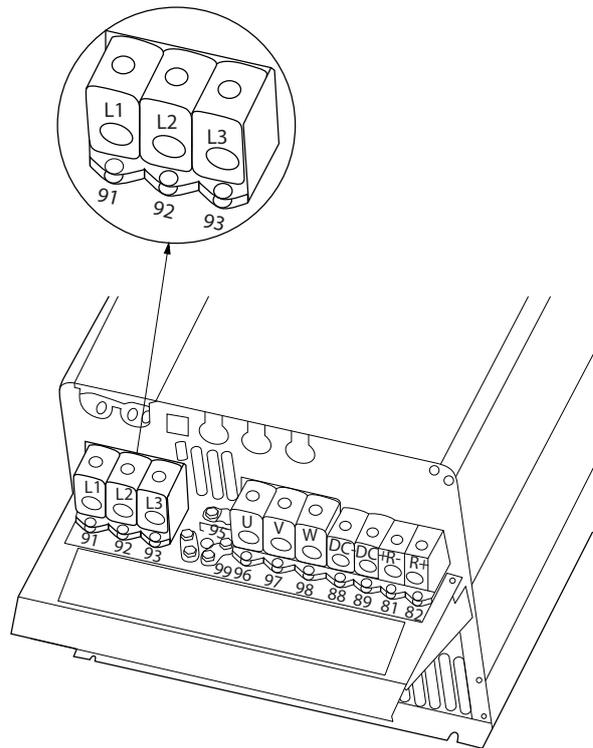


Abbildung 8.9 Netzanschluss Baugröße C4 (IP20)

## 8.2 Motoranschlusszeichnungen

### Motoranschluss

Diese Zeichnungssammlung soll Sie bei der Planung in der Auslegungsphase unterstützen.

Informationen zu Installationsverfahren finden Sie im *Produktthandbuch*, einschließlich:

- Sicherheitsanforderungen.
- Schritt-für-Schritt-Installationsverfahren.
- Klemmenbeschreibungen.
- Alternative Konfigurationen.
- Zusätzliche Zeichnungen

Klemme Nr.	96	97	98	99	
	U	V	W	PE <sup>1)</sup>	Motorspannung 0-100 % der Netzspannung 3 Leiter vom Motor.
	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Dreieckschaltung. 6 Leiter vom Motor.
	W2	U2	V2		
	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Sternschaltung (U2, V2, W2) U2, V2 und W2 sind miteinander zu verbinden.

Tabelle 8.1 Klemmenbeschreibungen

#### 1) Erdung

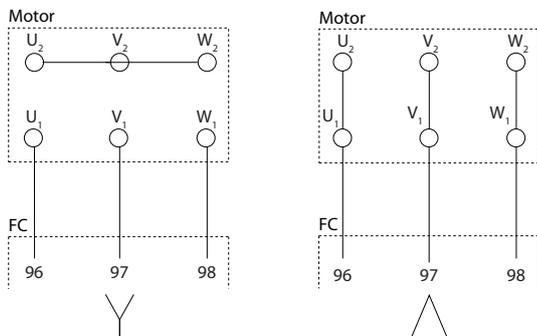


Abbildung 8.10 Stern- und Dreieckschaltung

Sie können alle 3-phasigen Standard-Asynchronmotoren an einen Frequenzumrichter anschließen. Normalerweise wird für kleine Motoren Sternschaltung verwendet (230/400 V, Y), für große Motoren Dreieckschaltung (400/690 V, Δ). Schaltungsart (Stern/Dreieck) und Anschlussspannung sind auf dem Motor-Typenschild angegeben.

