



# Projektierungshandbuch

VLT<sup>®</sup> Decentral Drive FCD 302



## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>5</b>
1.1 Lesen des Projektierungshandbuchs	5
1.1.1 Definitionen	5
1.1.2 Symbole	8
1.2 Sicherheitsmaßnahmen	8
1.3 Softwareversion	9
1.4 CE-Kennzeichnung	9
1.4.1 Konformität	9
1.4.2 Was unter die Richtlinien fällt	9
1.4.3 CE-Kennzeichnung	10
1.4.4 Übereinstimmung mit EMV-Richtlinie 2004/108/EG	10
1.4.5 Konformität	10
1.5 Entsorgung	10
<b>2 Produktübersicht</b>	<b>11</b>
2.1 Steuerung/Regelung	11
2.1.1 Steuerprinzip	12
2.1.2 Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC <sup>plus</sup>	12
2.2 EMV	14
2.2.1 Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen	14
2.2.2 EMV-Prüfergebnisse	15
2.2.3 Störaussendungsanforderungen	16
2.2.4 Störfestigkeitsanforderungen	16
2.3 Sollwertverarbeitung	18
2.3.1 Sollwertgrenzen	19
2.3.2 Skalierung von Festsollwerten und Bussollwerten	20
2.3.3 Skalierung von Analog- und Pulssollwerten und Istwert	20
2.3.4 Totzone um Null	21
2.5 Galvanische Trennung (PELV)	25
2.5.1 PELV - Protective Extra Low Voltage (Schutzkleinspannung)	25
2.6 Mechanische Bremse	26
2.6.1 Mechanische Bremse in Hub- und Vertikalförderanwendungen	26
2.6.2 Verkabelung des Bremswiderstands	26
2.7 Bremsfunktionen	26
2.7.1 Mechanische Haltebremse	27
2.7.2 Dynamische Bremse	27
2.7.3 Auswahl des Bremswiderstands	27
2.7.4 Steuerung mit Bremsfunktion	29

<b>3 Systemintegration</b>	<b>30</b>
3.1 Einführung	30
3.1.1 Montage	30
3.1.1.1 Hygienische Installation	30
3.2 Eingang: Netzseitige Dynamik	31
3.2.1 Anschlüsse	31
3.2.1.1 Allgemeine Hinweise zu Kabeln	31
3.2.1.2 Netzanschluss und Erdung	31
3.2.1.3 Relaisanschluss	32
3.2.2 Sicherungen und Trennschalter	32
3.2.2.1 Sicherungen	32
3.2.2.2 Empfehlungen	32
3.2.2.3 CE-Konformität	33
3.2.2.4 UL-Konformität	33
3.3 Ausgang: Motorseitige Dynamik	33
3.3.1 Motoranschluss	33
3.3.2 Netztrennschalter	34
3.3.3 Zusätzliche Motorinformationen	35
3.3.3.1 Motorkabel	35
3.3.3.2 Thermischer Motorschutz	35
3.3.3.3 Parallelschaltung von Motoren	35
3.3.3.4 Motorisolation	36
3.3.3.5 Motorlagerströme	36
3.3.4 Extreme Betriebszustände	36
3.3.4.1 Thermischer Motorschutz	37
3.4 Frequenzumrichter-/Optionsauswahl	38
3.4.1 Steuerkabel und -klemmen	38
3.4.1.1 Steuerleitungsführung	38
3.4.1.2 DIP-Schalter	38
3.4.1.3 Einfaches Verdrahtungsbeispiel	39
3.4.1.4 Elektrische Installation, Steuerleitungen	40
3.4.1.5 Relaisausgang	41
3.4.2 Bremswiderstände	41
3.4.2.1 Bremswiderstände 10%	42
3.4.2.2 Bremswiderstand 40%	42
3.4.3 Besondere Betriebsbedingungen	42
3.4.3.1 Manuelle Leistungsreduzierung	42
3.4.3.2 Automatische Leistungsreduzierung	42
3.4.3.3 Leistungsreduzierung beim Betrieb mit niedriger Drehzahl	43
3.4.4 EMV	43

3.4.4.1 EMV-gerechte Verkabelung	43
3.4.4.2 Erdung abgeschirmter Steuerleitungen	45
3.4.4.3 EMV-Schalter	45
3.4.5 Störungen in der Netzversorgung/Oberwellen	46
3.4.5.1 Netzurückwirkungen/Oberwellen	46
3.4.5.2 Einfluss von Oberschwingungen in einer Energieverteilungsanlage	46
3.4.5.3 Normen und Anforderungen zur Oberschwingungsbegrenzung	47
3.4.5.4 Reduzierung, Vermeidung oder Kompensation von Oberschwingungen	47
3.4.5.5 Oberschwingungsberechnung	47
3.4.6 Erste Inbetriebnahme und Test	48
3.4.6.1 Isolationsprüfung	48
3.4.6.2 Erdung	48
3.4.6.3 Schutzerdung	48
3.4.6.4 Erste Inbetriebnahme und Test	48
3.5 Umgebungsbedingungen	49
3.5.1 Luftfeuchtigkeit	49
3.5.2 Aggressive Umgebungsbedingungen	49
3.5.3 Vibrationen und Erschütterungen	50
3.5.4 Störgeräusche	50
<b>4 Anwendungsbeispiele</b>	<b>51</b>
4.1 Drehgeberverbindung	56
4.2 Drehgeber-Drehrichtung	56
4.3 Frequenzumrichter mit PID-Regelung (Drehzahl-Istwertrückführung)	56
4.4 PID-Regelung	57
4.4.1 PID-Drehzahlregelung	57
4.4.2 Folgende Parameter sind für die Drehzahlregelung relevant	57
4.4.3 Optimieren des PID-Drehzahlreglers	59
4.4.4 PID-Prozessregelung	60
4.4.6 Beispiel für PID-Prozessregler	62
4.4.8 Einstellverfahren nach Ziegler-Nichols	64
4.4.9 Beispiel für PID-Prozessregler	65
4.5 Steuerungsaufbau	66
4.5.1 Regelungsstruktur bei VVC <sup>plus</sup> Advanced Vector Control	66
4.5.2 Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber	67
4.5.3 Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber	67
4.6 Hand-Steuerung (Hand on) und Fern-Betrieb (Auto on)	68
4.7 Programmierung von Momentengrenze und Stopp	69
4.8 Mechanische Bremse	70
4.9 Funktion „Sicherer Stopp“	71
4.9.1.1 Klemme 37 – Funktion „Sicherer Stopp“	72

4.9.1.2 Inbetriebnahmeprüfung des sicheren Stopps	77
<b>5 Typencode und Auswahlhilfe</b>	<b>78</b>
5.1 Typencodebeschreibung	78
5.1.1 Drive-Konfigurator	79
5.2 Bestellnummern	80
5.2.1 Bestellnummern: Zubehör	80
5.2.2 Bestellnummern: Ersatzteile	80
5.3 Optionen und Zubehör	81
5.3.1 Feldbus-Optionen	81
5.3.2 Drehgeber-Option MCB 102	81
5.3.3 Resolver-Option MCB 103	82
<b>6 Technische Daten</b>	<b>85</b>
6.1 Abmessungen	85
6.2 Elektrische Daten und Kabelgrößen	86
6.3 Allgemeine technische Daten	88
6.4 Wirkungsgrad	92
6.5.1 Störgeräusche	92
6.6.1 dU/dt-Bedingungen	92
<b>Index</b>	<b>93</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Lesen des Projektierungshandbuchs

Das Projektierungshandbuch enthält die notwendigen Informationen für die Integration des Frequenzumrichters in einer Vielzahl von Anwendungen.

### Zusätzlich verfügbare Ressourcen

- *Produktshandbuch MG04F* enthält Informationen zur Installation und Inbetriebnahme des Frequenzumrichters.
- *Programmierungshandbuch, MG04G*, beschreibt die Programmierung des Frequenzumrichters, einschließlich kompletter Parameterbeschreibungen.
- *Modbus RTU Produktshandbuch, MG92B*, enthält alle notwendigen Informationen zur Steuerung, Überwachung und Programmierung des Frequenzumrichters über den integrierten Modbus-Feldbus.
- *Profibus Produktshandbuch, MG34N, Ethernet Produktshandbuch, MG90J*, und *ProfiNet Produktshandbuch, MG90U*, enthalten jeweils die notwendigen Informationen zur Steuerung, Überwachung und Programmierung des Frequenzumrichters über einen Feldbus.
- *MCB 102 Handbuch*
- *VLT Automation Drive FC 300 Resolver-Option MCB 103, MI33I*.
- *Anleitung Sichere SPS-Schnittstellenoption MCB 108, MI33J*.
- *Bremswiderstand-Projektierungshandbuch, MG900*.
- Zulassungen

Die technische Literatur von Danfoss ist auch online unter [www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/Technical+Documentation](http://www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/Technical+Documentation) verfügbar.

### 1.1.1 Definitionen

#### Frequenzumrichter:

##### Motorfreilauf

Die Motorwelle dreht im Leerlauf. Kein Drehmoment am Motor.

##### $I_{MAX}$

Der maximale Ausgangsstrom des Frequenzumrichters.

##### $I_N$

Der vom Frequenzumrichter gelieferte Nennausgangsstrom.

##### $U_{MAX}$

Die maximale Ausgangsspannung des Frequenzumrichters.

#### Eingang:

##### Steuerbefehle

Sie können den angeschlossenen Motor über das LCP und die Digitaleingänge starten und stoppen.

Die Funktionen sind in zwei Gruppen unterteilt.

Funktionen in Gruppe 1 haben eine höhere Priorität als Funktionen in Gruppe 2.

Gruppe 1	Reset, Motorfreilauf, Quittierung und Motorfreilauf, Schnellstopp, DC-Bremse, Stopp und „Off“-Taste am LCP.
Gruppe 2	Start, Pulsstart, Reversierung, Start Reversierung, Festdrehzahl und Ausgang speichern

Tabelle 1.1 Steuerfunktionen

#### Motor:

##### $f_{JOG}$

Die Motorfrequenz bei aktivierter Funktion Festdrehzahl JOG (über Digitaleingänge).

##### $f_M$

Motorfrequenz. Der Ausgang des Frequenzumrichters. Die Ausgangsfrequenz steht mit der Wellendrehzahl am Motor abhängig von der Polzahl und Schlupffrequenz in Beziehung.

##### $f_{MAX}$

Die maximale Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters gilt an seinem Ausgang. Die maximale Ausgangsfrequenz wird in Grenzwertparametern 4-12, 4-13 und 4-19 eingestellt.

##### $f_{MIN}$

Die minimale Motorfrequenz vom Frequenzumrichter. Werkseinstellung 0 Hz.

##### $f_{M,N}$

Die Motornennfrequenz (siehe Typenschilddaten).

##### $I_M$

Der Motorstrom.

##### $I_{M,N}$

Der Motornennstrom (siehe Typenschilddaten).

##### $n_{M,N}$

Die Motornennndrehzahl (siehe Typenschilddaten).

##### $n_s$

Synchrone Motordrehzahl

$$n_s = \frac{2 \times \text{Par. 1} - 23 \times 60 \text{ s}}{\text{Par. 1} - 39}$$

##### $P_{M,N}$

Die Motornennleistung (siehe Typenschilddaten).

$T_{M,N}$ 

Das Nenndrehmoment (Motor).

 $U_M$ 

Die Momentanspannung des Motors.

 $U_{M,N}$ 

Die Motornennspannung (siehe Typenschilddaten).

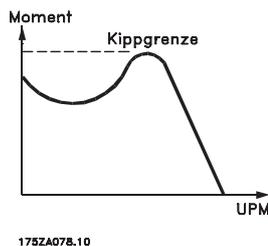
Losbrechmoment

Abbildung 1.1 Losbrechmoment

 $\eta$ 

Der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ist definiert als das Verhältnis zwischen Leistungsabgabe und Leistungsaufnahme.

Einschaltsperrbefehl

Ein Stoppbefehl, der der Gruppe 1 der Steuerbefehle angehört, siehe dort.

Stoppbefehl

Siehe Steuerbefehle.

**Sollwerte:**Analogsignal

Ein an Eingang 53 oder 54 angelegtes Analogsignal. Das Signal kann entweder Spannung 0-10 V oder -10 V - + 10 V, Stromsignal 0-20 mA oder 4-20 mA sein.

Binärsollwert

Ein über die serielle Schnittstelle (RS485 Klemme 68-69) angelegtes Sollwertsignal.

Festsollwert

Ein definierter Festsollwert, einstellbar zwischen -100% bis +100% des Sollwertbereichs. Auswahl von bis zu acht Festsollwerten über die Digitalklemmen ist möglich.

Puls-Sollwert

Ein an Klemme 29 oder 33 angelegter Pulssollwert, ausgewählt durch Par. 5-13 oder 5-15 [32]. Skalierung in Par.-Gruppe 5-5\*.

Ref<sub>MAX</sub>

Bestimmt das Verhältnis zwischen dem Sollwerteingang bei 100% des Gesamtskalierwerts (normalerweise 10 V, 20 mA) und dem resultierenden Sollwert. Der in Par. 3-03 Max. Sollwert eingestellte maximale Sollwert.

Ref<sub>MIN</sub>

Bestimmt das Verhältnis zwischen dem Sollwerteingang bei 0% (normalerweise 0 V, 0 mA, 4 mA) und dem resultierenden Sollwert. Der in Par. 3-02 Minimaler Sollwert eingestellte minimale Sollwert.

**Sonstiges:**Analogeingänge

Die Analogeingänge können verschiedene Funktionen des Frequenzumrichters steuern.

Es gibt zwei Arten von Analogeingängen:

Stromeingang, 0-20 mA und 4-20 mA

Spannungseingang, 0-10 V DC

Spannungseingang, -10 - +10 V DC.

Analogausgänge

Die Analogausgänge können ein Signal von 0-20 mA oder 4-20 mA ausgeben.

Automatische Motoranpassung, AMA

Die AMA ist ein Testalgorithmus, der die elektrischen Parameter des angeschlossenen Motors im Stillstand misst.

Bremswiderstand

Der Bremswiderstand kann die bei generatorischer Bremsung erzeugte Bremsleistung aufnehmen. Während generatorischer Bremsung erhöht sich die Zwischenkreisspannung. Ein Bremschopper stellt sicher, dass die generatorische Energie an den Bremswiderstand übertragen wird.

CT-Kennlinie

Konstante Drehmomentkennlinie; wird für Anwendungen wie Förderbänder, Verdrängungspumpen und Krane eingesetzt.

Digitaleingänge

Digitaleingänge können zur Steuerung diverser Funktionen des Frequenzumrichters benutzt werden.

Digitalausgänge

Der Frequenzumrichter verfügt über zwei Festwert-Ausgänge, die ein 24 V DC-Signal (max. 40 mA) liefern können.

DSP

Digitaler Signalprozessor.

ETR

Das elektronische Thermorelais berechnet die thermische Belastung basierend auf aktueller Last und Zeit. Hiermit soll die Motortemperatur geschätzt werden.

Hiperface®

Hiperface® ist eine eingetragene Marke von Stegmann.

Initialisierung

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

Arbeitszyklus im Aussetzbetrieb

Eine Einstufung mit aussetzender Belastung bezieht sich auf eine Abfolge von Arbeitszyklen. Jeder Zyklus besteht

aus einem Belastungs- und einem Entlastungszeitraum. Der Betrieb kann periodisch oder aperiodisch sein.

#### LCP

Das LCP (Local Control Panel) ist ein Bedienteil mit kompletter Benutzeroberfläche zum Steuern und Programmieren des Frequenzumrichters. Das LCP ist abnehmbar und kann mit Hilfe eines Montagebausatzes bis zu 3 m entfernt vom Frequenzumrichter angebracht werden (z. B. in einer Schaltschranktür).

#### lsb

Least Significant Bit (geringstwertiges Bit).

#### msb

Most Significant Bit (höchstwertiges Bit).

#### MCM

Steht für Mille Circular Mil; eine amerikanische Maßeinheit für den Kabelquerschnitt. 1 MCM = 0,5067 mm<sup>2</sup>.

#### Online-/Offline-Parameter

Änderungen der Online-Parameter werden sofort nach Änderung des Datenwertes aktiviert. Änderungen der Offline-Parameter werden erst dann aktiviert, wenn Sie am LCP [OK] drücken.

#### PID-Prozess

Der PID-Regler sorgt durch einen Soll-/Istwertvergleich für eine Anpassung der Motordrehzahl, um wechselnde Prozessgrößen (Druck, Temperatur usw.) konstant zu halten.

#### PCD

Prozessdaten

#### Pulseingang/Inkrementalgeber

Ein externer digitaler Geber für Istwertinformationen von Motordrehzahl und Drehrichtung. Drehgeber werden für genaue Rückführung hoher Geschwindigkeit und in hochdynamischen Anwendungen eingesetzt. Der Drehgeberanschluss erfolgt entweder über Klemme 32 und 33 oder Drehgeberoption MCB 102.

#### RCD

Steht für „Residual Current Device“; englische Bezeichnung für Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter).

#### Satz

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

#### SFAVM

Steht für Stator Flux oriented Asynchronous Vector Modulation und bezeichnet ein Schaltmuster (14-00 *Schaltmuster*).

#### Schlupfausgleich

Der Frequenzumrichter gleicht den Motorschlupf aus, indem er unter Berücksichtigung der gemessenen Motorlast zur Ausgangsfrequenz eine Schlupffrequenz addiert und die Motordrehzahl so nahezu konstant hält.

#### Smart Logic Control (SLC)

Die SLC ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen, die ausgeführt werden, wenn die zugeordneten benutzerdefinierten Ereignisse durch den Smart LogicController als WAHR ermittelt werden. (Parametergruppe 13-\*\* *Smart Logic Control (SLC)*).

#### STW (ZSW)

Zustandswort

#### FC-Standardbus

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

#### Thermistor:

Ein temperaturabhängiger Widerstand, mit dem die Motor- oder Frequenzumrichtertertemperatur überwacht wird.

#### THD

Total Harmonic Distortion ist die gesamte Spannungsverzerrung, die aus den einzelnen Spannungsüberschwingungen berechnet 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 wird verzögert, bis die Fehlerursache behoben wurde und der Fehlerzustand über die [Reset]-Taste am LCP quittiert wird. In einigen Fällen erfolgt die Aufhebung automatisch (durch vorherige Programmierung). Sie dürfen Abschaltung nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwenden.

#### Abschaltblockierung

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, in denen der Frequenzumrichter aus Sicherheitsgründen abschaltet und ein manueller 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. In einigen Fällen erfolgt die Aufhebung automatisch (durch vorherige Programmierung). Sie dürfen Abschaltung nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwenden.

#### VT-Kennlinie

Variable Drehmomentkennlinie; wird für Pumpen- und Lüfteranwendungen verwendet.

#### VVC<sup>plus</sup>

Im Vergleich zur herkömmlichen U/f-Steuerung bietet Voltage Vector Control (VVC<sup>plus</sup>) eine verbesserte Dynamik und Stabilität der Motordrehzahl in Bezug auf Änderungen des Belastungsmoments.

#### 60° AVM

Schaltmuster mit der Bezeichnung 60° Asynchrone Vektor Modulation (14-00 *Schaltmuster*).

### Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor ist das Verhältnis zwischen  $I_1$  und  $I_{RMS}$ .

$$\text{Leistungs- faktor} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \cos\varphi}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

Der Leistungsfaktor einer 3-Phasen-Versorgung ist definiert als:

$$= \frac{I_1 \times \cos\varphi}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}} \text{ da } \cos\varphi = 1$$

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

Je niedriger der Leistungsfaktor, desto höher der  $I_{RMS}$  (Eingangsstrom) bei gleicher Leistung.

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}$$

Darüber hinaus weist ein hoher Leistungsfaktor darauf hin, dass die Oberwellenbelastung sehr niedrig ist.

Alle unsere Frequenzumrichter verfügen über eingebaute Zwischenkreisdrosseln, durch die ein hoher Leistungsfaktor erzielt und die gesamte Spannungsverzerrung THD der Netzversorgung deutlich reduziert wird.

#### 1.1.2 Symbole

Dieses Handbuch verwendet folgende Symbole:

#### **⚠️ WARNUNG**

Kennzeichnet eine potenziell gefährliche Situation, die den Tod oder schwere Verletzungen zur Folge haben könnte.

#### **⚠️ VORSICHT**

Kennzeichnet eine potenziell gefährliche Situation, die leichte Verletzungen zur Folge haben könnte. Die Kennzeichnung kann ebenfalls als Warnung vor unsicheren Verfahren dienen.

#### **VORSICHT**

Kennzeichnet eine Situation, die Unfälle mit Geräte- oder Sachschäden zur Folge haben könnte.

#### **HINWEIS**

Kennzeichnet wichtige Hinweise, die Sie beachten müssen, um Fehler oder den Betrieb mit reduzierter Leistung zu vermeiden.

\* Kennzeichnet die Werkseinstellung

## 1.2 Sicherheitsmaßnahmen

### **⚠️ WARNUNG**

Der Frequenzumrichter steht bei Netzanschluss unter lebensgefährlicher Spannung. Korrekte Planung der Installation des Motors, Frequenzumrichters oder Feldbusses ist notwendig. Befolgen Sie daher stets die Anweisungen in diesem Handbuch sowie die örtlichen und nationalen Vorschriften und Sicherheitsbestimmungen. Unsachgemäße Installation des Motors, Frequenzumrichters oder Feldbusses kann Schäden am Gerät sowie schwere Personenschäden oder sogar tödliche Verletzungen verursachen.

### **⚠️ WARNUNG**

#### Hochspannung

Das Berühren spannungsführender Teile – auch nach der Trennung vom Netz – ist lebensgefährlich.

Achten Sie außerdem bei der Planung darauf, dass andere Spannungseingänge, wie z. B. 24 V DC, Zwischenkreiskopplung (Zusammenschalten eines DC-Zwischenkreises) sowie der Motoranschluss beim kinetischen Speicher ausgeschaltet sind.

Sie müssen Anlagen, in denen Frequenzumrichter installiert sind, gemäß den gültigen Sicherheitsvorschriften (z. B. Bestimmungen für technische Anlagen, Unfallverhütungsvorschriften etc.) mit zusätzlichen Überwachungs- und Schutzvorrichtungen versehen. Sie dürfen allerdings Änderungen an den Frequenzumrichtern über die Betriebssoftware vornehmen.

Das Nichtbeachten der Planungsempfehlungen kann bei Betrieb der Geräte zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

#### HINWEIS

Gefährliche Situationen sind vom Maschinenbauer/Integrator zu identifizieren, der dann dafür verantwortlich ist, notwendige Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen. Zusätzliche Überwachungs- und Schutzvorrichtungen können vorgesehen werden. Dabei sind immer geltende Sicherheitsvorschriften zu beachten, z. B. Bestimmungen für technische Anlagen, Unfallverhütungsvorschriften etc.

## HINWEIS

### Vertikalförder- und Hubanwendungen:

Die Steuerung der externen Bremsen muss immer redundant ausgelegt werden. Die Funktionen des Frequenzumrichters sind keinesfalls als primäre Sicherheitsschaltung zu betrachten. Erfüllen Sie alle einschlägigen Normen, z. B.

Hebezeuge: IEC 60204-32

Aufzüge: EN 81

### Protection Mode

Wenn ein Hardwaregrenzwert des Motorstroms oder der DC-Zwischenkreisspannung überschritten wird, geht der Frequenzumrichter in den „Protection mode“. „Protection mode“ bedeutet eine Änderung der PWM-Modulationsstrategie und eine niedrige Taktfrequenz, um Verluste auf ein Minimum zu reduzieren. Dies wird nach dem letzten Fehler 10 s fortgesetzt und erhöht die Zuverlässigkeit und die Robustheit des Frequenzumrichters, während die vollständige Regelung des Motors wiederhergestellt wird. In Hub- und Vertikalförderanwendungen kann der „Protection mode“ nicht eingesetzt werden, da der Frequenzumrichter diese Betriebsart in der Regel nicht wieder verlassen kann und daher die Zeit vor Aktivieren der Bremse verlängert. Dies ist nicht empfehlenswert. Der „Protection mode“ kann durch Einstellen von *14-26 WR-Fehler Abschaltverzögerung* auf 0 deaktiviert werden. Dies bedeutet, dass der Frequenzumrichter sofort abschaltet, wenn einer der Hardwaregrenzwerte überschritten wird.

## HINWEIS

Wir empfehlen, Protection Mode in Hub- und Vertikalförderanwendungen zu deaktivieren (*14-26 WR-Fehler Abschaltverzögerung=0*).

## 1.3 Softwareversion

Softwareversion siehe *15-43 Softwareversion*.

## 1.4 CE-Kennzeichnung

### 1.4.1 Konformität

#### Die Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)

Frequenzumrichter fallen nicht unter die Maschinenrichtlinie. Wird ein Frequenzumrichter jedoch für den Einsatz in einer Maschine geliefert, so stellt Danfoss Informationen zu Sicherheitsaspekten des Frequenzumrichters zur Verfügung.

#### Was ist unter dem CE-Zeichen zu verstehen?

Sinn und Zweck des CE-Zeichens ist ein Abbau von technischen Handelsbarrieren innerhalb der EFTA und der EU. Die EU hat das CE-Zeichen als einfache Kennzeichnung für die Übereinstimmung eines Produkts mit den entsprechenden EU-Richtlinien eingeführt. Über die technischen Daten oder die Qualität eines Produktes sagt

das CE-Zeichen nichts aus. Frequenzumrichter fallen unter zwei EU-Richtlinien:

#### Die Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EWG)

Frequenzumrichter müssen seit 1. Januar 1995 die CE-Kennzeichnung in Übereinstimmung mit der Niederspannungsrichtlinie erfüllen. Die Richtlinie gilt für sämtliche elektrischen Bauteile und Geräte im Spannungsbereich 50-1000 V AC und 75-1500 V DC. Danfoss nimmt die CE-Kennzeichnung gemäß der Richtlinie vor und liefert auf Wunsch eine Konformitätserklärung.

#### Die EMV-Richtlinie (2004/108/EG)

EMV ist die Abkürzung für Elektromagnetische Verträglichkeit. Elektromagnetische Verträglichkeit bedeutet, dass die gegenseitigen elektronischen Störungen zwischen verschiedenen Bauteilen bzw. Geräten so gering sind, dass sie die Funktion der Geräte nicht beeinflussen. Die EMV-Richtlinie ist seit 1. Januar 1996 in Kraft. Danfoss nimmt die CE-Kennzeichnung gemäß der Richtlinie vor und liefert auf Wunsch eine Konformitätserklärung. Wie eine EMV-gerechte Installation auszuführen ist, wird in diesem Projektierungshandbuch erklärt. Danfoss gibt außerdem die Normen an, denen unsere diversen Produkte entsprechen. Danfoss bietet die in den technischen Daten angegebenen Filter und weitere Unterstützung zum Erzielen einer optimalen EMV-Sicherheit an.

Meistens werden Frequenzumrichter von Fachleuten als komplexes Bauteil eingesetzt, das Teil eines größeren Geräts, Systems bzw. einer Anlage ist.

### 1.4.2 Was unter die Richtlinien fällt

Der in der EU geltende „Leitfaden zur Anwendung der Richtlinie 89/336/EWG des Rates“ nennt für den Einsatz von Frequenzumrichtern drei theoretische Situationen. Siehe unten zu EMV-Konformität und CE-Kennzeichnung.

1. Der Frequenzumrichter wird direkt im freien Handel an den Endkunden verkauft. Der Frequenzumrichter wird beispielsweise an einen Heimwerkerbaumarkt verkauft. Der Endkunde ist nicht sachkundig. Er installiert den Frequenzumrichter selbst, z. B. für ein Heimwerker- oder Haushaltsgerät o. Ä. Für derartige Anwendungen bedarf der Frequenzumrichter der CE-Kennzeichnung gemäß der EMV-Richtlinie.
2. Der Frequenzumrichter wird für die Installation in einer Anlage verkauft. Die Anlage wird von Fachkräften aufgebaut. Es kann sich beispielsweise um eine Produktionsanlage oder um eine von Fachleuten konstruierte und aufgebaute Heizungs- oder Lüftungsanlage handeln. Weder der Frequenzumrichter noch die fertige Anlage bedürfen einer CE-Kennzeichnung nach der EMV-Richtlinie. Die Anlage muss jedoch

die grundlegenden Anforderungen der EMV-Richtlinie erfüllen. Dies kann der Anlagenbauer durch den Einsatz von Bauteilen, Geräten und Systemen sicherstellen, die eine CE-Kennzeichnung gemäß der EMV-Richtlinie besitzen.

3. Der Frequenzumrichter wird als Teil eines Komplettsystems verkauft. Das System wird als Komplettseinheit angeboten, z. B. eine Klimaanlage. Das gesamte System muss gemäß der EMV-Richtlinie CE-gekennzeichnet sein. Dies kann der Hersteller entweder durch den Einsatz CE-gekennzeichneter Bauteile gemäß EMV-Richtlinie oder durch Überprüfung der EMV-Eigenschaften des Systems gewährleisten. Entscheidet sich der Hersteller dafür, nur CE-gekennzeichnete Bauteile einzusetzen, so braucht das Gesamtsystem nicht getestet zu werden.

### 1.4.3 CE-Kennzeichnung

Das CE-Zeichen ist eine gute Sache, wenn es seinem eigentlichen Zweck entsprechend eingesetzt wird: der Vereinfachung des Handelsverkehrs innerhalb von EU und EFTA.

Allerdings kann das CE-Zeichen viele verschiedene technische Daten abdecken. Anders gesagt: Man muss ggf. genau prüfen, wofür das Zeichen steht.

Die technischen Daten können sich stark unterscheiden. Aus diesem Grund kann ein CE-Zeichen einem Installateur auch durchaus ein falsches Sicherheitsgefühl vermitteln, wenn ein Frequenzumrichter als Bauteil eines Systems oder Gerätes eingesetzt wird.

Danfoss versieht die Frequenzumrichter mit einem CE-Zeichen gemäß der Niederspannungsrichtlinie. Das bedeutet, dass bei korrekter Installation des Frequenzumrichters dessen Übereinstimmung mit der Niederspannungsrichtlinie garantiert ist. Danfoss nimmt die CE-Kennzeichnung gemäß der Richtlinie vor und liefert auf Wunsch eine Konformitätserklärung.

Das CE-Zeichen gilt auch für die EMV-Richtlinie unter der Voraussetzung, dass die Hinweise in diesem Handbuch zur EMV-gerechten Installation und Filterung beachtet werden. Auf dieser Grundlage wird eine Konformitätserklärung gemäß EMV-Richtlinie ausgestellt.

Das Projektierungshandbuch bietet detaillierte Anweisungen für eine EMV-gerechte Installation.

### 1.4.4 Übereinstimmung mit EMV-Richtlinie 2004/108/EG

Meistens setzen Fachleute Frequenzumrichter als komplexes Bauteil ein, das Teil eines größeren Geräts, Systems bzw. einer Anlage ist.

#### HINWEIS

**Der Installierende trägt die Verantwortung für die endgültigen EMV-Eigenschaften des Geräts, Systems bzw. der Installation.**

Als Hilfe für den Installateur hat Danfoss EMV-Installationsanleitungen für das sogenannte Power Drive System erstellt. Die für Power-Drive-Systeme angegebenen Standards und Prüfniveaus werden unter der Voraussetzung eingehalten, dass die Hinweise zur EMV-gerechten Installation befolgt wurden (siehe 3.4.4 EMV).

### 1.4.5 Konformität



Tabelle 1.2 FCD 302 Zulassungen

### 1.5 Entsorgung

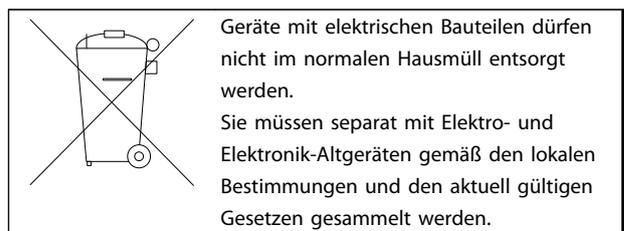


Tabelle 1.3 Entsorgungshinweise

## 2 Produktübersicht

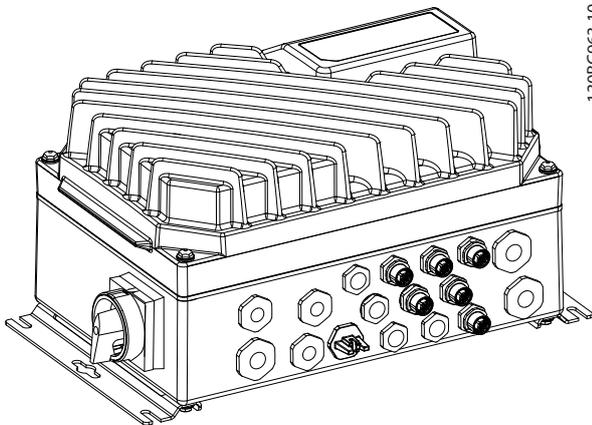


Abbildung 2.1 Kleines Gerät

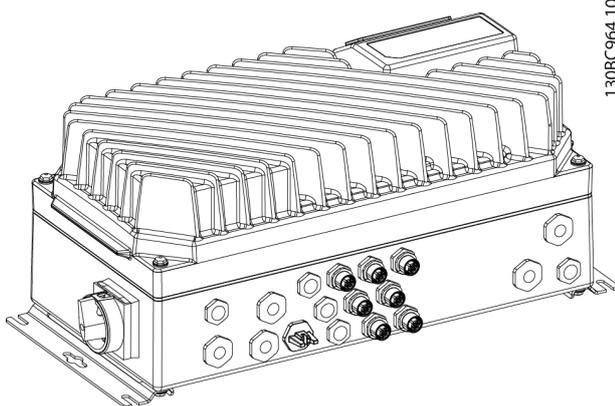


Abbildung 2.2 Großes Gerät

### 2.1 Steuerung/Regelung

Ein Frequenzumrichter richtet die Netzwechselfspannung in Gleichspannung gleich. Diese Gleichspannung wird dann in eine Wechselfspannung mit variabler Amplitude und Frequenz umgewandelt.

Spannung/Strom und Frequenz des Motors sind somit variabel, was eine stufenlose Drehzahlregelung von herkömmlichen Dreiphasen-Wechselstrommotoren und Permanentmagnet-Synchronmotoren ermöglicht.

Der Frequenzumrichter FCD 302 ist für Anlagen mit mehreren kleineren Antrieben ausgelegt, insbesondere Horizontalförderanwendungen, wie z. B. in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie und in der Fördertechnik. In Anlagen, in denen mehrere Motoren in einer Fabrik verteilt sind, wie in Abfüllanlagen, Nahrungsmittelzubereitungs- und Verpackungsanlagen sowie Gepäckfertigungsanlagen in Flughäfen, kann es Dutzende, vielleicht sogar Hunderte

von Antrieben geben, die verteilt über eine große Fläche zusammen arbeiten. In diesen Fällen überwiegen die Verkabelungskosten allein schon die Kosten der einzelnen Antriebe und es ist sinnvoll, die Steuerung und Regelung näher an die Motoren zu bringen.

Sie können den Frequenzumrichter für die Regelung der Drehzahl oder des Drehmoments an der Motorwelle konfigurieren.

#### Drehzahlregelung

Es gibt zwei Arten der Drehzahlregelung:

- Drehzahlregelung ohne Istwertrückführung vom Motor (ohne Geber).
- Drehzahlregelung mit Istwertrückführung mit PID-Regelcharakteristik. Eine korrekt optimierte Drehzahlregelung mit Istwertrückführung arbeitet wesentlich genauer als eine ohne Istwertrückführung.

#### Drehmomentregelung

Die Drehmomentregelung ist Teil der Motorregelung in Anwendungen, in denen das Drehmoment an der Motorwelle die Anwendung als Spannungsregelung regelt.

- Regelung mit Rückführung bei Fluxvektorbetrieb mit Geber bietet überragendes Drehmomentregelverhalten in allen vier Quadranten und bei allen Motordrehzahlen.
- VVC<sup>plus</sup>-Betrieb ohne Rückführung. Die Funktion wird in mechanisch robusten Anwendungen verwendet, dabei ist jedoch die Genauigkeit begrenzt. Die Drehmomentfunktion ohne Rückführung funktioniert grundsätzlich nur in einer Drehrichtung. Das Drehmoment wird anhand der internen Strommessung des Frequenzumrichters berechnet. Siehe Anwendungsbeispiel 4.5.1 *Regelungsstruktur bei VVC<sup>plus</sup> Advanced Vector Control*.

#### Drehzahl-/Drehmomentsollwert

Der Sollwert für dieses Regelverhalten kann entweder ein einzelner Sollwert oder die Summe verschiedener Sollwerte einschließlich relativ skalierten Sollwerte sein. Die Sollwertverarbeitung wird ausführlich in 2.3 *Sollwertverarbeitung* erklärt.

2

2.1.1 Steuerprinzip

Der Frequenzumrichter verfügt über verschiedene Arten von Motorsteuerprinzipien, wie U/f-Sondermotor-Modus, VVC<sup>plus</sup> oder Flux-Vektor-Motorregelung.

Der Frequenzumrichter ist auch in der Lage, Permanentmagnet-Synchronmotoren (bürstenlose Servomotoren) sowie normale Käfigläufer-Asynchronmotoren zu steuern.

Der Kurzschlusschutz beim Frequenzumrichter wird von Stromwandlern in allen 3 Motorphasen und einem Entsättigungsschutz mit Rückführung von der Bremse sicher realisiert.

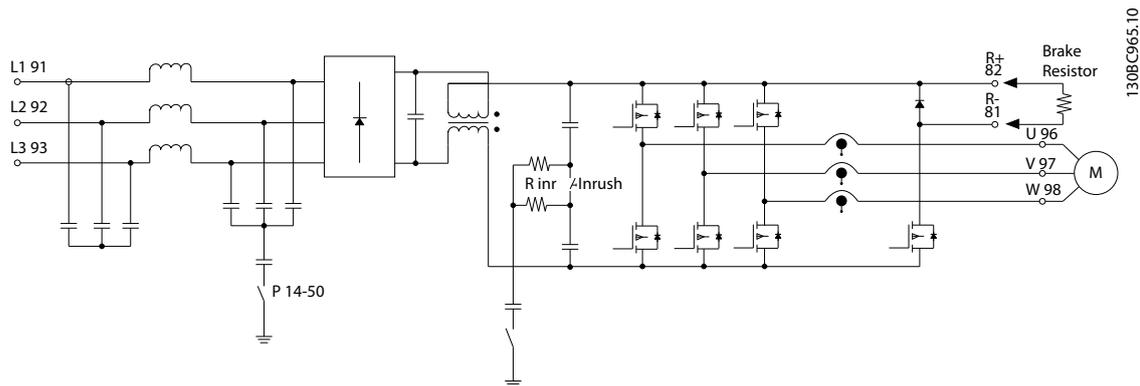


Abbildung 2.3 Steuerprinzip

2.1.2 Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC<sup>plus</sup>

Der Frequenzumrichter hat einen integrierten Stromgrenzenregler, der aktiviert wird, wenn der Motorstrom und somit das Drehmoment die in 4-16 *Momentengrenze motorisch*, 4-17 *Momentengrenze generatorisch* und 4-18 *Stromgrenze* eingestellten Drehmomentgrenzen überschreitet.

Bei Erreichen der generatorischen oder motorischen Stromgrenze versucht der Frequenzumrichter schnellstmöglich, die eingestellten Drehmomentgrenzen wieder zu unterschreiten, ohne die Kontrolle über den Motor zu verlieren.

Smart Logic besteht aus frei definierbaren Verknüpfungen und Vergleichen, die beispielsweise einem Digitaleingang zugeordnet werden können, und einer Ablaufsteuerung (Smart Logic Controller). Der SLC ist im Wesentlichen eine Folge benutzerdefinierter Aktionen (siehe 13-52 *SL-Controller Aktion* [x]), die ausgeführt werden, wenn das zugehörige Ereignis (siehe 13-51 *SL-Controller Ereignis* [x]) als Wahr ermittelt wird.

Der Zustand 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 2.4* abgebildet.

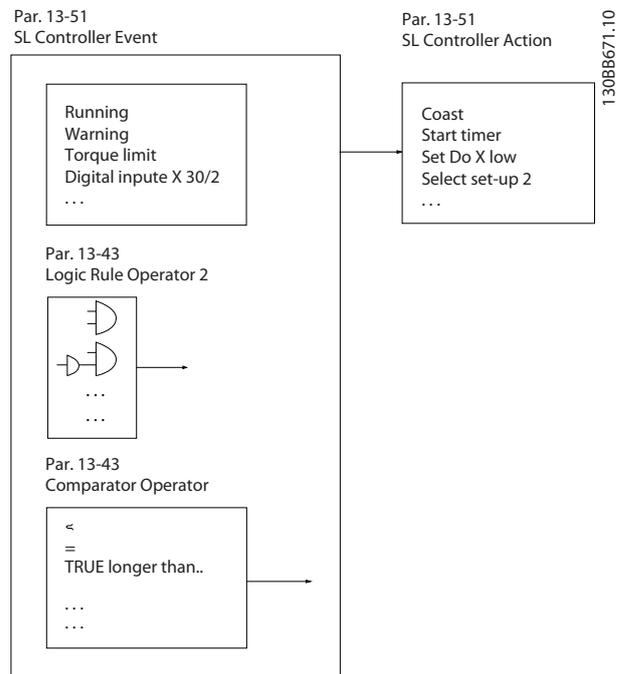


Abbildung 2.4 Aktueller Steuerstatus/Ereignis und Aktion

Ereignisse und *Aktionen* sind jeweils nummeriert und paarweise verknüpft (Zustände). Wenn also [0] *Ereignis* erfüllt ist (d. h. WAHR ist), wird die [0] *Aktion* ausgeführt. Danach wird die Bedingung von [1] *Ereignis* ausgewertet, und wenn TRUE (WAHR), wird [1] *Aktion* ausgeführt usw. Das jeweils aktuelle *Ereignis* wird ausgewertet. Ist das *Ereignis* False (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 [0] *Ereignis*) in jedem Abtastintervall auswertet. Nur wenn [0] *Ereignis* als Wahr ausgewertet wird, führt der SLC [0] *Aktion* aus und startet, das *Ereignis* auszuwerten. Sie können 1 bis 20 *Ereignisse* und [1] *Aktionen* programmieren.

Wenn das letzte *Ereignis* / die letzte *Aktion* durchgeführt wurde, startet die Sequenz ausgehend von [0] *Ereignis*/[0] *Aktion* erneut. *Abbildung 2.5* zeigt ein Beispiel mit drei Ereignissen/Aktionen.

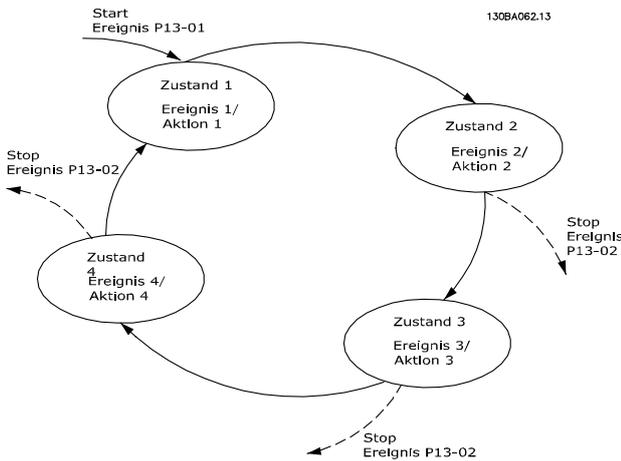


Abbildung 2.5 Beispiel - interne Stromregelung

**Vergleicher**

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

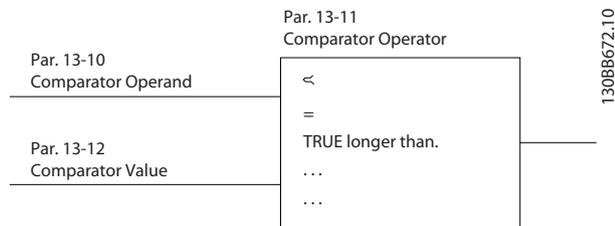


Abbildung 2.6 Vergleicher

**Logikregeln**

Parameter zur freien Definition von binären Verknüpfungen (Boolesch). Es ist möglich, 3 boolesche Zustände in einer Logikregel über UND, ODER, NICHT miteinander zu verknüpfen. Das Ergebnis (Wahr/Falsch) kann z. B. von einem Digitalausgang verwendet werden.

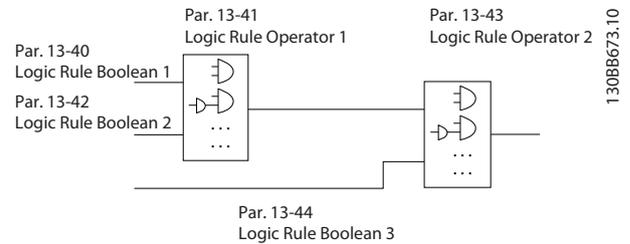


Abbildung 2.7 Logikregeln

## Anwendungsbeispiel

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
FC			
+24 V	12	130BB839.10	4-30 Drehgeberüberwachung
+24 V	13		Funktion
D IN	18		[1] Warnung
D IN	19		4-31 Drehgeber max. Fehlabweichung
COM	20		100 UPM
D IN	27		4-32 Drehgeber Timeout-Zeit
D IN	29		5 s
D IN	32		7-00 Drehgeber-rückführung
D IN	33		[2] MCB 102
D IN	37		17-11 Inkremental Auflösung [Pulse/U]
+10 V	50		1024*
A IN	53		13-00 Smart Logic Controller
A IN	54		[1] Ein
COM	55		13-01 SL-Controller Start
A OUT	42	[19] Warnung	
COM	39	13-02 SL-Controller Stopp	
		[44] [Reset]-Taste	
		13-10 Vergleicherr-Operand	
		[21] Nr. der Warnung	
		13-11 Vergleicherr-Funktion	
		[1] ≈*	
		13-12 Vergleicherr-Wert	
		90	
		13-51 SL-Controller Ereignis	
		[22] Vergleicherr 0	
		13-52 SL-Controller Aktion	
		[32] Digitalausgang A-AUS	
		5-40 Relaisfunktion	
		[80] SL-Digitalausgang A	
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	
		Wenn der Grenzwert der Drehgeberüberwachung überschritten wird, gibt der Frequenzrichter Warnung 90 aus. Der SLC überwacht Warnung 90, und wenn Warnung 90 WAHR wird, löst dies Relais 1 aus. Externe Geräte können anzeigen, dass eine Wartung erforderlich ist. Wenn der Istwertfehler innerhalb von 5 s wieder unter diese Grenze fällt, läuft der Frequenzrichter weiter, und die Warnung wird ausgeblendet. Relais 1 bleibt ausgelöst, bis Sie [Reset] auf dem LCP drücken.	

Tabelle 2.1 Verwendung von SLC zur Einstellung eines Relais

## 2.2 EMV

## 2.2.1 Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen

Elektromagnetische Störungen sind leitungsgeführt im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz und als Luftstrahlung im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz zu betrachten. Störungen vom Antriebssystem in einem Bereich von 30 MHz bis 1 GHz werden durch den Wechselrichter, das Motorkabel und den Motor erzeugt. Wie in *Abbildung 2.8* gezeigt, werden durch die Kapazität des Motorkabels, in Verbindung mit hohem  $dU/dt$  des Pulsmusters der Motorspannung, Ableitströme erzeugt. Die Verwendung eines abgeschirmten Motorkabels erhöht den Ableitstrom (siehe *Abbildung 2.8*), da abgeschirmte Kabel eine höhere Kapazität zu Erde haben als nicht abgeschirmte Kabel. Filtermaßnahmen sind nötig, um im Funkstörbereich unter ca. 5 MHz Störungen in der Netzleitung zu reduzieren. Der Ableitstrom ( $I_1$ ) kann über die Abschirmung ( $I_3$ ) direkt zurück zum Gerät fließen. Es verbleibt dann gemäß der nachfolgenden Zeichnung im Prinzip nur ein Ableitstrom ( $I_4$ ), der vom abgeschirmten Motorkabel über die Erde zurückfließen muss.

Die Abschirmung verringert zwar die über die Luft abgestrahlten Störungen, erhöht jedoch die Niederfrequenzstörungen in der Netzleitung. Schließen Sie die Motorkabelabschirmung an das Gehäuse des Frequenzrichters sowie an das Motorgehäuse an. Um verdrehte Abschirmungsenden (Pigtails) zu vermeiden, geschieht dies am Besten durch die Verwendung von Schirmbügeln. Diese erhöhen die Abschirmungsimpedanz bei höheren Frequenzen, wodurch der Abschirmungseffekt reduziert und der Ableitstrom ( $I_4$ ) erhöht wird.

Wenn Sie abgeschirmte Kabel für Profibus, Relais, Steuerleitungen und Bremse verwenden, ist die Abschirmung an beiden Enden niederimpedant mit Masse zu verbinden. In gewissen Fällen kann jedoch eine Unterbrechung der Abschirmung erforderlich sein, um Stromschleifen zu vermeiden.

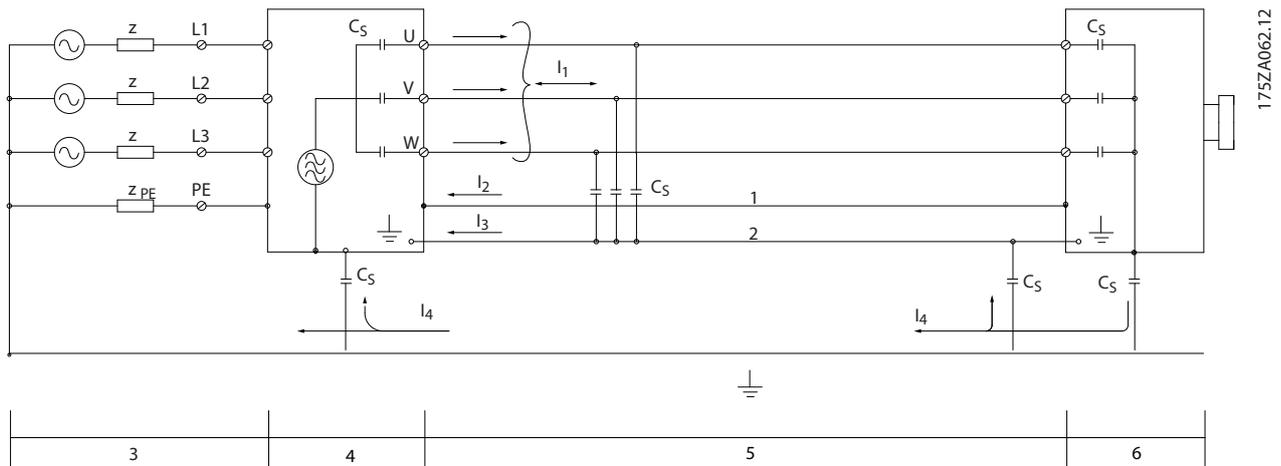


Abbildung 2.8 Beispiel - Erdableitstrom

In den Fällen, in denen die Montage 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 stets ein guter elektrischer Kontakt von der Montageplatte durch die Montageschrauben zur Masse des Frequenzumrichters gewährleistet sein.

Bei Verwendung von ungeschirmten Motorkabeln werden bestimmte EMV-Anforderungen nicht eingehalten. Die Störfestigkeitsanforderungen werden jedoch erfüllt.

Um das Störniveau des gesamten Systems (Frequenzumrichter + Anlage) von vornherein weitestgehend zu reduzieren, ist es wichtig, dass die Motorkabel und etwaige Bremsleitungen so kurz wie möglich gehalten werden. Steuerleitungen und Buskabel dürfen nicht gemeinsam mit Motorkabeln und Bremsleitungen verlegt werden. Funkstörfrequenzen über 50 MHz (Luftstrahlung) werden insbesondere von der Regelelektronik erzeugt.

### 2.2.2 EMV-Prüfergebnisse

Folgende Ergebnisse wurden unter Verwendung eines Frequenzumrichters (mit Optionen, falls relevant), mit abgeschirmtem Steuerkabel, eines Steuerkastens mit Potenziometer sowie eines Motors und geschirmten Motorkabels erzielt.

EMV-Filtertyp	Normen und Anforderungen	Leitungsgeführte Emission			Luftstrahlung	
		Klasse B	Klasse A Gruppe 1	Klasse A Gruppe 2	Klasse B	Klasse A Gruppe 1
H1	EN 55011	Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich	Industriebereich	Industriebereich	Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich	Industriebereich
	EN/IEC 61800-3	Kategorie C1	Kategorie C2	Kategorie C3	Kategorie C1	Kategorie C2
		Erste Umgebung Wohnungen Büro	Erste Umgebung Wohnungen Büro	Zweite Umgebung Industrie	Erste Umgebung Wohnungen Büro	Erste Umgebung Wohnungen Büro
FCD302	0,37-3 kW	Nein	10 m	10 m	Nein	Ja

Tabelle 2.2 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung, Störfestigkeit)

### 2.2.3 Störaussendungsanforderungen

Gemäß der EMV-Produktnorm für Frequenzumrichter mit regelbarer Drehzahl EN/IEC 61800-3:2004 sind die EMV-Anforderungen abhängig vom jeweiligen Einsatzzweck des Frequenzumrichters. In der EMV-Produktnorm sind vier Kategorien definiert. Die Definitionen der vier Kategorien sowie die Anforderungen für netzübertragene Emissionen finden Sie in *Tabelle 2.3*.

Kategorie	Definition	Anforderungen an leitungsgeführte Emissionen gemäß Grenzwerten aus EN 55011
C1	In der ersten Umgebung (Wohnung und Büro) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V.	Klasse B
C2	In der ersten Umgebung (Wohnung und Büro) 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 die für den Einsatz in komplexen Systemen vorgesehen sind.	Keine Grenzlinie. Es muss ein EMV-Plan aufgestellt werden.

**Tabelle 2.3 Störaussendungsanforderungen**

Wenn die Fachgrundnorm Störungsabstrahlung zugrunde gelegt wird, müssen die Frequenzumrichter die Grenzwerte in *Tabelle 2.4* einhalten.

Umgebung	Fachgrundnorm	Anforderungen an leitungsgeführte Emissionen gemäß Grenzwerten aus EN 55011
Erste Umgebung (Wohnungen 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 2.4 Grenzwertklassen der Störaussendung**

### 2.2.4 Störfestigkeitsanforderungen

Die Störfestigkeitsanforderungen für Frequenzumrichter sind abhängig von der Installationsumgebung. Die Anforderungen in Industriebereichen sind höher als die Anforderungen für Wohn- oder Bürobereiche. Alle Danfoss-Frequenzumrichter erfüllen die Störfestigkeitsanforderungen in Industriebereichen und dementsprechend auch die niedrigeren Anforderungen in Wohn- und Bürobereichen.

Um die Störfestigkeit gegenüber EMV-Emissionen durch andere zugeschaltete elektrische Geräte zu dokumentieren, wurde der nachfolgende Störfestigkeitstest durchgeführt, und zwar in einem System bestehend aus Frequenzumrichter (mit Optionen, falls relevant), abgeschirmtem Steuerkabel und Steuerkasten mit Potenziometer, Motorkabel und Motor.

Die Prüfungen wurden nach den folgenden Fachgrundnormen durchgeführt:

- **EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2):** Elektrostatische Entladung (ESD): Simulation elektrischer Entladungen 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):** Schnelle Transienten: Simulation von Störungen, herbeigeführt durch Schalten mit einem Schütz, Relais oder ähnlichen Geräten.
- **EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5):** Surge-Transienten: Simulation von Transienten, z. B. durch Blitzschlag in nahe gelegenen Installationen.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6):** HF-Gleichtakt: Simulation der Auswirkung von Funksendegeräten, die an Verbindungskabel angeschlossen sind.

Siehe Tabelle 2.5.

Spannungsbereich: 200-240 V, 380-480 V					
Fachgrundnorm	Schnelle Transienten IEC 61000-4-4	Surge-Transienten IEC 61000-4-5	ESD IEC 61000-4-2	Abgestrahlte elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3	HF-Gleichtaktspannung IEC 61000-4-6
Abnahmekriterium	B	B	B	A	A
Netz	4 kV CM	2 kV/2 Ω DM 4 kV/12 Ω CM	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Motor	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Bremse	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Zwischenkreiskopplung	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Steuerleitungen	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Standardbus	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Relaisleitungen	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Anwendungs- und Feldbusoptionen	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
LCP-Kabel	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Externe 24 V DC	2 V CM	0,5 kV/2 Ω DM 1 kV/12 Ω CM	—	—	10 V <sub>eff.</sub>
Schutzart	—	—	8 kV AD 6 kV CD	10 V/m	—

**Tabelle 2.5 EMV-Störfestigkeit**

1) Einspritzung an Kabelschirm

AD: Luftentladung (Air Discharge)

CD: Kontaktentladung (Contact Discharge)

CM: Gleichtakt (Common Mode)

DM: Differenzbetrieb (Differential Mode)

## 2.3 Sollwertverarbeitung

### Ortsollwert

Der Ortsollwert ist aktiv, wenn der Frequenzumrichter mit aktiver [Hand on]-Taste betrieben wird. Der Sollwert wird über die Pfeiltasten [▲]/[▼] bzw. [◀]/[▶] eingestellt.

### Fernsollwert

Abbildung 2.9 zeigt das Sollwertsystem zur Berechnung des Fernsollwerts.

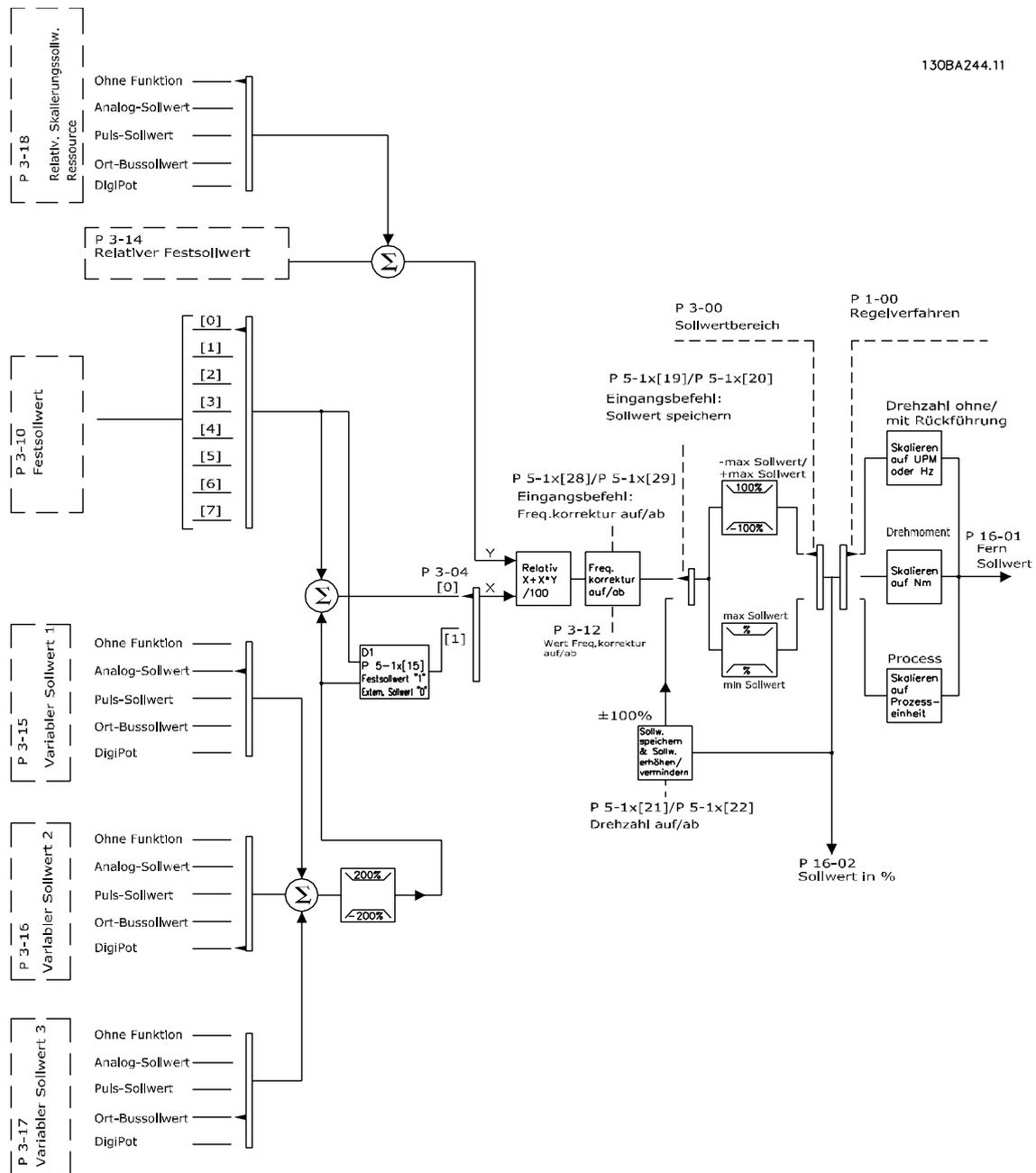


Abbildung 2.9 Fernsollwert

Der Fernsollwert wird bei jedem Abtastintervall berechnet und besteht anfänglich aus zwei Arten von Sollwerteingängen:

1. X (der externe Sollwert): Eine Summe (siehe 3-04 Sollwertfunktion) von bis zu vier extern ausgewählten Sollwerten, bestehend aus einer beliebigen Kombination (bestimmt durch die Einstellung von 3-15 Variabler Sollwert 1, 3-16 Variabler Sollwert 2 und 3-17 Variabler Sollwert 3) eines Festsollwerts (3-10 Festsollwert), variabler Analoogsollwerte, variabler Digital-sollwerte und verschiedener serieller Bussollwerte in einer beliebigen Einheit, in welcher der Frequenzrichter gesteuert wird ([Hz], [UPM], [Nm] usw.).
2. Y- (der relative Sollwert): Eine Summe eines relativen Festsollwerts (3-14 Relativer Festsollwert) und eines variablen relativen Skalierungssollwerts (3-18 Relativ. Skalierungssollw. Ressource) in [%].

Die zwei Arten von Sollwerteingängen werden in folgender Formel kombiniert: Resultierender Sollwert =  $X + X * Y / 100\%$ . Wenn der relative Sollwert nicht verwendet wird, müssen Sie 3-18 Relativ. Skalierungssollw. Ressource auf Deaktiviert und auf 0% einstellen. Die Funktion Frequenzkorrektur Auf/Ab und die Funktion Sollwert speichern kann durch Digitaleingänge am Frequenzrichter aktiviert werden. Die Funktionen und Parameter werden im Programmierungshandbuch beschrieben. Die Skalierung von Analoogsollwerten wird in Parametergruppen 6-1\* und 6-2\* und die Skalierung digitaler Pulssollwerte in Parametergruppe 5-5\* beschrieben. Sollwertgrenzen und -bereiche werden in Parametergruppe 3-0\* eingestellt.

### 2.3.1 Sollwertgrenzen

3-00 Sollwertbereich, 3-02 Minimaler Sollwert und 3-03 Maximaler Sollwert definieren zusammen den zulässigen Bereich der Summe aller Sollwerte. Die Summe aller Sollwerte wird bei Bedarf begrenzt. Die Beziehung zwischen dem resultierenden Sollwert (nach der Klammerung) wird in Abbildung 2.10/Abbildung 2.11 gezeigt und die Summe aller Sollwerte wird in Abbildung 2.12 gezeigt.

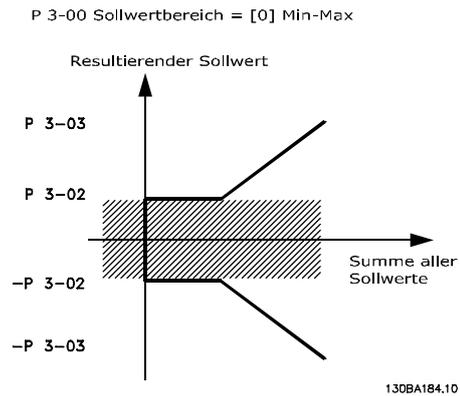


Abbildung 2.10 Sollwertbereich=[0] Min. bis Max.

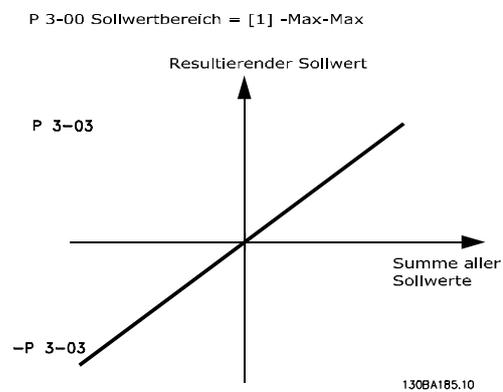


Abbildung 2.11 Sollwertbereich=[1] -Max. bis Max.

Der Wert von 3-02 Minimaler Sollwert kann nicht unter 0 eingestellt werden, sofern 1-00 Regelverfahren nicht auf [3] PID-Prozess eingestellt ist. In diesem Fall ist Beziehung zwischen dem resultierenden Sollwert (nach der Klammerung) und der Summe aller Sollwerte wie in Abbildung 2.12 gezeigt.

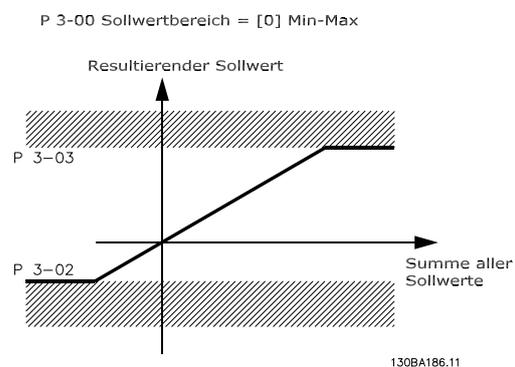


Abbildung 2.12 Summe aller Sollwerte

### 2.3.2 Skalierung von Festsollwerten und Bussollwerten

**Festsollwerte werden gemäß den folgenden Regeln skaliert:**

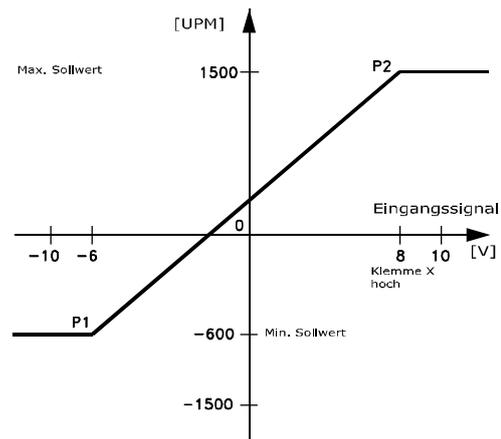
- Wenn 3-00 Sollwertbereich: [0] Min. bis Max. ist, entspricht ein Sollwert von 0% dem Wert 0 [Einheit], wobei eine beliebige Einheit (UPM, m/s, bar usw.) zulässig ist, und ein Sollwert von 100% entspricht dem Maximum (abs. 3-03 Maximaler Sollwert), abs (3-02 Minimaler Sollwert).
- Wenn 3-00 Sollwertbereich: [1] -Max. bis +Max. ist, entspricht der Sollwert 0% dem Wert 0 [Einheit], der Sollwert -100% entspricht dem Sollwert -Max. und der Sollwert 100% entspricht dem Sollwert Max.

**Bussollwerte werden gemäß den folgenden Regeln skaliert:**

- Wenn 3-00 Sollwertbereich: [0] Min bis Max. eingestellt ist, gilt für eine maximale Auflösung des Bussollwerts folgende Busskalierung: der Sollwert 0 % entspricht dem min. Sollwert und der Sollwert 100% entspricht dem max. Sollwert.
- Wenn 3-00 Sollwertbereich: [1] -Max. bis +Max., entspricht der Sollwert -100% dem Sollwert -Max. und der Sollwert 100% entspricht dem Sollwert Max.

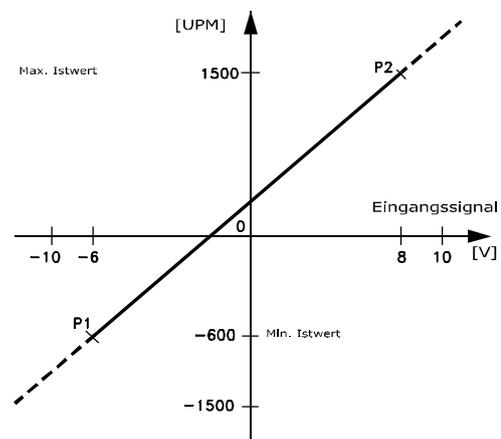
### 2.3.3 Skalierung von Analog- und Pulssollwerten und Istwert

Soll- und Istwerte werden auf gleiche Weise von Analog- und Pulseingängen skaliert. Einziger Unterschied ist, dass Sollwerte, die über oder unter den angegebenen „Endpunkten“ liegen (in *Abbildung 2.13* P1 und P2), eingegrenzt werden, während dies bei Istwerten nicht der Fall ist.



130BA181.10

**Abbildung 2.13 Skalierung von Analog- und Pulssollwerten und Istwert**



130BA182.10

**Abbildung 2.14 Skalierung des Sollwertausgangs**

Die Endpunkte P1 und P2 werden durch die folgenden Parameter definiert. Die Definition hängt davon ab, ob ein Analog- oder Pulseingang verwendet wird.

	Analog 53 S201=AUS	Analog 53 S201=EIN	Analog 54 S202=AUS	Analog 54 S202=EIN	Pulseingang 29	Pulseingang 33
P1=(Minimaler Eingangswert, minimaler Sollwert)						
Minimaler Sollwert	6-14 Klemme 53 Skal. Min.- Soll/Istwert	6-14 Klemme 53 Skal. Min.- Soll/Istwert	6-24 Klemme 54 Skal. Min.- Soll/Istwert	6-24 Klemme 54 Skal. Min.- Soll/Istwert	5-52 Klemme 29 Min. Soll-/ Istwert	5-57 Klemme 33 Min. Soll-/Istwert
Minimaler Eingangswert	6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung g [V]	6-12 Klemme 53 Skal. Min.Strom [mA]	6-20 Klemme 54 Skal. Min.Spannung g [V]	6-22 Klemme 54 Skal. Min.Strom [mA]	5-50 Klemme 29 Min. Frequenz [Hz]	5-55 Klemme 33 Min. Frequenz [Hz]
P2=(Maximaler Eingangswert, maximaler Sollwert)						
Maximaler Sollwert	6-15 Klemme 53 Skal. Max.- Soll/Istwert	6-15 Klemme 53 Skal. Max.- Soll/Istwert	6-25 Klemme 54 Skal. Max.- Soll/Istwert	6-25 Klemme 54 Skal. Max.- Soll/Istwert	5-53 Klemme 29 Max. Soll-/ Istwert	5-58 Klemme 33 Max. Soll-/Istwert
Maximaler Eingangswert	6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung g [V]	6-13 Klemme 53 Skal. Max.Strom [mA]	6-21 Klemme 54 Skal. Max.Spannung g[V]	6-23 Klemme 54 Skal. Max.Strom[mA]	5-51 Klemme 29 Max. Frequenz [Hz]	5-56 Klemme 33 Max. Frequenz [Hz]

Tabelle 2.6 Endpunktwerte für Eingang und Sollwert

### 2.3.4 Totzone um Null

In einigen Fällen sollte der Sollwert (gelegentlich auch der Istwert) eine Totzone um Null haben. (Dies stellt sicher, dass die Maschine gestoppt wird, wenn der Sollwert „nahe Null“ liegt.)

Gehen Sie wie folgt vor, um die Totzone zu aktivieren und den Umfang der Totzone zu definieren:

- Der minimale Sollwert (siehe Tabelle 2.6 für relevanten Parameter) oder der maximale Sollwert muss Null sein. Es muss sich somit in der nachfolgenden Darstellung entweder P1 oder P2 auf der X-Achse befinden.
- Außerdem müssen sich beide Punkte im selben Quadranten befinden.

Die Größe der Totzone wird von P1 oder P2 wie in Abbildung 2.15 definiert.

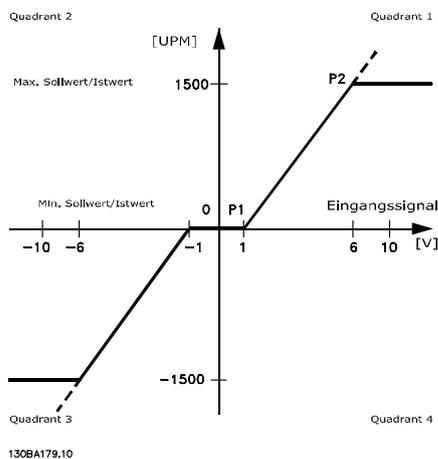


Abbildung 2.15 Totzone

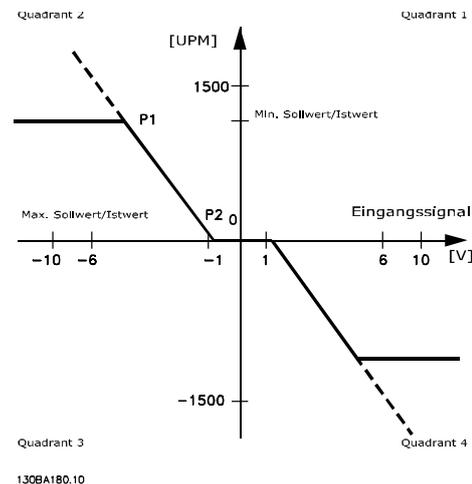


Abbildung 2.16 Reserve Totzone

Somit ergibt sich bei einem Sollwertendpunkt von P1 = (0 V, 0 UPM) keine Totzone. Ein Sollwertendpunkt von beispielsweise P1 = (1 V, 0 UPM) führt jedoch zu einer Totzone von -1 V bis +1 V, sofern Endpunkt P2 in Quadrant 1 oder Quadrant 4 gelegt wird.

Fall 1: Positiver Sollwert mit Totzone, Digitaleingang zum Triggern der Reversierung

Dieser Fall zeigt die Wirkung der Min.-Max.-Begrenzungen an einem Sollwerteingang.

2

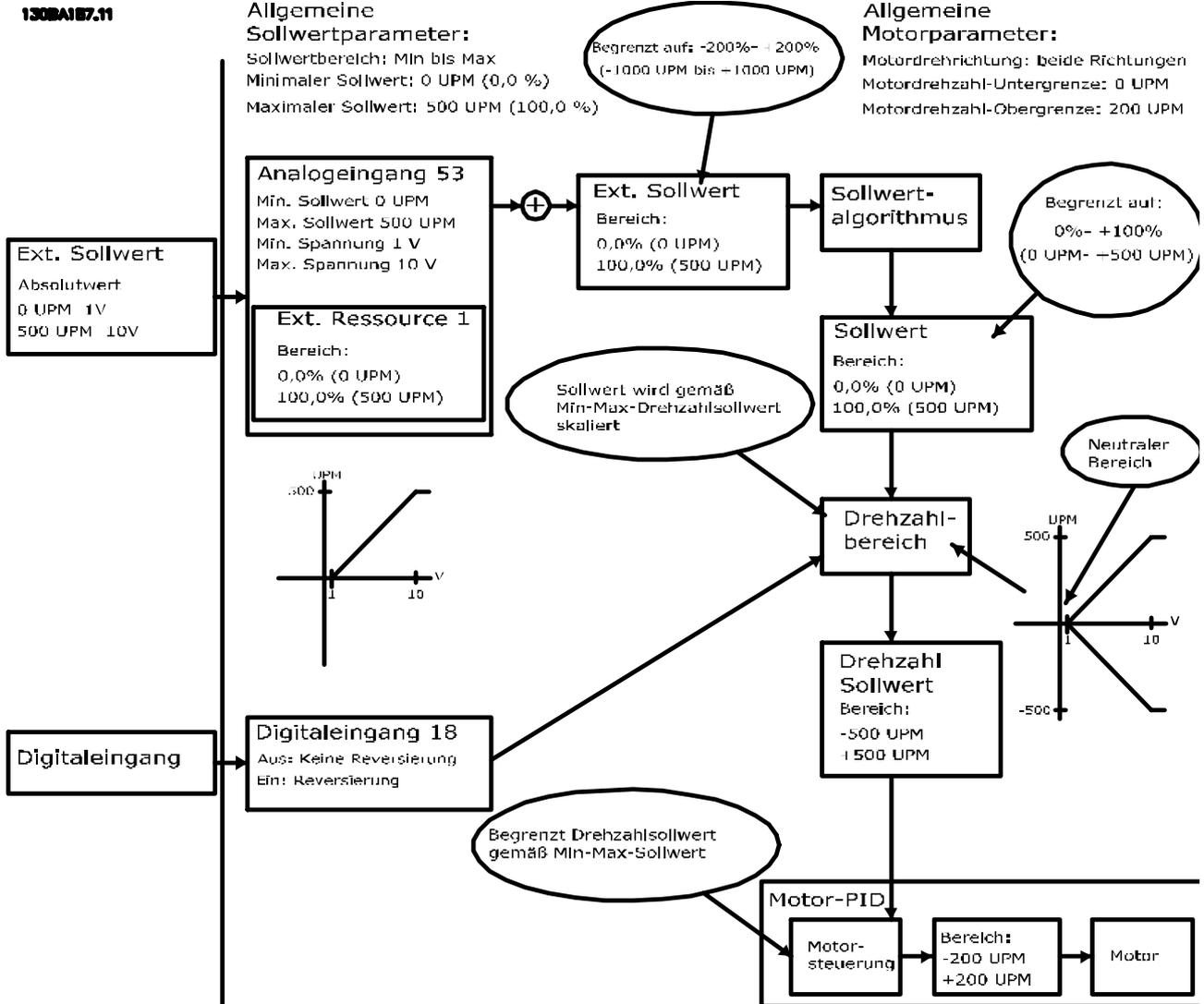


Abbildung 2.17 Beispiel 1 - positiver Sollwert

**Fall 2: Positiver Sollwert mit Totzone, Digitaleingang zum Triggern der Reversierung. Begrenzungsregeln.**

Dieser Fall zeigt, wie der Sollwerteingang mit Werten, die außerhalb der Grenzen für -Max und +Max liegen, die Unter- und Obergrenzen der Eingänge begrenzt, bevor der externe Sollwert addiert wird. Außerdem sehen Sie, wie der externe Sollwert durch den Sollwertalgorithmus an -Max bis +Max begrenzt wird.

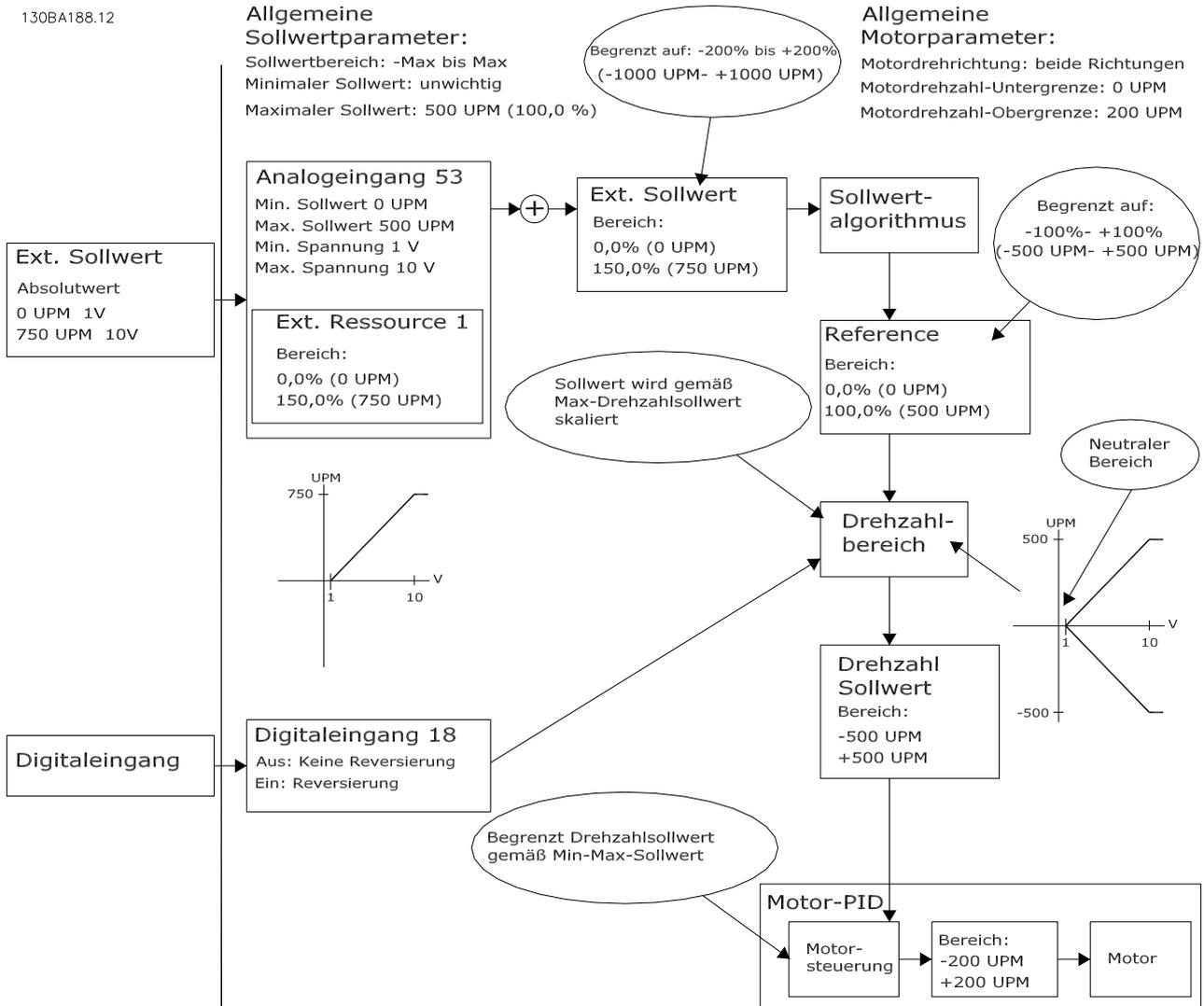


Abbildung 2.18 Beispiel 2 - positiver Sollwert

Fall 3: Bipolarer Sollwert mit Totzone. Vorzeichen bestimmt die Richtung, -Max. bis +Max.