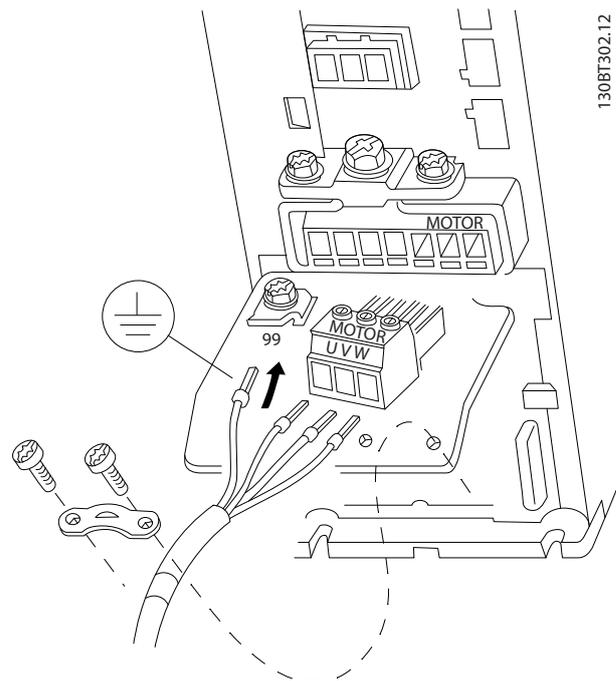


Abbildung 8.11 Motoranschluss bei Baugrößen A2 und A3

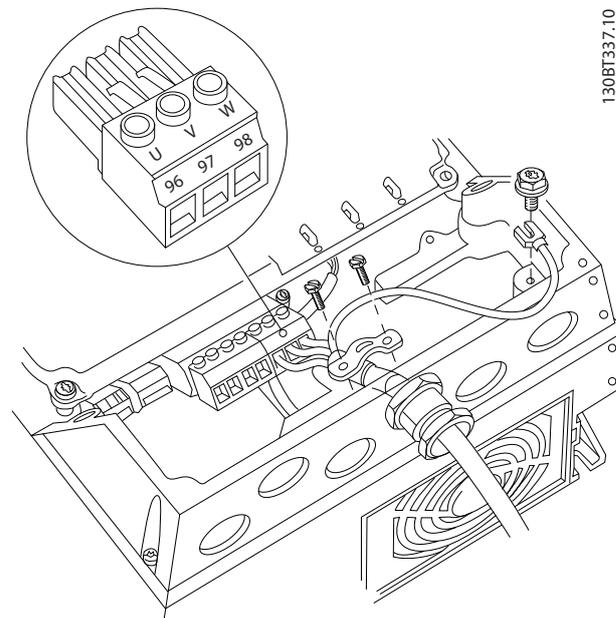
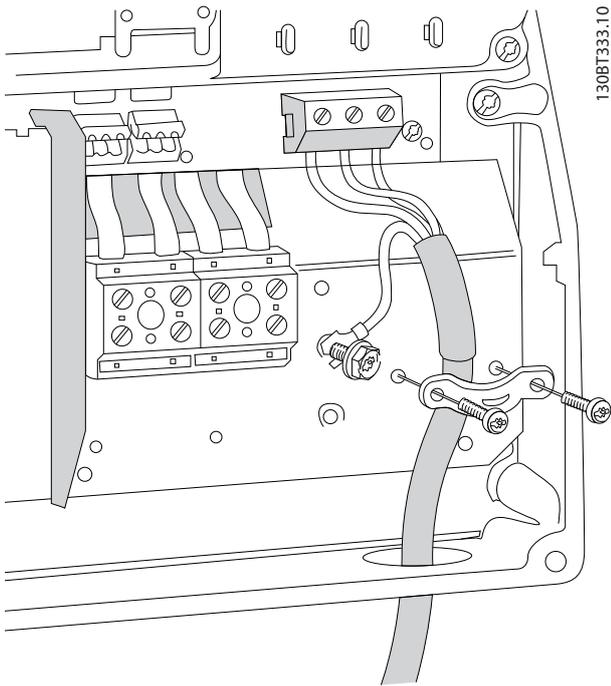
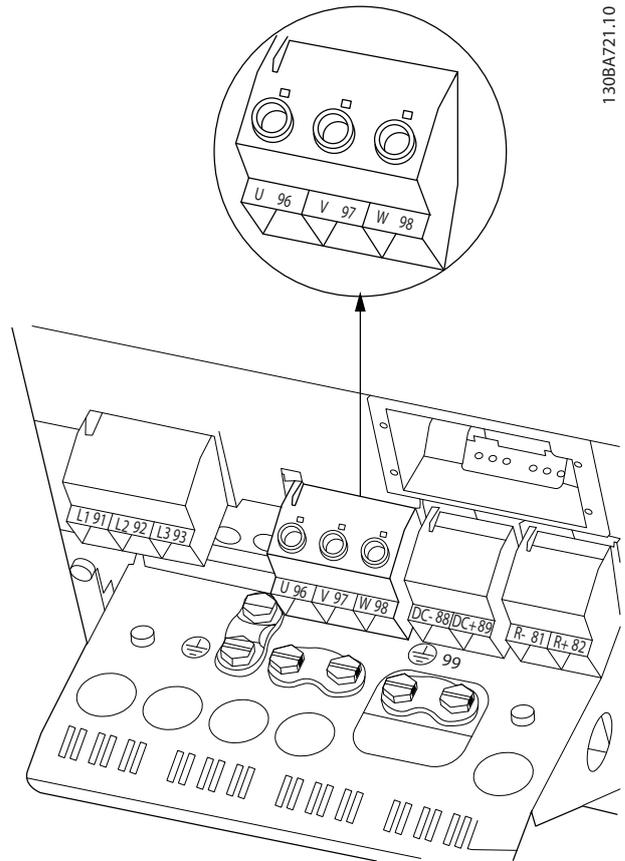