2

130BA189.12

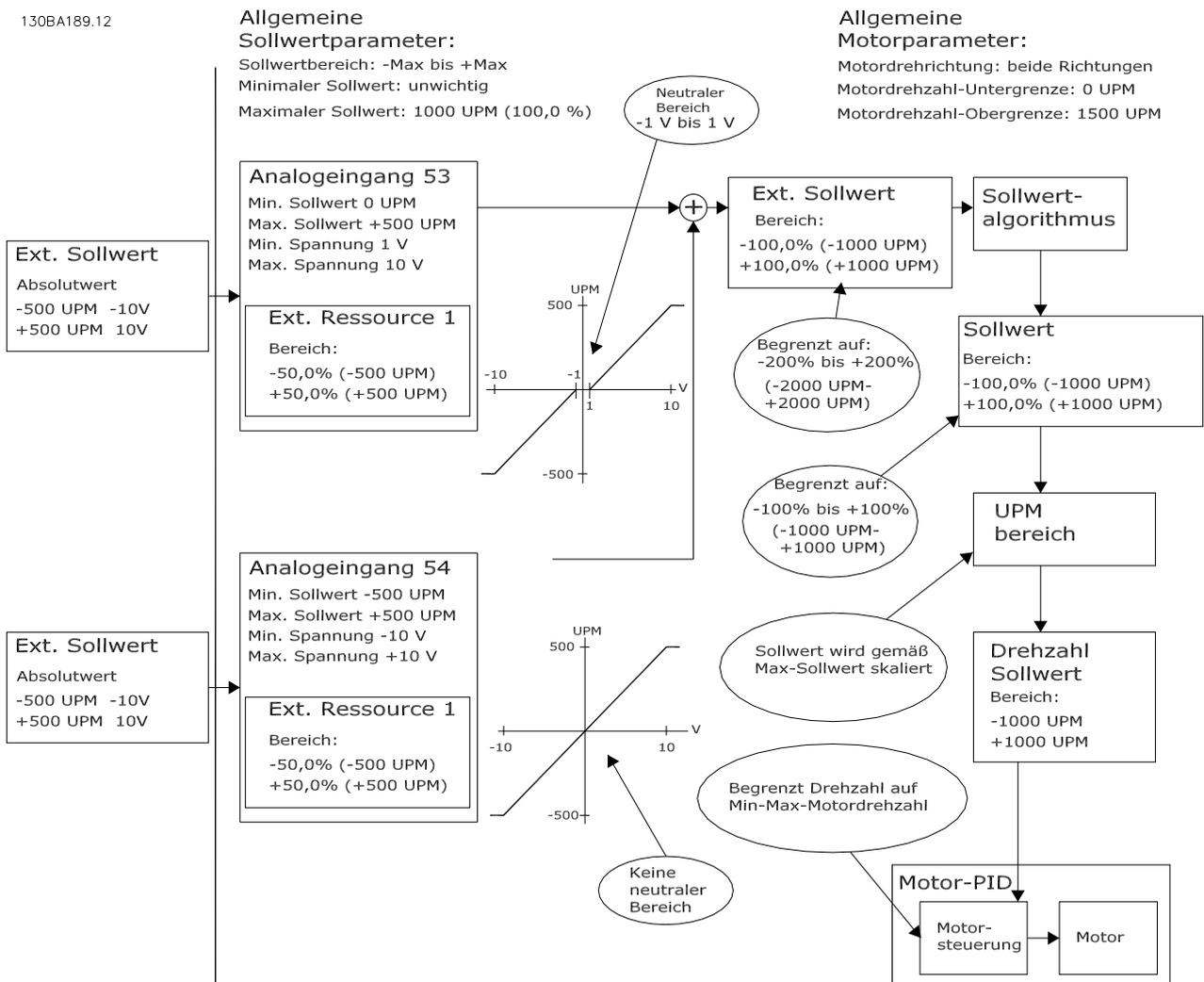


Abbildung 2.19 Beispiel 3 - Bipolarer Sollwert

### 2.4.1 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.

In der Frequenzumrichtertechnik werden hohe Frequenzen mit hoher Leistung geschaltet. Hierdurch entsteht ein Ableitstrom in der Erdverbindung. Ein Fehlerstrom im Frequenzumrichter an den Ausgangsleistungsklemmen kann eine Gleichstromkomponente enthalten, die die Filterkondensatoren laden und einen transienten Erdstrom verursachen kann.

Der Ableitstrom gegen Erde setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen und hängt von verschiedenen Systemkonfigurationen ab, wie EMV-Filter, abgeschirmte Motorkabel und Leistung des Frequenzumrichters.

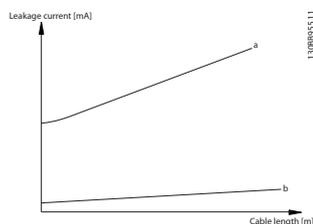


Abbildung 2.20 Einfluss von Kabellänge und Leistungsgröße auf Ableitstrom für Pa>Pb

Der Ableitstrom hängt ebenfalls von der Netzverzerrung ab

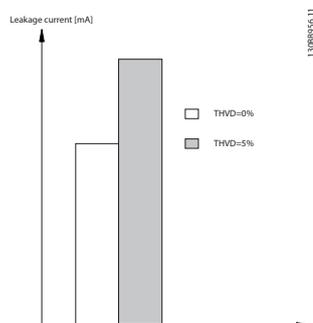


Abbildung 2.21 Einfluss der Netzverzerrung auf den Ableitstrom

### HINWEIS

Wenn Sie ein Filter verwenden, schalten Sie beim Laden des Filters **14-50 EMV-Filter** aus, um einen hohen Ableitstrom und ein Auslösen des Fehlerstromschutzschalters zu verhindern.

EN 61800-5-1 (Produktnorm für Elektrische Leistungssysteme mit einstellbarer Drehzahl) stellt besondere Anforderungen, wenn der Erdableitstrom 3,5 mA übersteigt. Sie müssen die Erdverbindung auf eine der folgenden Arten verstärken:

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

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

#### Fehlerstromschutzschalter

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

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

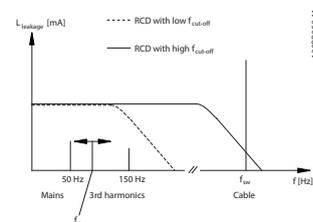


Abbildung 2.22 Hauptbeiträge zum Ableitstrom

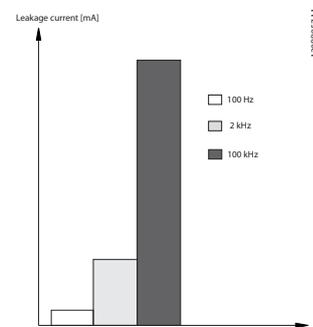


Abbildung 2.23 Einfluss der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters

Siehe auch *RCD-Anwendungshinweis, MN90G*.

### 2.5 Galvanische Trennung (PELV)

#### 2.5.1 PELV - Protective Extra Low Voltage (Schutzkleinspannung)

PELV bietet Schutz durch Vorliegen einer Kleinspannung. Ein Schutz gegen elektrischen Schlag gilt als gewährleistet, wenn die Stromversorgung vom Typ PELV ist und die Installation gemäß den örtlichen bzw. nationalen Vorschriften für PELV-Versorgungen ausgeführt wurde.

Alle Steuerklemmen und die Relaisklemmen 01-03/04-06 entsprechen PELV (Protective Extra Low Voltage) (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. Die Anforderungen sind in der Norm EN 61800-5-1 beschrieben.

Die Bauteile, die die elektrische Trennung gemäß nachstehender Beschreibung bilden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen für höhere Isolierung und der entsprechenden Tests gemäß Beschreibung in EN 61800-5-1.

Die galvanische PELV-Trennung ist an sechs Punkten vorhanden (siehe *Abbildung 2.24*):

Um den PELV-Schutzgrad beizubehalten, müssen alle steuerklemmenseitig angeschlossenen Geräte den PELV-Anforderungen entsprechen, d. h. Thermistoren müssen beispielsweise verstärkt/zweifach isoliert sein.

1. Schutznetzteil (SMPS) einschließlich Isolation des Signals  $U_{DC}$ , das die Gleichstrom-Zwischenkreisspannung anzeigt.
2. Gate-Treiber zur Ansteuerung der IGBT (Triggert-Transformatoren/Optokoppler).
3. Stromwandler.
4. Bremsel Elektronik (Optokoppler).
5. Einschaltstrombegrenzung, EMV und Temperaturmesskreise.
6. Ausgangsrelais.
7. Mechanische Bremse.

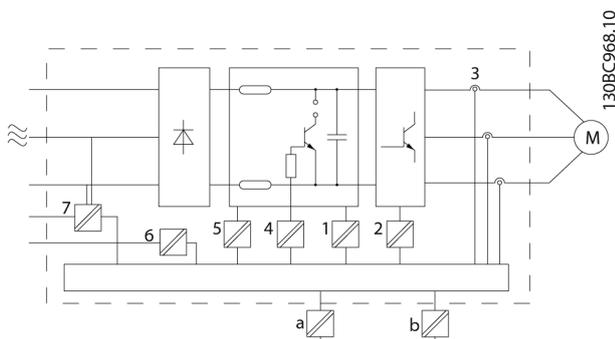


Abbildung 2.24 Galvanische Trennung

Eine funktionale galvanische Trennung (a und b auf der Zeichnung) ist für die optionale externe 24 V-Versorgung und für die RS485-Standardbuschnittstelle vorgesehen.

## ⚠️ WARNUNG

Installation in großen Höhenlagen:

380-500 V: Bei Höhenlagen über 2 km über NN ziehen Sie Danfoss zu PELV (Schutzkleinspannung) zurate.

380-500 V: Bei Höhenlagen über 3 km über NN ziehen Sie Danfoss zu PELV (Schutzkleinspannung) zurate.

## ⚠️ WARNUNG

Das Berühren spannungsführender Teile – auch nach der Trennung vom Netz – ist lebensgefährlich.

Achten Sie darauf, dass alle Spannungseingänge, wie z. B. die Zwischenkreiskopplung (Zusammenschalten von Gleichstrom-Zwischenkreisen) sowie der Motoranschluss (z. B. bei kinetischem Speicher), galvanisch getrennt sind. Vor dem Berühren elektrischer Teile müssen Sie unbedingt die unter *Einführung* im *FCD 302 Produkthandbuch MG04F* angegebenen Wartezeiten einhalten.

Eine kürzere Wartezeit ist nur zulässig, wenn auf dem Typenschild für das jeweilige Gerät angegeben.

## 2.6 Mechanische Bremse

### 2.6.1 Mechanische Bremse in Hub- und Vertikalförderanwendungen

Ein Beispiel der erweiterten mechanischen Bremssteuerung für Hub- und Vertikalförderanwendungen finden Sie unter *4 Anwendungsbeispiele*.

### 2.6.2 Verkabelung des Bremswiderstands

EMV (Twisted-Pair-Kabel/Abschirmung)

Um elektrische Störgeräusche von den Kabeln zwischen dem Bremswiderstand und dem Frequenzumrichter zu verringern, müssen Sie die Drähte verdrehen.

Verwenden Sie eine Metallabschirmung für verbesserte EMV-Leistung.

## 2.7 Bremsfunktionen

Die Bremsfunktion wird zum Bremsen der Last an der Motorwelle angewendet, entweder als dynamische oder statische Bremsung.

### 2.7.1 Mechanische Haltebremse

Eine direkt an der Motorwelle befestigte mechanische Haltebremse führt in der Regel eine statische Bremsung durch. In einigen Anwendungen wird durch das statische Haltemoment die Motorwelle statisch gehalten (in der Regel in permanenterregten Synchronmotoren). Eine Haltebremse wird entweder über eine SPS oder direkt über einen Digitalausgang des Frequenzumrichters gesteuert (Relais oder Festwert).

#### HINWEIS

**Haltebremse in Sicherheitskette integriert:**  
**Eine sichere Steuerung einer mechanischen Bremse über einen Frequenzumrichter ist nicht möglich. In der Gesamtinstallation muss eine Redundanzschaltung für die Bremsansteuerung vorhanden sein.**

### 2.7.2 Dynamische Bremse

Dynamische Bremse durch:

- **Bremswiderstand:** Ein Bremsen IGBT leitet die Bremsenergie vom Motor an den angeschlossenen Bremswiderstand (2-10 Bremsfunktion = [1]) und verhindert so, dass die Überspannung einen bestimmten Grenzwert überschreitet.
- **AC-Bremse:** Durch Ändern der Verlustleistung im Motor wird die Bremsenergie im Motor verteilt. Die AC-Bremsfunktion darf nicht in Anwendungen mit einer hohen Ein-/Ausschaltfrequenz verwendet werden, da dies zu einer Überhitzung des Motors führen würde (2-10 Bremsfunktion = [2]).
- **DC-Bremse:** Ein übermodulierter Gleichstrom verstärkt den Wechselstrom und funktioniert als Wirbelstrombremse ( $\neq 0$  s).

### 2.7.3 Auswahl des Bremswiderstands

Bei erhöhten Anforderungen an das generatorische Bremsen (z. B. Bremsen von großen Schwungmassen, Hubwerken usw.) kann der Einsatz von Geräten mit

Brems elektronik und Bremswiderstand notwendig sein. Zur Wahl des korrekten Bremswiderstands muss bekannt sein, wie oft und mit welcher Leistung gebremst wird. Weitere Informationen finden Sie im *Bremswiderstand-Projektierungshandbuch, MG900*.

Ist der Betrag der kinetischen Energie, die in jedem Bremszeitraum zum Widerstand übertragen wird, unbekannt, kann die durchschnittliche Leistung auf Basis der Zykluszeit und Bremszeit berechnet werden, was als Aussetzbetrieb bezeichnet wird. Der Aussetzbetrieb des Widerstandes gibt den Arbeitszyklus an, für den der Widerstand ausgelegt ist. *Abbildung 2.25* zeigt einen typischen Bremszyklus.

#### HINWEIS

**Der von den Motorlieferanten bei der Angabe der zulässigen Belastung häufig benutzte Betrieb S5 des Widerstands gibt den Aussetzbetrieb an.**

Der Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb des Widerstands kann wie folgt berechnet werden:

$$\text{Arbeitszyklus} = t_b/T$$

T = Zykluszeit in Sekunden

$t_b$  ist die Bremszeit in Sekunden (als Teil der gesamten Zykluszeit)

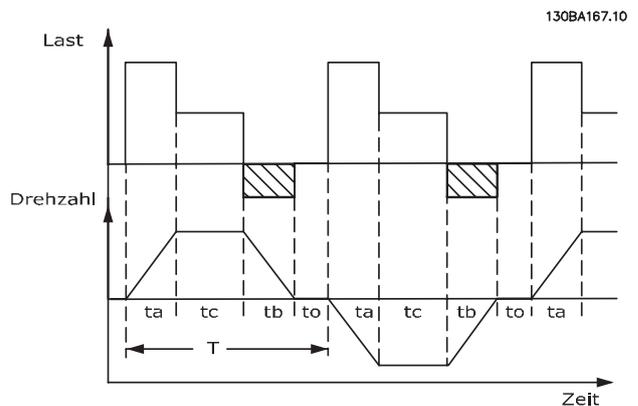


Abbildung 2.25 Dynamische Bremszykluszeit

	Zykluszeit [s]	Bremsarbeitszyklus bei 100% Drehmoment	Bremsarbeitszyklus bei Übermoment (150/160%)
<b>3x380-480 V</b>			
PK37-P75K	120	Dauerbetrieb	40%
P90K-P160	600	Dauerbetrieb	10%
P200-P800	600	40%	10%

Tabelle 2.7 Bremsung bei hohem Überlastmoment

Bremswiderstände haben einen Arbeitszyklus von 5%, 10% und 40%. Bei Anwendung eines Arbeitszyklus von 10% können die Bremswiderstände die Bremsleistung über 10% der Zykluszeit aufnehmen. Die übrigen 90% der Zykluszeit werden für das Abführen überschüssiger Wärme genutzt.

## HINWEIS

Stellen Sie sicher, dass der Bremswiderstand für die erforderliche Bremszeit ausgelegt ist.

Die maximal zulässige Last am Bremswiderstand wird als Spitzenleistung bei einem gegebenen Arbeitszyklus im Aussetzbetrieb ausgedrückt und wird berechnet als:

$$R_{br}[\Omega] = \frac{U_{dc}^2}{P_{Spitze}}$$

wobei

$$P_{Spitze} = P_{Motor} \times M_{br} [\%] \times \eta_{Motor} \times \eta_{VLT} [W]$$

Der Bremswiderstand hängt von der Zwischenkreisspannung ( $U_{DC}$ ) ab.  
Es gibt vier Schaltschwellen.

Größe	Bremse aktiv	Warnung vor Abschaltung	Abschaltung
FCD 302 3x380-480 V	778 V	810 V	820 V

Tabelle 2.8 Schwellwerte

## HINWEIS

Prüfen Sie, ob Ihr Bremswiderstand für eine Spitzenspannung von 410 V, 820 V, 850 V, 975 V bzw. 1130 V zugelassen ist, wenn Sie keine Bremswiderstände einsetzen.

Danfoss empfiehlt folgende Bremswiderstände  $R_{rec}$ : Diese gewährleisten, dass der Frequenzumrichter mit dem maximal verfügbaren Bremsmoment ( $M_{br(\%)}$ ) von 160% bremst. Die entsprechende Formel lässt sich wie folgt schreiben:

$$R_{rec}[\Omega] = \frac{U_{dc}^2 \times 100}{P_{Motor} \times M_{br(\%)} \times \eta_{VLT} \times \eta_{Motor}}$$

$\eta_{Motor}$  beträgt normalerweise 0,90

$\eta_{VLT}$  beträgt normalerweise 0,98

Bei Frequenzumrichtern mit 200 V und 480 V wird  $R_{rec}$  bei einem Bremsmoment von 160% wie folgt ausgedrückt:

$$200 V : R_{rec} = \frac{107780}{P_{Motor}} [\Omega]$$

$$480 V : R_{rec} = \frac{375300}{P_{Motor}} [\Omega] \text{ 1)}$$

$$480 V : R_{rec} = \frac{428914}{P_{Motor}} [\Omega] \text{ 2)}$$

1) Bei Frequenzumrichtern  $\leq 7,5$  kW Wellenleistung

2) Bei Frequenzumrichtern 11-75 kW Wellenleistung

## HINWEIS

Der ohmsche Widerstand des gewählten Bremswiderstands darf nicht unter dem von Danfoss empfohlenen Wert liegen, da sonst der Frequenzumrichter beschädigt wird. Bei einem Bremswiderstand mit höherem Ohmwert wird hingegen nicht mehr das maximale Bremsmoment von 160% erzielt, und der Frequenzumrichter schaltet während der Bremsung möglicherweise mit DC-Überspannung ab.

## HINWEIS

Bei einem Kurzschluss in der Brems Elektronik des Frequenzumrichters kann ein eventueller Dauerstrom zum Bremswiderstand nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) unterbrochen werden. (Das Schütz kann vom Frequenzumrichter gesteuert werden).

## HINWEIS

Berühren Sie den Bremswiderstand nicht, da er während bzw. nach dem Bremsen sehr heiß werden kann. Um einer Brandgefahr zu entgehen, müssen Sie den Bremswiderstand in einer sicheren Umgebung platzieren.

Frequenzumrichter der Größe D-F enthalten mehr als einen Bremschopper. Daher müssen Sie bei diesen Baugrößen einen Bremswiderstand pro Bremschopper verwenden.

## 2.7.4 Steuerung mit Bremsfunktion

Der Brems transistor wird überwacht und ist gegen Kurzschluss des Bremswiderstands geschützt. Eine eventuell vorhandene thermische Überwachung (Klixon) des Bremswiderstands kann vom Frequenzumrichter ausgewertet werden.

Die aktuelle Bremsleistung und die mittlere Bremsleistung der letzten 120 Sekunden kann ausgelesen werden. Die Bremse kann ebenfalls die Bremsleistung überwachen und sicherstellen, dass sie die in *2-12 Bremswiderstand Leistung (kW)* gewählte Grenze nicht überschreitet. Zusätzlich ist in *2-13 Bremswiderst. Leistungsüberwachung* wählbar, welche Funktion auszuführen ist, wenn die an den Bremswiderstand übertragene Leistung die in *2-12 Bremswiderstand Leistung (kW)* eingestellte Grenze überschreitet.

### HINWEIS

**Überwachen der Bremsleistung ist keine Sicherheitsfunktion; hierfür ist ein Thermoschalter erforderlich. Der Bremswiderstandskreis ist nicht gegen Erdschlüsse geschützt.**

*Überspannungssteuerung (OVC)* (ohne Bremswiderstand) kann als eine alternative Bremsfunktion in *2-17 Überspannungssteuerung* gewählt werden. Diese Funktion ist für alle Geräte aktiv. Sie stellt sicher, dass bei Anstieg der Zwischenkreisspannung eine Abschaltung verhindert werden kann. Dies geschieht durch Anheben der Ausgangsfrequenz zur Begrenzung der Zwischenkreisspannung. Es ist eine sehr nützliche Funktion, z. B. wenn die Rampe-ab-Zeit zu kurz ist, da ein Abschalten des Frequenzumrichters vermieden wird. In dieser Situation wird die Rampe-ab-Zeit verlängert.

OVC kann nicht aktiviert werden, wenn ein PM-Motor betrieben wird (wenn *1-10 Motorart* auf [1] PM, Vollpol eingestellt ist).

## 3 Systemintegration

### 3

### 3.1 Einführung

#### 3.1.1 Montage

Der FCD 302 besteht aus zwei Teilen: Installationskasten und Elektronikteil.

##### Einzelmontage

- Die Löcher an der Rückseite des Installationskastens dienen zur Befestigung der Halterungen
- Stellen Sie sicher, dass die Festigkeit der Montageposition zum Tragen des Gerätegewichts ausreicht
- Stellen Sie sicher, dass geeignete Schrauben verwendet werden

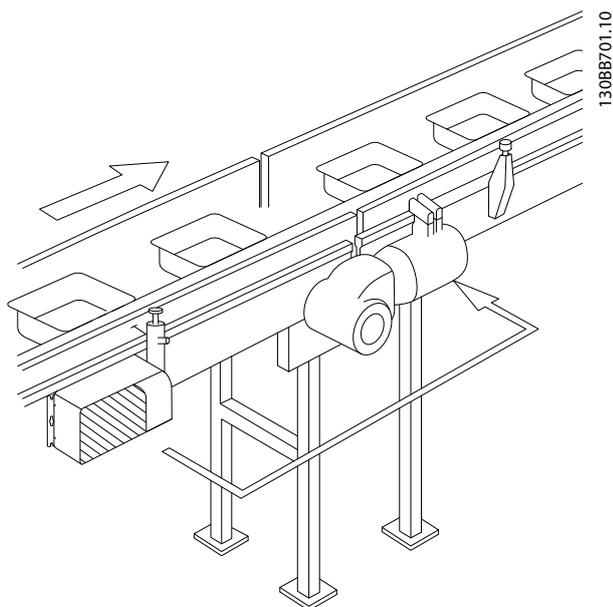


Abbildung 3.1 FCD 302 in Einzelmontage mit Halterungen

##### Zulässige Montagepositionen

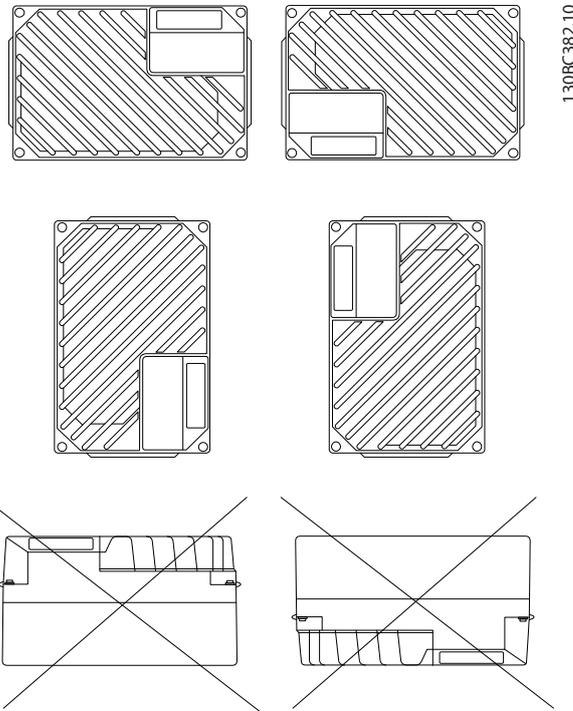


Abbildung 3.2 Zulässige Montagepositionen - Standardanwendungen

#### 3.1.1.1 Hygienische Installation

Der FCD 302 wurde gemäß EHEDG-Richtlinien entwickelt und ist damit zum Einbau in Umfeldern mit starkem Schwerpunkt auf einfacher Reinigung geeignet.

Befestigen Sie den FCD 302 senkrecht an einer Wand oder einem Maschinenrahmen, um sicherzustellen, dass Flüssigkeiten aus dem Gehäuse ablaufen. Richten Sie das Gerät so aus, dass sich die Kabelanschlüsse am Unterteil befinden.

Verwenden Sie Kabelanschlüsse, die für hygienische Anwendungsanforderungen ausgelegt sind, z. B. Rittal HD 2410.110/120/130. Kabelanschlüsse in Hygieneausführung sorgen für optimale Reinigungsfreundlichkeit der Anlage.

#### HINWEIS

Nur Frequenzrichter mit hygienischer Bauform, Bezeichnung FCD 302 P XXX T4 W69, sind nach EHEDG zertifiziert.

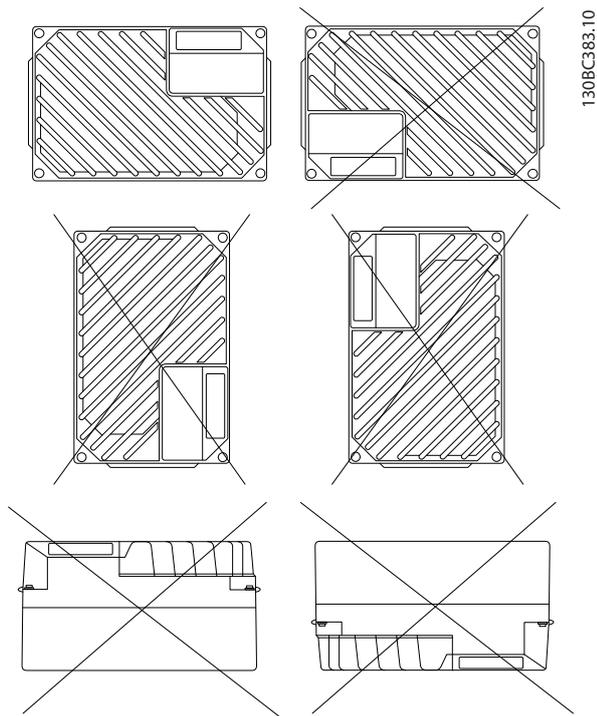


Abbildung 3.3 Zulässige Montagepositionen – hygienische Anwendungen

### 3.2 Eingang: Netzseitige Dynamik

#### 3.2.1 Anschlüsse

##### 3.2.1.1 Allgemeine Hinweise zu Kabeln

### HINWEIS

Allgemeine Hinweise zu Kabeln  
 Befolgen Sie stets die nationalen und örtlichen Vorschriften zum Kabelquerschnitt und zur Umgebungstemperatur.  
 Verwenden Sie nach Möglichkeit Kupferleiter (75 °C).

#### 3.2.1.2 Netzanschluss und Erdung

Zu Montageanweisungen und zur Lage der Klemmen siehe *FCD 302 Produkthandbuch, MG04F*.

##### Netzanschluss

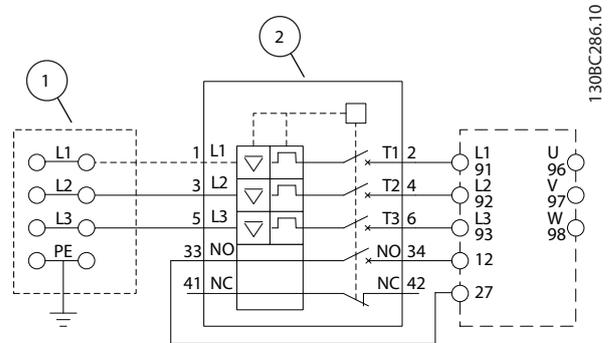


Abbildung 3.4 Nur große Bauform: Trennschalter und Netztrenner

1	Durchschleifklemmen
2	Trennschalter

Tabelle 3.1 Legende

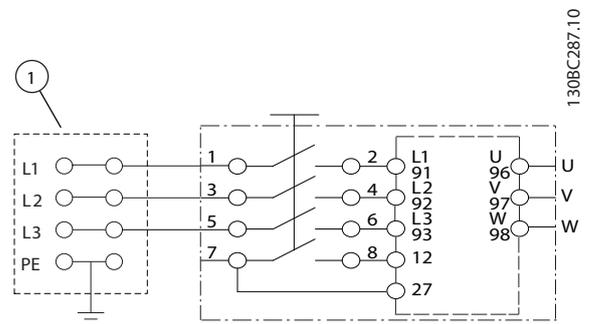
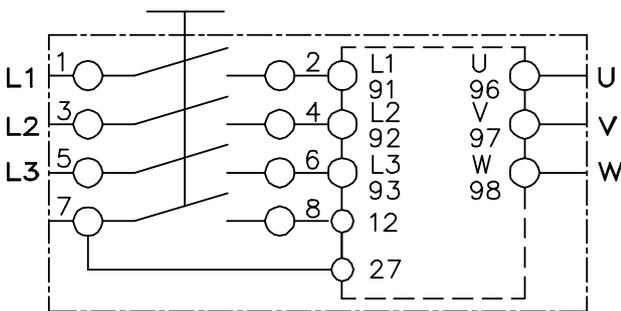
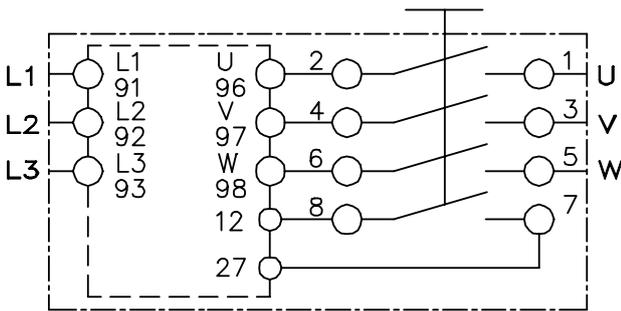


Abbildung 3.5 Nur große Bauform: Wartungsschalter am Netz mit Durchschleifklemmen

1	Durchschleifklemmen
---	---------------------

Tabelle 3.2 Legende



195NA288.10

Abbildung 3.6 Motor- und Netzanschluss mit Wartungsschalter

Der Wartungsschalter ist sowohl beim kleinen als auch beim großen Gerät optional. Der Schalter ist auf der Motorseite montiert. Alternativ können Sie den Schalter an der Netzseite anbringen oder auslassen.

Beim großen Gerät ist der Trennschalter optional. Sie können das große Gerät entweder mit Wartungsschalter oder Trennschalter konfigurieren, aber nicht mit beidem. *Abbildung 3.6* ist in der Praxis nicht konfigurierbar, sondern dient nur dazu, die jeweilige Position der Einzelteile zu zeigen.

Die Leistungskabel für das Netz sind in der Regel ungeschirmte Kabel.

### 3.2.1.3 Relaisanschluss

Um den Relaisausgang einzustellen, siehe Parametergruppe 5-4\* Relais.

Nr.	01-02	Schließer (normal offen)
	01-03	Öffner (normal geschlossen)
	04-05	Schließer (normal offen)
	04-06	Öffner (normal geschlossen)

Tabelle 3.3 Relaiseinstellungen

Zur Lage der Relaisklemmen siehe *FCD 302 Produkt-handbuch, MG04F*.

## 3.2.2 Sicherungen und Trennschalter

### 3.2.2.1 Sicherungen

Sicherungen und/oder Trennschalter sind versorgungsseitig als Schutz für den Fall einer Bauteilstörung im Inneren des Frequenzumrichters (erster Fehler) empfohlen.

#### HINWEIS

Dies ist obligatorisch, um Übereinstimmung mit IEC 60364 für CE oder NEC 2009 für UL sicherzustellen.

#### ⚠️ WARNUNG

Sie müssen Personen und Gegenstände vor den Auswirkungen einer Bauteilstörung im Inneren des Frequenzumrichters schützen.

#### Abzweigschutz

Zum Schutz der Anlage vor elektrischen Gefahren und Bränden müssen alle Abzweige in einer Installation, Schaltanlagen, Maschinen usw. in Übereinstimmung mit nationalen/internationalen Vorschriften mit einem Kurzschluss- und Überstromschutz versehen sein.

#### HINWEIS

Die gegebenen Empfehlungen bieten keinen Abzweigschutz zur Erfüllung der UL-Anforderungen.

#### Kurzschluss-Schutz

Danfoss empfiehlt die Verwendung der unten aufgeführten Sicherungen/Trennschalter zum Schutz von Wartungspersonal und Gegenständen im Falle einer Bauteilstörung im Frequenzumrichter.

### 3.2.2.2 Empfehlungen

#### ⚠️ WARNUNG

Im Falle einer Fehlfunktion kann das Nichtbeachten der Empfehlung zu Gefahren für den Bediener und Schäden am Frequenzumrichter und anderen Geräten führen.

Die folgenden Abschnitte führen den empfohlenen Nennstrom auf. Danfoss empfiehlt Sicherungstyp gG und Danfoss-Trennschalter CB (Danfoss - CTI-25). Andere Arten von Trennschaltern können unter der Voraussetzung verwendet werden, dass sie die dem Frequenzumrichter zugeführte Energie auf ein Niveau begrenzen, das dem der Danfoss-Sicherungen entspricht oder niedriger ist.

Folgen Sie den Empfehlungen für Sicherungen und Trennschalter, um sicherzustellen, dass Beschädigung am Frequenzumrichter nur intern auftritt.

Weitere Informationen finden Sie im Anwendungshinweis *Sicherungen und Trennschalter, MN90T*.

### 3.2.2.3 CE-Konformität

Sicherungen und Trennschalter müssen zwingend der IEC 60364 entsprechen.

Danfoss empfiehlt Sicherungen bis Größe gG-25. Diese Sicherungsgröße ist für einen Kurzschlussstrom von max. 100.000 Aeff. (symmetrisch) bei 480 V geeignet. Mit der korrekten Sicherung liegt der Nennkurzschlussstrom (SCCR) des Frequenzumrichters bei 100.000 Aeff.

### 3.2.2.4 UL-Konformität

Sicherungen und Trennschalter müssen obligatorisch der NEC 2009 entsprechen. Verwenden Sie zur Erfüllung der UL/cUL-Anforderungen die Vorsicherungen in *Tabelle 6.3* und halten Sie sich an die in *6.2 Elektrische Daten und Kabelgrößen* aufgeführten Bedingungen.

## 3.3 Ausgang: Motorseitige Dynamik

### 3.3.1 Motoranschluss

#### HINWEIS

**Zur Einhaltung der Vorgaben zur EMV-Störaussendung müssen Sie das Kabel abschirmen.**

Zur korrekten Dimensionierung von Motorkabelquerschnitt und -länge siehe *6.3 Allgemeine technische Daten*.

#### Abschirmung von Kabeln

Vermeiden Sie verdrehte Schirmenden (Pigtails), die hochfrequent nicht ausreichend wirksam sind. Wenn der Kabelschirm unterbrochen werden muss (z. B. um ein Motorschutz oder einen Reparaturschalter zu installieren),

müssen Sie die Abschirmung hinter der Unterbrechung mit der geringstmöglichen HF-Impedanz fortführen. Schließen Sie den Motorkabelschirm am Abschirmblech des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Motors an.

Stellen Sie die Schirmungsverbindungen mit einer möglichst großen Kontaktfläche (Kabelschellen) her. Dies kann unter Verwendung des im Lieferumfang des Frequenzumrichters enthaltenen Zubehörs erfolgen.

Wenn der Kabelschirm unterbrochen werden muss (z. B. um ein Motorschutz oder einen Reparaturschalter zu installieren), müssen Sie die Abschirmung hinter der Unterbrechung mit der geringstmöglichen HF-Impedanz fortführen.

#### Kabellänge und -querschnitt

Der Frequenzumrichter ist mit einer bestimmten Kabellänge und einem bestimmten Kabelquerschnitt getestet worden. Wird der Kabelquerschnitt erhöht, so erhöht sich auch der kapazitive Widerstand des Kabels - und damit der Ableitstrom - sodass die Kabellänge dann entsprechend verringert werden muss. Das Motorkabel muss möglichst kurz sein, um Störungen und Ableitströme auf ein Minimum zu beschränken.

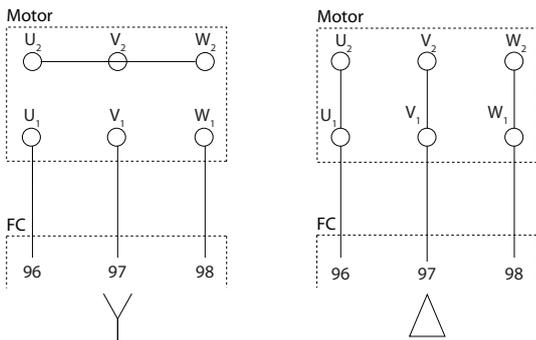
Sie können alle dreiphasigen Standard-Asynchronmotoren an einem Frequenzumrichter anschließen. Normalerweise wird für kleine Motoren Sternschaltung verwendet (230/400 V, Y), für große Motoren Dreieckschaltung (400/690 V, Δ). Schaltungsart (Stern/Dreieck) und Anschlussspannung sind auf dem Motortypenschild angegeben.

Zur Installation von Netz- und Motorkabeln siehe *FCD 302 Produkthandbuch, MG04F*.

Klemmen-Nr.	96	97	98	99	
	U	V	W	PE <sup>1)</sup>	Motorspannung 0-100% der Netzspannung Anschlussklemmen am Motor
	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Dreieckschaltung
	W2	U2	V2		Motoranschlussklemmen
	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Sternschaltung (U2, V2, W2) U2, V2, W2 sind miteinander zu verbinden.

**Tabelle 3.4 Motoranschlussklemmen**

<sup>1)</sup>Schutzleiteranschluss

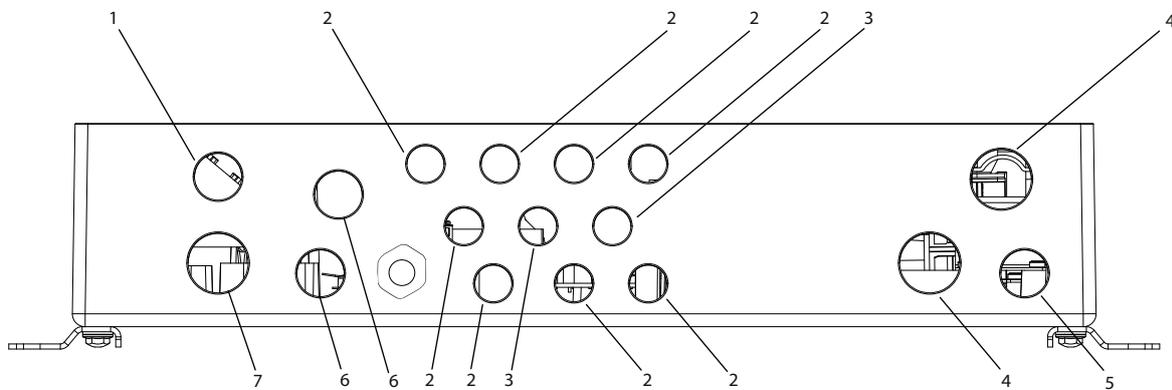


175ZA114.11

**HINWEIS**

Bei Motoren ohne Phasentrennpapier oder eine andere geeignete Isolationsverstärkung für den Betrieb mit Spannungsversorgung (wie ein Frequenzumrichter) verbinden Sie ein Sinusfilter mit dem Ausgang des Frequenzumrichters.

Abbildung 3.7 Erdverbindungen bei Stern- und Dreieckschaltung



130BC981.10

Abbildung 3.8 Kabeleinführungsöffnungen - große Bauform

1	Bremse M20
2	8xM16
3	2xM20
4	Netzkaabel M25
5	M20
6	24 V M20
7	Motor M25

Tabelle 3.5 Legende

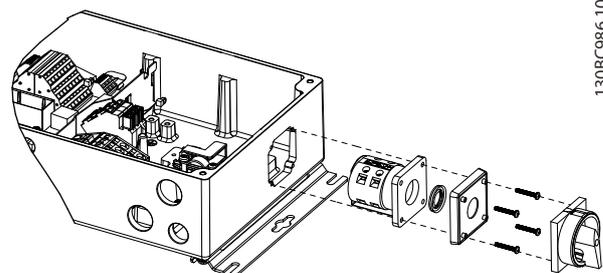
3.3.2 Netztrennschalter

Der Frequenzumrichter ist mit den folgenden optionalen Schaltern lieferbar:

- Wartungsschalter auf Netzseite oder Motorseite
- integrierter Trennschalter auf der Netzseite (nur große Bauform)

Geben Sie die jeweilige Anforderung bei der Bestellung an.

Abbildung 3.9 und Abbildung 3.10 zeigen Beispiele der Konfiguration für die große Bauform.



130BC986.10

Abbildung 3.9 Lage von Wartungsschalter, Netzseite, große Bauform (IP66/Innenräume)

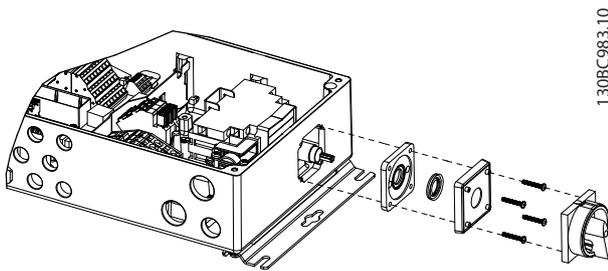


Abbildung 3.10 Lage von Trennschalter, Netzseite, große Bauform

### 3.3.3 Zusätzliche Motorinformationen

#### 3.3.3.1 Motorkabel

Sie müssen den Motor an die Klemmen U/T1/96, V/T2/97, W/T3/98 anschließen; das Erdungskabel gehört an Klemme 99. Sie können alle Arten dreiphasiger Standard-Asynchronmotoren mit einem Frequenzumrichter verwenden. Die Werkseinstellung ist Rechtslauf, wobei der Frequenzumrichter Ausgang wie in *Tabelle 3.6* angeschlossen ist:

Klemmen-Nr.	Funktion
96, 97, 98, 99	Netz U/T1, V/T2, W/T3 Masse (Erde)

Tabelle 3.6 Motoranschluss - Werkseinstellung

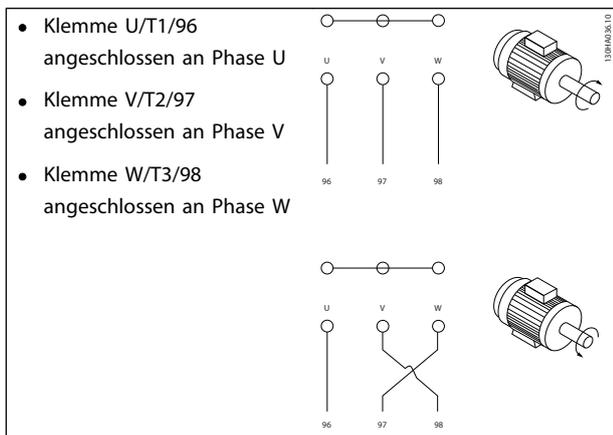


Tabelle 3.7 Motoranschluss - Drehrichtung

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

Eine Motordrehrichtungsprüfung können Sie über 1-28 Motordrehrichtungsprüfung und die am Display gezeigten Schritte durchführen.

#### 3.3.3.2 Thermischer Motorschutz

Das elektronische Thermorelais im Frequenzumrichter hat die UL-Zulassung für Einzelmotorschutz, wenn 1-90 Thermischer Motorschutz auf ETR-Abschaltung und 1-24 Motornennstrom auf den Motornennstrom (siehe Motor-Typenschild) eingestellt ist.

#### 3.3.3.3 Parallelschaltung von Motoren

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

- Es wird empfohlen, Anwendungen mit parallelen Motoren im U/f-Modus, 1-01 Steuerprinzip [0], auszuführen. Die U/f-Kennlinie programmieren Sie in 1-55 U/f-Kennlinie - U [V] und 1-56 U/f-Kennlinie - f [Hz].
- VVC+-Modus kann in einigen Anwendungen verwendet werden.
- Der Gesamtstrom der Motoren darf den maximalen Ausgangsnennstrom  $I_{NV}$  des Frequenzumrichters nicht übersteigen.
- Beim Start und bei niedrigen Drehzahlen können möglicherweise Probleme auftreten, wenn die Motorgrößen sehr unterschiedlich sind, da bei kleinen Motoren der relativ hohe ohmsche Widerstand im Stator eine höhere Spannung beim Start und bei niedrigen Drehzahlen erfordert.
- Das elektronische Thermorelais (ETR) des Frequenzumrichters kann nicht als Motor-Überlastschutz für die einzelnen Motoren des Systems verwendet werden. Ein zusätzlicher Motorschutz, z. B. Thermistoren in jeder Motorwicklung oder einzelne Thermorelais, sind deshalb vorzusehen. (Trennschalter sind als Schutz nicht geeignet.)

#### HINWEIS

Installationen mit gemeinsamem Anschluss wie im ersten Beispiel in der Abbildung gezeigt werden nur bei kurzen Kabeln empfohlen.

#### HINWEIS

Bei parallel geschalteten Motoren kann 1-02 Drehgeber Anschluss nicht verwendet werden, und 1-01 Steuerprinzip muss auf Sondermotorkennlinie U/f eingestellt sein.

Die in 6 Technische Daten angegebene gesamte Motorkabellänge gilt nur, so lange die parallelen Kabel kurz gehalten werden (jeweils kürzer als 10 m).

### 3.3.3.4 Motorisolation

Bei Motorkabellängen  $\leq$  der maximalen Kabellänge laut Angabe in 6.3 *Allgemeine technische Daten* werden die folgenden Motorisolationen empfohlen, da die Spitzenspannung aufgrund von Übertragungsleitungswirkungen im Motorkabel bis zu maximal das Doppelte der DC-Zwischenkreisspannung, das 2,8-Fache der Netzspannung, betragen kann. Bei einem geringeren Isolationswert eines Motors wird die Verwendung eines dU/dt- oder Sinusfilters empfohlen.

Netzspannung	Motorisolation
$U_N \leq 420 \text{ V}$	Standard $U_{LL} = 1300 \text{ V}$
$420 \text{ V} < U_N \leq 500 \text{ V}$	Verstärkte $U_{LL} = 1600 \text{ V}$

Tabelle 3.8 Netzspannung und Motorisolation

### 3.3.3.5 Motorlagerströme

Bei allen Motoren, die bei Frequenzumrichtern FC302 mit 90 kW oder höherer Leistung installiert sind, müssen B-seitig (gegenantriebsseitig) isolierte Lager eingebaut werden, um Lagerströme zu beseitigen. Um A-seitig (antriebsseitig) Lager- und Wellenströme auf ein Minimum zu beschränken, ist richtige Erdung von Frequenzumrichter, Motor, angetriebener Maschine und Motor zur angetriebenen Maschine erforderlich.

#### Vorbeugende Standardmaßnahmen

1. Verwenden Sie ein isoliertes Lager.
2. Wenden Sie strenge Installationsverfahren an.
  - Stellen Sie sicher, dass Motor und Lastmotor aufeinander abgestimmt sind.
  - Befolgen Sie die EMV-Installationsrichtlinie streng.
  - Verstärken Sie den Schutzleiter (PE), sodass die hochfrequent wirksame Impedanz im PE niedriger als bei den Eingangsstromleitungen ist.
  - Stellen Sie eine gute hochfrequent wirksame Verbindung zwischen dem Motor und dem Frequenzumrichter her, zum Beispiel über ein abgeschirmtes Kabel mit einer 360°-Verbindung im Motor und im Frequenzumrichter.
  - Stellen Sie sicher, dass die Impedanz vom Frequenzumrichter zur Gebäudeerdung niedriger als die Erdungsimpedanz der Maschine ist. Dies kann bei Pumpen schwierig sein.
  - Stellen Sie eine direkte Erdverbindung zwischen Motor und Last her.
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-Filter.

### 3.3.4 Extreme Betriebszustände

#### Kurzschluss (Motorphase – Phase)

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

Um den Frequenzumrichter gegen Kurzschlüsse bei Zwischenkreiskopplung und an den Bremswiderstandsklemmen zu schützen, sind die jeweiligen Projektierungshinweise zu beachten.

#### Schalten am Ausgang

Das Schalten am Ausgang, zwischen Motor und Frequenzumrichter, ist uneingeschränkt zulässig. Der Frequenzumrichter kann durch Schalten am Ausgang in keiner Weise beschädigt werden. Es können allerdings Fehlermeldungen auftreten.

#### Generatorisch erzeugte Überspannung

Die Spannung im Zwischenkreis erhöht sich beim generatorischen Betrieb des Motors. Dies geschieht in folgenden Fällen:

1. Die Last treibt den Motor an (bei konstanter Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters), d. h., die Last „erzeugt“ Energie.
2. Beim Bremsen (Rampe ab) ist die Reibung bei hohem Trägheitsmoment niedrig und die Rampenzeit Ab ist zu kurz, um die Energie als Verlustleistung (Wärme) im Frequenzumrichter, Motor oder in der Anlage abzugeben.
3. Eine falsche Einstellung beim Schlupfausgleich kann eine höhere DC-Zwischenkreisspannung hervorrufen.

4. 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. Der Frequenzumrichter ist ausgelegt, das Auftreten von Gegen-EMK zu verhindern: Der Wert von *4-19 Max. Ausgangsfrequenz* wird automatisch basierend auf einer internen Berechnung anhand des Werts von *1-40 Gegen-EMK bei 1000 UPM*, *1-25 Motornendrehzahl* und *1-39 Motorpolzahl* berechnet.  
Wenn Überdrehzahl des Motors möglich ist (z. B. durch den Windmühlen-Effekt, bei dem der Motor durch die Last gedreht wird), wird ein Bremswiderstand empfohlen.

## HINWEIS

**Der Frequenzumrichter muss über einen Bremschopper verfügen.**

Der Regler versucht, die Rampe, wenn möglich, zu korrigieren (*2-17 Überspannungssteuerung*). Der Wechselrichter wird nach Erreichen eines bestimmten Spannungspegels abgeschaltet, um die Transistoren und die Zwischenkreiskondensatoren zu schützen. Siehe *2-10 Bremsfunktion* und *2-17 Überspannungssteuerung* bezüglich der Möglichkeiten zur Regelung des Zwischenkreis-Spannungsniveaus.

## HINWEIS

**Überspannungssteuerung kann bei Betrieb eines PM-Motors nicht aktiviert werden, d. h., wenn *1-10 Motorart* auf *[1] PM, Vollpol* eingestellt ist.**

### Netzausfall

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

### Statische Überlast im VVC<sup>plus</sup>-Modus

Wird der Frequenzumrichter überlastet, reduziert der Frequenzumrichter automatisch die Ausgangsfrequenz, um so die Belastung zu reduzieren. Mit Überlast ist das Erreichen der Momentengrenze aus *4-16 Momentengrenze motorisch/4-17 Momentengrenze generatorisch* definiert. Bei extremer Überlastung kann jedoch ein Strom auftreten, der den Frequenzumrichter nach kurzer Zeit (5-10 s) zum Abschalten zwingt.

Sie können den Betrieb innerhalb der Momentengrenze in *14-25 Drehmom.grenze Verzögerungszeit* zeitlich begrenzen (0-60 s).

### 3.3.4.1 Thermischer Motorschutz

Zum Schutz der Anwendung vor schwerer Beschädigung bietet der Frequenzumrichter verschiedene spezielle Funktionen.

#### Drehmomentgrenze

Die Drehmomentgrenze schützt den Motor unabhängig von der Drehzahl vor Überhitzung. Wählen Sie die Einstellungen der Momentengrenze in *4-16 Momentengrenze motorisch* oder *4-17 Momentengrenze generatorisch*. In *14-25 Drehmom.grenze Verzögerungszeit* stellen Sie ein, wie lange die Grenze vor Abschaltung überschritten werden darf.

#### Stromgrenze

Stellen Sie die Stromgrenze in *4-18 Stromgrenze* ein. In *14-24 Stromgrenze Verzögerungszeit* stellen Sie ein, wie lange die Grenze vor Abschaltung überschritten werden darf.

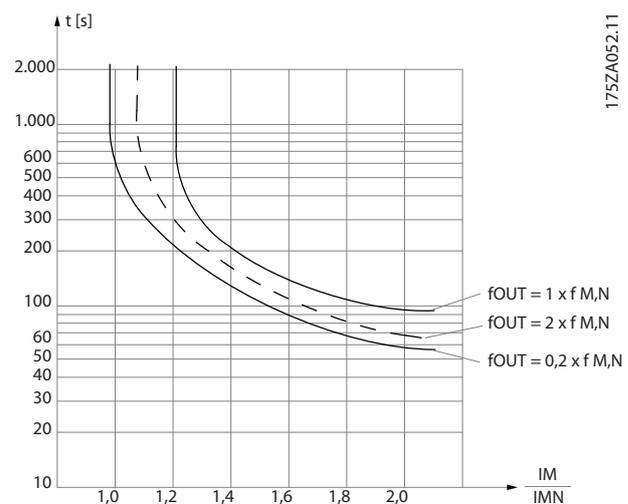
Min. Drehzahl/Frequenz:

(*4-11 Min. Drehzahl [UPM]* oder *4-12 Min. Frequenz [Hz]*)

begrenzt den Betriebsdrehzahlbereich, beispielsweise zwischen 30 und 50/60 Hz. Max. Drehzahl/Frequenz: (*4-13 Max. Drehzahl [UPM]* oder *4-19 Max. Ausgangsfrequenz*) begrenzt die max. Ausgangsdrehzahl, die der Frequenzumrichter liefern kann.

#### ETR (Elektronisches Thermorelais)

Die ETR-Funktion des Frequenzumrichters misst den aktuellen Strom, die aktuelle Drehzahl und Zeit zur Berechnung der Motortemperatur und zum Schutz des Motors vor Überhitzung (Warnung oder Abschaltung). Ein externer Thermistoreingang ist ebenfalls verfügbar. Bei ETR handelt es sich um eine elektronische Funktion, die anhand interner Messungen ein Bimetallrelais simuliert. Die Kennlinie ist in *Abbildung 3.11* dargestellt:



**Abbildung 3.11 ETR-Funktionen**

*Abbildung 3.11:* Die X-Achse zeigt das Verhältnis zwischen Motorstrom ( $I_{\text{motor}}$ ) und Motornennstrom ( $I_{\text{motor, nom}}$ ). Die Y-Achse zeigt die Zeit in s, bevor das ETR aktiviert wird 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. Die berechnete Motortemperatur kann in *16-18 Therm. Motorschutz* im Frequenzumrichter abgelesen werden.

### 3.4 Frequenzumrichter-/Optionsauswahl

#### 3.4.1 Steuerkabel und -klemmen

##### 3.4.1.1 Steuerleitungsführung

Die externe 24 V DC-Versorgung dient als Niederspannungsversorgung der Steuerkarte sowie etwaiger eingebauter Optionskarten. Dies ermöglicht den vollen Betrieb des LCP (einschl. Parametrierung) ohne Anschluss der Netzstromversorgung.

#### HINWEIS

Beachten Sie, dass eine Spannungswarnung erfolgt, wenn die 24 V DC angeschlossen wurden; es erfolgt jedoch keine Abschaltung.

#### **⚠️ WARNUNG**

Setzen Sie zur Gewährleistung ordnungsgemäßer galvanischer Trennung (gemäß PELV) an den Steuerklemmen des Frequenzumrichters eine 24 V DC Versorgung vom Typ PELV ein.

##### 3.4.1.2 DIP-Schalter

- An den Analogeingangsklemmen 53 und 54 können Sie eine Spannung (0-10 V) oder einen Strom (0-20 mA) als Eingangssignal auswählen.
- Stellen Sie Schalter S201 (Klemme 53) und S202 (Klemme 54) ein, um den Signaltyp auszuwählen. EIN bedeutet Strom, AUS bedeutet Spannung.
- Die Werkseinstellung von Klemme 53 ist Drehzahlsollwert ohne Rückführung
- Die Werkseinstellung von Klemme 54 ist Istwertsignal mit Rückführung

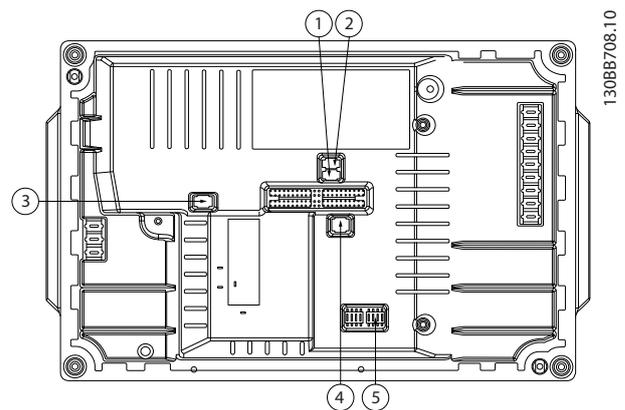


Abbildung 3.12 Position der DIP-Schalter

1	S201 - Klemme 53
2	S202 - Klemme 54
3	S801 - Standardbusabschluss
4	Profibus-Abschluss
5	Feldbusadresse

Tabelle 3.9 Legende

#### HINWEIS

Schalter 4 und 5 gelten nur für Frequenzumrichter mit Feldbus-Optionen.

### 3.4.1.3 Einfaches Verdrahtungsbeispiel

Verbinden Sie die Klemmen 27 und 37 wie in *Abbildung 3.13* gezeigt mit Klemmen 12/13 (+24 V).

Werkseinstellungen:

27=Motorfreilauf (inv.) 5-10 Klemme 18 Digitaleingang [2]

37=Sichere Abschaltung Motormoment (STO) invers

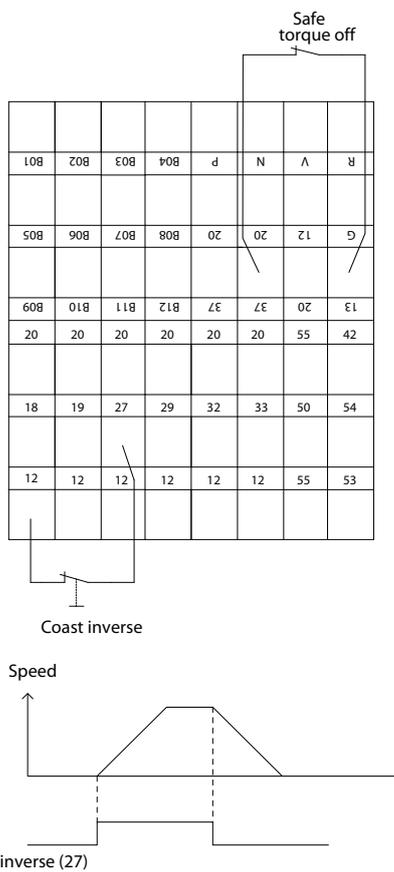


Abbildung 3.13 Einfaches Verdrahtungsbeispiel

## 3.4.1.4 Elektrische Installation, Steuerleitungen

3

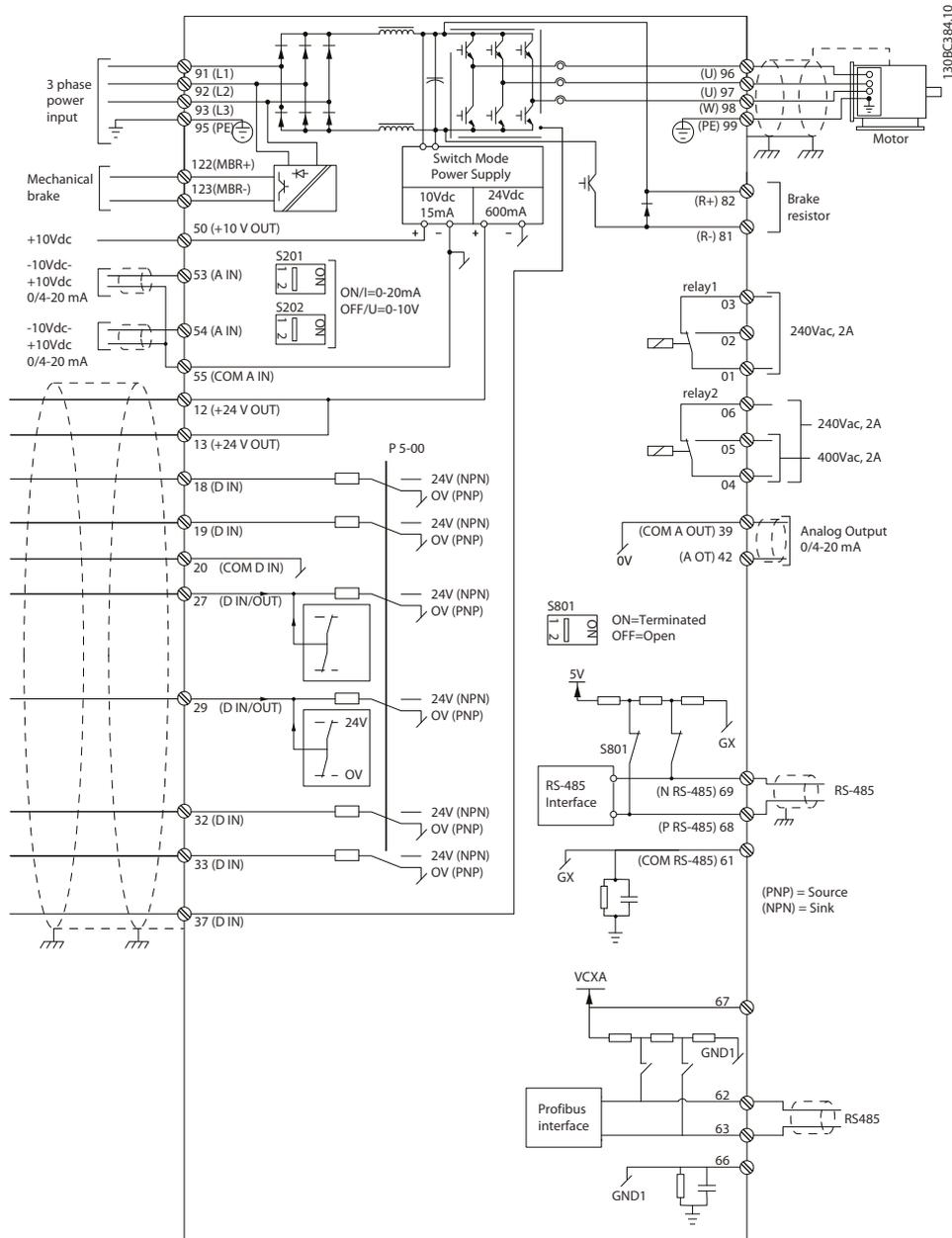


Abbildung 3.14 Elektrische Klemmen ohne Optionen

A=analog, D=digital

Klemme 37 wird für den sicheren Stopp verwendet.

Relais 2 hat keine Funktion, wenn der Frequenzumrichter einen Ausgang für eine mechanische Bremse hat.

Sehr lange Steuerleitungen und Analogsignale können in seltenen Fällen und je nach Installation infolge von Rauschen von den Netzstromkabeln zu 50-Hz-Brummschleifen führen. In diesem Fall sollten Sie testen, ob durch einseitiges Auflegen des Kabelschirms bzw. durch Verbinden des Kabelschirms über einen 100-nF-Kondensator mit Masse eine Besserung herbeigeführt werden kann. Schließen Sie die Digital- und Analogein- und -ausgänge aufgeteilt nach Signalart an die Bezugspotenziale (Klemme 20, 55, 39) an, um Fehlerströme auf dem Massepotenzial zu verhindern. Zum Beispiel kann durch Schalten am Digitaleingang das analoge Eingangssignal gestört werden.

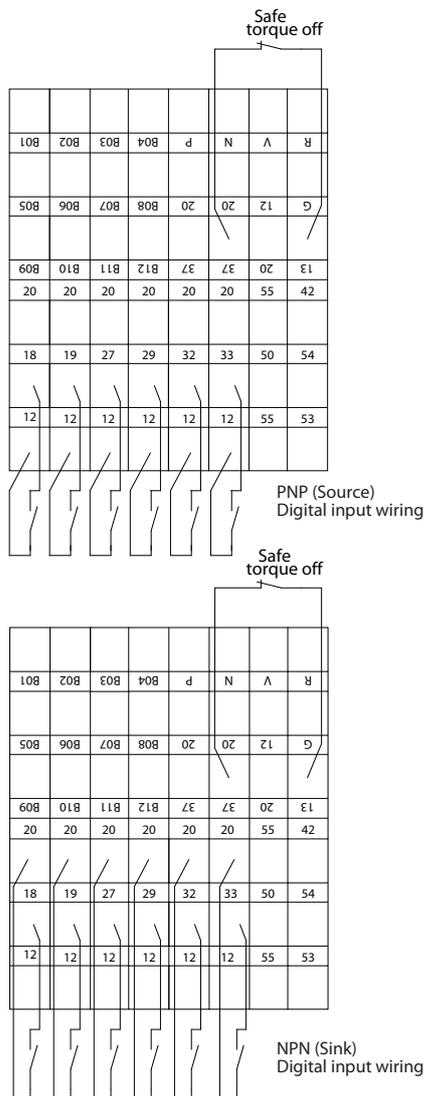


Abbildung 3.15 Eingangspolarität der Steuerklemmen

**HINWEIS**

Zur Einhaltung der Vorgaben zur EMV-Störaussendung müssen Sie das Kabel abschirmen. Bei Verwendung eines ungeschirmten Kabels siehe 2.2.2 EMV-Prüfergebnisse für weitere Informationen.

3.4.1.5 Relaisausgang

Der Relaisausgang mit den Klemmen 01, 02, 03 und 04, 05, 06 hat eine Kapazität von maximal 240 V AC, 2 A. Minimal 24 V DC, 10 mA oder 24 V AC, 100 mA. Kann zur Anzeige des Status und Warnungen verwendet werden. Die beiden Relais befinden sich auf der Installationskarte. Ihre Programmierung erfolgt durch Parametergruppe 5-4\*. Die Relais haben Kontakte der Form C, d. h. Wechselkontakte. Die Kontakte jedes Relais sind für eine maximale Last von 240 V AC bei 2 A ausgelegt.

**Relais 1**

- Klemme 01: Bezugspotenzial
- Klemme 02: Schließer 240 V AC
- Klemme 03: Öffner 240 V AC

**Relais 2**

- Klemme 04: Bezugspotenzial
- Klemme 05: Schließer 240 V AC
- Klemme 06: Öffner 240 V AC

Relais 1 und Relais 2 werden in 5-40 Relaisfunktion, 5-41 Ein Verzög., Relais und 5-42 Aus Verzög., Relais programmiert.

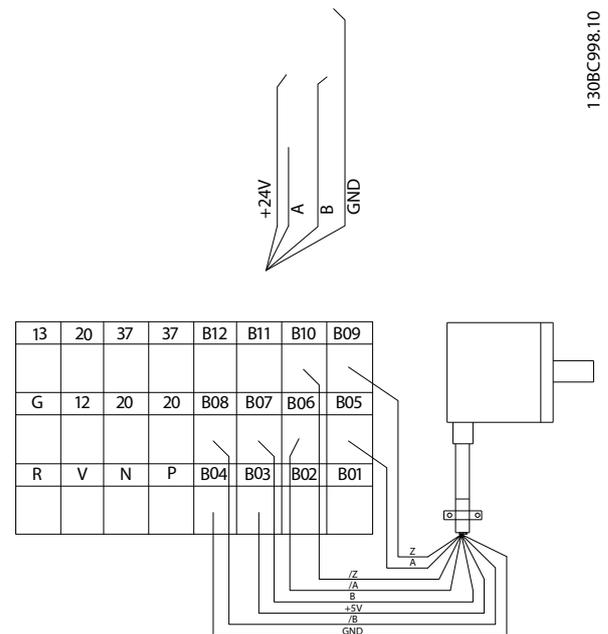


Abbildung 3.16 Relaisanschluss

3.4.2 Bremswiderstände

In bestimmten Anwendungen ist der Abbau kinetischer Energie erforderlich. Bei diesem Frequenzumrichter wird die Energie nicht in das Netz zurückgespeist. Stattdessen muss die kinetische Energie in Wärme umgewandelt werden und dies wird durch Bremsung mit einem Bremswiderstand erreicht.

In Anwendungen mit motorischem Bremsen wird Energie im Motor erzeugt und an den Frequenzumrichter zurückgegeben. Ist diese Energierückspeisung an den Motor nicht möglich, erhöht sich die Spannung im Zwischenkreis des Umrichters. In Anwendungen mit häufigem Bremsen oder hoher Trägheitsmasse kann diese Erhöhung zur Abschaltung des Umrichters aufgrund von Überlast führen. Bremswiderstände dienen zur Ableitung der Energie des DC-Zwischenkreises im Frequenzumrichter. Die Auswahl des Bremswiderstands erfolgt anhand seines ohmschen Widerstands, seiner Verlustleistung und seiner Größe. Danfoss Bremswiderstände sind in mehreren Ausführungen erhältlich, zur internen oder externen Montage am Frequenzumrichter. Bestellnummern finden Sie in *5.2.1 Bestellnummern: Zubehör*.

### 3.4.2.1 Bremswiderstände 10%

Bei Frequenzumrichtern mit der dynamischen Bremsoption ist ein Bremsen IGBT zusammen mit Klemmen 81 (R-) und 82 (R+) in jedem Wechselrichtermodul zum Anschluss an einen Bremswiderstand vorgesehen. Zur Verwendung als interner Bremswiderstand:

Bremswiderstand 1750 Ω 10 W/100%	Zum Einbau in einem Installationskasten unter Motorklemmen
Bremswiderstand 350 Ω 10 W/100%	Zum Einbau in einem Installationskasten unter Motorklemmen

Tabelle 3.10 Bremswiderstände 10%ver

### 3.4.2.2 Bremswiderstand 40%

Eine externe Anbringung des Bremswiderstand bietet die Vorteile, dass der Widerstand basierend auf Anwendungsanforderungen ausgewählt wird, die Energie aus dem Schaltschrank heraus leitet und den Frequenzumrichter vor Überhitzung schützt, falls der Bremswiderstand überlastet.

Nr.	81 (optionale Funktion)	82 (optionale Funktion)	Bremswiderstandsklemmen
	R-	R+	

Tabelle 3.11 Bremswiderstände 40%

- Das Verbindungskabel zum Bremswiderstand muss abgeschirmt sein. Schließen Sie die Abschirmung mit Kabelschellen am Metallgehäuse des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Bremswiderstands an.
- Dimensionieren Sie den Bremskabelquerschnitt passend zum Bremsmoment.

## 3.4.3 Besondere Betriebsbedingungen

Unter einigen besonderen Bedingungen, bei denen der Betrieb des Frequenzumrichters schwieriger ist, muss Leistungsreduzierung berücksichtigt werden. Bei bestimmten Bedingungen muss die Leistungsreduzierung manuell erfolgen.

Unter anderen Bedingungen führt der Frequenzumrichter bei Bedarf eine Leistungsreduzierung durch. Dies soll die richtige Leistung in kritischen Phasen sicherstellen, in denen die Alternative eine Abschaltung sein könnte.

### 3.4.3.1 Manuelle Leistungsreduzierung

Manuelle Leistungsreduzierung müssen Sie in folgenden Fällen in Betracht ziehen:

- Luftdruck – relevant für Installationen in Höhenlagen über 1 km
- Motordrehzahl – bei Dauerbetrieb mit niedriger Drehzahl in Anwendungen mit konstantem Drehmoment
- Umgebungstemperatur – relevant für Umgebungstemperaturen über 50 °C

Fragen Sie Danfoss nach dem Anwendungshinweis mit Tabellen und weiteren Erläuterungen. An dieser Stelle wird nur der Betrieb mit niedrigen Motordrehzahlen beschrieben.

### 3.4.3.2 Automatische Leistungsreduzierung

Der Frequenzumrichter prüft ständig, ob kritische Werte vorliegen:

- Kritisch 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 kritisch hohen internen Temperaturen und niedriger Motordrehzahl kann der Frequenzumrichter ebenfalls den PWM-Schaltmodus auf SFAVM setzen.

## HINWEIS

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

### 3.4.3 Leistungsreduzierung beim Betrieb mit niedriger Drehzahl

Ist ein Motor an einen Frequenzumrichter angeschlossen, müssen Sie prüfen, ob die Kühlung des Motors ausreicht. 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. In diesen Anwendungen kann sich ein Motor bei niedrigen Drehzahlen überhitzen, da ihm weniger Kühlluft von seinem integrierten Kühllüfter zugeführt wird. Soll der Motor kontinuierlich mit weniger als der Hälfte der Nenndrehzahl laufen, so müssen Sie dem Motor zusätzliche Kühlluft zuführen (oder es ist ein für diese Betriebsart geeigneter Motor zu verwenden). Alternativ können Sie auch die relative Belastung des Motors verringern, indem Sie einen größeren Motor einsetzen, was jedoch durch die Leistungsgröße des Frequenzumrichters eingeschränkt ist.

#### Anwendungen mit quadratischem Drehmoment (VT)

In Anwendungen mit variablem Drehmoment (z. B. Zentrifugalpumpen und Lüfter), in denen das Drehmoment in quadratischer und die Leistung in kubischer Beziehung zur Drehzahl steht, ist eine zusätzliche Kühlung oder Leistungsreduzierung des Motors nicht erforderlich. In *Abbildung 3.17* liegt die typische Kurve für das variable Drehmoment in allen Drehzahlbereichen unter dem maximalen Drehmoment bei Leistungsreduzierung und dem maximalen Drehmoment bei Zwangskühlung.

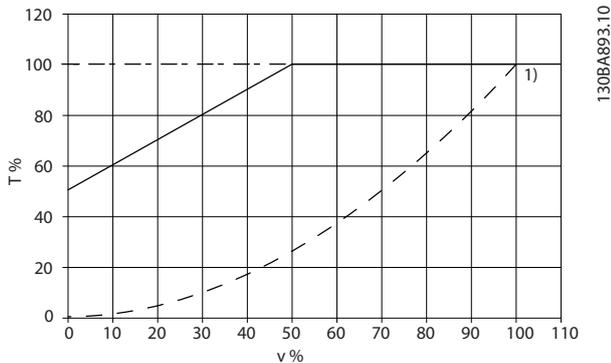


Abbildung 3.17 VT-Anwendungen - Max. Last eines Standardmotors bei 40 °C

Pos.	Bezeichnung
—	Maximales Drehmoment
- - - -	Typisches Drehmoment bei variabler Last

Tabelle 3.12 Legende - VT-Anwendungen

## HINWEIS

Im übersynchronen Drehzahlbetrieb nimmt das verfügbare Motordrehmoment umgekehrt proportional zur Drehzahlerhöhung ab. Dies müssen Sie in der Auslegungsphase beachten, um eine Motorüberlastung zu vermeiden.

### 3.4.4 EMV

#### 3.4.4.1 EMV-gerechte Verkabelung

Nachstehend sind Hinweise für eine EMV-gerechte Installation von Frequenzumrichtern aufgeführt. Bitte halten Sie sich an diese Vorgaben, wenn eine Einhaltung der *Ersten Umgebung* nach EN 61800-3 gefordert ist. Ist die Installation in einer *zweiten Umgebung* nach EN 61800-3 (Industriebereich) oder wird die Installation von einem eigenen Trafo versorgt, dürfen Sie von diesen Richtlinien abweichen. Dies wird jedoch nicht empfohlen. Siehe auch *1.4.3 CE-Kennzeichnung*, *2.2.1 Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen* und *2.2.2 EMV-Prüfergebnisse*.

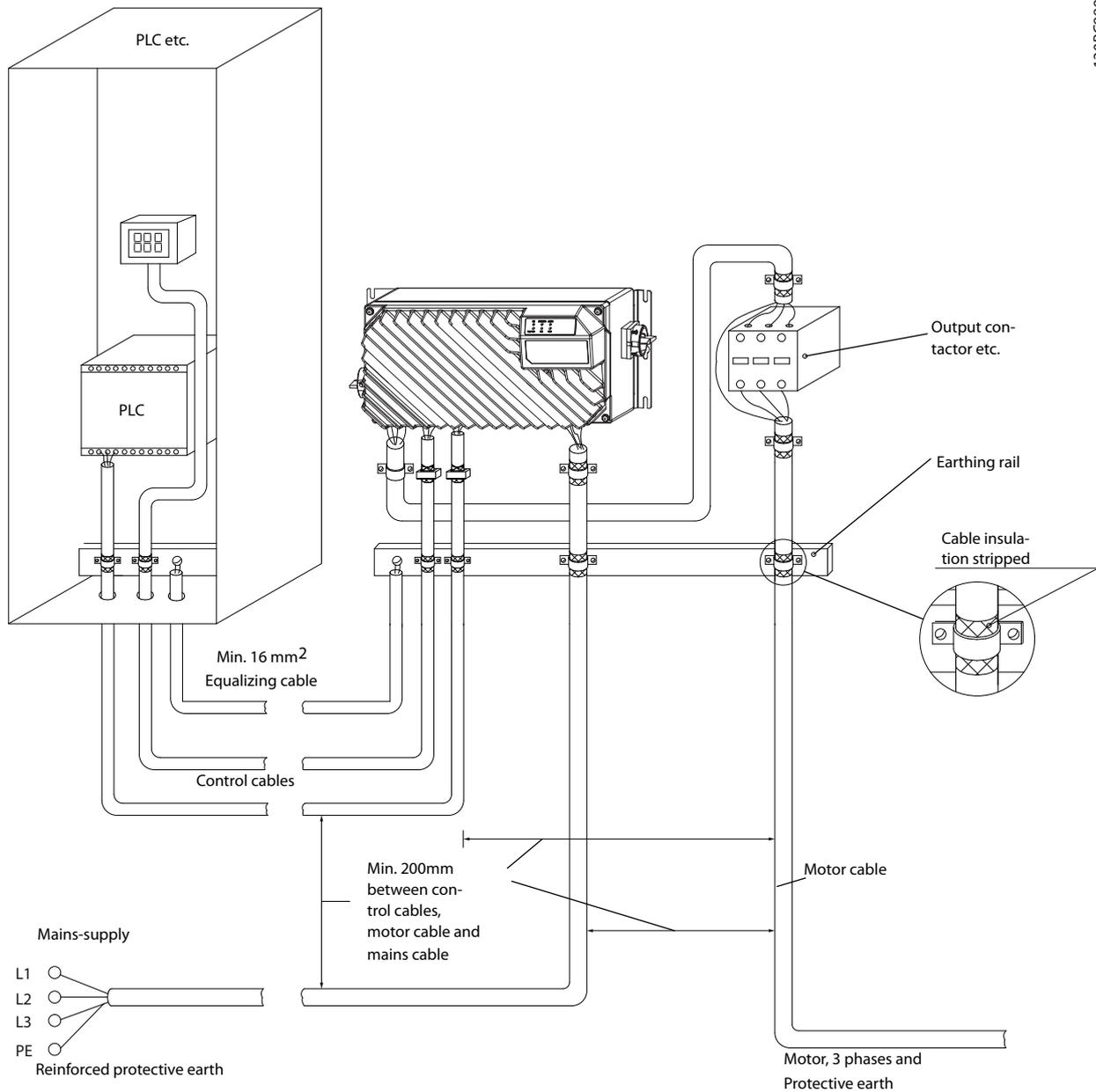
#### EMV-gerechte elektrische Installation:

- Benutzen Sie nur abgeschirmte Motorkabel und abgeschirmte Steuerkabel. Die Schirmabdeckung muss mindestens 80% betragen. Das Abschirmungsmaterial muss aus Metall - in der Regel Kupfer, Aluminium, Stahl oder Blei - bestehen. Für das Netzkabel gelten keine speziellen Anforderungen.
- Bei Installationen mit starren Metallrohren sind keine abgeschirmten Kabel erforderlich; das Motorkabel muss jedoch in einem anderen Installationsrohr als die Steuer- und Netzkabel installiert werden. Es ist ein durchgehendes Metallrohr vom Frequenzumrichter bis zum Motor erforderlich. Die EMV-Schirmwirkung flexibler Installationsrohre variiert sehr stark; hier sind entsprechende Herstellerangaben einzuholen.
- Erden Sie Abschirmung/Installationsrohr bei Motorkabel und Steuerleitungen beidseitig. In einigen Fällen ist es nicht möglich, die Abschirmung an beiden Enden anzuschließen (fehlender Potenzialausgleich). Schließen Sie in diesem Fall zumindest die Abschirmung am Frequenzumrichter an.
- Vermeiden Sie verdrehte Abschirmlitzen (sog. Pigtailes). Sie erhöhen die Impedanz der Abschirmung und beeinträchtigen so den Abschirmeffekt bei hohen Frequenzen. Verwenden Sie stattdessen niederohmige Kabelschellen oder EMV-Kabelanschlüsse.
- Verwenden Sie nach Möglichkeit in Schaltschränken ebenfalls nur abgeschirmte Motorkabel und Steuerleitungen.

Führen Sie die Abschirmung möglichst dicht an den elektrischen Anschluss.

Abbildung 3.18 zeigt ein Beispiel einer EMV-gerechten elektrischen Installation eines IP20-Frequenzumrichters. Er ist an eine SPS angeschlossen, die in einem separaten Schrank installiert ist. Auch andere Installationsweisen können ggf. eine ebenso gute EMV-Wirkung erzielen, sofern Sie die vorstehenden Hinweise für eine ordnungsgemäße Installation befolgt haben.

Wenn die Installation nicht gemäß den Vorgaben erfolgt oder wenn nicht abgeschirmte Kabel verwendet werden, können bestimmte Anforderungen hinsichtlich der Störausendung voraussichtlich nicht erfüllt werden, auch wenn die Anforderungen an die Störfestigkeit erfüllt bleiben. Siehe der Abschnitt 2.2.2 EMV-Prüfergebnisse.



130BC989.10

Abbildung 3.18 EMV-gerechte elektrische Installation eines Frequenzumrichters

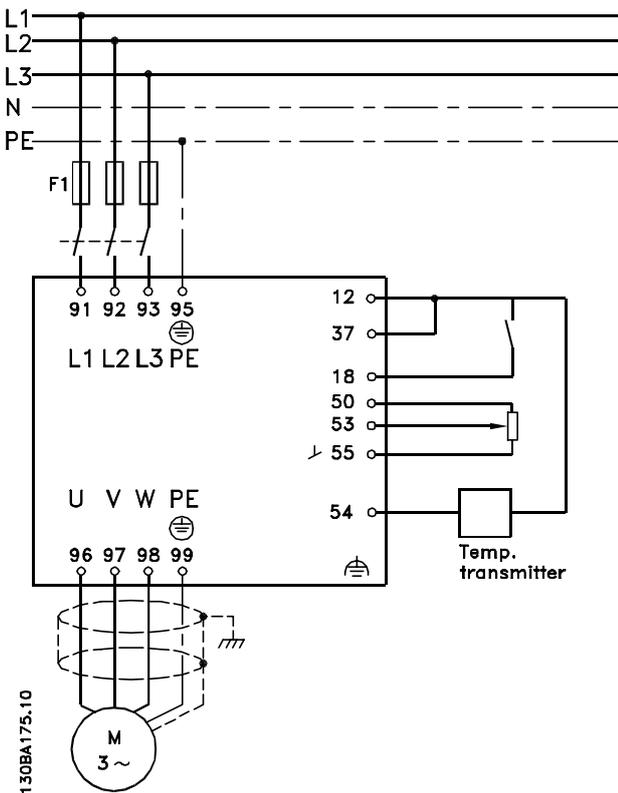


Abbildung 3.19 Elektrisches Anschlussdiagramm

### 3.4.4.2 Erdung abgeschirmter Steuerleitungen

#### Richtigste Abschirmung

Die bevorzugte Methode zur Abschirmung ist in den meisten Fällen die beidseitige Befestigung von Steuer- und seriellen Schnittstellenkabeln mit Schirmbügeln, um möglichst großflächigen Kontakt von Hochfrequenzkabeln zu erreichen.

Wenn das Massepotenzial zwischen Frequenzrichter und SPS abweicht, können elektrische Störungen des gesamten Systems auftreten. Schaffen Sie Abhilfe durch das Anbringen eines Potenzialausgleichskabels neben der Steuerleitung. Mindestkabelquerschnitt: 16 mm<sup>2</sup>.

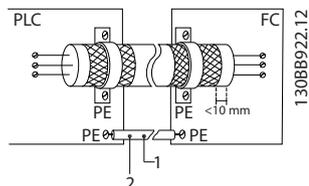


Abbildung 3.20 Abschirmung von Steuerleitungen

1	Min. 16 mm <sup>2</sup>
2	Potenzialausgleichskabel

Tabelle 3.13 Legende

#### 50-Hz-Brummschleifen

Bei sehr langen Steuerleitungen können Brummschleifen auftreten. Beheben Sie dieses Problem durch Anschluss eines Schirmendes an Erde über einen 100-nF-Kondensator (mit möglichst kurzen Leitungen).

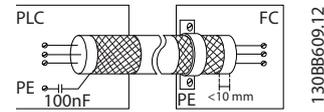


Abbildung 3.21 Abschirmung für 50-Hz-Brummschleifen

#### Vermeidung von EMV-Störungen auf der seriellen Kommunikation

Diese Klemme ist über die interne RC-Verbindung an die Erdung angeschlossen. Verwenden Sie Twisted-Pair-Kabel zur Reduzierung von Störungen zwischen Leitern. Die empfohlene Methode ist in *Abbildung 3.22* dargestellt.