Abbildung 8.12 Motoranschluss bei Baugrößen A4/A5



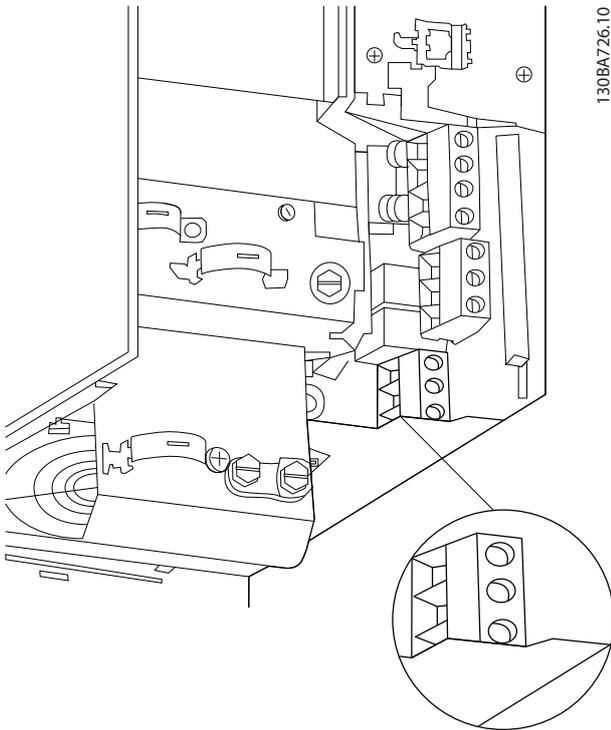
130BT333.10

Abbildung 8.13 Motoranschluss bei Baugrößen B1 und B2



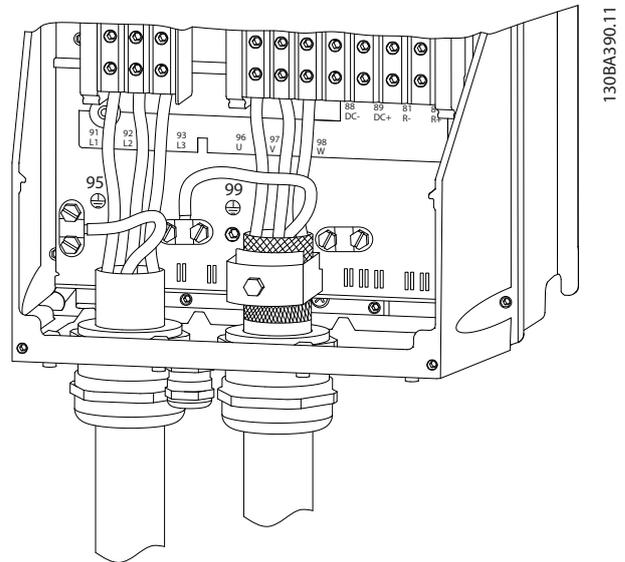
130BA721.10

Abbildung 8.15 Motoranschluss bei Baugröße B4



130BA726.10

Abbildung 8.14 Motoranschluss bei Baugröße B3



130BA390.11

Abbildung 8.16 Motoranschluss Baugrößen C1 und C2 (IP21/  
NEMA Typ 1 und IP55/66/NEMA Typ 12)

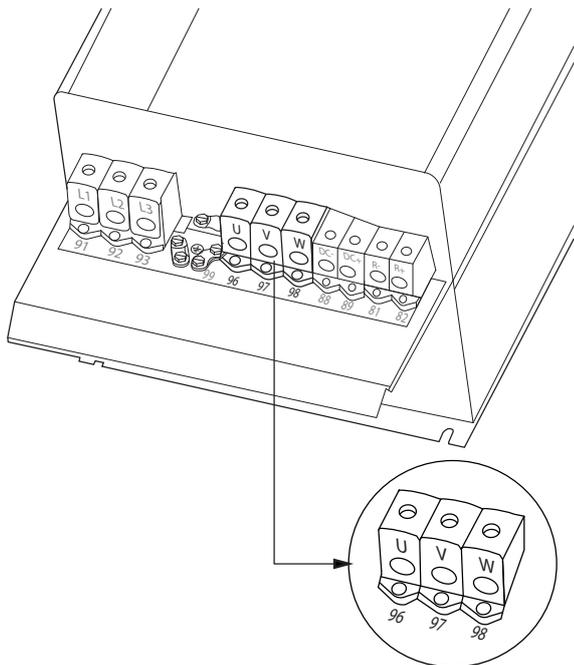


Abbildung 8.17 Motoranschluss bei Baugrößen C3 und C4

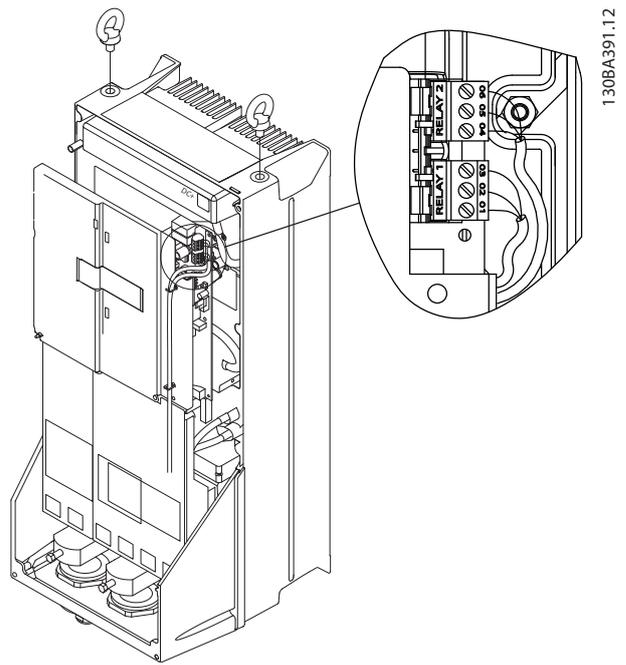


Abbildung 8.19 Klemmen für Relaisanschluss (Baugrößen C1 und C2).

### 8.3 Relaisklemmenzeichnungen

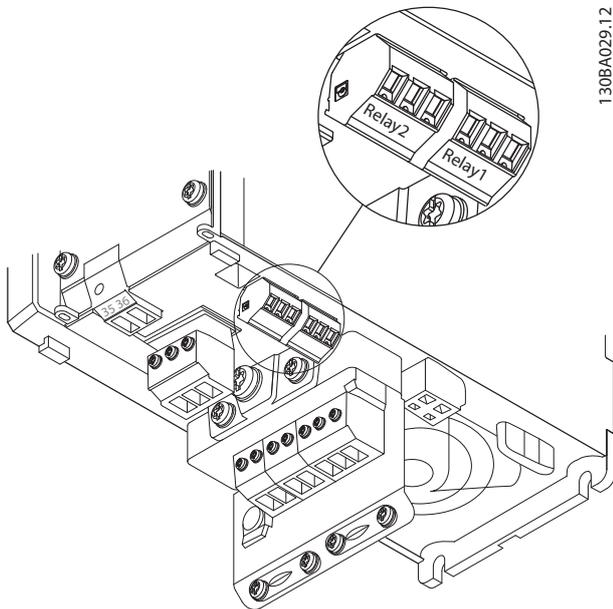


Abbildung 8.18 Klemmen für Relaisanschluss (Baugrößen A2 und A3).