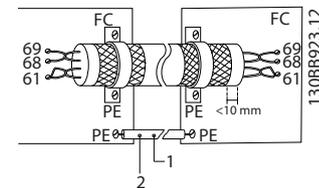


Abbildung 3.22 Abschirmung zur Vermeidung von EMV-Störungen, serielle Kommunikation

1	Min. 16 mm <sup>2</sup>
2	Potenzialausgleichskabel

Tabelle 3.14 Legende

Alternativ können Sie die Verbindung zu Klemme 61 lösen:

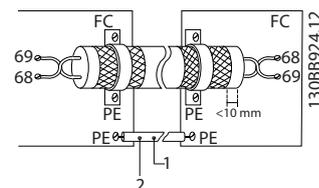


Abbildung 3.23 Abschirmung zur Vermeidung von EMV-Störungen, serielle Kommunikation, ohne Klemme 61

1	Min. 16 mm <sup>2</sup>
2	Potenzialausgleichskabel

Tabelle 3.15 Legende

### 3.4.4.3 EMV-Schalter

#### Ungeerdete Netzversorgung

Wird der Frequenzrichter von einer isolierten Netzstromquelle (IT-Netz, potenzialfreie Dreieckschaltung und geerdete Dreieckschaltung) oder TT/TNS-Netz mit

geerdetem Zweig versorgt, stellen Sie den EMV-Schalter über 14-50 EMV-Filter auf [Aus] zu stellen.

Stellen Sie andernfalls 14-50 EMV-Filter auf [Ein].

Weitere Informationen finden Sie in:

- IEC 364-3
- Anwendungshinweis *VLT am IT-Netz, MN90C*. Es ist wichtig, Isolationsmonitore zu verwenden, die zusammen mit der Leistungselektronik (IEC 61557-8) einsetzbar sind.

### 3.4.5 Störungen in der Netzversorgung/ Oberwellen

#### 3.4.5.1 Netzurückwirkungen/Oberwellen

Ein Frequenzumrichter nimmt vom Netz einen nicht sinusförmigen Strom auf, der den Eingangsstrom  $I_{RMS}$  erhöht. Nicht sinusförmige Ströme können mit Hilfe einer Fourier-Analyse in Sinusströme verschiedener Frequenz zerlegt (d. h. in verschiedene harmonische Ströme  $I_N$  mit einer Grundfrequenz von 50 Hz) zerlegt werden:

Oberwellenströme	$I_1$	$I_5$	$I_7$
Hz	50 Hz	250 Hz	350 Hz

Tabelle 3.16 Oberwellenströme

Die Oberschwingungen beeinträchtigen nicht direkt die Leistungsaufnahme, sie erhöhen jedoch die Wärmeverluste in der Anlage (Transformator, Kabel). Bei Anlagen mit einem relativ hohen Anteil an Gleichrichterlasten ist es deshalb wichtig, die Oberschwingungen auf einem niedrigen Pegel zu halten, um eine Überlastung des Transformators und zu hohe Temperaturen in den Leitungen zu vermeiden.

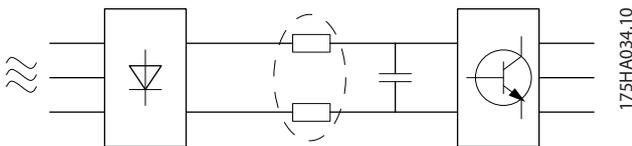


Abbildung 3.24 Zwischenkreisdrosseln

## HINWEIS

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

	Eingangsstrom
$I_{RMS}$	1,0
$I_1$	0,9
$I_5$	0,4
$I_7$	0,2
$I_{11-49}$	<0,1

Tabelle 3.17 Oberwellenströme verglichen mit dem RMS-Eingangsstrom

Um die Netzurückwirkung gering zu halten, sind Frequenzumrichter bereits serienmäßig mit Drosseln im Zwischenkreis ausgestattet. Zwischenkreisdrosseln verringern die gesamte Spannungsverzerrung THD um 40%.

#### 3.4.5.2 Einfluss von Oberschwingungen in einer Energieverteilungsanlage

In *Abbildung 3.25* 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 Verknüpfungspunkt, an dem alle Verbraucher angeschaltet sind, ist PCC2. Jeder Verbraucher wird durch Kabel mit einer Impedanz  $Z_1, Z_2, Z_3$  angeschlossen.

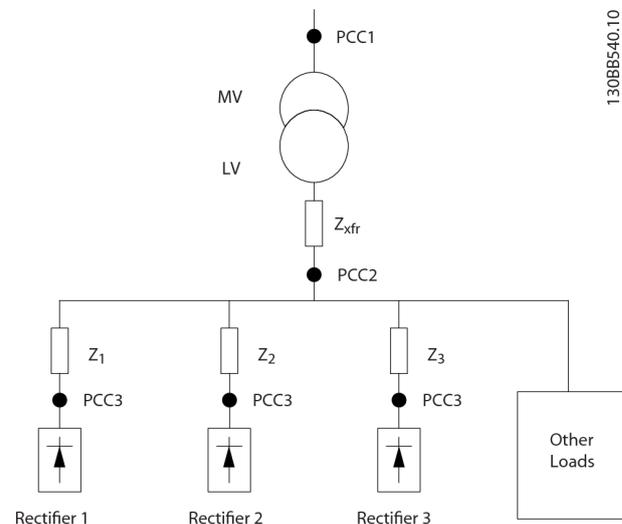


Abbildung 3.25 Kleine Verteilungsanlage

Von nicht linearen Lasten aufgenommene Oberwellenströme führen durch den Spannungsabfall an den Impedanzen des Verteilungssystems 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 vorherzusagen zu können, muss die Konfiguration des Verteilungssystems und die entsprechenden Impedanzen bekannt sein.

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

$$R_{s_{ce}} = \frac{S_{ce}}{S_{equ}}$$

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

**Die störende Wirkung von Oberschwingungen hat zwei Faktoren**

- Oberwellenströme tragen zu Systemverlusten bei (in Verkabelung, Transformator)
- Spannungsverzerrung durch Oberschwingungen führt zu Störungen anderer Lasten und erhöht Verluste in anderen Lasten

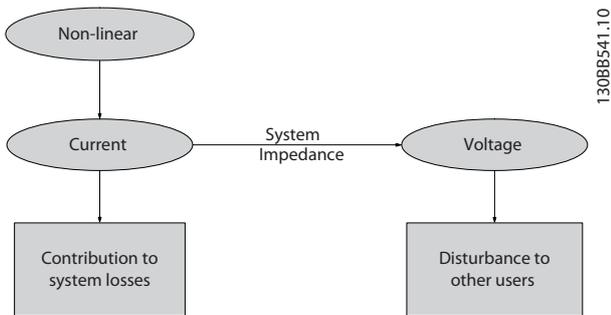


Abbildung 3.26 Störende Wirkungen von Oberschwingungen

**3.4.5.3 Normen und Anforderungen zur Oberschwingungsbegrenzung**

Die Anforderungen an die Oberschwingungsbegrenzungen können:

- anwendungsspezifische Anforderungen
- einzuhaltende Normen sein

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

Beispiel: Ein 250-kVA-Transformator mit zwei angeschlossenen 110-kW-Motoren reicht aus, wenn einer der Motoren direkt an das Netz geschaltet und der andere über einen Frequenzumrichter gespeist wird. Der Transformator ist jedoch unterdimensioniert, wenn beide Motoren über Frequenzumrichter gespeist werden. Durch Verwendung zusätzlicher Maßnahmen zur Oberschwingungsreduzierung in der Anlage oder 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 *AHF-Projektierungshandbuch 005/010, MG80C*.

**3.4.5.4 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 Netzrückwirkungen. Diese sind:

- VLT 12-pulsige Frequenzumrichter
- VLT AHF-Filter
- VLT Low Harmonic Drives
- VLT Aktive Filter

Die Wahl der richtigen Lösung hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Das Stromnetz (Hintergrundverzerrung, Netzunsymmetrie, Resonanz und Art der Versorgung (Transformator/Generator))
- Anwendung (Lastprofil, Anzahl Lasten und Lastgröße)
- Örtliche/nationale Anforderungen/Vorschriften (IEEE519, IEC, G5/4 usw.)
- Total Cost of Ownership (Anschaffungskosten, Wirkungsgrad, Wartung usw.)

**3.4.5.5 Oberschwingungsberechnung**

Die Danfoss MCT31 Berechnungssoftware kann das Maß an Spannungsverzerrung am Netz sowie notwendige Gegenmaßnahmen bestimmen. Die Berechnungssoftware VLT® Harmonic Calculation MCT 31 können Sie kostenlos unter [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com) herunterladen. Die Software ist äußerst benutzerfreundlich ausgelegt und beschränkt sich nur auf Systemparameter, die normalerweise zugänglich sind.

Je nach Anforderung der örtlichen Sicherheitsbestimmungen kann als zusätzliche Schutzmaßnahme eine Mehrfach-Schutzerdung, Nullung oder Einsatz eines FI-Schutzschalters (Fehlerstromschutzschalter) vorgeschrieben sein.

Bei einem Erdschluss kann im Fehlerstrom ein Gleichstromanteil enthalten sein.

Fehlstromschutzschalter sind gemäß den örtlichen Vorschriften anzuwenden. Der verwendete Schutzschalter muss für die Absicherung von Geräten mit dreiphasiger Gleichrichterbrücke (Typ B) und für einen kurzzeitigen Impulsstrom im Einschaltmoment zugelassen sein. Siehe auch Abschnitt 2.4 *Ableitstrom gegen Erde*.

### 3.4.6 Erste Inbetriebnahme und Test

#### 3.4.6.1 Isolationsprüfung

Eine Isolationsprüfung darf nur nach Kurzschließen der Anschlüsse U, V, W, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> und L<sub>3</sub> für maximal 1 Sekunde langes Anlegen von max. 2,15 kV DC bei 380-500-V-Frequenzumrichtern zwischen dieser Verbindung und der Masse erfolgen.

#### **⚠️ WARNUNG**

Wird ein Isolationstest mit einer höheren Spannung als der oben angegebenen Spannung durchgeführt (beispielsweise Test der gesamten Anlage), so sind Netz- und Motoranschluss vom Frequenzumrichter abzuklemmen!

#### 3.4.6.2 Erdung

Sie müssen folgende grundlegende Punkte bei der Installation eines Frequenzumrichters beachten, um die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) sicherzustellen.

- Schutzerdung: Beachten Sie, dass der Frequenzumrichter einen hohen Ableitstrom hat und aus Sicherheitsgründen richtig geerdet werden muss. Wenden Sie geltende Sicherheitsvorschriften an.
- Hochfrequenzerdung: Halten Sie die Erdungsleiterverbindungen so kurz wie möglich.

Schließen Sie die verschiedenen Erdungssysteme mit geringstmöglicher Kabelimpedanz an. Die geringstmögliche Leiterimpedanz ergibt sich bei Verwendung möglichst kurzer Motorkabel mit möglichst großer Leiteroberfläche.

Die Metallgehäuse der verschiedenen Geräte werden mit geringstmöglicher HF-Impedanz an der Schrankrückwand montiert. Dies vermeidet, unterschiedliche HF-Spannungen für die einzelnen Geräte und vermeidet ebenfalls die Gefahr von Funkstörströmen, die in Verbindungskabeln auftreten, die Sie zwischen den Geräten verwenden. Funkstörungen werden reduziert.

Verwenden Sie zum Erreichen einer niedrigen HF-Impedanz die Befestigungsschrauben der Geräte als HF-Verbindungen zur Rückwand. Es ist dabei notwendig, den isolierenden Lack oder Sonstiges von den Befestigungspunkten zu entfernen.

#### 3.4.6.3 Schutzerdung

Der Frequenzumrichter weist hohe Ableitströme auf und ist deshalb aus Sicherheitsgründen gemäß IEC 61800-5-1 zu erden.

#### **⚠️ WARNUNG**

Der Erdableitstrom des Frequenzumrichters übersteigt 3,5 mA. Um einen guten mechanischen Anschluss des Erdungskabels an Erde (Klemme 95) sicherzustellen, muss z. B. der Kabelquerschnitt mindestens 10 mm<sup>2</sup> betragen oder es müssen 2 getrennt verlegte Erdungskabel verwendet werden.

#### 3.4.6.4 Erste Inbetriebnahme und Test

Gehen Sie folgendermaßen vor, um die Konfiguration zu testen und sicherzustellen, dass der Frequenzumrichter funktioniert.

1. Schritt. Überprüfen Sie das Motor-Typenschild.

#### HINWEIS

Der Motor ist entweder im Stern (Y) oder im Dreieck (Δ) geschaltet. Diese Information ist auf dem Motor-Typenschild zu finden.

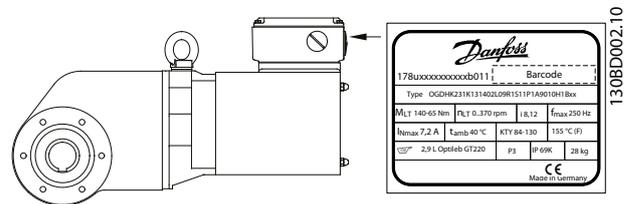


Abbildung 3.27 Position des Motor-Typenschildes

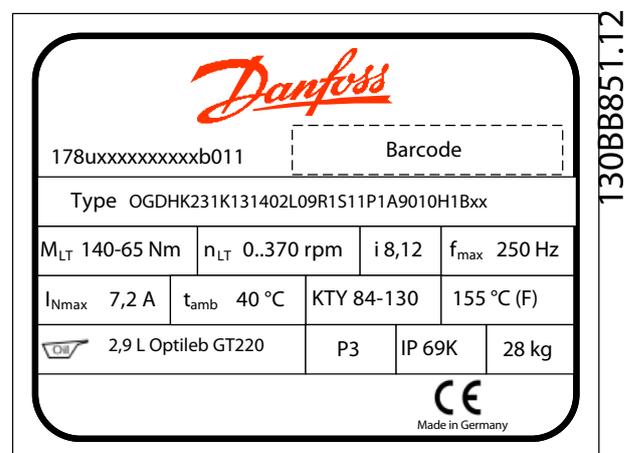


Abbildung 3.28 Typenschild

## 2. Schritt. Überprüfen Sie die Motor-Typenschilddaten in dieser Parameterliste.

Um diese Liste aufzurufen, drücken Sie erst die Taste [Quick Menu] am LCP und wählen Sie dann „Q2 Inbetriebnahme-Menü“.

1. 1-20 Motornennleistung [kW]  
1-21 Motornennleistung [PS]
2. 1-22 Motornennspannung
3. 1-23 Motornennfrequenz
4. 1-24 Motornennstrom
5. 1-25 Motornennzahl

## 3. Schritt. Wählen Sie OGD-Motordaten.

1. Stellen Sie 1-11 Motor Model auf „Danfoss OGD LA10“.

## 4. Schritt. Stellen Sie Drehzahlgrenzen und Rampenzeiten ein.

Stellen Sie die gewünschten Grenzwerte für Drehzahl und Rampenzeit ein:

- 3-02 Minimaler Sollwert
- 3-03 Maximaler Sollwert
- 4-11 Min. Drehzahl [UPM] oder 4-12 Min. Frequenz [Hz]
- 4-13 Max. Drehzahl [UPM] oder 4-14 Max Frequenz [Hz]
- 3-41 Rampenzeit Auf 1
- 3-42 Rampenzeit Ab 1

## 3.5 Umgebungsbedingungen

### 3.5.1 Luftfeuchtigkeit

Der Frequenzumrichter ist so konstruiert, dass er der Norm IEC/EN 60068-2-3, EN 50178 Pkt. 9.4.2.2 bei 50 °C entspricht.

### 3.5.2 Aggressive Umgebungsbedingungen

Ein Frequenzumrichter enthält zahlreiche mechanische und elektronische Bauteile. Alle reagieren mehr oder weniger empfindlich auf Umwelteinflüsse.

## **⚠ VORSICHT**

**Der Frequenzumrichter darf daher nicht in Umgebungen installiert werden, deren Atmosphäre Flüssigkeiten, Stäube oder Gase enthält, die die elektronischen Bauteile beeinflussen oder beschädigen können. Werden in solchen Fällen nicht die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen, so verkürzt sich die Lebensdauer des Frequenzumrichters und es erhöht sich das Risiko von Ausfällen.**

## Schutzart gemäß IEC 60529

Die Funktion „Sicherer Stopp“ darf nur in einem Schalt-schrank mit Schutzart IP54 oder höher (oder vergleichbar) installiert und betrieben werden. Dies soll Querschlüsse und Kurzschlüsse zwischen Klemmen, Anschlüssen, Strombahnen und sicherheitsbezogenen Schaltungen durch Fremdojekte vermeiden.

Flüssigkeiten können sich schwebend in der Luft befinden und im Frequenzumrichter kondensieren. Dadurch können Bauteile und Metallteile korrodieren. Dampf, Öl und Salzwasser können ebenfalls zur Korrosion von Bauteilen und Metallteilen führen. Für solche Umgebungen empfehlen sich Geräte gemäß Schutzart IP54/55. Als zusätzlicher Schutz können als Option lackierte Platinen bestellt werden.

Schwebende Partikel, wie z. B. Staub, können zu mechanisch, elektrisch oder thermisch bedingten Ausfällen des Frequenzumrichters führen. Eine Staubschicht auf dem Ventilator des Gerätes ist ein typisches Anzeichen für einen hohen Grad an Schwebepartikeln. In sehr staubiger Umgebung sind Geräte gemäß Schutzart IP54/55 oder ein zusätzliches Schutzgehäuse für IP00/IP20-Geräte zu empfehlen.

In Umgebungen mit hohen Temperaturen und viel Feuchtigkeit lösen korrosionsfördernde Gase, z. B. Schwefel, Stickstoff und Chlorgemische, chemische Prozesse aus, die sich auf die Bauteile des Frequenzumrichters auswirken.

Derartige chemischen Reaktionen können die elektronischen Bauteile sehr schnell in Mitleidenschaft ziehen und zerstören. In solchen Umgebungen empfiehlt es sich, die Geräte in einen extern belüfteten Schrank einzubauen, sodass die aggressiven Gase vom Frequenzumrichter fern gehalten werden.

Als zusätzlicher Schutz in solchen Bereichen kann ebenfalls eine Lackierung der Platinen als Option bestellt werden.

## HINWEIS

**Die Aufstellung eines Frequenzumrichters in aggressiver Umgebung verkürzt die Lebensdauer des Geräts erheblich und erhöht das Risiko von Ausfällen.**

Vor der Installation des Frequenzumrichters muss die Umgebungsluft auf Flüssigkeiten, Stäube und Gase geprüft werden. Dies kann z. B. geschehen, indem man bereits vorhandene Installationen am betreffenden Ort näher in Augenschein nimmt. Typische Anzeichen für einen schädigenden Umgebungseinfluss sind an Metallteilen haftendes Wasser, Öl oder Korrosionsbildung an Metallteilen.

Übermäßige Mengen Staub finden sich häufig an Gehäusen und vorhandenen elektrischen Anlagen. Ein

Anzeichen für aggressive Gase sind Schwarzverfärbungen von Kupferschienen und Kabelenden in vorhandenen Anlagen.

Bauformen D und E haben eine Kühlkanaloption aus Edelstahl, um zusätzlichen Schutz unter aggressiven Umgebungsbedingungen zu bieten. Für eine ausreichende Belüftung für die Innenbauteile des Frequenzumrichters muss weiterhin gesorgt werden. Fragen Sie Danfoss nach weiteren Informationen.

### 3.5.3 Vibrationen und Erschütterungen

Der Frequenzumrichter wurde nach Verfahren gemäß der folgenden Normen geprüft:

Der Frequenzumrichter entspricht den Anforderungen für die Bedingungen bei Montage des Geräts an Wänden, in Maschinengestellen oder Schaltschränken.

- IEC/EN 60068-2-6: Vibration (sinusförmig) - 1970
- IEC/EN 60068-2-64: Vibration, Breitband regellos

### 3.5.4 Störgeräusche

**Störgeräusche von Frequenzumrichtern haben drei Ursachen:**

1. DC-Zwischenkreisdrosseln
2. Eingebaute Kühllüfter
3. EMV-Filterdrossel

Angaben zu Störgeräuschen finden Sie in *6 Technische Daten*.

## 4 Anwendungsbeispiele

Die Beispiele in diesem Abschnitt sollen als Schnellreferenz für häufige Anwendungen dienen.

- Parametereinstellungen sind die regionalen Werkseinstellungen, sofern nicht anders angegeben (in *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

Um den Frequenzumrichter in Werkseinstellung zu betreiben, benötigen Sie ggf. Drahtbrücken zwischen Klemme 12 (oder 13) und Klemme 27. Nähere Angaben finden Sie in *4.9.1.1 Klemme 37 – Funktion „Sicherer Stopp“*.

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	1-29 Autom. Motoranpassung	[1] Komplette Anpassung
D IN	19		
COM	20	5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[2]* Ohne Funktion
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		
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Sie müssen Parametergruppe 1-2* entsprechend dem Motor einstellen	

Tabelle 4.1 AMA mit angeschlossener Kl. 27

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27	1-29 Autom. Motoranpassung	[1] Komplette Anpassung
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		
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Sie müssen Parametergruppe 1-2* entsprechend dem Motor einstellen	

Tabelle 4.2 AMA ohne angeschlossene Kl. 27

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+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	6-10 Klemme 53 Skal.	
A IN	54	Min.Spannung	0,07 V*
COM	55	6-11 Klemme 53 Skal.	10 V*
A OUT	42	Max.Spannung	
COM	39	6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert	0 UPM
		6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert	1500 UPM
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 4.3 Analoger Drehzahlsollwert (Spannung)

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	6-12 Klemme 53	4 mA*
D IN	19	Skal. Min.Strom	
COM	20	6-13 Klemme 53	20 mA*
D IN	27	Skal. Max.Strom	
D IN	29	6-14 Klemme 53	0 UPM
D IN	32	Skal. Min.-Soll/	
D IN	33	Istwert	
D IN	37	6-15 Klemme 53	1500 UPM
		Skal. Max.-Soll/	
		Istwert	
*=Werkseinstellung			
<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>			

Tabelle 4.4 Analoger Drehzahlsollwert (Strom)

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	5-10 Klemme 18	[8] Start*
D IN	19	Digitaleingang	
COM	20	5-12 Klemme 27	[0] Ohne
D IN	27	Digitaleingang	Funktion
D IN	29	5-19 Klemme 37	[1] S.Stopp/
D IN	32	Sicherer Stopp	Alarm
D IN	33		
D IN	37		
*=Werkseinstellung			
<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>			

Tabelle 4.5 Start-/Stopp-Befehl mit sicherem Stopp

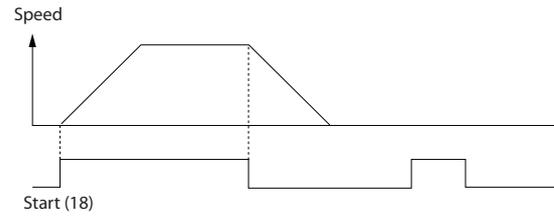


Abbildung 4.1 Start-/Stopp-Befehl mit sicherem Stopp

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	5-10 Klemme 18	[9] Puls-Start
D IN	19	Digitaleingang	
COM	20	5-12 Klemme 27	[6] Stopp
D IN	27	Digitaleingang	(invers)
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
*=Werkseinstellung			
<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>			
Wenn 5-12 Klemme 27 Digital-eingang auf [0] Ohne Funktion programmiert ist, wird keine Drahtbrücke zu Klemme 27 benötigt.			

Tabelle 4.6 Puls-Start/Stop

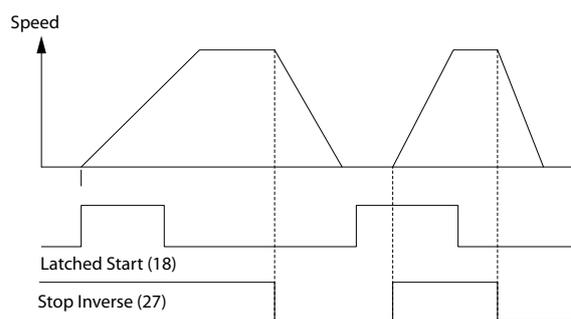


Abbildung 4.2 Puls-Start/Stop

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start
		5-11 Klemme 19 Digitaleingang	[10] Reversierung*
		5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
		5-14 Klemme 32 Digitaleingang	[16] Festsollwert Bit 0
		5-15 Klemme 33 Digitaleingang	[17] Festsollwert Bit 1
		3-10 Festsollwert	Festsollwert 0 25% Festsollwert 1 50% Festsollwert 2 75% Festsollwert 3 100%
		* = Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 4.7 Start/Stop mit Reversierung und 4 voreingestellten Drehzahlen

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		5-11 Klemme 19 Digitaleingang	[1] Alarm quittieren
		* = Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 4.8 Externe Alarmquittierung

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung	0,07 V*
		6-11 Klemme 53 Skal.	10 V*
		6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/ Istwert	0 UPM
		6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/ Istwert	1500 UPM
		* = Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 4.9 Drehzahlsollwert (über ein manuelles Potenziometer)

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
		5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[19] Sollw. speich.
		5-13 Klemme 29 Digitaleingang	[21] Drehzahl auf
		5-14 Klemme 32 Digitaleingang	[22] Drehzahl ab
		* = Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 4.10 Drehzahlkorrektur auf/ab

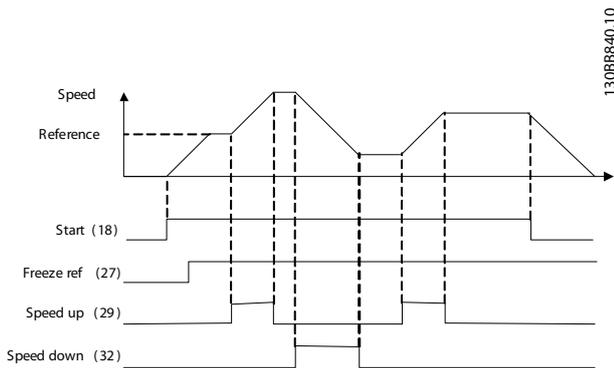


Abbildung 4.3 Drehzahlkorrektur auf/ab

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	8-30 FC-Protokoll	FC-Profil*
D IN	19	8-31 Adresse	1*
D IN	37	8-32 Baudrate	9600*
*=Werkseinstellung			
<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>			
Wählen Sie in den oben genannten Parametern Protokoll, Adresse und Baudrate.			
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		
R1	01		
	02		
	03		
R2	04		
	05		
	06		
	61		
	68		
	69		

130BB685.10

RS-485

Tabelle 4.11 RS485-Netzwerkverbindung

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12		
+24 V	13		
D IN	18	1-90 Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor-Abschalt.
D IN	19		
COM	20		
D IN	27	1-93 Thermistoranschluss	[1] Analogeingang 53
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
*=Werkseinstellung			
<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>			
Wenn nur eine Warnung gewünscht wird, sollten Sie 1-90 Thermischer Motorschutz auf [1] Thermistor Warnung programmieren.			
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
U-I			
A53			

130BB686.11

Tabelle 4.12 Motorthermistor

## VORSICHT

Thermistoren müssen verstärkt oder zweifach isoliert werden, um die PELV-Anforderungen zu erfüllen.

		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
FC				
+24 V	12	130BB839.10	4-30 Drehgeberüberwachung Funktion	[1] Warnung
+24 V	13		4-31 Drehgeber max. Fehlabweichung	100RPM
D IN	18		4-32 Drehgeber Timeout-Zeit	5 s
D IN	19		7-00 Drehgeber-rückführung	[2] MCB 102
COM	20		17-11 Inkremental Auflösung [Pulse/U]	1024*
D IN	27		13-00 Smart Logic Controller	[1] Ein
D IN	29		13-01 SL-Controller Start	[19] Warnung
D IN	32		13-02 SL-Controller Stopp	[44] [Reset]-Taste
D IN	33		13-10 Vergleich-Operand	[21] Nr. der Warnung
D IN	37		13-11 Vergleich-Funktion	[1] ≈*
+10 V	50	13-12 Vergleich-Wert	90	
A IN	53	13-51 SL-Controller Ereignis	[22] Vergleich 0	
A IN	54	13-52 SL-Controller Aktion	[32] Digitalausgang A-AUS	
COM	55	5-40 Relaisfunktion	[80] SL-Digitalausgang A	
A OUT	42	* = Werkseinstellung		
COM	39	<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Wenn der Grenzwert der Drehgeberüberwachung überschritten wird, gibt der Frequenzrichter Warnung 90 aus. Der SLC überwacht Warnung 90 WAHR, und wenn Warnung 90 WAHR wird, löst dies Relais 1 aus. Externe Geräte können dann anzeigen, dass ggf. eine Wartung erforderlich ist. Wenn der Istwertfehler innerhalb von 5 s wieder unter diese Grenze fällt, läuft der Frequenzrichter weiter, und die Warnung wird ausgeblendet. Relais 1 bleibt hingegen ausgelöst, bis Sie [Reset] auf dem LCP drücken.		

Tabelle 4.13 Verwendung von SLC zur Einstellung eines Relais

		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
FC				
+24 V	12	130BB841.10	5-40 Relaisfunktion	[32] Mech. Bremse
+24 V	13		5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
D IN	18		5-11 Klemme 19 Digitaleingang	[11] Start + Reversierung
D IN	19		1-71 Startverzög.	0,2
COM	20		1-72 Startfunktion	[5] VVC <sup>plus</sup> /FLUX Re.
D IN	27		1-76 Startstrom	I <sub>M,N</sub>
D IN	29		2-20 Bremse öffnen bei Motorstrom	Anw.-abhängig
D IN	32		2-21 Bremse schliessen bei Motordrehzahl	Hälfte des Nennschlupfs des Motors
D IN	33		* = Werkseinstellung	
D IN	37		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 4.14 Mechanische Bremssteuerung

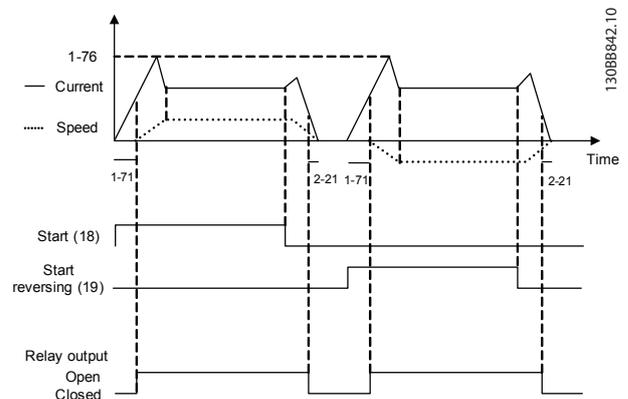
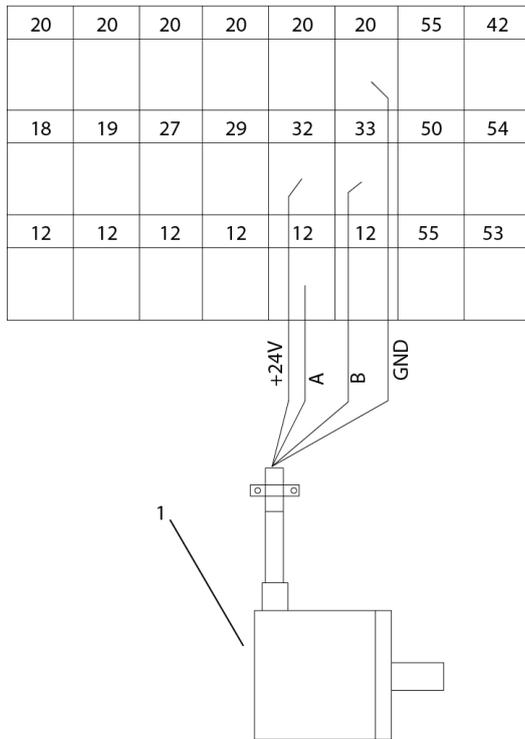


Abbildung 4.4 Mechanische Bremssteuerung

### 4.1 Drehgeberverbindung

Diese Anleitung soll die Konfiguration der Drehgeberverbindung mit dem Frequenzumrichter erleichtern. Vor der Konfiguration des Drehgebers werden die Grundeinstellungen für eine Drehzahlregelung mit Rückführung gezeigt.



130BC995.10

Abbildung 4.5 Drehgeberverbindung zum Frequenzumrichter

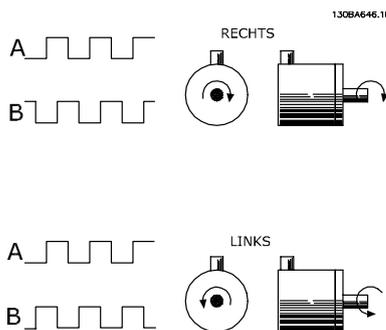


Abbildung 4.6 24-V-Inkrementalgeber mit maximaler Kabellänge 5 m

### 4.2 Drehgeber-Drehrichtung

Die Drehrichtung des Drehgebers hängt von der Auswertung der Pulse durch den Frequenzumrichter ab. Rechtsdrehend bedeutet, Kanal A eilt Kanal B um 90 Grad vor. Linksdrehend bedeutet, Kanal B eilt Kanal A um 90 Grad vor.

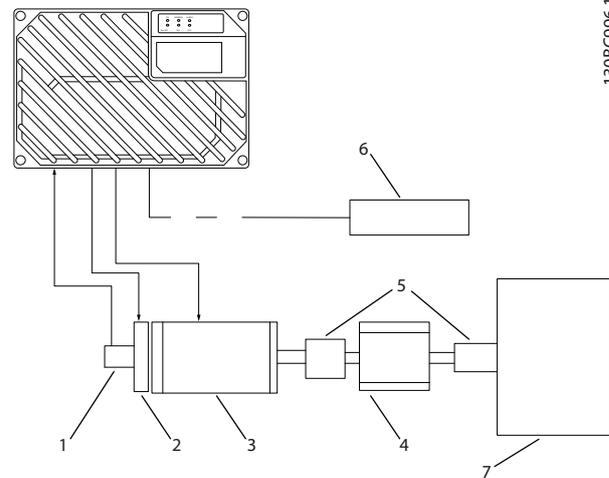
Die Drehrichtung bezieht sich auf den Blick von vorne auf das Wellenende.

### 4.3 Frequenzumrichter mit PID-Regelung (Drehzahl-Istwertrückführung)

Ein Frequenzumrichtersystem mit PID-Regelung besteht in der Regel aus Elementen wie:

- Motor
- Zusatz (Getriebe) (Mechanische Bremse)
- Frequenzumrichter
- Drehgeber als Rückführung
- Bremswiderstand für dynamisches Bremsen
- Kupplungen
- Last (Verbraucher)

Anwendungen mit mechanischer Bremsansteuerung erfordern häufig auch einen Bremswiderstand für generatisches Bremsen.



130BC996.10

Abbildung 4.7 Basiseinstellung für Drehzahlregelung mit Istwertrückführung

Pos.	Bezeichnung
1	Drehgeber-
2	Mechanische Bremse
3	Motor
4	Getriebe
5	Kupplungen
6	Bremswiderstand
7	Last (Verbraucher)

Tabelle 4.15 Legende

## 4.4 PID-Regelung

### 4.4.1 PID-Drehzahlregelung

1-00 Regelverfahren	1-01 Steuerprinzip			
	U/f	VVC <sup>plus</sup>	Fluxvektor ohne Geber	Fluxvektor mit Geber
[0] Ohne Rückführung	Nicht aktiv	Nicht aktiv	AKTIV	N.v.
[1] Mit Drehgeber	N.v.	AKTIV	N.v.	AKTIV
[2] Drehmomentregler	N.v.	N.v.	N.v.	Nicht aktiv
[3] PID-Prozess		Nicht aktiv	AKTIV	AKTIV

**Tabelle 4.16 Steuerkonfigurationen mit aktiver Drehzahlregelung**

„N.v.“ bedeutet, dass der Modus nicht verfügbar ist.

„Nicht aktiv“ bedeutet, dass der Modus verfügbar ist, aber die Drehzahlregelung in diesem Modus nicht aktiv ist.

## HINWEIS

Die PID-Drehzahlregelung funktioniert mit der Standard-Parametereinstellung (Werkseinstellungen), Sie sollten sie jedoch zur Optimierung der Motorsteuerung anpassen. Insbesondere das Potenzial der beiden Verfahren zur Flux-Motorsteuerung hängt stark von der richtigen Einstellung ab.

### 4.4.2 Folgende Parameter sind für die Drehzahlregelung relevant

Parameter	Funktionsbeschreibung		
7-00 Drehgeberrückführung	Legt den Eingang fest, von der der PID-Drehzahlregler den Istwert erhalten soll.		
30-83 Drehzahlregler P-Verstärkung	Je höher der Wert, desto schneller die Regelung. Ein zu hoher Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.		
7-03 Drehzahlregler I-Zeit	Eliminiert eine Abweichung von der stationären Drehzahl. Je niedriger der Wert, desto schneller die Reaktion. Ein zu niedriger Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.		
7-04 Drehzahlregler D-Zeit	Liefert Zuwachs proportional zur Veränderungsrate des Istwerts. Die Einstellung Null deaktiviert den Differentiator.		
7-05 Drehzahlregler D-Verstärk./Grenze	Kommt es in einer Anwendung zu sehr schnellen Änderungen des Soll- oder Istwertes, so kann der Differentiator rasch zum Überschwingen neigen. Er reagiert auf Änderungen der Regelabweichung. Je schneller sich die Regelabweichung ändert, desto höher fällt auch die D-Verstärkung aus. Sie können die D-Verstärkung daher begrenzen, so dass sowohl eine angemessene Differentiationszeit bei langsamen Änderungen als auch eine angemessene Verstärkung bei schnellen Änderungen eingestellt werden kann.		
7-06 Drehzahlregler Tiefpassfilterzeit	Ein Tiefpassfilter, das Schwingungen auf dem Istwertsignal dämpft und die stationäre Leistung verbessert. Bei einer zu langen Filterzeit nimmt jedoch die dynamische Leistung der PID-Drehzahlregelung ab. Einstellungen von Parameter 7-06 aus der Praxis anhand der Anzahl von Pulsen pro Umdrehung am Drehgeber (PPR):		
		<b>Drehgeber-PPR</b>	<b>7-06 Drehzahlregler Tiefpassfilterzeit</b>
		512	10 ms
		1024	5 ms
		2048	2 ms
4096	1 ms		

**Tabelle 4.17 Für die Drehzahlregelung relevante Parameter**

#### Beispiel zur Programmierung der Drehzahlregelung

In diesem Fall wird die PID-Drehzahlregelung verwendet, um ungeachtet der sich ändernden Motorlast eine konstante Motordrehzahl aufrecht zu erhalten. Die erforderliche Motordrehzahl wird über ein Potenziometer

eingestellt, das mit Klemme 53 verbunden ist. Der Drehzahlbereich liegt zwischen 0 und 1500 UPM, was 0 bis 10 V über das Potenziometer entspricht. Start und Stopp werden durch einen mit Klemme 18 verbundenen Schalter geregelt. Der PID-Drehzahlregler überwacht die aktuelle

Drehzahl des Motors mit Hilfe eines 24 V/HTL-Inkrementalgebers als Istwertgeber. Der Istwertgeber (1024 Pulse pro Umdrehung) ist mit den Klemmen 32 und 33 verbunden.

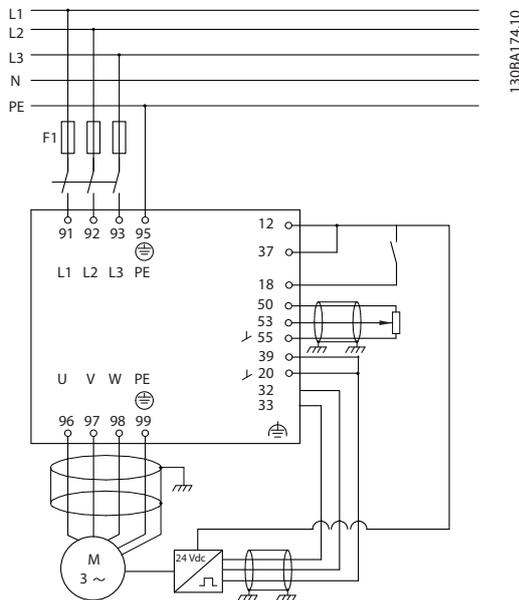


Abbildung 4.8 Beispiel - Anschlüsse für die Drehzahlregelung

Folgendes ist in der genannten Reihenfolge zu programmieren, siehe Erläuterung der Einstellungen im *FCD 302 Programmierhandbuch, MG04G*

In der nachfolgenden Liste wird davon ausgegangen, dass für alle anderen Parameter und Schalter die Werkseinstellung verwendet wird.