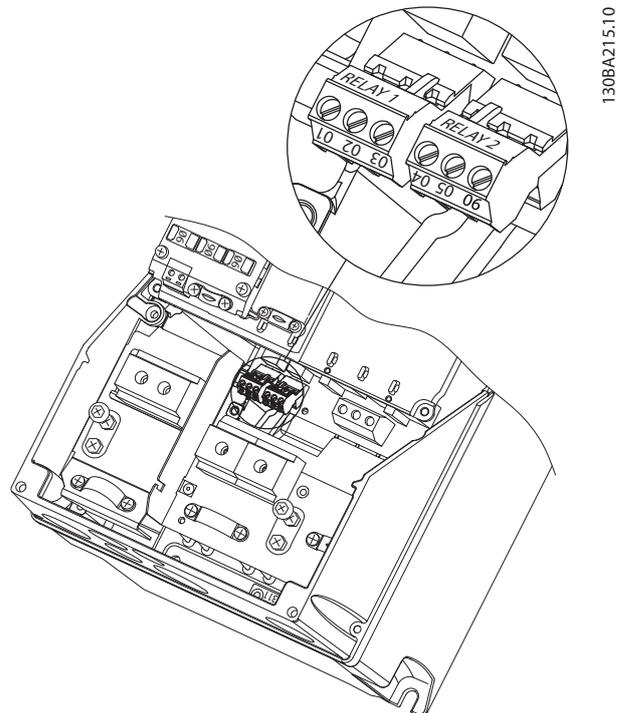
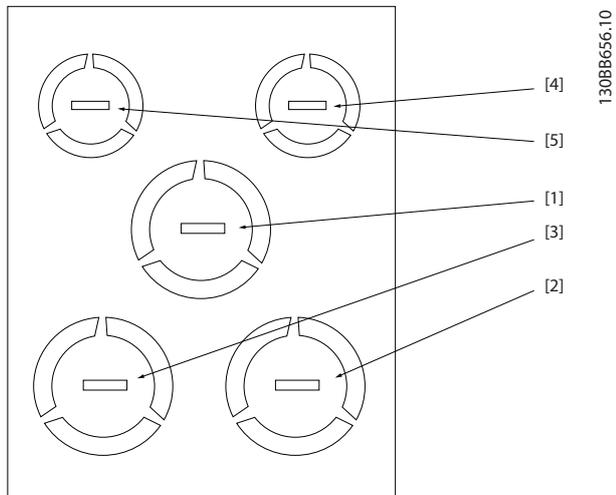


Abbildung 8.20 Klemmen für Relaisanschluss (Baugrößen A5, B1 und B2).

### 8.4 Kabeleinführungsöffnungen

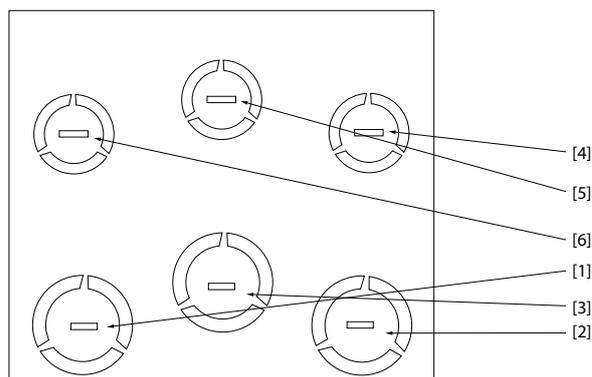


130BB656.10

Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Bremse/ Zwischenkreis- kopplung	3/4	28,4	M25
4 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm

Abbildung 8.21 Baugröße A2, IP21

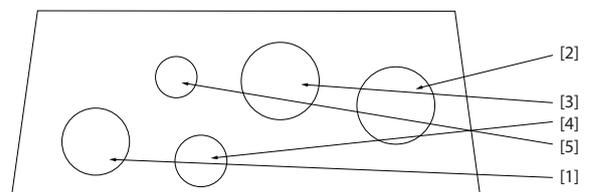


130BB657.10

Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Bremse/ Zwischenkreis- kopplung	3/4	28,4	M25
4 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
6 Steuerleitung	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm

Abbildung 8.22 Baugröße A3, IP21

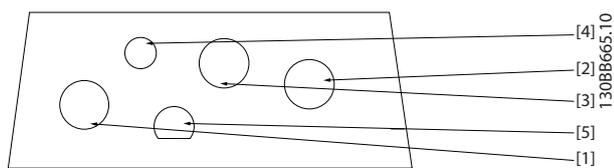


130BB663.10

Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Bremse/ Zwischenkreis- kopplung	3/4	28,4	M25
4 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
5 Entfernt	–	–	–

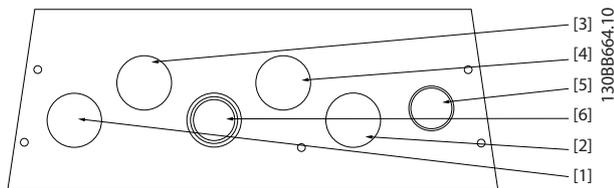
1) Toleranz ±0,2 mm

Abbildung 8.23 Baugröße A4, IP55



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Nächste metrische
1 Netz	M25
2 Motor	M25
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	M25
4 Steuerleitung	M16
5 Steuerleitung	M20

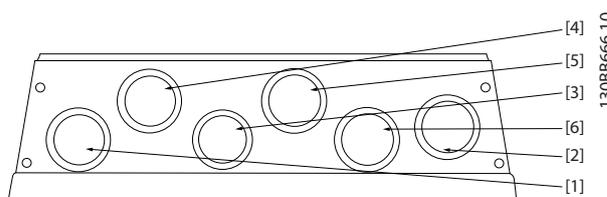
Abbildung 8.24 Baugröße A4, IP55 Kabeleinführungsöffnungen mit metrischem Gewinde



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	3/4	28,4	M25
4 Steuerleitung	3/4	28,4	M25
5 Steuerleitung <sup>2)</sup>	3/4	28,4	M25
6 Steuerleitung <sup>2)</sup>	3/4	28,4	M25