Funktion	Parameter-Nr.	Einstellung
1) Stellen Sie sicher, dass der Motor einwandfrei läuft. Gehen Sie wie folgt vor:		
Stellen Sie die Motorparameter mit Hilfe der Daten vom Typenschild ein	1-2*	Siehe Motor-Typenschild
Lassen Sie den Frequenzrichter eine automatische Motoranpassung ausführen	1-29 Autom. Motoranpassung	[1] Komplette Anpassung
2) Prüfen Sie, ob der Motor läuft und der Drehgeber ordnungsgemäß angeschlossen ist. Gehen Sie wie folgt vor:		
Drücken Sie die [Hand on]-Taste am LCP. Prüfen Sie, ob der Motor läuft und in welche Richtung er sich dreht (nachfolgend „positive Richtung“ genannt).		Stellen Sie einen <b>positiven</b> Sollwert ein.
Gehen Sie zu 16-20 Rotor-Winkel. Drehen Sie den Motor langsam in die positive Richtung. Das Drehen muss so langsam erfolgen (nur wenige UPM), dass Sie feststellen können, ob der Wert in 16-20 Rotor-Winkel zu- oder abnimmt.	16-20 Rotor-Winkel	N.v. (Anzeigeparameter) Anmerkung: Ein ansteigender Wert läuft bei 65535 über und startet erneut bei 0.
Wenn 16-20 Rotor-Winkel abnimmt, ändern Sie die Drehgeberrichtung in 5-71 Kl. 32/33 Drehgeber Richtung.	5-71 Kl. 32/33 Drehgeber Richtung	[1] Linkslauf (wenn 16-20 Rotor-Winkel ansteigt)
3) Stellen Sie sicher, dass die Grenzwerte des Frequenzrichters auf sichere Werte eingestellt sind		
Stellen Sie zulässige Grenzwerte für die Sollwerte ein.	3-02 Minimaler Sollwert 3-03 Maximaler Sollwert	0 UPM (Werkseinstellung) 1500 UPM (Werkseinstellung)
Stellen Sie sicher, dass die Rampeneinstellungen innerhalb des Leistungsbereichs des Frequenzrichters liegen und zulässigen Spezifikationen für den Anwendungsbetrieb entsprechen.	3-41 Rampenzeit Auf 1 3-42 Rampenzeit Ab 1	Werkseinstellung Werkseinstellung

Funktion	Parameter-Nr.	Einstellung
Stellen Sie zulässige Grenzwerte für die Motordrehzahl und -frequenz ein.	4-11 Min. Drehzahl [UPM] 4-13 Max. Drehzahl [UPM] 4-19 Max. Ausgangsfrequenz	0 UPM (Werkseinstellung) 1500 UPM (Werkseinstellung) 60 Hz (Werkseinstellung 132 Hz)
4) Konfigurieren Sie die Drehzahlregelung und wählen Sie das Verfahren für die Motorsteuerung.		
Aktivierung der Drehzahlregelung	1-00 Regelverfahren	[1] Mit Drehgeber
Auswahl des Steuerprinzips	1-01 Steuerprinzip	[3] Fluxvektor mit Geber
5) Konfigurieren und skalieren Sie den Sollwert für den Drehzahlregler		
Stellen Sie Analogeingang 53 als variablen Sollwert ein	3-15 Variabler Sollwert 1	Nicht notwendig (Werkseinstellung)
Skalieren Sie den Analogeingang 53 0 UPM (0 V) auf 1500 UPM (10 V)	6-1*	Nicht notwendig (Werkseinstellung)
6) Konfigurieren Sie das Signal des 24V/HTL-Drehgebers als Istwert für die Motorsteuerung und die Drehzahlregelung		
Stellen Sie Digitaleingang 32 und 33 als Drehgeberingänge ein	5-14 Klemme 32 Digitaleingang 5-15 Klemme 33 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion (Werkseinstellung)
Wählen Sie Klemme 32/33 als Motor-Istwert	1-02 Drehgeber Anschluss	Nicht notwendig (Werkseinstellung)
Wählen Sie Klemme 32/33 als Drehgeberrückführung	7-00 Drehgeber-rückführung	Nicht notwendig (Werkseinstellung)
7) Stellen Sie die Parameter für die PID-Drehzahlregelung ein		
Verwenden Sie ggf. die Einstellungsanweisungen oder stellen Sie manuell ein	7-0*	Siehe nachfolgende Anweisungen
8) Fertig!		
Speichern Sie die Parametereinstellung im LCP	0-50 LCP-Kopie	[1] Speichern in LCP

Tabelle 4.18 Drehzahlregelungseinstellungen

### 4.4.3 Optimieren des PID-Drehzahlreglers

Die folgenden Einstellungsanweisungen sind empfehlenswert, wenn in Anwendungen mit überwiegend träger Last (mit geringer Reibung) eines der Flux-Vektorregelverfahren angewendet wird.

Der Wert von 30-83 Drehzahlregler P-Verstärkung hängt von der Gesamtträgheit von Motor und Last ab. Die ausgewählte Bandbreite kann anhand der folgenden Formel berechnet werden:

$$Par.. 7 - 02 = \frac{Gesamt-Trägheit [kgm^2] \times Par.. 1 - 25}{Par.. 1 - 20 \times 9550} \times Bandbreite [rad / s]$$

## HINWEIS

**1-20 Motornennleistung [kW] ist die Motorleistung in [kW] (d. h. für die Berechnung „4“ kW anstatt „4000“ W verwenden).**

Ein praktischer Wert für die Bandbreite ist 20 rad/s. Prüfen Sie das Ergebnis der Berechnung von 30-83 Drehzahlregler P-Verstärkung mit der folgenden Formel (nicht erforderlich

bei einem hochauflösenden Istwert wie z. B. einem SinCos-Istwert):

$$Par.. 7 - 02_{MAX} = \frac{0.01 \times 4 \times Drehgeber-Auflösung \times Par.. 7 - 06}{2 \times \pi} \times Max. Drehmoment-Rippe [%]$$

Ein guter Ausgangswert für 7-06 Drehzahlregler Tiefpassfilterzeit ist 5 ms (eine niedrigere Drehgeberauflösung erfordert einen höheren Filterwert). Normalerweise ist ein max. Drehmomentrippel von 3% zulässig. Für Inkrementalgeber finden Sie die Drehgeberauflösung in 5-70 Kl. 32/33 Drehgeber Aufl. [Pulse/U] (24V HTL bei Standard-Frequenzumrichter) oder 17-11 Inkremental Auflösung [Pulse/U] (5 V TTL für Option MCB 102).

Generell wird die passende Obergrenze von 30-83 Drehzahlregler P-Verstärkung anhand der Drehgeberauflösung und der Istwert-Filterzeit ermittelt. Andere Faktoren in der Anwendung können den 30-83 Drehzahlregler P-Verstärkung jedoch auf einen niedrigeren Wert begrenzen.

Zum Minimieren von Übersteuerung kann 7-03 Drehzahlregler I-Zeit (je nach Anwendung) auf ca. 2,5 Sek. eingestellt werden.

7-04 Drehzahlregler D-Zeit sollte auf 0 eingestellt sein, bis alle anderen Einstellungen vorgenommen wurden. Sie können ggf. experimentieren und diese Einstellung in kleinen Schritten ändern.

4

4.4.4 PID-Prozessregelung

Mit der PID-Prozessregelung lassen sich Anwendungsparameter steuern, die mit einem Sensor messbar sind (Druck, Temperatur, Fluss) und vom angeschlossenen Motor über eine Pumpe, einen Lüfter oder ein anderes Gerät beeinflusst werden können.

Tabelle 4.19 zeigt die Konfigurationen, bei denen die Prozessregelung möglich ist. Wenn ein Verfahren der Flux-Vektorsteuerung verwendet wird, ist zu beachten, dass Sie auch die Parameter für den PID-Drehzahlregler einstellen

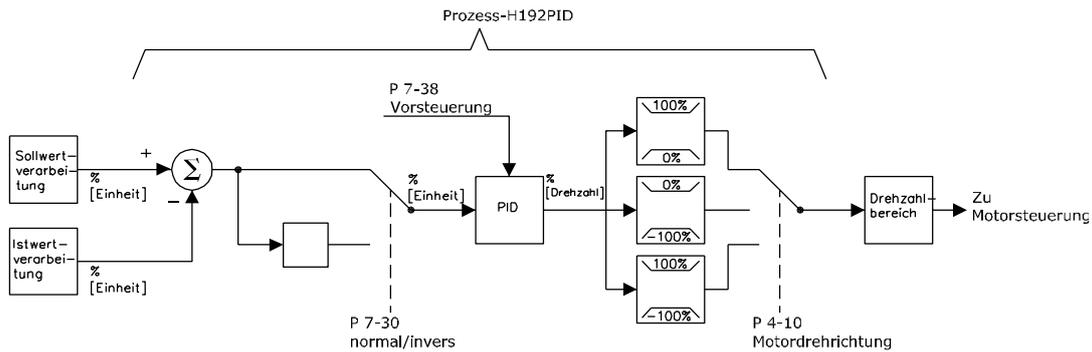
müssen. Lesen Sie den Abschnitt über die Regelungsstruktur, um zu sehen, wo der Drehzahlregler aktiviert ist.

1-00 Regelverfahren	1-01 Steuerprinzip			
	U/f	VVC <sup>plus</sup>	Fluxvektor ohne Geber	Fluxvektor mit Geber
[3] PID-Prozess	N.v.	PID-Prozess	Prozess und Drehzahl	Prozess und Drehzahl

Tabelle 4.19 Einstellungen für PID-Prozessregelung

HINWEIS

Die PID-Prozessregelung funktioniert mit der Standard-Parametereinstellung, sollte jedoch zur Optimierung der Anwendungssteuerung angepasst werden. Speziell das Potenzial der beiden Verfahren zur Flux-Motorsteuerung hängt stark von der richtigen Einstellung der PID-Drehzahlregelung (vor dem Einstellen der PID-Prozessregelung) ab.



130BA178.10  
Abbildung 4.9 PID-Prozessregelungsdiagramm

## 4.4.5 Relevante Parameter für die Prozessregelung

Parameter	Funktionsbeschreibung
7-20 PID-Prozess Istwert 1	Legt den Eingang (Analog oder Puls) fest, von dem die PID-Prozessregelung den Istwert erhalten soll.
7-22 PID-Prozess Istwert 2	Optional: Legt fest, ob (und von woher) die PID-Prozessregelung ein zusätzliches Istwert-signal erhält. Wenn eine weitere Istwertquelle ausgewählt wurde, werden die beiden Istwert-signale vor der Verwendung in der PID-Prozessregelung addiert.
7-30 Auswahl Normal-/Invers-Regelung	Im Betriebsmodus [0] Normal reagiert die Prozessregelung mit einer Erhöhung der Motordrehzahl, wenn der Istwert den Sollwert unterschreitet. In der gleichen Situation, jedoch im Betriebsmodus [1] Invers, reagiert die Prozessregelung stattdessen mit einer abnehmenden Motordrehzahl.
7-31 PID-Prozess Anti-Windup	Die Anti-Windup-Funktion bewirkt, dass im Falle des Erreichens einer Frequenz- oder Drehmomentgrenze der Integrator auf eine Verstärkung eingestellt wird, die der aktuellen Frequenz entspricht. So vermeiden Sie, dass bei einer Abweichung, die mit einer Drehzahl-änderung ohnehin nicht auszugleichen wäre, weiter integriert wird. Sie können die Funktion durch Auswahl von [0] „Aus“ deaktivieren.
7-32 PID-Prozess Reglerstart bei	In einigen Anwendungen kann das Erreichen der gewünschten Drehzahl bzw. des Sollwerts sehr lange dauern. Bei solchen Anwendungen kann es von Vorteil sein, eine Motorfrequenz festzulegen, auf die der Frequenzumrichter den Motor unregelt hochfahren soll, bevor die Prozessregelung aktiviert wird. Dies erfolgt durch Festlegen eines Werts für PID-Prozess Reglerstart in 7-32 PID-Prozess Reglerstart bei.
7-33 PID-Prozess P-Verstärkung	Je höher der Wert, desto schneller die Regelung. Ein zu hoher Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.
7-34 PID-Prozess I-Zeit	Eliminiert eine Abweichung von der stationären Drehzahl. Je niedriger der Wert, desto schneller die Reaktion. Ein zu niedriger Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.
7-35 PID-Prozess D-Zeit	Liefert Zuwachs proportional zur Veränderungsrate des Istwerts. Die Einstellung Null deaktiviert den Differentiator.
7-36 PID-Prozess D-Verstärkung/Grenze	Kommt es in einer Anwendung zu sehr schnellen Änderungen des Soll- oder Istwertes, so kann der Differentiator rasch zum Überschwingen neigen. Er reagiert auf Änderungen der Regelabweichung. Je schneller sich die Regelabweichung ändert, desto höher fällt auch die D-Verstärkung aus. Sie können die D-Verstärkung daher begrenzen, um eine angemessene Differentiationszeit für langsame Änderungen einzustellen.
7-38 PID-Prozess Vorsteuerung	In Anwendungen mit einer ausgeglichenen (und in etwa linearen) Beziehung zwischen dem Sollwert und der dafür erforderlichen Motordrehzahl können Sie die Dynamik der Regelung gegebenenfalls mit Hilfe der Vorsteuerung steigern.
5-54 Pulseingang 29 Filterzeit (Pulseingang 29), 5-59 Pulseingang 33 Filterzeit (Pulseingang 33), 6-16 Klemme 53 Filterzeit (Analogeingang 53), 6-26 Klemme 54 Filterzeit (Analogeingang 54)	<p>Sofern beim Istwertsignal Rippelströme bzw. -spannungen auftreten, können diese mit Hilfe eines Tiefpassfilters gedämpft werden. Diese Zeitkonstante ist ein Ausdruck für eine Drehzahlgrenze der Rippel, die beim Istwertsignal auftreten.</p> <p>Beispiel: Ist das Tiefpassfilter auf 0,1 s eingestellt, so ist die Eckfrequenz 10 RAD/s, (Kehrwert von 0,1), was <math>(10 / (2 \times \pi)) = 1,6</math> Hz entspricht. Dies führt dazu, dass alle Ströme/Spannungen, die um mehr als 1,6 Schwingungen pro Sekunde schwanken, herausgefiltert werden. Es wird also nur ein Istwertsignal geregelt, das mit einer Frequenz von unter 1,6 Hz schwankt.</p> <p>Das Tiefpassfilter verbessert die stationäre Leistung, bei einer zu langen Filterzeit nimmt jedoch die dynamische Leistung der PID-Prozessregelung ab.</p>

Tabelle 4.20 Die folgenden Parameter sind für die Prozessregelung relevant

### 4.4.6 Beispiel für PID-Prozessregler

Abbildung 4.10 ist ein Beispiel für die PID-Prozessregelung in einer Lüftungsanlage.

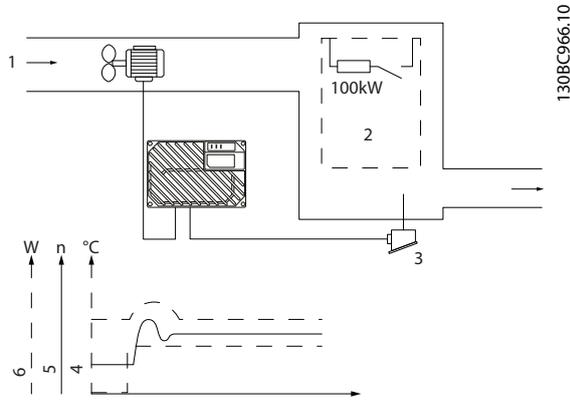


Abbildung 4.10 PID-Prozessregelung in einer Lüftungsanlage

Pos.	Bezeichnung
1	Kaltluft
2	Wärmeerzeugung
3	Temperaturtransmitter
4	Temperatur
5	Gebläsedrehzahl
6	Wärme

Tabelle 4.21 Legende

In der Lüftungsanlage soll mit Hilfe eines 0- bis 10-V-Potenzimeters die Temperatur zwischen -5 und +35 °C einstellbar sein. Die eingestellte Temperatur soll mit Hilfe der Prozessregelung konstant gehalten werden.

Die eingestellte Temperatur soll mit Hilfe der Prozessregelung konstant gehalten werden. Dabei wird mit

steigender Temperatur auch die Drehzahl des Gebläses erhöht, um einen stärkeren Luftstrom zu erzeugen. Sinkt die Temperatur, verringert sich die Drehzahl. Der Transmitter wird als Temperatursensor mit einem Funktionsbereich von -10 bis +40 °C, 4-20 mA, verwendet. Min./Max. Drehzahl 300/1500 UPM.

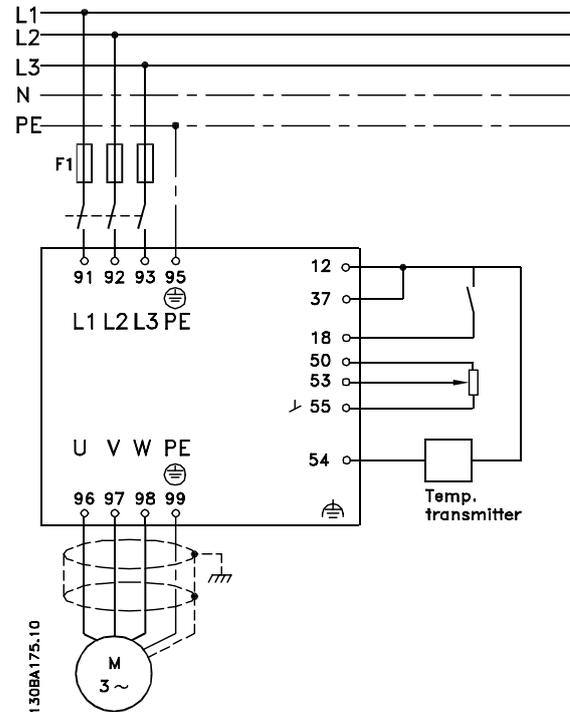


Abbildung 4.11 Zweileiter-Transmitter

1. Start/Stop über Schalter an Klemme 18.
2. Temperatursollwert über Potenziometer (-5 bis 35 °C, 0 bis 10 V DC) an Klemme 53.
3. Temperaturistwert über Transmitter (-10 bis 40 °C, 4 bis 20 mA) an Klemme 54. Schalter S202 ist auf EIN (Stromeingang) gestellt.

Funktion	Par.-Nr.	Einstellung
Initialisieren Sie den Frequenzumrichter	14-22	[2] Initialisierung - Frequenzumrichter aus- und wieder einschalten - Reset drücken
1) Stellen Sie die Motorparameter ein:		
Stellen Sie die Motorparameter entsprechend den Daten vom Typenschild ein	1-2*	Siehe Motor-Typenschild
Führen Sie eine komplette Automatische MotorAnpassung aus	1-29	[1] Komplette Anpassung
2) Prüfen Sie, ob der Motor in der richtigen Richtung läuft. Bei Anschluss des Motors an einen Frequenzumrichter mit einfacher Phasenreihenfolge wie U - U, V- V, oder W - W dreht sich die Motorwelle bei Sicht auf das Wellenende im Rechtslauf.		
Drücken Sie die [Hand on] LCP-Taste. Prüfen Sie die Wellendrehrichtung, indem Sie einen manuellen Sollwert anlegen.		
Falls sich der Motor in die falsche Richtung dreht: 1. Ändern Sie die Motordrehrichtung in <i>4-10 Motor Drehrichtung</i> 2. Schalten Sie das Netz aus - warten Sie auf das auf Entladen der Zwischenkreisspannung - tauschen Sie zwei der Motorphasen	4-10	Wählen Sie die richtige Drehrichtung der Motorwelle.
Stellen Sie das Regelverfahren ein	1-00	[3] PID-Prozess
Stellen Sie die Hand/Ort-Betrieb Konfiguration ein	1-05	[0] Drehzahl ohne Rückf.
3) Konfigurieren Sie den Sollwert, d. h. den Bereich der Sollwertverarbeitung. Stellen Sie die Skalierung des Analogausgangs in Par. 6-xx ein.		
Stellen Sie Soll-/Istwert-Einheiten ein.	3-01	[60] °C Displayeinheit
Stellen Sie den min. Sollwert ein (10 °C).	3-02	-5 °C
Stellen Sie den max. Sollwert ein (80 °C).	3-03	35 °C
Wird der Einstellwert durch einen Festwert (Arrayparameter) bestimmt, stellen Sie andere Sollwertvorgaben auf Keine Funktion ein.	3-10	[0] 35% $\text{Sollw.} = \frac{\text{Par. 3} - 10_{(0)}}{100} \times ((\text{Par. 3} - 03) - (\text{P.ar. 3} - 02)) = 24, 5^\circ \text{C}$ 3-14 Relativer Festsollwert bis 3-18 Relativ. Skalierungssollw. Ressource [0] = Keine Funktion
4) Stellen Sie Grenzen für den Frequenzumrichter ein:		
Stellen Sie die Rampenzeiten auf einen ungefähren Wert von 20 s ein	3-41 3-42	20 s 20 s
Stellen Sie die min. Drehzahlgrenzen ein.	4-11	300 UPM
Stellen Sie die maximale Motordrehzahlgrenze ein.	4-13	1500 UPM
Stellen Sie die max. Ausgangsfrequenz ein.	4-19	60 Hz
Stellen Sie S201 oder S202 auf die gewünschte Analogeingangsfunktion (Volt (V) oder Milliampere (I)) ein.		
<b>HINWEIS</b> Schalter sind sehr empfindlich - Frequenzumrichter aus- und wieder einschalten und dabei Werkseinstellung V beibehalten		
5) Skalieren Sie die für Sollwert und Istwert verwendeten Analogeingänge		
Stellen Sie Klemme 53 Skal. Min. Spannung ein.	6-10	0 V
Stellen Sie Klemme 53 Skal. Max. Spannung ein.	6-11	10 V
Stellen Sie Klemme 54 Skal. Min.-Istwert ein.	6-24	-5 °C
Stellen Sie Klemme 54 Skal. Max. Istwert ein.	6-25	35 °C
Legen Sie den Istwertanschluss fest.	7-20	[2] Analogeingang 54
6) Grundlegende PID-Einstellungen		
Auswahl Normal-/Invers-Regelung	7-30	[0] Normal
PID-Prozess Anti-Windup	7-31	[1] Ein
PID-Prozess Reglerstart bei	7-32	300 UPM
Speichern Sie Parameter im LCP	0-50	[1] Speichern in LCP

Tabelle 4.22 Beispiel für Konfiguration des PID-Prozessreglers

### 4.4.7 Optimierung des Prozessreglers

Die Grundeinstellungen sind nun vorgenommen worden, sodass jetzt nur noch eine Optimierung der Proportionalverstärkung, der Integrationszeit und der Differentiationszeit (7-33 PID-Prozess P-Verstärkung, 7-34 PID-Prozess I-Zeit, 7-35 PID-Prozess D-Zeit) aussteht. Dies kann bei den meisten Prozessen durch Befolgen der nachstehenden Anweisungen geschehen:

1. Starten Sie den Motor.
2. Stellen Sie 7-33 PID-Prozess P-Verstärkung auf 0,3 und erhöhen Sie den Wert anschließend, bis das Istwertsignal gleichmäßig zu schwingen beginnt. Verringern Sie danach den Wert, bis das Istwertsignal stabilisiert ist. Senken Sie die Proportionalverstärkung jetzt um 40-60%.
3. Stellen Sie 7-34 PID-Prozess I-Zeit auf 20 s ein und setzen Sie den Wert anschließend herab, bis das Istwertsignal gleichmäßig zu schwingen beginnt. Erhöhen Sie die Integrationszeit, bis sich das Istwertsignal stabilisiert, gefolgt von einer Erhöhung um 15-50%.
4. Verwenden Sie 7-35 PID-Prozess D-Zeit nur bei sehr schnellen Systemen (Differentiationszeit). Der typische Wert ist das Vierfache der eingestellten Integrationszeit. Sie sollten den Differentiator nur benutzen, wenn Proportionalverstärkung und Integrationszeit optimal eingestellt sind. Stellen Sie sicher, dass Schwingungen des Istwertsignals durch den Tiefpassfilter des Istwertsignals ausreichend gedämpft werden.

#### HINWEIS

Bei Bedarf können Sie Start/Stopp mehrfach aktivieren, um eine konstante Schwankung des Istwertsignals zu erzielen.

### 4.4.8 Einstellverfahren nach Ziegler-Nichols

Zum Einstellen der PID-Regler des Frequenzumrichters stehen mehrere Methoden zur Verfügung. Eine Möglichkeit ist die Verwendung eines 1950 entwickelten Verfahrens, das sich bis heute bewährt hat, und sich durch seine schnelle und einfache Durchführung auszeichnet.

#### HINWEIS

Das beschriebene Verfahren muss für Anwendungen verwendet werden, die durch die Schwingungen von nicht vollkommen stabilen Steuerungseinstellungen Schaden nehmen können.

Die Kriterien zum Einstellen der Parameter basieren auf der Auswertung des Systems an der Stabilitätsgrenze anstelle der Ermittlung einer Schrittreaktion. Wir erhöhen die P-Verstärkung, bis sich eine kontinuierliche Schwingung

(gemessen am Istwert) einstellt, d. h., bis das System annähernd stabil ist. Die entsprechende Verstärkung ( $K_u$ ), als kritische Verstärkung bezeichnet, und die Schwingperiode ( $P_u$ ) (auch als kritische Periodendauer bezeichnet) werden wie in *Abbildung 4.12* festgelegt.

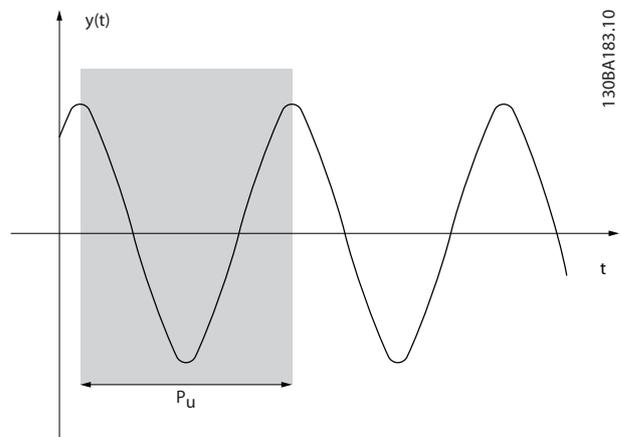


Abbildung 4.12 Annähernd stabiles System

Messen Sie  $P_u$  an einer Stelle, an der die Schwingungsamplitude ziemlich klein ist. Machen Sie anschließend die Verstärkung rückgängig (siehe *Tabelle 4.23*).

$K_u$  ist die Verstärkung, bei der die Schwingung erreicht wird.

Regelungstyp	Proportionalverstärkung	Integrationszeit	Differentiationszeit
PI-Regelung	$0,45 * K_u$	$0,833 * P_u$	-
Exakte PID-Regelung	$0,6 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,125 * P_u$
Geringe PID-Überschwingung	$0,33 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,33 * P_u$

Tabelle 4.23 Einstellverfahren nach Ziegler-Nichols für Regler, basierend auf einer Stabilitätsgrenze.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Reglereinstellung nach Ziegler-Nichols bei vielen Systemen eine gute Rückführung bietet. Der Prozessoperator kann die abschließende Einstellung der Steuerung wiederholt durchführen, um eine zufriedenstellende Steuerung zu erzielen.

**Schrittweise Beschreibung**

**Schritt 1:** Wählen Sie nur eine proportionale Steuerung, d. h., die Integrationszeit wird auf den maximalen Wert eingestellt, während die Differentiationszeit auf Null gesetzt wird.

**Schritt 2:** Erhöhen Sie den Wert der P-Verstärkung, bis der Punkt der Instabilität (kontinuierliche Schwingungen) und somit der kritische Verstärkungswert  $K_u$  erreicht ist.

**Schritt 3:** Messen Sie den Schwingungszeitraum, um die kritische Zeitkonstante  $P_u$  zu erhalten.

**Schritt 4:** Berechnen Sie anhand *Tabelle 4.23* die erforderlichen PID-Reglerparameter.

**4.4.9 Beispiel für PID-Prozessregler**

Abbildung 4.10 ist ein Beispiel für die PID-Prozessregelung in einer Lüftungsanlage.

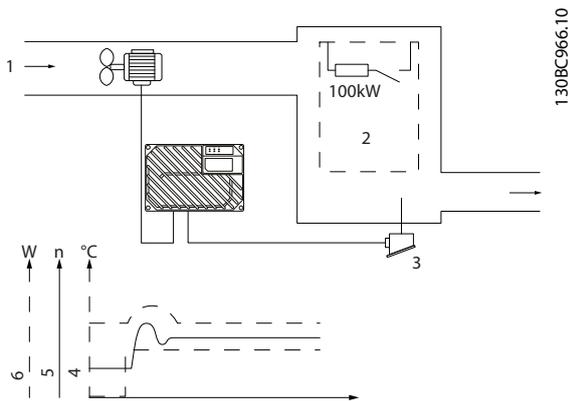


Abbildung 4.13 PID-Prozessregelung in einer Lüftungsanlage

Pos.	Bezeichnung
1	Kaltluft
2	Wärmeerzeugung
3	Temperaturtransmitter
4	Temperatur
5	Gebläsedrehzahl
6	Wärme

Tabelle 4.24 Legende

In der Lüftungsanlage soll mit Hilfe eines 0- bis 10-V-Potenzimeters die Temperatur zwischen -5 und +35 °C einstellbar sein. Die eingestellte Temperatur soll mit Hilfe der Prozessregelung konstant gehalten werden.

Die eingestellte Temperatur soll mit Hilfe der Prozessregelung konstant gehalten werden. Dabei wird mit steigender Temperatur auch die Drehzahl des Gebläses erhöht, um einen stärkeren Luftstrom zu erzeugen. Sinkt die Temperatur, verringert sich die Drehzahl. Der Transmitter wird als Temperatursensor mit einem Funktionsbereich von -10 bis +40 °C, 4-20 mA, verwendet. Min./Max. Drehzahl 300/1500 UPM.

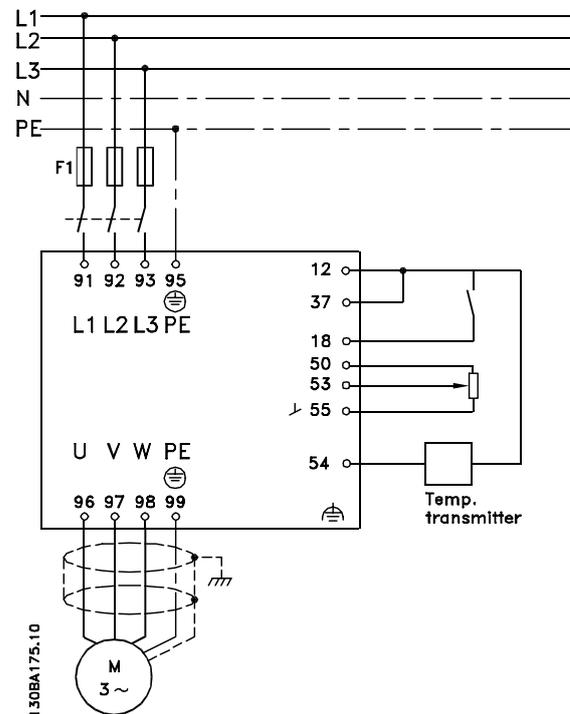
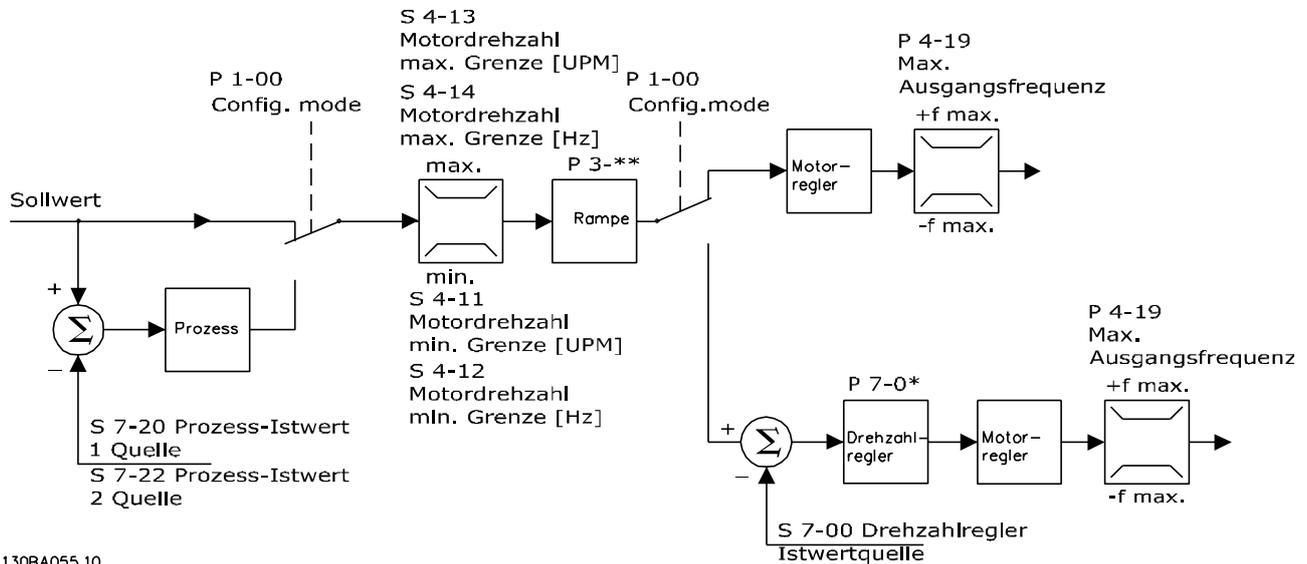


Abbildung 4.14 Zweileiter-Transmitter

1. Start/Stopp über Schalter an Klemme 18.
2. Temperatursollwert über Potenziometer (-5 bis 35 °C, 0 bis 10 V DC) an Klemme 53.
3. Temperaturistwert über Transmitter (-10 bis 40 °C, 4 bis 20 mA) an Klemme 54. Schalter S202 ist auf EIN (Stromeingang) gestellt.

## 4.5 Steuerungsaufbau

 4.5.1 Regelungsstruktur bei VVC<sup>plus</sup> Advanced Vector Control


130BA055.10

**Abbildung 4.15** Regelungsstruktur in VVC<sup>plus</sup>-Konfigurationen mit und ohne Rückführung

In der in *Abbildung 4.15* gezeigten Konfiguration ist *1-01 Steuerprinzip* auf [1] VVC<sup>plus</sup> eingestellt und *1-00 Regelverfahren* auf [0] *Ohne Rückführung*. Der resultierende Sollwert wird in der Sollwertverarbeitung durch die Rampenbegrenzung und Drehzahlbegrenzung geführt, bevor er an die Motorregelung übergeben wird. Der Ausgang der Motorregelung ist dann zusätzlich durch die maximale Frequenzgrenze beschränkt.

Wenn *1-00 Regelverfahren* auf [1] *Mit Drehgeber* eingestellt ist, wird der resultierende Sollwert von der Rampenbegrenzung an eine Drehzahl-PID-Regelung übergeben. Die Parameter für die Drehzahl-PID-Regelung befinden sich in Parametergruppe 7-0\*. Der resultierende Sollwert von der Drehzahl-PID-Regelung wird beschränkt durch die Frequenzgrenze an die Motorsteuerung geschickt.

Wählen Sie [3] *PID-Prozess* in *1-00 Regelverfahren*, um die Prozess-PID-Regelung zur Regelung mit Rückführung (z. B. bei einer Druck- oder Durchflussregelung) zu verwenden. Die PID-Prozess-Parameter befinden sich in Parametergruppe 7-2\* und 7-3\*.

## 4.5.2 Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber

Regelungsstruktur bei Konfigurationen mit Fluxvektor ohne Geber.

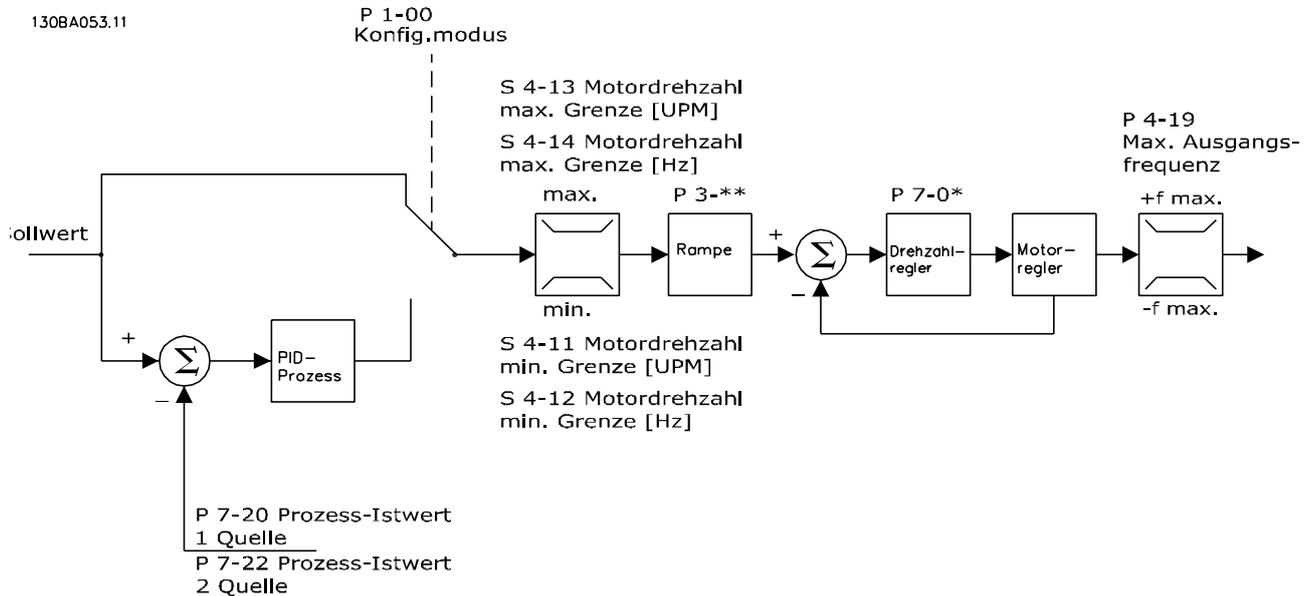


Abbildung 4.16 Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber

In der gezeigten Konfiguration ist 1-01 Steuerprinzip auf [2] Fluxvektor ohne Geber eingestellt und 1-00 Regelverfahren auf [0] Ohne Rückführung. Der resultierende Sollwert wird entsprechend der angegebenen Parametereinstellungen durch die Rampen- und Drehzahlbegrenzungen geführt.

Ein errechneter Drehzahlwert wird zur Steuerung der Ausgangsfrequenz am Drehzahl-PID-Regler erzeugt. Der Drehzahl-PID-Regler muss mit seinen Parametern P, I und D (Parametergruppe 7-0\*) eingestellt werden.

Wählen Sie [3] PID-Prozess in 1-00 Regelverfahren, um die Prozess-PID-Regelung zur Regelung mit Rückführung bei einer Druck- oder Durchflussregelung zu verwenden. Die Parameter für Prozess-PID-Regelung befinden sich in Parametergruppe 7-2\* und 7-3\*.

## 4.5.3 Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber

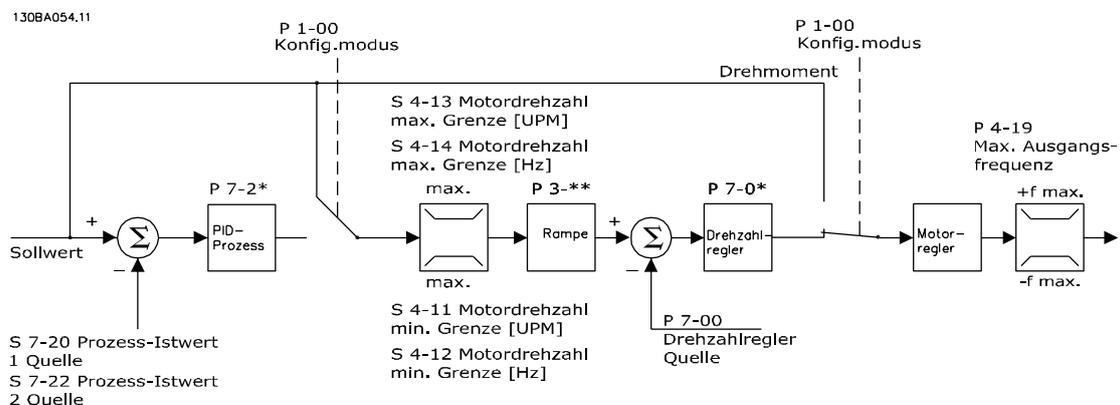


Abbildung 4.17 Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber

In der gezeigten Konfiguration ist 1-01 Steuerprinzip auf [3] Fluxvektor mit Geber und 1-00 Regelverfahren auf [1] Mit Drehgeber eingestellt.

In dieser Konfiguration wird der Motorregelung ein Istwertsignal von einem direkt am Motor montierten Drehgeber zugeführt (eingestellt in 1-02 Drehgeber Anschluss).

Wählen Sie [1] Mit Drehgeber in 1-00 Regelverfahren, um den resultierenden Sollwert als Eingang für die PID-Drehzahlregelung zu benutzen. Die Parameter für die Drehzahl-PID-Regelung befinden sich in Parametergruppe 7-0\*.

Wählen Sie [2] Drehmomentregler in 1-00 Regelverfahren, um den resultierenden Sollwert direkt als Drehmomentsollwert zu benutzen. Drehmomentregelung ist nur in der Konfiguration Fluxvektor mit Geber (1-01 Steuerprinzip) wählbar. Wenn dieser Modus gewählt wurde, erhält der Sollwert die Einheit Nm. Er benötigt keinen Drehmomentistwert, da das Drehmoment anhand der Strommessung des Frequenzumrichters berechnet wird.

Wählen Sie [3] PID-Prozess in 1-00 Regelverfahren, um die PID-Prozessregelung zur Regelung mit Rückführung z. B. der Drehzahl oder einer Prozessvariablen in der gesteuerten Anwendung zu benutzen.

4

#### 4.6 Hand-Steuerung (Hand on) und Fern-Betrieb (Auto on)

Der Frequenzumrichter kann vor Ort manuell über das LCP oder im Fernbetrieb über Analog- und Digitaleingänge oder die serielle Bus-Schnittstelle gesteuert werden. Falls in 0-40 [Hand On]-LCP Taste, 0-41 [Off]-LCP Taste, 0-42 [Auto On]-LCP Taste und 0-43 [Reset]-LCP Taste Aktiviert eingestellt ist, kann der Frequenzumrichter über das LCP mit den Tasten [Hand on] und [Off] gesteuert werden. Sie können Alarme über die [Reset]-Taste quittieren. Nach Drücken der [Hand on]-Taste schaltet der Frequenzumrichter in den Hand-Betrieb und verwendet den Ortsollwert, den Sie mit Hilfe der Pfeiltasten am LCP einstellen können.

Nach Drücken der [Auto on]-Taste schaltet der Frequenzumrichter in den Auto-Betrieb und verwendet standardmäßig den Fernsollwert. In diesem Modus kann der Frequenzumrichter über die Digitaleingänge bzw. verschiedene Schnittstellen (RS-485, USB oder einen optionalen Feldbus) gesteuert werden. Mehr Informationen zum Starten, Stoppen, Ändern von Rampen und Parametersätzen finden Sie in Parametergruppe 5-1\* (Digitaleingänge) oder Parametergruppe 8-5\* (serielle Kommunikation).

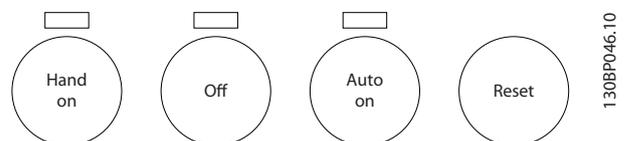


Abbildung 4.18 LCP-Tasten

#### Aktiver Sollwert und Regelverfahren

Der aktive Sollwert kann der Ortsollwert oder Fernsollwert sein.

In 3-13 Sollwertvorgabe können Sie wählen, ob entweder der [2] Ortsollwert (Hand) oder [1] Fernsollwert (Auto) benutzt wird.

Dies ist unabhängig davon, ob sich der Frequenzumrichter im Auto-Betrieb oder im Hand-Betrieb befindet. Durch Auswahl von [0] Umschalt. Hand/Auto (Werkseinstellung) hängt die Sollwertvorgabe von der aktiven Betriebsart ab (Hand-Betrieb oder Auto-Betrieb).

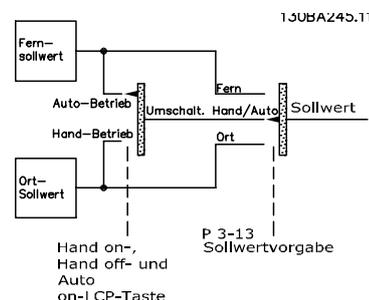


Abbildung 4.19 Ortsollwertverarbeitung

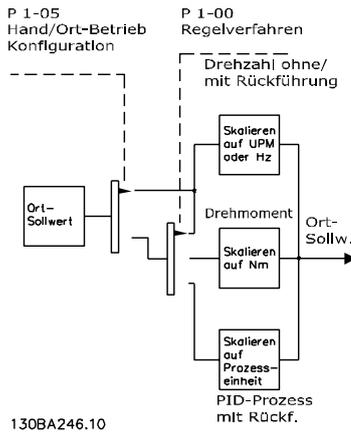


Abbildung 4.20 Fernsollwertverarbeitung

LCP-Tasten	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 4.25 Bedingungen für Ort-/Fernsollwertverarbeitung

1-00 Regelverfahren definiert, welches Regelverfahren (d. h., Drehzahl, Drehmoment oder PID-Prozess) bei Fern-Betrieb angewendet werden soll. 1-05 Hand/Ort-Betrieb Konfiguration definiert, welches Regelverfahren bei Hand (Ort)-Betrieb angewendet werden soll. Einer von beiden ist immer aktiv, es können jedoch nicht beide gleichzeitig aktiv sein.

## 4.7 Programmierung von Momentengrenze und Stopp

Bei Anwendungen mit elektromechanischer Bremse, z. B. Hub- und Vertikalförderanwendungen, besteht die Möglichkeit, beim Überschreiten der Drehmomentgrenzen z. B. während einer Stopp-Rampe, die elektromechanische Bremse verzögerungsfrei zu aktivieren. Das Beispiel unten zeigt, wie Sie die Klemmen für diese Funktion programmieren müssen.

Sie können die externe Bremse an Relais 1 oder 2 anschließen. Klemme 27 ist auf [2] Motorfreilauf (inv.) oder [3] Motorfreilauf/Reset und Klemme 29 Funktion auf [1] Ausgang und [27] Momentengrenze und Stopp zu programmieren.

## Beschreibung

Ist ein Stoppbefehl über Klemme 18 aktiv, ohne dass sich der Frequenzumrichter in der Momentengrenze befindet, so fährt der Frequenzumrichter den Motor über die Rampenfunktion auf 0 Hz herunter.

Befindet sich der Frequenzumrichter in der Momentengrenze und es wird ein Stoppbefehl aktiviert, so wird Klemme 29 (auf Ausgang und Momentengrenze und Stopp [27] programmiert) aktiv. Das Signal an Klemme 27 wechselt von „Logisch 1“ zu „Logisch 0“, und der Motor geht in den Freilauf bei gleichzeitiger Aktivierung der mechanischen Bremse. Dies stellt sicher, dass die Hubanwendung auch dann stoppt, wenn der Frequenzumrichter selbst das notwendige Drehmoment nicht handhaben kann (d. h. durch zu große Überlast).

- Start/Stopp über Klemme 18  
5-10 Klemme 18 Digitaleingang [8] Start
- Schnellstopp über Klemme 27  
5-12 Klemme 27 Digitaleingang [2] Motorfreilauf (inv.)
- Klemme 29 Ausgang  
5-02 Klemme 29 Funktion [1] Klemme 29 Funktion/ Ausgang  
5-31 Klemme 29 Digitalausgang [27] Mom.grenze u. Stopp
- [0] [0] Relaisausgang (Relais 1)  
5-40 Relaisfunktion [32] Mechanische Bremse

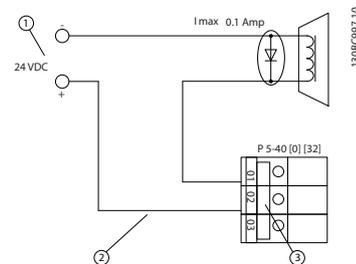


Abbildung 4.21 Mechanische Bremssteuerung

Pos.	Bezeichnung
1	Externe 24 V DC
2	Anschluss der mechanischen Bremse
3	Relais 1

Tabelle 4.26 Legende

## 4.8 Mechanische Bremse

### 5-31 Klemme 29 Digitalausgang

Bei Hub- und Senkanwendungen muss eine steuerbare elektromagnetische Bremse vorhanden sein. Zur Ansteuerung der Bremse kann ein Relaisausgang (1 oder 2) oder ein programmierter Digitalausgang (Klemme 27 oder 29) dienen. Halten Sie den Ausgang normalerweise geschlossen (spannungsfrei), so lange der Frequenzumrichter den Motor nicht „halten“ kann, z. B., weil die Last zu schwer ist. Wählen Sie bei Anwendungen mit elektromagnetischer Bremse die Option [32] *Mechanische Bremse* in einem der folgenden Parameter:

- 5-40 Relaisfunktion (Arrayparameter),
- 5-30 Klemme 27 Digitalausgang, oder

Wird [32] *Mechanische Bremse* gewählt, so wird die mechanische Bremse beim Start normalerweise geschlossen, bis der Ausgangsstrom über einem voreingestellten Wert liegt. Wählen Sie diesen Wert in *2-20 Bremse öffnen bei Motorstrom*. Beim Stopp wird die mechanische Bremse geschlossen, wenn die Drehzahl unter den in *2-21 Bremse schliessen bei Motordrehzahl* gewählten Wert sinkt. Tritt am Frequenzumrichter ein Alarmzustand (z. B. ein Überstrom, eine Überspannung usw.) ein, so wird umgehend die mechanische Bremse geschlossen.

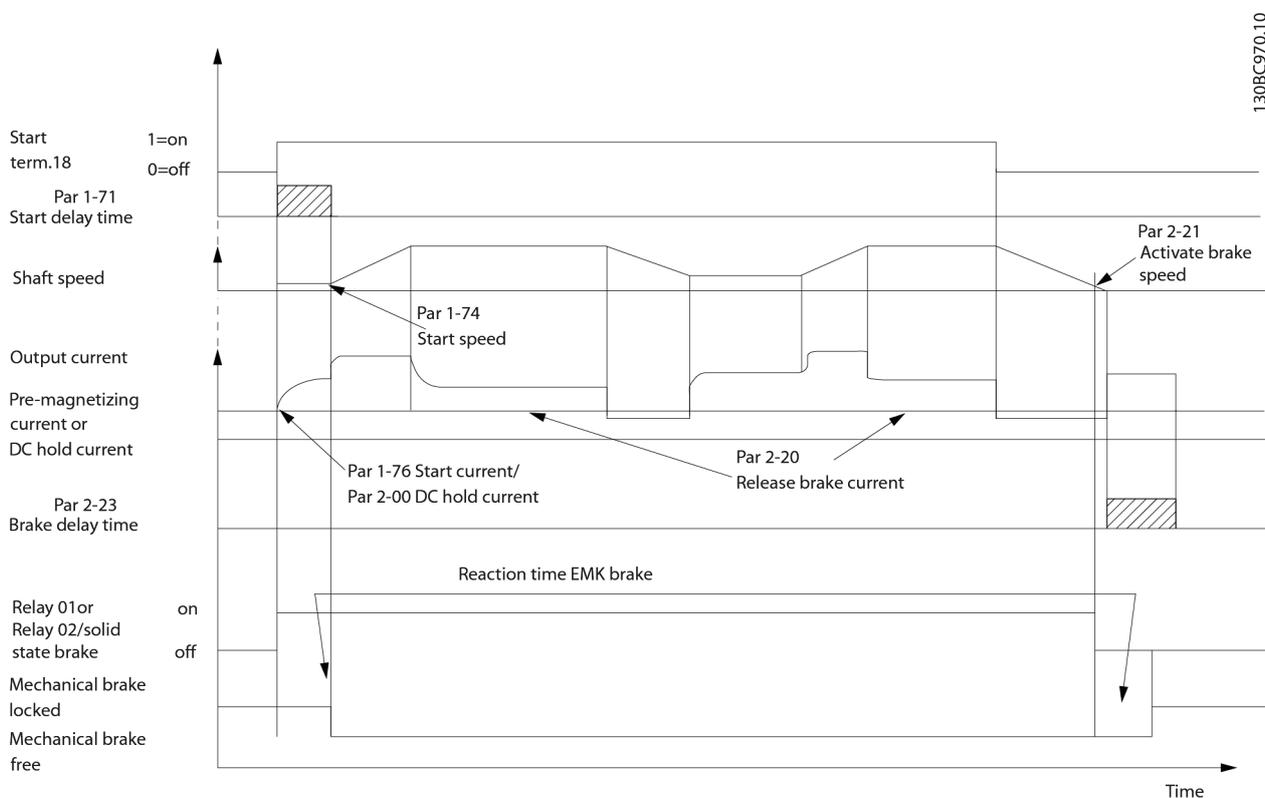


Abbildung 4.22 Mechanische Bremssteuerung für Hub- und Vertikalförderanwendungen

In Hub- und Vertikalförderanwendungen muss eine elektro-mechanische Bremse gesteuert werden können.

### Schrittweise Beschreibung

- Zur Ansteuerung der mechanischen Bremse können Sie jeden Relaisausgang, Digitalausgang (Klemme 27 oder 29) oder digitalen Bremsspannungsausgang (Klemme 122-123) verwenden, falls notwendig mit einem geeigneten Schütz.
- Stellen Sie sicher, dass der Ausgang ausgeschaltet ist, solange der Frequenzumrichter den Motor nicht ansteuern kann, z. B., weil die Last zu schwer ist oder der Motor noch nicht montiert ist.

- Wählen Sie vor dem Anschluss der mechanischen Bremse in Parametergruppe 5-4\* (oder in Parametergruppe 5-3\*) die Option [32] *Mechanische Bremse*.
- Die Bremse wird gelöst, wenn der Motorstrom den eingestellten Wert in *2-20 Bremse öffnen bei Motorstrom* überschreitet.
- Die Bremse wird geschlossen, wenn die Ausgangsdrehzahl niedriger als die in *2-21 Bremse schliessen bei Motordrehzahl* oder *2-22 Bremse schließen bei Motorfrequenz* eingestellte Drehzahl ist und ein Stoppbefehl anliegt.

## HINWEIS

**Empfehlung:** Stellen Sie bei Vertikalförder- oder Hubanwendungen sicher, dass die Last im Notfall oder aufgrund einer Fehlfunktion eines einzelnen Bauteils wie einem Schütz usw. gestoppt werden kann. Beim Auftreten eines Alarms oder einer Überspannung fällt die mechanische Bremse sofort ein.

## HINWEIS

Stellen Sie bei Hubanwendungen sicher, dass die Drehmomentgrenzen niedriger als die Stromgrenze eingestellt sind. Diese stellen Sie in **4-16 Momentengrenze motorisch** und **4-17 Momentengrenze generatorisch** ein. Stellen Sie die Stromgrenze in **4-18 Stromgrenze** ein. **Empfehlung:** Stellen Sie **14-25 Drehmom.grenze Verzögerungszeit** auf [0], **14-26 WR-Fehler Abschaltverzögerung** auf [0] und **14-10 Netzausfall-Funktion** auf [3] **Motorfreilauf**.

## 4.9 Funktion „Sicherer Stopp“

Der Frequenzumrichter ist für Installationen mit der Sicherheitsfunktion *Sichere Abschaltung Motormoment* (wie definiert durch Entwurf IEC 61800-5-2<sup>1</sup>) oder *Stoppkategorie 0* (wie definiert in EN 60204-1<sup>2</sup>) geeignet.).

Danfoss bezeichnet diese Funktion als *Sicherer Stopp*. Vor der Integration und Nutzung der Funktion „Sicherer Stopp“ des Frequenzumrichters in einer Anlage muss eine gründliche Risikoanalyse der Anlage erfolgen, um zu ermitteln, ob die Funktion „Sicherer Stopp“ und die Sicherheitsstufen des Frequenzumrichters angemessen und ausreichend sind. Die Funktion Sicherer Stopp ist für folgende Anforderungen ausgelegt und als dafür geeignet zugelassen:

- Sicherheitskategorie 3 in EN 954-1 (und ISO EN 13849-1)
- Performance Level „d“ in ISO EN 13849-1:2008
- SIL 2-Eignung in IEC 61508 und EN 61800-5-2
- SILCL 2 in EN 61061

1) Nähere Angaben zur Funktion zur sicheren Abschaltung des Motormoments finden Sie in EN IEC 61800-5-2.

2) Nähere Angaben zur Stoppkategorie 0 und 1 finden Sie in EN IEC 60204-1.

### Aktivierung und Deaktivierung des sicheren Stopps

Die Funktion „Sicherer Stopp“ wird durch das Wegschalten der Spannung an Klemme 37 aktiviert. Durch Anschließen von externen Sicherheitsbausteinen, die wiederum eine sichere Verzögerung bieten, kann in der Installation auch Stoppkategorie 1 erzielt werden. Die Funktion „Sicherer Stopp“ kann für asynchrone und synchrone Motoren sowie Permanentmagnet-Motoren benutzt werden.

## ⚠️ WARNUNG

Nach der Installation der Funktion „Sicherer Stopp“ muss eine Abnahmeprüfung durchgeführt werden. Eine bestandene Abnahmeprüfung ist nach der ersten Installation und nach jeder Änderung der Sicherheitsinstallation obligatorisch.

### Technische Daten der Funktion Sicherer Stopp

Für die verschiedenen Sicherheitsstufen gelten folgende Werte:

#### Reaktionszeit für Klemme 37

- Typische Reaktionszeit: 10 ms

Reaktionszeit=Verzögerung zwischen Abschaltung des sicheren Stoppeingangs und Abschalten der Frequenzumrichterenausgangsbrücke.

#### Daten für EN ISO 13849-1

- Performance Level „d“
- Mittlere Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall (MTTF<sub>d</sub>): 24816 Jahre
- DC (Diagnosedeckungsgrad): 99%
- Kategorie 3
- Lebensdauer 20 Jahre

#### Daten für EN IEC 62061, EN IEC 61508, EN IEC 61800-5-2

- SIL 2-Eignung, SILCL 2:
- PFH (Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde) =  $7e-10FIT = 7e-19/h$
- SFF (Safe Failure Fraction) > 99%
- HFT (Hardwarefehler toleranz) = 0 (1oo1D-Architektur)
- Lebensdauer 20 Jahre

#### Daten für EN IEC 61508 (Low Demand)

- PFDavg bei einjähriger Abnahmeprüfung: 3, 07E-14
- PFDavg bei dreijähriger Abnahmeprüfung: 9, 20E-14
- PFDavg bei fünfjähriger Abnahmeprüfung: 1, 53E-13

### SISTEMA-Daten

Daten zur funktionalen Sicherheit stehen über eine Datenbibliothek zur Verwendung mit der Berechnungssoftware SISTEMA vom IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) und Daten zur manuellen Berechnung zur Verfügung. Die Bibliothek wird ständig vervollständigt und erweitert.

Abkürzung	Verweis	Bezeichnung
Kat.	EN 954-1	Sicherheitskategorie, Stufe „B, 1-4“
FIT		Failure In Time (Ausfallrate): 1E-9 Stunden

Abkürzung	Verweis	Bezeichnung
HFT	IEC 61508	Hardwarefehlertoleranz: HFT = n bedeutet, dass n+1 Fehler zu einem Verlust der Sicherheitsfunktion führen können
MTTFd	EN ISO 13849-1	Mean Time To Failure - dangerous (Mittlere Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall). Einheit: Jahre
PFH	IEC 61508	Probability of Dangerous Failures per Hour (Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde). Dieser Wert ist zu berücksichtigen, wenn das Sicherheitsgerät bei hoher (öfter als einmal im Jahr) oder kontinuierlicher Anforderungsrate betrieben wird, wobei die Anforderung an das sicherheitsbezogene System mehr als einmal pro Jahr erfolgt oder größer als die doppelte Frequenz der Wiederholungsprüfung ist.
PL	EN ISO 13849-1	Kenngroße für die Zuverlässigkeit von sicherheitsbezogenen Funktionen von Steuerungssystemen unter vorhersehbaren Bedingungen. Stufen a-e.
SFF	IEC 61508	Safe Failure Fraction [%]; Anteil der sicheren Fehler und erkannten gefährlichen Fehler einer Sicherheitsfunktion oder eines Untersystems im Verhältnis zu allen möglichen Fehlern.
SIL	IEC 61508	Safety Integrity Level
STO	EN 61800-5-2	Sichere Abschaltung Motormoment
SS1	EN 61800-5-2	Sicherer Stopp 1

**Tabelle 4.27 Auf die funktionale Sicherheit bezogene Abkürzungen**

Der PFDavg-Wert (Wahrscheinlichkeit gefahrbringender Ausfälle)

Ausfallwahrscheinlichkeit im Fall einer Anforderung der Sicherheitsfunktion.

#### 4.9.1.1 Klemme 37 – Funktion „Sicherer Stopp“

Der Frequenzumrichter ist mit der Funktion „Sicherer Stopp“ über Steuerklemme 37 erhältlich. Der sichere Stopp schaltet die Steuerspannung der Leistungshalbleiter in der Ausgangsstufe des Frequenzumrichters ab. Dies verhindert die Erzeugung der Spannung, die der Motor zum Drehen benötigt. Ist der sichere Stopp (Klemme 37) aktiviert wird, 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 „Sicherer Stopp“ dient zum Stoppen des Frequenzumrichters im Notfall.

Verwenden Sie im normalen Betrieb, bei dem Sie keinen sicheren Stopp benötigen, stattdessen die normale Stoppfunktion. Wenn der automatische Wiederanlauf zum Einsatz kommt, müssen Sie sicherstellen, dass die Anforderungen nach ISO 12100-2 Absatz 5.3.2.5 erfüllt werden.

#### Haftungsbedingungen

Der Anwender ist dafür verantwortlich, sicherzustellen, dass Personal, das die Funktion „Sicherer Stopp“ installiert und bedient:

- die Sicherheitsvorschriften im Hinblick auf Arbeitsschutz und Unfallverhütung kennt.
- die allgemeinen und Sicherheitsrichtlinien in der vorliegenden Beschreibung sowie der erweiterten Beschreibung in diesem Handbuch versteht.
- gute Kenntnisse über die allgemeinen und Sicherheitsnormen der jeweiligen Anwendung besitzt.

Das „Personal“ bzw. der Anwender ist dabei definiert als: Integrator, Bediener, Kundendiensttechniker, Wartungstechniker.

#### Normen

Zur Verwendung des sicheren Stopps an Klemme 37 muss der Anwender alle Sicherheitsbestimmungen in einschlägigen Gesetzen, Vorschriften und Richtlinien erfüllen. Die optionale Funktion „Sicherer Stopp“ 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 – Funktionale Sicherheit (Funktion zur sicheren Abschaltung des Motormoments)
- IEC 62061: 2005 SIL CL2
- ISO 13849-1: 2006 Kategorie 3 PL d
- ISO 14118: 2000 (EN 1037) – Vermeidung von unerwartetem Anlauf

Die Informationen und Anweisungen des Produkthandbuchs reichen zur sicheren und einwandfreien Verwendung der Funktion „Sicherer Stopp“ nicht aus. Betreiber müssen die zugehörigen Informationen und Anweisungen des jeweiligen *Projektierungshandbuchs* befolgen.

#### Schutzmaßnahmen

- Qualifiziertes Fachpersonal muss sicherheitstechnische Anlagen installieren und in Betrieb nehmen.
- Installieren Sie den Frequenzumrichter in einem Schaltschrank mit Schutzart IP54 oder einer vergleichbaren 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.

**Sicheren Stopp installieren und einrichten**
**⚠ WARNUNG**
**FUNKTION SICHERER STOPP!**

Die Funktion „Sicherer Stopp“ trennt NICHT die Netzversorgung zum Frequenzumrichter oder zu Zusatzstromkreisen. Führen Sie Arbeiten an elektrischen Teilen des Frequenzumrichters oder des Motors nur nach Abschaltung der Netzversorgung durch. Halten Sie zudem zunächst die unter Sicherheit in diesem Handbuch angegebene Wartezeit ein. Eine Nichtbeachtung dieser Vorgaben kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

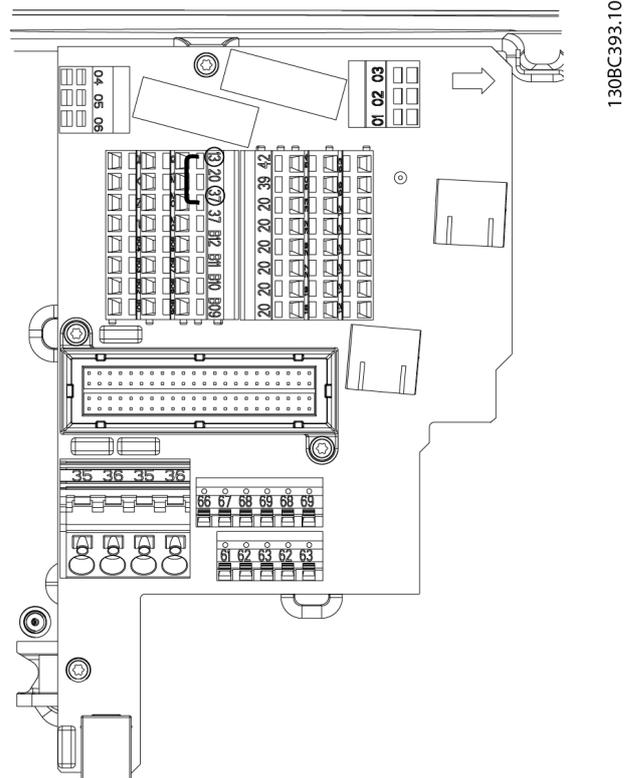
- Danfoss empfiehlt, den Frequenzumrichter nicht über die Funktion „Sichere Abschaltung Motormoment“ zu stoppen. Stoppen Sie einen laufenden Frequenzumrichter mit Hilfe dieser Funktion, schaltet der Motor ab und stoppt über Freilauf. Wenn dies nicht zulässig oder gefährlich ist, müssen Sie den Frequenzumrichter und alle angeschlossenen Maschinen vor Verwendung dieser Funktion über einen anderen Stopmodus anhalten. Je nach Anwendung kann eine mechanische Bremse erforderlich sein.
- Bei einem Ausfall mehrerer IGBT-Leistungshalbleiter bei Frequenzumrichtern für Synchron- und Permanentmagnet-Motoren: Trotz der Aktivierung der Funktion „Sichere Abschaltung Motormoment“ kann das System ein Ausrichtmoment erzeugen, das die Motorwelle um maximal  $180/p$ -Grad dreht.  $p$  steht hierbei für die Polpaarzahl.
- Diese Funktion eignet sich allein für mechanische Arbeiten am System oder an den betroffenen Bereichen einer Maschine. Dadurch entsteht keine elektrische Sicherheit. Sie dürfen diese Funktion nicht als Steuerung zum Starten und/oder Stoppen des Frequenzumrichters verwenden.

Befolgen Sie für eine sichere Installation des Frequenzumrichters die folgenden Schritte:

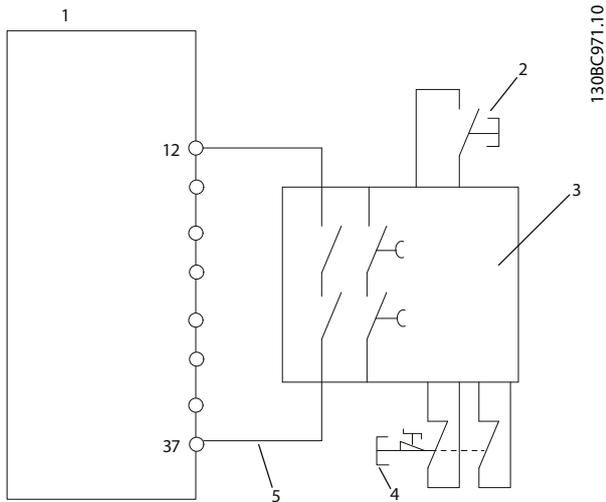
1. Entfernen Sie die Drahtbrücke zwischen den Steuerklemmen 37 und 12 oder 13. Ein Durchschneiden oder Brechen der Drahtbrücke

reicht zur Vermeidung von Kurzschlüssen nicht aus (siehe Drahtbrücke in *Abbildung 4.23*).

2. Schließen Sie ein externes Sicherheitsüberwachungsrelais über eine stromlos geöffnete Sicherheitsfunktion an Klemme 37 (Sicherer Stopp) und entweder Klemme 12 oder 13 (24 V DC) an. Beachten Sie hierbei die Anleitung der Sicherheitsvorrichtung. Das Sicherheitsrelais muss Kategorie 3 (EN 954-1)/PL „d“ (ISO 13849-1) oder SIL 2 (EN 62061) erfüllen.



**Abbildung 4.23 Drahtbrücke zwischen Klemme 12/13 (24 V) und 37**



**Abbildung 4.24** Installation zum Erreichen einer Stoppkategorie 0 (EN 60204-1) mit Sicherheitskat. 3 (EN 954-1)/PL „d“ (ISO 13849-1) oder SIL 2 (EN 62061).

1	Frequenzumrichter
2	Reset-Taste
3	Sicherheitsrelais (Kat. 3, PL d oder SIL2)
4	Not-Aus-Taster
5	Gegen Kurzschluss geschütztes Kabel (wenn nicht im IP54-Gehäuse installiert)

**Tabelle 4.28** Legende

#### Inbetriebnahmeprüfung des sicheren Stopps

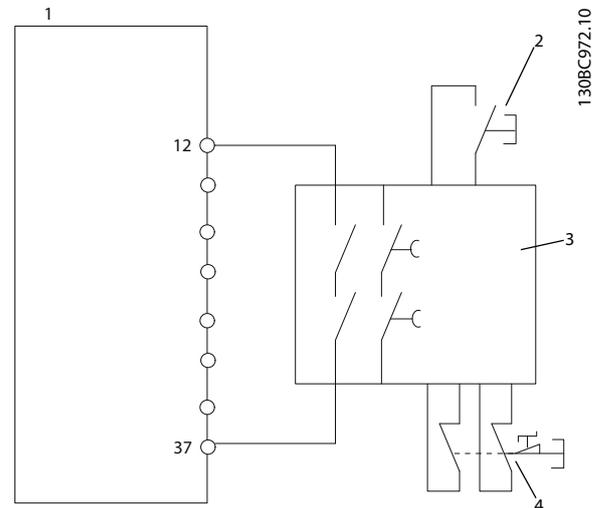
Führen Sie nach der Installation und vor erstmaligem Betrieb eine Inbetriebnahmeprüfung der Anlage oder der Anwendung, die vom sicheren Stopp Gebrauch macht, durch. Wiederholen Sie diese Prüfung nach jeder Änderung der Anlage oder Anwendung.

#### Beispiel mit sicherer Abschaltung des Motormoments

Ein Sicherheitsrelais wertet die Signale des Not-Aus-Tasters aus und löst die sichere Abschaltung des Motormoments am Frequenzumrichter bei Betätigung des Not-Aus-Tasters aus (siehe *Abbildung 4.25*). Diese Sicherheitsfunktion entspricht einem Stopp der Kategorie 0 (unkontrollierter Stopp) gemäß IEC 60204-1. Wird die Funktion während des Betriebs ausgelöst, läuft der Motor unkontrolliert aus. Die Netzspannung zum Motor wird sicher abgeschaltet, sodass keine weitere Bewegung möglich ist. Eine Anlage muss im Stillstand nicht überwacht werden. Wenn eine externe Kraft auf die Anlage wirken kann, sorgen Sie für zusätzliche Maßnahmen, um potenzielle Bewegung zu verhindern (z. B. mechanische Bremsen).

## HINWEIS

Bei allen Anwendung mit sicherem Stopp ist es wichtig, dass ein Kurzschluss in der Verdrahtung zu Klemme 37 ausgeschlossen werden kann. Schließen Sie Kurzschluss wie in EN ISO 13849-2 D4 beschrieben durch Verwendung von Schutzverdrahtung (abgeschirmt oder abgetrennt) aus.



**Abbildung 4.25** Beispiel für sichere Abschaltung Motormoment

1	Frequenzumrichter
2	[Reset]-Taste
3	Sicherheitsrelais
4	Not-Aus

**Tabelle 4.29** Legende

#### Beispiel mit SS1

SS1 entspricht einem kontrollierten Stopp, Stoppkategorie 1 gemäß IEC 60204-1 (siehe *Abbildung 4.26*). Bei Aktivierung der Sicherheitsfunktion führt der Frequenzumrichter einen normalen kontrollierten Stopp aus. Dies können Sie über Klemme 27 aktivieren. Nach Ablauf der sicheren Verzögerungszeit am externen Sicherheitsmodul wird die sichere Abschaltung des Motormoments ausgelöst und Klemme 37 wird deaktiviert. Die Rampe ab erfolgt wie im Frequenzumrichter konfiguriert. Ist der Frequenzumrichter nach der sicheren Verzögerungszeit nicht gestoppt, lässt die Aktivierung der sicheren Abschaltung Motormoment den Frequenzumrichter im Freilauf auslaufen.

## HINWEIS

Bei Verwendung der SS1-Funktion wird die Bremsrampe des Frequenzumrichters im Hinblick auf Sicherheit nicht überwacht.

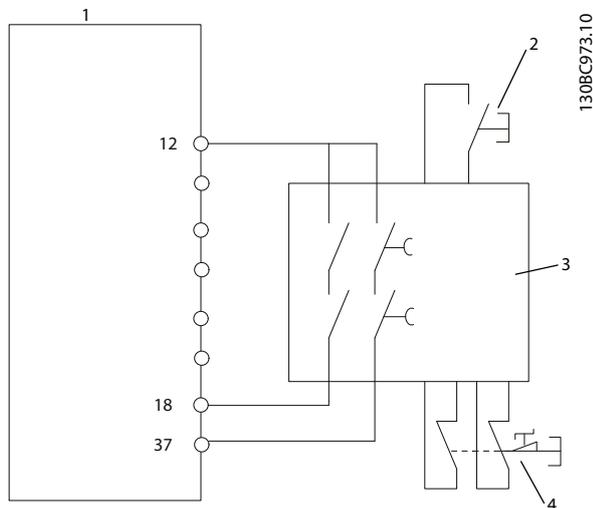


Abbildung 4.26 SS1-Beispiel

1	Frequenzumrichter
2	[Reset]-Taste
3	Sicherheitsrelais
4	Not-Aus

Tabelle 4.30 Legende

### Beispiel mit Anwendung der Kategorie 4/PL e

Wenn die Auslegung des Sicherheitssteuersystems zwei Kanäle für die Funktion „Sichere Abschaltung Motormoment“ erfordert, um Kategorie 4/PL e zu erreichen, realisieren Sie einen Kanal über die Klemme für sicheren Stopp Klemme 37 (STO) und den anderen durch ein Schütz. Schließen Sie das Schütz entweder in den Leistungsschaltkreisen am Eingang oder Ausgang des Frequenzumrichters an, kontrolliert durch das Sicherheitsrelais (siehe *Abbildung 4.27*). Sie müssen das Schütz durch einen hilfsgeführten Kontakt überwachen lassen und an den Quittiereingang des Sicherheitsrelais anschließen.

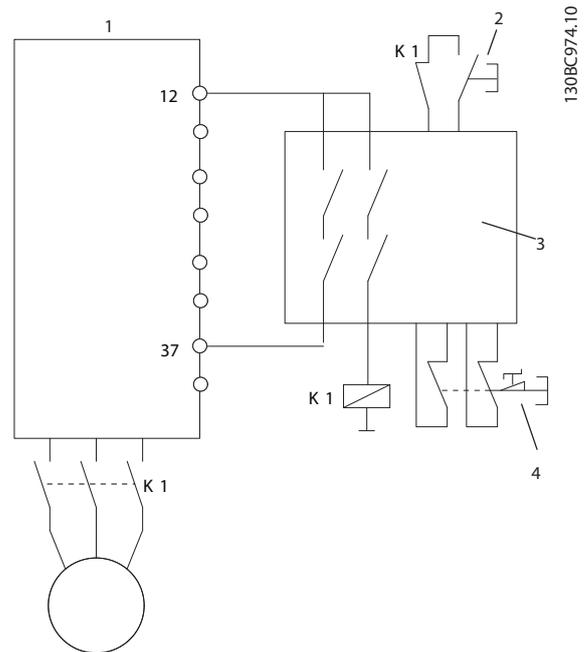


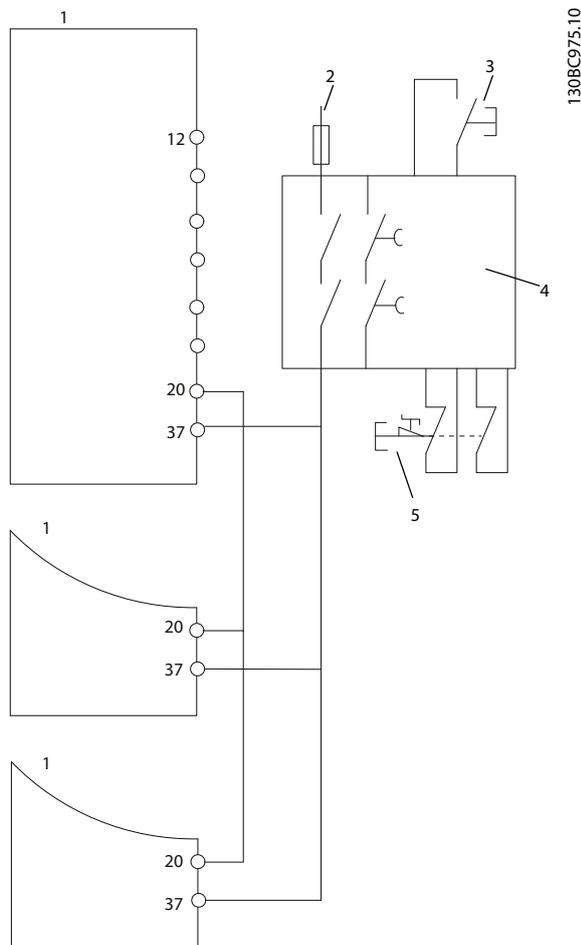
Abbildung 4.27 Beispiel für STO Kategorie 4

1	Frequenzumrichter
2	[Reset]-Taste
3	Sicherheitsrelais
4	Not-Aus

Tabelle 4.31 Legende

### Parallelschaltung des sicheren Stoppeingangs mit einem Sicherheitsrelais

Sie können die Eingänge für sicheren Stopp Klemme 37 (STO) direkt zusammenschalten, wenn mehrere Frequenzumrichter an der gleichen Steuerleitung über ein Sicherheitsrelais gesteuert werden müssen (siehe *Abbildung 4.28*). Zusammenschalten von Eingängen erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Störung in unsicherer Richtung. Eine Störung in einem Frequenzumrichter kann dazu führen, dass alle Frequenzumrichter aktiviert werden. Die Wahrscheinlichkeit einer Störung für Klemme 37 ist so gering, dass die resultierende Wahrscheinlichkeit weiterhin die Anforderungen für SIL2 erfüllt.



1308C975.10

Abbildung 4.28 Beispiel für Parallelschaltung mehrerer Frequenzumrichter

1	Frequenzumrichter
2	24 V DC
3	[Reset]-Taste
4	Sicherheitsrelais
5	Not-Aus

Tabelle 4.32 Legende

**⚠️ WARNUNG**

Aktivieren der Funktion „Sicherer Stopp“ (d. h. Wegschalten des 24 V-Signals an Klemme 37) schafft keine elektrische Sicherheit. Die Funktion „Sicherer Stopp“ selbst reicht nicht aus, um die in EN 60204-1 definierte Notabschaltfunktion zu realisieren. Die Notabschaltung fordert Maßnahmen zur elektrischen Isolierung, z. B. durch Abschaltung der Netzversorgung über ein zusätzliches Schütz.

1. Aktivieren Sie die Funktion „Sicherer Stopp“ durch Wegschalten der 24 DC-Spannung an Klemme 37.
2. Nach Aktivieren des „Sicheren Stopps“ (d. h. nach der Antwortzeit) lässt der Frequenzumrichter den

Motor im Freilauf auslaufen (er erzeugt kein Drehfeld im Motor mehr). Die Antwortzeit liegt in der Regel unter 10 ms.

Der Frequenzumrichter ist gegen die erneute Schaffung eines Drehfelds durch einen internen Fehler geschützt (gemäß Kat. 3 von EN 954-1), PL d gemäß EN ISO 13849-1 und SIL 2 gemäß EN 62061). Bei aktiviertem sicheren Stopp erscheint am Display des Frequenzumrichters eine entsprechende Meldung. Der zugehörige Hilfetext lautet „Die Funktion „Sicherer Stopp“ wurde durch die Steuerklemme 37 aktiviert (Signal 0V).“ Dies weist darauf hin, dass der „Sichere Stopp“ aktiviert wurde oder dass der Betrieb nach einer Aktivierung der Funktion „Sicherer Stopp“ noch nicht wieder aufgenommen wurde.

**HINWEIS**

Die Anforderungen von Kat. 3 (EN 954-1) / PL „d“ (ISO 13849-1) werden nur erfüllt, während die 24 V DC-Versorgung zu Klemme 37 von einer Sicherheitsvorrichtung, die selbst Kat. 3 (EN 954-1) / PL „d“ (ISO 13849-1) erfüllt, unterbrochen oder niedrig gehalten wird. Wenn externe Kräfte auf den Motor wirken, darf er nicht ohne zusätzliche Maßnahmen für Fallschutz betrieben werden. Externe Kräfte können zum Beispiel bei einer vertikalen Achse (hängende Lasten) auftreten, wenn eine unerwünschte Bewegung z. B. durch Schwerkraft eine Gefahr darstellen könnte. Fallschutzmaßnahmen können zusätzliche mechanische Bremsen sein.

Standardmäßig sind die Funktionen für sicheren Stopp auf den Schutz vor unerwartetem Wiederanlauf eingestellt. Zum Wiederanlauf nach Aktivierung des sicheren Stopps

1. müssen Sie zunächst wieder die 24 V DC-Spannung an Klemme 37 anlegen (Text „Sicherer Stopp aktiviert“ wird immer noch angezeigt)
2. ein Reset-Signal (über Bus, Digital-E/A oder die [Reset]-Taste am Wechselrichter) erzeugen.

Die Funktion „Sicherer Stopp“ kann für automatischen Wiederanlauf eingestellt werden. Stellen Sie den Wert von 5-19 Klemme 37 *Sicherer Stopp* von der Werkseinstellung [1] auf Wert [3].

Automatischer Wiederanlauf bedeutet, dass der sichere Stopp beendet und normaler Betrieb wieder aufgenommen wird, sobald 24 V DC an Klemme 37 angelegt werden. Es ist kein Reset-Signal erforderlich.

## ⚠️ WARNUNG

Automatischer Wiederanlauf ist nur in einem von zwei Fällen zulässig:

1. Der Schutz vor unerwartetem Anlauf wird über andere Teile der sicheren Stoppinstallation implementiert.
2. Ein Aufenthalt in der Gefahrenzone kann mechanisch ausgeschlossen werden, wenn die Funktion „Sicherer Stopp“ nicht aktiviert ist. Insbesondere müssen Sie *Absatz 5.3.2.5 von ISO 12100-2 2003* beachten.

### 4.9.1.2 Inbetriebnahmeprüfung des sicheren Stopps

Führen Sie nach der Installation und vor erstmaligem Betrieb eine Inbetriebnahmeprüfung der Anlage oder der Anwendung, die vom sicheren Stopp Gebrauch macht, durch.

Nach jeder Änderung der Anlage oder Anwendung, zu der der sichere Stopp gehört, ist diese Prüfung zu wiederholen.

## HINWEIS

Eine bestandene Abnahmeprüfung ist nach der ersten Installation und nach jeder Änderung der Sicherheitsinstallation obligatorisch.

Inbetriebnahmeprüfung (Fall 1 oder 2 je nach Anwendung wählen):

**Fall 1: Schutz vor Wiederanlauf bei sicherem Stopp erforderlich (d. h. Sicherer Stopp nur, wenn 5-19 Klemme 37 Sicherer Stopp auf die Werkseinstellung [1] eingestellt ist, oder kombinierter Sicherer Stopp und MCB112, wenn 5-19 Klemme 37 Sicherer Stopp auf [6] oder [9] eingestellt ist):**

- 1.1 Trennen Sie die 24 V DC-Versorgung an Klemme 37 über die externe Sicherheitsvorrichtung, während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h. Netzversorgung bleibt bestehen). Die Prüfung ist bestanden, wenn
  - der Motor mit einem Freilauf reagiert und
  - die mechanische Bremse (falls vorhanden) geschlossen wird
  - auf dem LCP (falls angeschlossen) der Alarm „Sicherer Stopp [A68]“ angezeigt wird
- 1.2 Aktivieren Sie erneut ein Reset-Signal (über Bus, Digitalein-/ausgang oder [Reset]-Taste). Der Prüfungsschritt ist bestanden, wenn der Motor im Sicherheitsstopp bleibt und die mechanische Bremse (falls angeschlossen) geschlossen bleibt.

1.3 Legen Sie wieder die 24 V DC-Spannung an Klemme 37 an. Der Prüfungsschritt ist bestanden, wenn der Motor im Freilauf bleibt und die mechanische Bremse (falls angeschlossen) geschlossen bleibt.

1.4 Aktivieren Sie erneut ein Reset-Signal (über Bus, Digitalein-/ausgang oder [Reset]-Taste). Der Prüfungsschritt ist bestanden, wenn der Motor wieder anläuft.

Die Inbetriebnahmeprüfung ist bestanden, wenn alle vier Prüfungsschritte 1.1, 1.2, 1.3 und 1.4 erfolgreich absolviert wurden.