1) Toleranz ±0,2 mm  
2) Aussparung

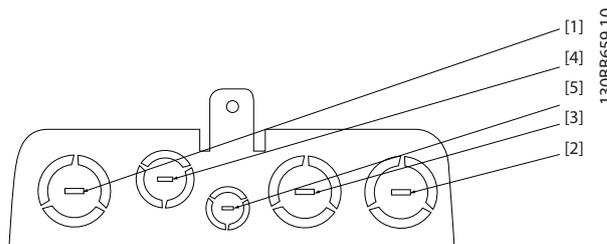
Abbildung 8.25 Baugröße A5, IP55



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Nächste metrische
1 Netz	M25
2 Motor	M25
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	28,4 mm <sup>1)</sup>
4 Steuerleitung	M25
5 Steuerleitung	M25
6 Steuerleitung	M25

1) Aussparung

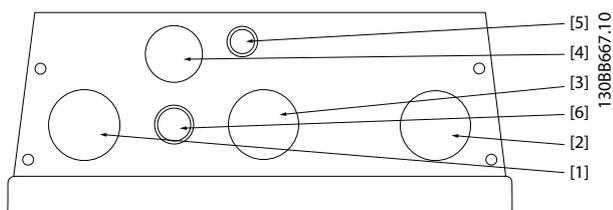
Abbildung 8.26 Baugröße A5, IP55 Kabeleinführungsöffnungen mit metrischem Gewinde



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	1	34,7	M32
2 Motor	1	34,7	M32
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	1	34,7	M32
4 Steuerleitung	1	34,7	M32
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm

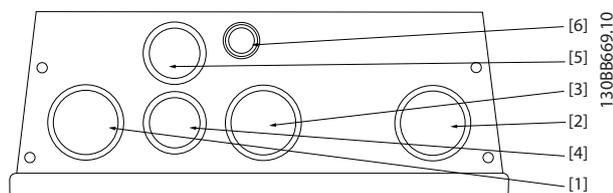
Abbildung 8.27 Baugröße B1, IP21



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	1	34,7	M32
2 Motor	1	34,7	M32
3 Bremse/ Zwischenkreis- kopplung	1	34,7	M32
4 Steuerleitung	3/4	28,4	M25
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
5 Steuerleitung <sup>2)</sup>	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm  
2) Aussparung

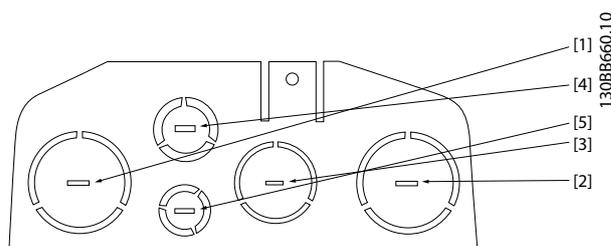
Abbildung 8.28 Baugröße B1, IP55



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Nächste metrische
1 Netz	M32
2 Motor	M32
3 Bremse/Zwischenkreis- kopplung	M32
4 Steuerleitung	M25
5 Steuerleitung	M25
6 Steuerleitung	22,5 mm <sup>1)</sup>

1) Aussparung

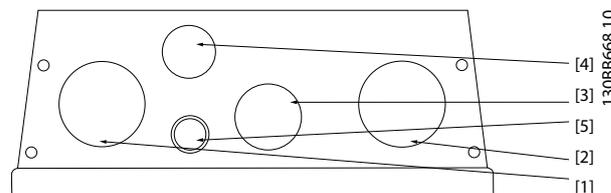
Abbildung 8.29 Baugröße B1, IP55 Kabeleinführungsöffnungen mit metrischem Gewinde



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	1 1/4	44,2	M40
2 Motor	1 1/4	44,2	M40
3 Bremse/ Zwischenkreis- kopplung	1	34,7	M32
4 Steuerleitung	3/4	28,4	M25
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm

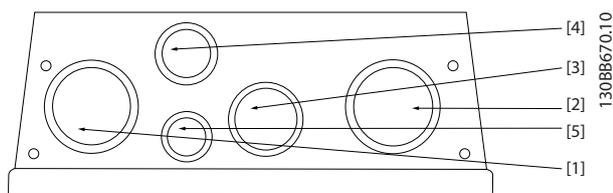
Abbildung 8.30 Baugröße B2, IP21



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	1 1/4	44,2	M40
2 Motor	1 1/4	44,2	M40
3 Bremse/ Zwischenkreis- kopplung	1	34,7	M32
4 Steuerleitung	3/4	28,4	M25
5 Steuerleitung <sup>2)</sup>	1/2	22,5	M20

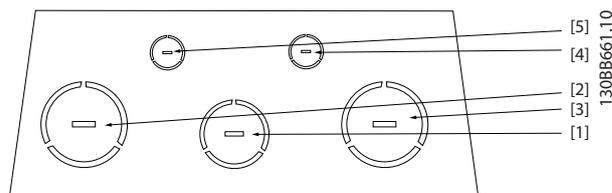
1) Toleranz ±0,2 mm  
2) Aussparung

Abbildung 8.31 Baugröße B2, IP55



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Nächste metrische
1 Netz	M40
2 Motor	M40
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	M32
4 Steuerleitung	M25
5 Steuerleitung	M20

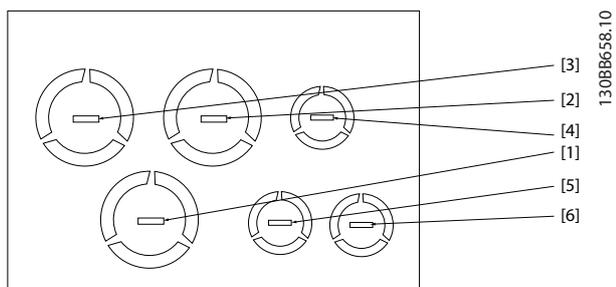
Abbildung 8.32 Baugröße B2, IP55 Geschraubte Kabeleinführungsöffnungen



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	2	63,3	M63
2 Motor	2	63,3	M63
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	1 1/2	50,2	M50
4 Steuerleitung	3/4	28,4	M25
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm

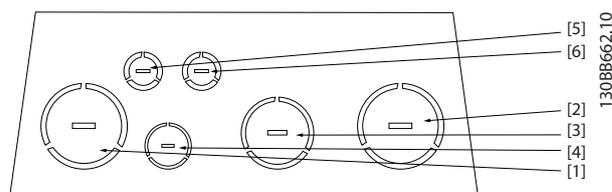
Abbildung 8.34 Baugröße C1, IP21



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	1	34,7	M32
2 Motor	1	34,7	M32
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	1	34,7	M32
4 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
6 Steuerleitung	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm

Abbildung 8.33 Baugröße B3, IP21



Bohrungsanzahl und empfohlene Verwendung	Abmessungen <sup>1)</sup>		Nächste metrische
	UL [in]	[mm]	
1 Netz	2	63,3	M63
2 Motor	2	63,3	M63
3 Bremse/Zwischenkreis-kopplung	1 1/2	50,2	M50
4 Steuerleitung	3/4	28,4	M25
5 Steuerleitung	1/2	22,5	M20
6 Steuerleitung	1/2	22,5	M20

1) Toleranz ±0,2 mm

Abbildung 8.35 Baugröße C2, IP21

## Index

## A

Abgestrahlte Störaussendung.....	43
Abkürzungen.....	8, 46
Ableitstrom.....	13
Abmessungen.....	71, 73, 92, 136, 150, 151, 152, 153
Abschaltung	
Abschaltblockierung.....	10, 24
Abschaltung.....	10, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 56, 60, 67, 81, 87, 88, 90, 91, 101, 102
Abschirmung.....	57, 58
Abstand.....	37, 41, 64, 65
AC	
AC-Wellenform.....	17
Netzeingang.....	17
Versorgungsnetz.....	17
Wechselstrom.....	17, 18
Adressfeld.....	82
AEO.....	8
Siehe auch <i>Automatische Energieoptimierung</i>	
Affinitätsgesetze.....	15
AMA.....	8, 27
Siehe auch <i>Automatische Motoranpassung</i>	
Amortisationszeit.....	15
Analoge-E/A.....	68
Analoger Drehzahlsollwert.....	99
Anstiegszeit.....	137
Anwendung	
Anwendung.....	14
Echtzeituhr.....	94
Kaskadenregelung.....	14
Zonenregelung.....	14
Anziehen, Klemmen.....	130
Arbeitszyklus.....	9
Assistent.....	14
Ausgangs- schütz.....	60, 64
Auto on.....	20
Automatische Energieoptimierung.....	8, 25, 27
Siehe auch <i>AEO</i>	
Automatische Motoranpassung.....	8, 27
Siehe auch <i>AMA</i>	
Automatische Rampe.....	38

## B

Befestigungskonsole.....	73
Belüftung.....	114
Beschichtung.....	39, 66

## Bestellung

DU/dt-Filter.....	117
Gleichtaktfilter.....	118
Oberschwingungsfilter.....	112
Optionen und Zubehör.....	109
Sinusfilter.....	112, 113, 116

Betauung.....	37
---------------	----

## Bremsen

Bremsoption.....	67
Bremsstrom.....	86
Bremsung.....	29

## Bremswiderstand

Bremswiderstand.....	8, 24
----------------------	-------

## C

CDM.....	51
Cfm.....	38
Checkliste zur Auslegung der Anlage.....	92
Cos $\phi$ .....	56, 68, 140, 142
CRC-Prüffeld.....	82

## D

## Daten

Datenfeld.....	82
Datensteuerbyte.....	76, 77
Datentyp.....	79, 85

## DC

DC-Bremse.....	81, 83, 86
Gleichstrom.....	29
Zwischenkreis.....	24, 137

Definition.....	9, 44, 47, 54
-----------------	---------------

Definition IP-Schutzart.....	40
------------------------------	----

## Drehmomentregler

CT-Kennlinie.....	9
Drehmomentgrenze.....	9, 25, 60, 88
Drehmomentkennlinie.....	125
Konstantes Drehmoment.....	8
Nenn Drehmoment.....	61
Variables Drehmoment.....	9
Vollständiges Drehmoment.....	29
VT-Kennlinie.....	10

Drehzahlgrenze.....	18, 25, 60
---------------------	------------

Drehzahlsollwert.....	99
-----------------------	----

Dreieckschaltung.....	147
-----------------------	-----

DU/dt-Prüfung.....	137
--------------------	-----

## E

Echtzeituhr.....	34
------------------	----

Effektivstrom.....	17
--------------------	----

## Effizienz

Effizienzklasse.....	51
Energieeffizienz.....	51
Energieeffizienzklasse.....	51

Eingangsstrom..... 17, 65

Einzelregister..... 83

Elektronisches Thermorelais..... 60  
 Siehe auch *ETR*

EMV

- Emissionen..... 42
- Emissionsanforderungen..... 42, 44
- EMV..... 7, 18, 27, 38, 41, 44, 46, 55, 57, 65
- EMV-Auswirkung..... 53
- EMV-Eigenschaft..... 53
- EMV-Filter..... 18, 38, 40, 49, 55, 66, 67
- EMV-Immunität..... 45
- EMV-Plan..... 44
- Erfüllung der EMV-Anforderungen..... 57
- Netzstörungen..... 65
- Störfestigkeitsanforderungen..... 42, 44

Energieeffizienzklasse..... 126

Energieeinsparungen..... 14, 15, 29

Energiesparmodus..... 14, 27, 29, 94

Entladezeit..... 13

Erdung..... 27, 46, 49, 53, 144

Erschütterungen..... 38

ETR..... 8, 25, 27, 60  
 Siehe auch *Elektronisches Thermorelais*

Exportkontrollvorschriften..... 12

Externe Verriegelung..... 100

Externes Steuersignal..... 17

Extreme Betriebszustände..... 24

F

FC-Profil

- Protokollübersicht..... 76
- Telegrammlänge (LGE)..... 77

Fern-Einbausatz..... 72

Festdrehzahl JOG..... 87

Filter

- AHF 005..... 114
- AHF 010..... 114
- DU/dt..... 45, 57, 69, 117, 137
- Filter..... 39
- Funkstörungen..... 40  
 Siehe auch *EMV*
- Gleichtakt..... 118
- Gleichtaktfilter..... 72
- LC..... 57, 58, 59, 137
- Oberschwingungsfilter..... 69, 112, 114, 115
- Sinus..... 18, 57, 69

Frei programmierbare Texte..... 14

Frequenzausblendung..... 29

Frequenzumrichteradresse..... 76, 77

Funkstörungen..... 27, 55, 66  
 Siehe auch *EMV*

Funktionsfeld..... 82

G

Gehäuseabdeckung IP21/NEMA Typ 1..... 70

Generator..... 24, 38, 49, 56, 57

Gewicht..... 36, 92, 118, 136

Gleichrichter..... 17, 18

Gleichrichterdiode..... 46

Gleichrichterteil..... 18

Große Höhenlagen..... 41, 102

H

Hand on..... 20

Hauptschalter..... 24, 50, 56, 67, 130

Hochfrequenz-Gleichtaktkerne..... 72

Hochspannung..... 12

Horizontaler Abstand..... 65

I

I/O..... 67, 68, 69, 6, 141

Index (IND)..... 79, 85

Initialisieren..... 9

Instandhaltung..... 39

Isolationswiderstandsüberwachung..... 66

Istwert

- Istwert..... 21, 23, 62, 69, 83, 98
- Istwertsignal..... 19, 28
- Istwertumwandlung..... 24
- Istwertverarbeitung..... 23, 36

K

Kabel

- Abgeschirmtes Kabel..... 65
- Einführungsöffnungen..... 150
- Kabeleinführung..... 150
- Motorkabel..... 27, 40, 41, 42, 49, 57, 58, 60, 64, 69, 72, 74, 102, 103, 137
- Motorkabellänge..... 45, 49, 58, 72
- Ungeschirmtes Motorkabel..... 57

Kaskadenregelung..... 14, 94

Kennlinienende-Erkennung..... 14

Kinetischer Speicher..... 28

Klemme 37..... 31, 62

Konformität

- CE..... 10
- CE-Zeichen..... 10, 11
- C-Tick..... 11
- Galvanische Trennung..... 27, 34, 41, 142
- mit Richtlinien in der Schifffahrt..... 11
- UL-gelistet..... 11

Konventionen..... 9

Kühlung..... 27, 28, 32, 35, 37, 39, 60, 65, 67, 102, 114

Kühlungsbedingungen.....	65	Motor	
Kurzschluss		Erdung.....	57
Kurzschluss.....	10, 17, 27, 31, 37, 56, 67	Fehlende Motorphase.....	25
(Motorphase – Phase).....	24	Isolation.....	45
Kurzschlusschutz.....	24	Isolationsbeanspruchung.....	57
Kurzschlussverhältnis.....	48	Lagerbeanspruchung.....	57
L		Lagerstrom.....	45
Lagerung.....	33, 34, 35, 36, 85, 93	Motoranschluss.....	147
Lambda.....	9, 55	Motorausgang.....	125
LCP.....	8, 33, 62, 72, 91	Motordrehmoment.....	91
Siehe auch <i>Local Control Panel (LCP Bedieneinheit)</i>		Motorkabel.....	65
Leistungsfaktor.....	9, 17, 54, 55, 56, 57	Motorphasen.....	24
Leistungsreduzierung		Motorspannung.....	137
Anwendungen mit konstantem Drehmoment (CT-Modus)		Motorstarter.....	16, 67
.....	102	Motorstrom.....	17, 25, 61, 88
Anwendungen mit variablem (quadratischem) Drehmoment (VT).....	102	Motorthermistor.....	101
Automatisch.....	25	Motorwechsel.....	14, 94
Betrieb mit niedriger Drehzahl.....	102	Spitzenspannung.....	137
Großer Querschnitt.....	103	Thermische Beanspruchung.....	57
Kühlung.....	102	Thermischer Motorschutz.....	11, 27, 60, 88, 101
Leistungsreduzierung.....	26, 31, 36, 92, 102, 103, 104, 105	Thermistor.....	101
Manuell.....	102	Motorfangschaltung.....	25, 26, 28, 29
Niedriger Luftdruck.....	102	Motorfreilauf.....	9, 28, 31, 81, 83, 86, 87, 89, 90, 94
Umgebungstemperatur.....	103	Multi-Feedback-Verdampfersteuerung.....	14
Leitungsgeführte Störaussendung.....	43	N	
Local Control Panel (LCP Bedieneinheit).....	8, 33, 62	Nennleistungen.....	136
Siehe auch <i>LCP</i>		Nennwert der Störgeräusche.....	139
Logikregel.....	30, 94	Netz	
Lüfter.....	10, 14, 16, 27, 28, 32, 35, 37, 38, 39, 71, 102, 114	Netzabschirmung.....	66
Luftfeuchtigkeit.....	37, 38, 40, 92	Netzanschluss.....	144
Luftstromberechnung.....	37	Netzausfall.....	28
Luftzirkulation.....	37, 38, 39, 114	Netzversorgung.....	9, 46
M		Transiente.....	17, 56
Magnetisierungsverlust.....	53	Netzersatzanlage.....	56
Mechanischer Einbau.....	65	Normen	
Mindestdrehzahlüberwachung.....	14	EN 50598.....	51
Modbus RTU		EN 50598-2.....	51
Aufbau der Telegrammblöcke.....	81	Normen und Richtlinien	
Ausnahmecode.....	84	EN 50598-2.....	51, 126
FC-Protokoll.....	80	O	
Funktionscode.....	84	Oberschwingungen	
Meldungsaufbau.....	82	Analyse.....	46
Netzwerkconfiguration.....	81	Berechnung der Oberschwingungen.....	34, 49
RS485-Schnittstelle.....	81	Emissionsanforderungen.....	47
Übersicht.....	80	Gesamtüberschwingungsgehalt.....	46
Modulation.....	8, 9, 26, 103, 104, 105, 106	Oberschwingungen.....	7, 17, 36, 46, 48, 54, 55, 56
		Oberschwingungsemissionsstandard.....	47
		Oberschwingungsreduzierung.....	49
		Oberschwingungsverzerrung.....	9, 41, 46
		Prüfergebnis.....	47
		Spannungsüberschwingungen.....	47
		Ö	
		Öffentliches Versorgungsnetz.....	47
		Ölrücklauf.....	14

O

Option

AK-LonWorks..... 69  
 Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113..... 69  
 Kaskadenregler..... 34  
 PROFIBUS..... 67  
 PROFINET..... 68  
 Relaiskarte..... 12, 69, 140, 141

Optionale Ausstattung und Module..... 7

OVC..... 24  
 Siehe auch *Überspannungssteuerung*

P

Parameterblock..... 77  
 Parameternummer (PNU)..... 78  
 Parameterwert (PWE)..... 79  
 Passwortschutz..... 14  
 PCD..... 77, 79  
 PC-Software..... 33  
 PELV..... 8, 27, 41, 101, 102, 140  
 Phasenasymmetrie..... 25, 32  
 PID-Regler..... 19, 23, 28  
 Pilz-Sicherheitsrelais..... 67  
 PKE-Feld..... 78  
 Potenziometer..... 99  
 Potenziometer Sollwert..... 96  
 Proportionalitätsgesetze..... 15  
 Prozessblock..... 77  
 Prozesswort..... 79  
 PT1000..... 68  
 PTC-Sensor..... 27  
 Pulsbreitenmodulation (Pulse Width Modulation)..... 18  
 Puls-Start/Stopp..... 95

Q

Qualifiziertes Personal..... 12  
 Quick-Menü..... 33

R

RCD..... 8, 50, 66  
 Regelung mit Rückführung..... 19, 20, 21, 28, 32, 83  
 Regelung ohne Rückführung..... 18

Relais

Ausgangsrelais..... 27, 89  
 Einpoliges Alarmrelais..... 66  
 Einpoliges Lastrelais (Wechslerkontakte)..... 141  
 Integriertes Relais..... 81  
 Relais..... 12, 25, 41, 62, 141, 142  
 04..... 87  
 1..... 83, 86, 87  
 2..... 83, 86  
 7..... 141  
 8..... 141  
 9..... 141  
 Relaisanschluss..... 63  
 Relaisausgang..... 63  
 Relaisklemme..... 41, 140, 149  
 Relaisoption..... 63, 68

Resonanzdämpfung..... 27

Richtlinie

EMV..... 10  
 Eu-Ökodesign..... 11  
 Maschinen-..... 10  
 Niederspannungs-..... 10

Richtlinien

EMV-Richtlinie..... 11  
 Maschinenrichtlinie..... 11  
 Niederspannungsrichtlinie..... 10

RS485

Busabschluss..... 75  
 EMV-Schutzmaßnahmen..... 75  
 Installation und Einrichtung..... 74  
 Netzwerkverbindung..... 75  
 RS485..... 10, 20, 33, 34, 41, 72, 74, 75, 76, 141  
 Serielle Schnittstelle RS485..... 74

Rückwand..... 65

S

Schalten

am Ausgang..... 25  
 Schaltverlust..... 53  
 Taktfrequenz... 25, 26, 31, 37, 46, 50, 53, 60, 61, 69, 104, 105,  
 106, 116, 117

Schaltschrankheizung..... 37

Schaltschrankoptionen..... 40

Schlupfausgleich..... 9, 24

Schütz..... 67

Schutz vor Erdableitstrom..... 41

Schutzmaßnahmen..... 12

Seite-an-Seite-Installation..... 65

Sensorstrom..... 18

Serielle Kommunikation

Steuerbit..... 86, 89  
 Steuerkarte, serielle USB-Schnittstelle..... 129  
 Steuerwort..... 86, 89  
 Steuerwort-Bit..... 86, 89  
 Zustandswort..... 87, 90

Sicherheit..... 12, 13, 31, 69, 144, 147



Verbesserte Regelung.....	16
Verdrahtung	
Anschlussdiagramm.....	62
Verdrahtung.....	40, 46, 62, 64, 92
Verkabelung des Relais.....	141
Vergleicher.....	30, 94
Verknüpfungspunkt.....	48
Verlustleistung.....	51
Verriegelung inv.....	100
Vertikaler Abstand.....	65
Vibrationen.....	38
Vorbeugende Wartung.....	34
Vorheizung.....	29
VVC+.....	9, 18
<b>W</b>	
Wandmontage.....	65
Wechselrichter.....	17, 18
Windmühlen-Effekt.....	13
Wirkungsgrad	
Motorwirkungsgrade.....	61
Wirkungsgrad.....	8, 25, 27, 51, 60, 61
<b>Z</b>	
Zustandswort.....	77, 79, 83, 84, 88
Zwischenkreis.....	17, 18
Zwischenkreiskopplung.....	12, 13, 150, 151, 152, 153



.....  
Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss-Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen der angemessenen und zumutbaren Änderungen an seinen Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss-Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.  
.....

Danfoss A/S  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
vlt-drives.danfoss.com