**Fall 2: Automatischer Wiederanlauf nach sicherem Stopp ist erwünscht und zulässig (d. h. nur Sicherer Stopp, wenn 5-19 Klemme 37 Sicherer Stopp auf [3] eingestellt ist, oder kombinierter Sicherer Stopp und MCB 112, wenn 5-19 Klemme 37 Sicherer Stopp auf [7] oder [8] eingestellt ist):**

- 2.1 Trennen Sie die 24 V DC-Versorgung an Klemme 37 über die externe Sicherheitsvorrichtung, während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h. Netzversorgung bleibt bestehen). Die Prüfung ist bestanden, wenn
  - der Motor mit einem Freilauf reagiert und
  - die mechanische Bremse (falls vorhanden) geschlossen wird
  - auf dem LCP (falls angeschlossen) der Alarm „Sicherer Stopp [A68]“ angezeigt wird

2.2 Legen Sie wieder die 24 V DC-Spannung an Klemme 37 an.

Der Prüfungsschritt ist bestanden, wenn der Motor wieder anläuft. Die Inbetriebnahmeprüfung ist bestanden, wenn Prüfungsschritte 2.1 und 2.2 erfolgreich absolviert wurden.

## HINWEIS

Siehe Warnung zum Wiederanlaufverhalten in *Klemme 37 – Funktion „Sicherer Stopp“*.

## HINWEIS

Die Funktion „Sicherer Stopp“ kann für asynchrone, synchrone Motoren und Permanentmagnet-Motor benutzt werden. Es können zwei Fehler im Leistungshalbleiter des Frequenzumrichters auftreten. Bei Verwendung synchroner Motoren kann dies zu einer Restdrehung führen. Die Drehung kann mit Winkel=360/(Polzahl) berechnet werden. Bei Anwendungen, die synchrone Motoren benutzen, ist dies zu berücksichtigen und sicherzustellen, dass dies kein sicherheitskritisches Problem ist. Dies trifft nicht auf asynchrone Motoren zu.

## 5 Typencode und Auswahlhilfe

### 5.1 Typencodebeschreibung

Position	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	39	39		
	F	C	D	3	0	2	P				T	4				H	1												X	A		B		X	X	X	X	X	X	D	

130BB797.10

Abbildung 5.1 Typencodebeschreibung

**5**

Position	Bezeichnung	Optionen	
01-03	Produktgruppe	FCD	Decentral Drive
04-06	Frequenzumrichter-Baureihe	302	Erweiterte Leistung
07-10	Nennleistung	PK37	0,37 kW
		PK55	0,55 kW
		PK75	0,75 kW
		P1K1	1,1 kW
		P1K5	1,5 kW
		P2K2	2,2 kW
		P3K0	3,0 kW (nur große Bauform)
	PXXX	Nur Installationskasten (ohne Leistungsteil)	
11-12	Phasen, Netzspannung	T	Dreiphasig
		4	380-480 V AC
13-15	Schutzart	B66	Standardausführung Schwarz – IP66
		W66	Standardausführung Weiß – IP66
		W69	Hygienische Ausführung Weiß – IP66K
16-17	EMV-Filter	H1	EMV-Filter, Klasse A1/C2
18	Bremsen	X	Keine Bremse
		S	Versorgung Bremschopper + mechanische Bremse

Position	Bezeichnung	Optionen	
19	Hardwarekonfiguration	1	Komplettprodukt, kleine Bauform, Einzelmontage
		3	Komplettprodukt, große Bauform, Einzelmontage
		X	Frequenzumrichterteil, kleine Bauform (kein Installationskasten)
		Y	Frequenzumrichterteil, große Bauform (kein Installationskasten)
		R	Installationskasten, kleine Bauform, Einzelmontage (kein Frequenzumrichterteil)
		T	Installationskasten, große Bauform, Einzelmontage (kein Frequenzumrichterteil)
20	Halterungen	X	Keine Halterungen
		E	Flachhalterungen
		F	Halterungen (40 mm)
21	Gewinde	X	Kein Installationskasten
		M	Metrische Gewinde
22	Schalteroption	X	Keine Schalteroption
		E	Wartungsschalter am Netzeingang
		F	Wartungsschalter am Motorausgang
		H	Trennschalter und Netztrenner, Durchschleifklemmen (nur große Bauform)
23	Display	K	Wartungsschalter am Netzeingang mit zusätzlichen Durchschleifklemmen (nur große Bauform)
		X	Kein Displaystecker (kein Installationskasten)
		C	Mit Displaystecker

Position	Bezeichnung	Optionen	
24	Sensorstecker	X	Keine Sensorstecker
		E	Direktmontage 4 x M12: 4 Digitaleingänge
		F	Direktmontage 6 x M12: 4 Digitaleingänge, 2 Relaisausgänge
25	Motorstecker	X	Kein Motorstecker
26	Netzstecker	X	Kein Netzstecker
27	Feldbusstecker	X	Kein Feldbusstecker
		E	M12 Ethernet
		P	M12 Profibus
28	Reserviert	X	Zur zukünftigen Verwendung
29-30	A-Option	AX	Keine A-Option
		A0	Profibus DP
		AN	Ethernet IP
		AL	Profinet
31-32	B-Option	BX	Keine B-Option
		BR	Drehgeberoption
		BU	Resolveroption
		BZ	Sicherheits-SPS-Schnittstelle
33-37	Reserviert	XXXXX	Zur zukünftigen Verwendung
38-39	D-Option	DX	Keine D-Option
		D0	Externe 24 V DC Versorgung

Tabelle 5.1 Typencodesbeschreibung

Nicht alle Optionen sind für jede Varianten des FCD 302 erhältlich. Um zu bestätigen, ob die richtige Version erhältlich ist, gehen Sie bitte zum Drive-Konfigurator im Internet:  
<http://driveconfig.danfoss.com>.

## HINWEIS

A- und D-Optionen für den FCD 302 sind in die Steuerkarte integriert, daher können steckbare Optionen für Frequenzumrichter hier nicht verwendet werden. Bei einer späteren Nachrüstung müssen Sie die gesamte Steuerkarte austauschen. B-Optionen sind steckbar, da diese dasselbe Konzept wie bei Frequenzumrichtern verwenden.

## 5.1.1 Drive-Konfigurator

Sie können einen Frequenzumrichter unter Verwendung des Typencodesystems individuell gemäß den Anwendungsanforderungen auslegen.

So können Sie auch den Frequenzumrichter serienmäßig mit eingebauten Optionen bestellen, indem Sie den Typencode, der das Produkt beschreibt, zusammenstellen und an die Danfoss-Vertretung senden. Typencode-Beispiel: FCD302P2K2T4B66H1X1XMXCXXXXXA0BXXXXDX

Die Bedeutung der Zeichen in diesem Code ist auf den Seiten mit den Bestellnummern in diesem Kapitel dargestellt. Im obigen Typencode sind z. B. die Optionen Profibus DP V1 und die externe 24 V-Versorgung enthalten.

mit Hilfe des Drive-Konfigurators können Sie ebenfalls vom Internet aus den geeigneten Frequenzumrichter für Ihre Anwendung zusammenstellen und den Typencode erzeugen. Der Drive-Konfigurator erzeugt automatisch eine achtstellige Bestellnummer, mit der Sie den Frequenzumrichter über Ihre Vertretung vor Ort bestellen können. Außerdem können Sie eine Projektliste mit mehreren Produkten aufstellen und ggf. an den Danfoss-Vertriebsbeauftragten senden.

Der Drive-Konfigurator ist auf der globalen Internetseite zu finden: [www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives).

Frequenzumrichter werden automatisch mit einem Sprachpaket geliefert, das für die Region, in der er bestellt wird, relevant ist.

Um Frequenzumrichter mit einem unterschiedlichen Sprachpaket zu bestellen, wenden Sie sich bitte an Ihren Danfoss-Service.

## 5.2 Bestellnummern

### 5.2.1 Bestellnummern: Zubehör

Zubehör	Beschreibung	Bestellnummer
Halterungen, verlängert	Halterungen (40 mm)	130B5771
Halterungen	Flachhalterungen	130B5772
LCP-Kabel	Vorkonfektioniertes Kabel zur Verwendung zwischen Frequenzumrichter und LCP	130B5776
Bremswiderstand 1750 $\Omega$ 10 W/100%	Zum Einbau in einem Installationskasten unter Motorklemmen	130B5778
Bremswiderstand 350 $\Omega$ 10 W/100%	Zum Einbau in einem Installationskasten unter Motorklemmen	130B5780
VLT LCP Bedienteil LCP 102	Grafikdisplay zur Programmierung und Anzeige	130B1078
Entlüftungsmembran, Goretex	Verhindert Kondensation im Schaltschrank/Gehäuse	175N2116
PE-Terminierung, M20	Edelstahl	175N2703
PE-Terminierung, M16	Edelstahl	130B5833

Tabelle 5.2 Bestellnummern: Zubehör

### 5.2.2 Bestellnummern: Ersatzteile

Ersatzteile	Bezeichnung	Bestellnummer
Schutzabdeckung	Schutzabdeckung aus Kunststoff für das Wechselrichterteil	130B5770
Dichtung	Dichtung zwischen Installationskasten und Wechselrichterteil	130B5773
Montagezubehör	Reserve-Zugentlastungsklemmen und Schrauben zum Schirmabschluss	130B5774
Wartungsschalter	Reserveschalter für Netz- oder Motortrennung	130B5775
LCP-Stecker	Reservestecker zur Montage im Installationskasten	130B5777
Hauptanschlussplatine	Zum Einbau im Installationskasten	130B5779
M12-Sensorstecker	Zwei Paar M12-Sensorstecker zur Befestigung in Kabelanschlussbohrung	130B5411
Steuerkarte	Steuerkarte mit externer 24-V-Versorgung	130b5783
Steuerkarte Profibus	Steuerkarte Profibus mit externer 24-V-Versorgung	130b5781
Steuerkarte EtherNet	Steuerkarte EtherNet mit externer 24-V-Versorgung	130b5788
Steuerkarte Profinet	Steuerkarte Profinet mit externer 24-V-Versorgung	130b5794

Tabelle 5.3 Bestellnummern: Ersatzteile

Verpackungsinhalt:

- Montagezubehör, nur bei Bestellung des Installationskastens mitgeliefert Inhalt:
  - 2 Zugentlastungsklemmen
  - Halterung für Motor-/Lastkabel
  - Erhöhungskonsole für Kabelschelle
  - 4-mm-Schraube, 20 mm
  - 3,5-mm-Gewindeschneidschraube, 8 mm
- Dokumentation

Abhängig von den eingebauten Optionen enthält der Installationskasten einen oder zwei Beutel mit Montagezubehör und ein oder mehrere Handbücher bzw. Anleitungen.

### 5.3 Optionen und Zubehör

Danfoss bietet für die Frequenzrichter umfangreiche Erweiterungsmöglichkeiten und Zubehör an.

#### 5.3.1 Feldbus-Optionen

Wählen Sie bei der Bestellung des Frequenzrichters die Feldbus-Option. Alle Feldbus-Optionen sind auf der Steuerkarte enthalten. Eine getrennte A-Option ist nicht erhältlich.

Wechseln Sie zum späteren Ändern der Feldbus-Option die Steuerkarte. Die folgenden Steuerkarten mit verschiedenen Feldbus-Optionen sind erhältlich. Alle Steuerkarten haben serienmäßig eine externe 24-V-Versorgung.

Pos.	Bestellnummer
Steuerkarte PROFIBUS	130B5781
Steuerkarte EtherNet	130B5788
Steuerkarte PROFINET	130B5794

Tabelle 5.4 Steuerkarten mit Feldbus-Optionen

#### 5.3.2 Drehgeber-Option MCB 102

Das Drehgebermodul wird zur Anschaltung einer Drehzahlwertrückführung (1-02 Drehgeber Anschluss oder 7-00 Drehgeberrückführung) verwendet. Konfigurieren Sie die Drehgeber-Option in Parametergruppe 17-.\*\*

Die Drehgeber-Option MCB 102 wird verwendet für:

- VVC<sup>plus</sup> mit Rückführung
- Flux-Vektor Drehzahlregelung
- Flux-Vektor Drehmomentregelung
- Permanentmagnet-Motor

Unterstützte Drehgebertypen:

Inkrementalgeber: 5 V TTL-Typ, RS422, max. Frequenz: 410 kHz

Inkrementalgeber: 1 Vpp, Sinus/Cosinus

Hiperface®-Drehgeber: Absolut- und SinCos-Drehgeber (Stegmann/SICK)

EnDat-Drehgeber: Absolut- und SinCos-Drehgeber (Heidenhain), unterstützt Version 2.1

SSI-Drehgeber: Absolut

Drehgeberüberwachung:

Die 4 Drehgeberkanäle (A, B, Z und D) werden auf Kurzschluss und offenen Stromkreis überwacht. Jeder Kanal besitzt eine grüne LED-Leuchte, die aufleuchtet, wenn der Kanal in Ordnung ist.

#### HINWEIS

**Die LED sind bei Einbau in einem FCD302 Frequenzrichter nicht zu sehen. Die Reaktion im Falle eines Drehgeberfehlers kann in 17-61 Drehgeber Überwachung gewählt werden: Deaktiviert, Warnung oder Alarm.**

Der Bausatz der Drehgeber-Option enthält

- Drehgeber-Option MCB 102
- Kabel zum Anschluss von Kundenklemmen an die Steuerkarte

Anschluss Bezeichnung X31	Inkrementalgeber (siehe Grafik A)	SinCos-Drehgeber Hiperface®(siehe Grafik B)	EnDat-Drehgeber	SSI-Drehgeber	Bezeichnung
1	Öffner			24 V*	24 V-Ausgang (21-25 V, I <sub>max</sub> : 125 mA)
2	Öffner	8 VCC			8 V-Ausgang (7-12 V, I <sub>max</sub> : 200 mA)
3	5 VCC		5 VCC	5 V*	5 V-Ausgang (5 V ±5%, I <sub>max</sub> : 200 mA)
4	GND		GND	GND	GND
5	Eingang A	+COS	+COS		Eingang A
6	Eingang A inv.	REFCOS	REFCOS		Eingang A inv.
7	Eingang B	+SIN	+SIN		Eingang B
8	Eingang B inv.	REFSIN	REFSIN		Eingang B inv.
9	Eingang Z	+Daten RS485	Taktausgang	Taktausgang	Eingang Z ODER +Daten RS485
10	Eingang Z inv.	-Daten RS485	Taktausgang inv.	Taktausgang inv.	Eingang Z ODER -Daten RS485
11	Öffner	Öffner	Dateneingang	Dateneingang	Künftiger Gebrauch
12	Öffner	Öffner	Dateneingang inv.	Dateneingang inv.	Künftiger Gebrauch
Max. 5 V an X31.5-12					

Tabelle 5.5 Anschlussklemmen der Drehgeber-Option MCB 102

\* Versorgung für Drehgeber: siehe Daten an Drehgeber

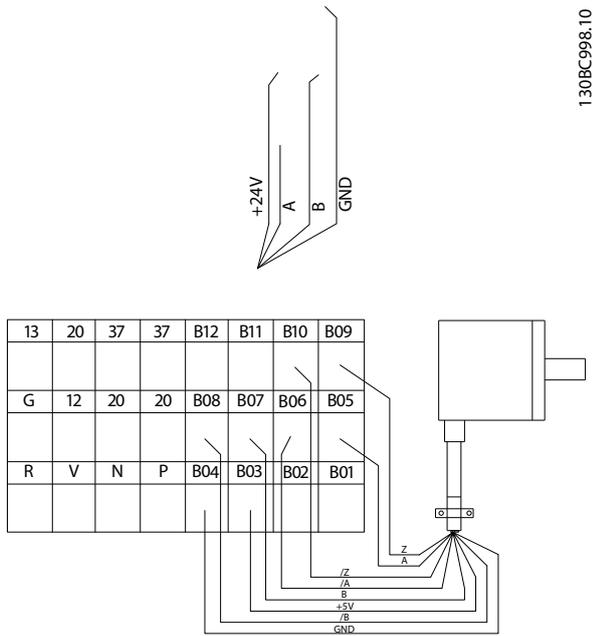


Abbildung 5.2 Anschlüsse für 5-V-Inkrementalgeber

Max. Kabellänge 10 m

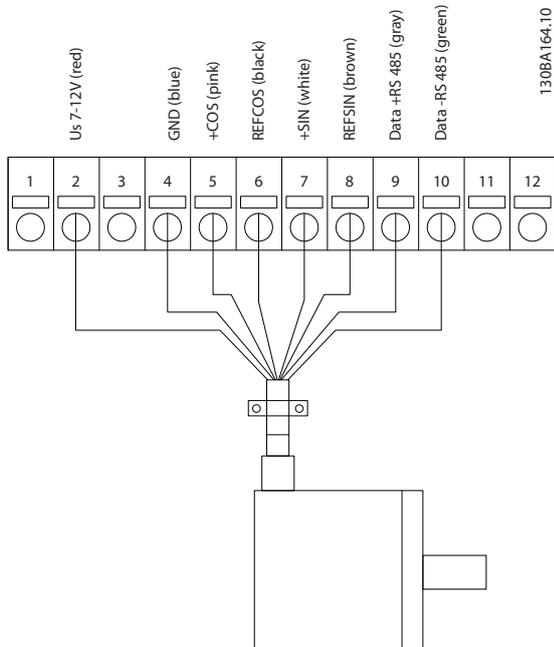


Abbildung 5.3 Anschlüsse für Hiperface-Drehgeber - 1

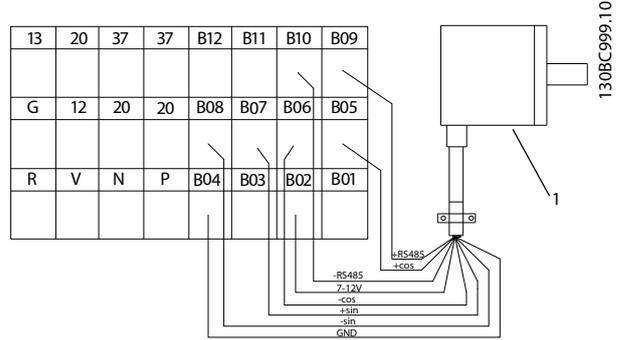


Abbildung 5.4 Anschlüsse für Hiperface-Drehgeber - 2

Pos.	Bezeichnung
1	Hiperface-Drehgeber

Tabelle 5.6 Legende

### 5.3.3 Resolver-Option MCB 103

Die Resolver-Option MCB 103 dient zur Rückführung eines Resolveristwertsignals vom Motor zum Frequenzumrichter. Resolver werden im Wesentlichen als Motor-Istwertgeber für bürstenlose Permanentmagnet-Synchronmotoren verwendet.

Der Bausatz der Resolver-Option enthält:

- Resolver-Option MCB 103
- Kabel zum Anschluss von Kundenklemmen an die Steuercarte

Parameterauswahl: 17-5x Resolver aktivieren

Die Resolver-Option MCB 103 unterstützt eine vielfältige Zahl von Resolverarten.

Resolver Pole	17-50 Resolver Pole: 2 *2
Resolver Eingangsspannung	17-51 Resolver Eingangsspannung: 2,0-8,0 Vrms *7,0 Vrms
Resolver Eingangsfrequenz	17-52 Resolver Eingangsfrequenz: 2-15 kHz 10,0 kHz
Übersetzungsverhältnis	17-53 Übersetzungsverhältnis: 0,1-1,1 *0,5
Sekundäre Eingangsspannung	Max. 4 Vrms
Sekundäre Last	Ca. 10 kΩ

Tabelle 5.7 Technische Daten der Resolver-Option MCB 103

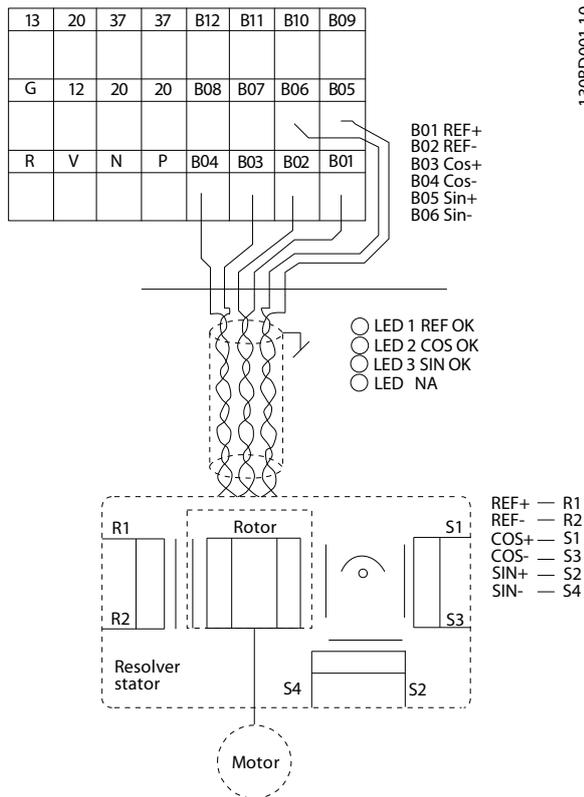


Abbildung 5.5 Anschlüsse für Resolver-Option MCB 103

**HINWEIS**

Die Resolver-Option MCB 103 kann nur mit Resolverarten mit Rotorversorgung verwendet werden. Resolver mit Statorversorgung können nicht benutzt werden.

**HINWEIS**

LED-Anzeigen sind an der Resolver-Option nicht zu sehen.

**LED-Anzeigen**

- LED 1 leuchtet, wenn das Sollwertsignal zum Resolver i. O. ist.
- LED 2 leuchtet, wenn das Cosinus-Signal vom Resolver i. O. ist.
- LED 3 leuchtet, wenn das Sinus-Signal vom Resolver i. O. ist.

Die LED sind aktiv, wenn 17-61 Drehgeber Überwachung auf Warnung oder Alarm programmiert ist.

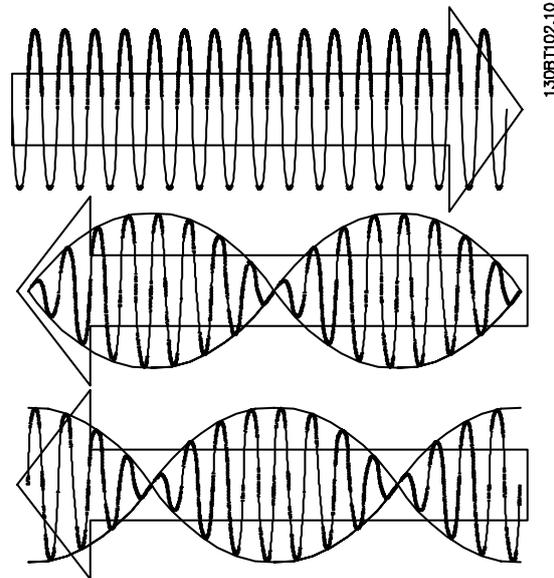


Abbildung 5.6 Resolver-Signale

**Konfigurationsbeispiel**

In diesem Beispiel wird ein Permanentmagnet-Motor (PM) mit Resolver als Drehzahlrückführung verwendet. Ein PM-Motor muss normalerweise im Fluxmodus betrieben werden.

**Verdrahtung**

Die max. Kabellänge ist 150 m bei Verwendung eines Kabels mit verdrehten Leitern.

**HINWEIS**

Resolver-Kabel müssen abgeschirmt sein und sollten von den Motorkabeln getrennt verlegt werden.

**HINWEIS**

Die Abschirmung des Resolver-Kabels muss richtig am Abschirmblech aufgelegt und auf der Motorseite mit Masse (Erde) verbunden werden.

**HINWEIS**

Verwenden Sie immer abgeschirmte Motor- und Bremschopperkabel.

1-00 Regelverfahren	[1] Mit Drehgeber
1-01 Steuerprinzip	[3] Fluxvektor mit Geber
1-10 Motorart	[1] PM, Vollpol
1-24 Motornennstrom	Typenschild
1-25 Motornendrehzahl	Typenschild
1-26 Dauer-Nenn Drehmoment	Typenschild
AMA ist bei PM-Motoren nicht möglich	
1-30 Statorwiderstand (Rs)	Motordatenblatt
30-80 D-Achsen-Induktivität (Ld)	Motordatenblatt (mH)
1-39 Motorpolzahl	Motordatenblatt
1-40 Gegen-EMK bei 1000 UPM	Motordatenblatt
1-41 Geber-Offset	Motordatenblatt (gewöhnlich Null)
17-50 Resolver Pole	Resolver-Datenblatt
17-51 Resolver Eingangsspannung	Resolver-Datenblatt
17-52 Resolver Eingangsfrequenz	Resolver-Datenblatt
17-53 Übersetzungsverhältnis	Resolver-Datenblatt
17-59 Resolver aktivieren	[1] Aktiviert

**Tabelle 5.8 Stellen Sie folgende Parameter ein**

### 5.3.4 Externe 24 V-Option MCB 107

#### Externe 24 V DC-Versorgung

Die externe 24 V DC-Versorgung kann zur Niederspannungsversorgung der Steuerkarte sowie etwaiger eingebauter Optionskarten installiert werden. Dies ermöglicht den Betrieb des LCP-Bedienteils und der Feldbusoptionen auch bei abgeschalteter Netzversorgung.

#### Technische Daten für externe 24 V-Versorgung

Eingangsspannungsbereich	24 V DC $\pm$ 15% (max. 37 V in 10 s)
Max. Eingangsstrom	2,2 A
Durchschnittl. Eingangsstrom	0,9 A
Max. Kabellänge	75 m
Eingangskapazitätslast	<10 $\mu$ F
Einschaltverzögerung	<0,6 s

Die Eingänge sind geschützt.

#### Klemmennummern

Klemme 35: - externe 24 V DC-Versorgung

Klemme 36: + externe 24 V DC-Versorgung

## 6 Technische Daten

### 6.1 Abmessungen

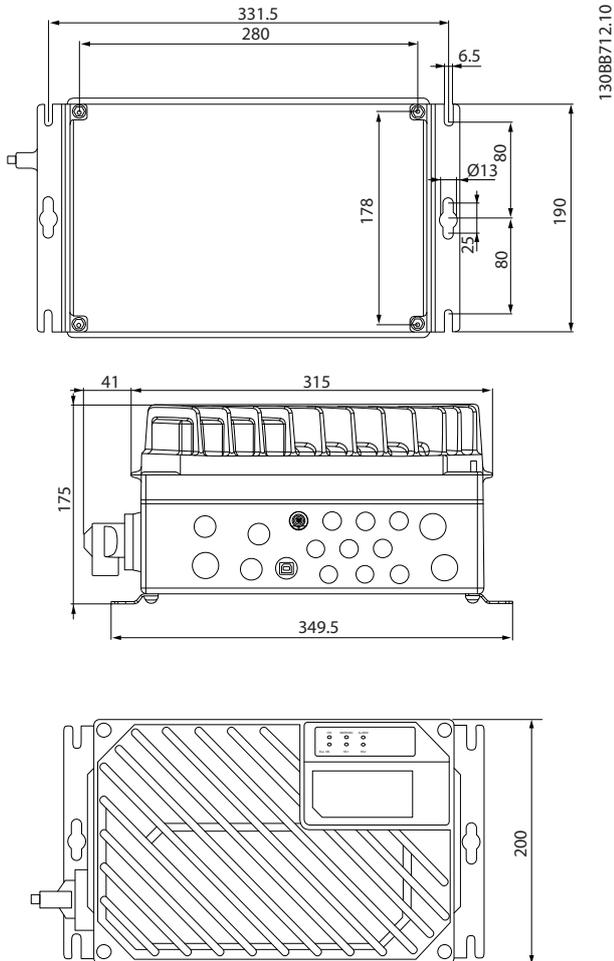


Abbildung 6.1 Kleines Gerät

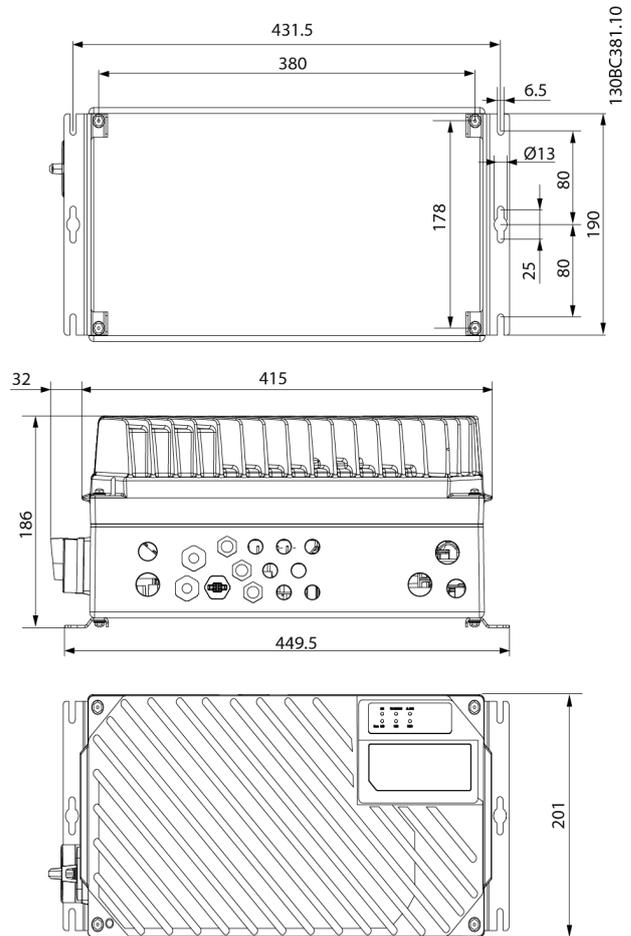


Abbildung 6.2 Großes Gerät

Motorseite	1xM20, 1xM25
Steuerungsseite	2xM20, 9xM16 <sup>1)</sup>
Netzseite	2xM25

Tabelle 6.1 Legende

<sup>1)</sup> Ebenfalls für 4xM12/6xM12 Sensor/Stellglied-Buchsen verwendet.

## 6.2 Elektrische Daten und Kabelgrößen

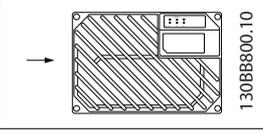
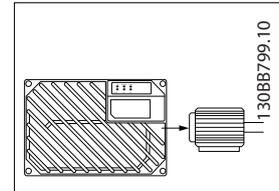
Netzversorgung 3x380-480 V AC									
Frequenzumrichter	PK37	PK55	PK75	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0		
Wellennennleistung [kW]	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3,0		
Max. Eingangsstrom									
	Dauerbetrieb (3x380-440 V) [A]	1,2	1,6	2,2	2,7	3,7	5,0	6,5	
	Überlast (3x380-440 V) [A]	1,9	2,6	3,5	4,3	5,9	8,0	10,4	
	Dauerbetrieb (3x441-480 V) [A]	1,0	1,4	1,9	2,7	3,1	4,3	5,7	
	Überlast (3x441-480 V) [A]	1,6	2,2	3,0	4,3	5,0	6,9	9,1	
	Empfohlene max. Sicherungsgröße*	gG-25							
	Eingebauter Trennschalter (große Bauform)	CTI-25M Danfoss Best.-Nr.: 047B3151							
	Empfohlener Trennschalter (kleine Bauform)	CTI-45MB Danfoss Best.-Nr.: 047B3164							
	Verlustleistung bei max. Last [W]	35	42	46	58	62	88	116	
	Wirkungsgrad	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	
	Gewicht, kleine Bauform [kg]	9,8							-
Gewicht, große Bauform [kg]	13,9								
Ausgangsstrom									
	Dauerbetrieb (3x380-440 V) [A]	1,3	1,8	2,4	3,0	4,1	5,2	7,2	
	Überlast (3x380-440 V) [A]	2,1	2,9	3,8	4,8	6,6	8,3	11,5	
	Dauerbetrieb (3x441-480 V) [A]	1,2	1,6	2,1	3,0	3,4	4,8	6,3	
	Überlast (3x441-480 V) [A]	1,9	2,6	3,4	4,8	5,4	7,7	10,1	
	Dauerbetrieb kVA (400 VAC) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,1	2,8	3,9	5,0	
	Dauerbetrieb kVA (460 VAC) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8	5,0	
	Max. Kabelquerschnitt: (Netz, Motor, Bremse) [mm <sup>2</sup> ]	massives Kabel 6 flexibles Kabel 4							

Tabelle 6.2 FCD 302 Wellenleistung, Ausgangsstrom und Eingangsstrom

\*Verwenden Sie zur Erfüllung von UL/cUL-Anforderungen die folgenden Vorsicherungen.

1. American Wire Gauge. Der max. Kabelquerschnitt ist der größte Kabelquerschnitt, der an die Klemmen angeschlossen werden kann. Beachten Sie immer nationale und örtliche Vorschriften.
2. Sie müssen Vorsicherungen des Typs gG verwenden. Zur Beibehaltung von UL/cUL verwenden Sie Vorsichtungen dieses Typs (siehe Tabelle 6.3).
3. Gemessen mit 10 m abgeschirmtem Motorkabel bei Nennlast und Nennfrequenz.

**Empfohlene maximale Vorsicherungsgröße 25 A**

Marke	Sicherungstyp	UL-Dateinr.	UL-Kategorie (CCN-Code)
Bussmann	FWH-25	E91958	JFHR2
Bussmann	KTS-R25	E52273	RK1/JDDZ
Bussmann	JKS-25	E4273	J/JDDZ
Bussmann	JJS-25	E4273	T/JDDZ
Bussmann	FNW-R-25	E4273	CC/JDDZ
Bussmann	KTK-R-25	E4273	CC/JDDZ
Bussmann	LP-CC-25	E4273	CC/JDDZ
SIBA	5017906-025	E180276	RK1/JDDZ
LITTLE FUSE	KLS-R25	E81895	RK1/JDDZ
FERRAZ-SHAWMUT	ATM-R25	E163267/ E2137	CC/JDDZ
FERRAZ-SHAWMUT	A6K-25R	E163267/ E2137	RK1/JDDZ
FERRAZ-SHAWMUT	HSJ25	E2137	J/HSJ

**Tabelle 6.3 FCD 302 Versicherungen, die UL/cUL-Anforderungen erfüllen**

DC-Spannungsbereich	380-480-V-Geräte (V DC)
Unterspannungsdeaktivierung des Wechselrichters	373
Unterspannungswarnung	410
Unterspannungsaktivierung des Frequenzumrichters (Zurücksetzen der Warnung)	398
Überspannungswarnung (ohne Bremse)	778
Einschalten der dynamischen Bremse	778
Unterspannungsaktivierung des Wechselrichters (Zurücksetzen der Warnung)	795
Überspannungswarnung (mit Bremse)	810
Überspannungsabschaltung	820

**Tabelle 6.4 FCD 302 DC-Spannungsbereich**

### Sicherungen

Das Gerät eignet sich für Netzversorgungen, die maximal 100.000 Aeff (symmetrisch) je 500 V liefern können.

### Trennschalter

Das Gerät eignet sich für Netzversorgungen, die maximal 10.000 Aeff (symmetrisch) je 500 V liefern können.

### 6.3 Allgemeine technische Daten

#### Netzversorgung (L1, L2, L3)

Versorgungsspannung	380-480 V $\pm$ 10%
---------------------	---------------------

##### Niedrige Netzspannung/Netzausfall:

Während einer niedrigen Netzspannung oder eines Netzausfalls arbeitet der Frequenzumrichter weiter, bis die Spannung des Zwischenkreises unter den minimalen Stopppegel abfällt - in der Regel 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 $\pm$ 5%
--------------	-------------------

Max. kurzzeitiges Ungleichgewicht zwischen Netzphasen	3,0% der Versorgungsnennspannung
---	----------------------------------

Wirkleistungsfaktor ( $\lambda$ )	$\geq$ 0,9 bei Nennlast
-----------------------------------	-------------------------

Verschiebungs-Leistungsfaktor ( $\cos \phi$ )	nahe 1 ( $>$ 0,98)
---	--------------------

Schalten am Versorgungseingang L1, L2, L3 (Einschaltvorgänge)	max. 2x/min
---	-------------

Das Gerät eignet sich für Netzversorgungen, die maximal 100.000 Aeff (symmetrisch) je 480 V liefern können.

#### Motorausgang (U, V, W)

Ausgangsspannung	0-100% der Versorgungsspannung
------------------	--------------------------------

Ausgangsfrequenz	0-1000 Hz
------------------	-----------

Ausgangsfrequenz bei Fluxvektorbetrieb	0-300 Hz
--	----------

Schalten am Ausgang	Unbegrenzt
---------------------	------------

Rampenzeiten	0,01-3600 s
--------------	-------------

#### Drehmomentverhalten der Last

Startmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 160%/60 s <sup>1)</sup>
-------------------------------------	---------------------------------

Startmoment	maximal 180% bis zu 0,5 s <sup>1)</sup>
-------------	---

Überlastmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 160%/60 s <sup>1)</sup>
--	---------------------------------

Startmoment (variables Drehmoment)	maximal 110%/60 s <sup>1)</sup>
------------------------------------	---------------------------------

Überlastmoment (quadratisches Drehmoment)	maximal 110%/60 s <sup>1)</sup>
---	---------------------------------

<sup>1)</sup> Prozentwert bezieht sich auf das Nenndrehmoment.

#### Kabellängen und Querschnitte für Steuerleitungen<sup>1)</sup>

Max. Motorkabellänge, abgeschirmt	10 m
-----------------------------------	------

Max. Motorkabellänge, ungeschirmt, keine Erfüllung der Emissionsspezifikation	10 m
---	------

Maximaler Querschnitt zu Steuerklemmen, flexibler/starrer Draht ohne Aderendhülsen	1,5 mm <sup>2</sup>
--	---------------------

Maximaler Querschnitt für Steuerklemmen, flexibles Kabel mit Aderendhülsen	1,5 mm <sup>2</sup>
--	---------------------

Maximaler Querschnitt für Steuerklemmen, flexibles Kabel mit Aderendhülsen mit Bund	1,5 mm <sup>2</sup>
---	---------------------

Mindestquerschnitt zu Steuerklemmen	0,25 mm <sup>2</sup>
-------------------------------------	----------------------

<sup>1)</sup> Netzkabel, siehe Tabellen in 6.2 Elektrische Daten und Kabelgrößen des FCD 302 Projektierungshandbuchs, MG04H

#### Schutz und Funktionen

- Elektronischer thermischer Motorüberlastschutz.
- Die Temperaturüberwachung des Kühlkörpers stellt sicher, dass der Frequenzumrichter abschaltet, wenn die Temperatur einen vordefinierten Wert erreicht.
- Der Frequenzumrichter ist gegen Kurzschlüsse an den Motorklemmen U, V, W geschützt.
- Bei fehlender Netzphase schaltet der Frequenzumrichter ab oder gibt eine Warnung aus (je nach Last).
- Die Überwachung der Zwischenkreisspannung stellt sicher, dass der Frequenzumrichter abschaltet, wenn die Zwischenkreisspannung zu gering oder zu hoch ist.
- Der Frequenzumrichter überprüft ständig, ob kritische Werte bei Innentemperatur, Laststrom, Hochspannung im Zwischenkreis und niedrige Motordrehzahlen vorliegen. Als Reaktion auf einen kritischen Wert kann der Frequenzumrichter die Taktfrequenz anpassen und/oder den Schaltmodus ändern, um die Leistung des Frequenzumrichters zu sichern.

Digitaleingänge	
Programmierbare Digitaleingänge	4 (6) <sup>1)</sup>
Klemmennummer	18, 19, 27 <sup>1)</sup> , 29 <sup>1)</sup> , 32, 33,
Logik	PNP oder NPN
Spannungsbereich	0-24 V DC
Spannungsniveau, logisch „0“ PNP	<5 V DC
Spannungsniveau, logisch „1“ PNP	>10 V DC
Spannungsniveau, logisch „0“ NPN2)	>19 V DC
Spannungsniveau, logisch „1“ NPN2)	<14 V DC
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Pulsfrequenzbereich	0-110 kHz
(Arbeitszyklus) Min. Pulsbreite	4,5 ms
Eingangswiderstand, Ri	ca. 4 kΩ

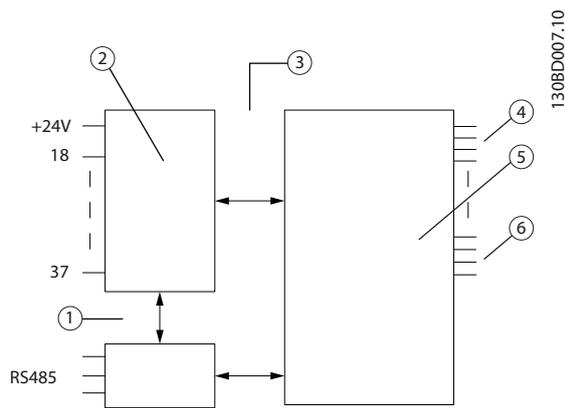
Alle Digitaleingänge sind galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV = Protective extra low voltage / Schutzkleinspannung) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

1) Sie können die Klemmen 27 und 29 auch als Ausgang programmieren.

Sicherer Stopp Klemme 37 (Klemme 37 hat festgelegte PNP-Logik)	
Spannungsbereich	0-24 V DC
Spannungsniveau, logisch „0“ PNP	<4 V DC
Spannungsniveau, logisch „1“ PNP	20 V DC
Eingangsnennstrom bei 24 V	50 mA eff.
Eingangsnennstrom bei 20 V	60 mA eff.
Eingangskapazität	400 nF

Analogeingänge	
Anzahl Analogeingänge	2
Klemmennummer	53, 54
Betriebsarten	Spannung oder Strom
Betriebsartwahl	Schalter S201 und Schalter S202
Einstellung Spannung	Schalter S201/Schalter S202 = AUS (U)
Spannungsbereich	-10 bis +10 V (skalierbar)
Eingangswiderstand, Ri	ca. 10 kΩ
Max. Spannung	±20 V
Strom	Schalter S201/Schalter S202=EIN (I)
Strombereich	0/4 bis 20 mA (skalierbar)
Eingangswiderstand, Ri	ca. 200 Ω
Max. Strom	30 mA
Auflösung der Analogeingänge	10 Bit (+ Vorzeichen)
Genauigkeit der Analogeingänge	Max. Abweichung 0,5% der Gesamtskala
Bandbreite	100 Hz

Die Analogeingänge sind galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.



Pos.	Bezeichnung
1	Funktionsisolierung
2	Steuerung/Regelung
3	PELV-Isolierung
4	Netz
5	Hochspannung
6	Motor

Tabelle 6.5 Legende

Abbildung 6.3 Analogeingänge

6

**Puls-/Drehgeber-Eingänge**

Programmierbare Puls-/Drehgeber-Eingänge	2/1
Klemmennummer Puls-/Drehgeber	29, 33 <sup>1)</sup> /32 <sup>2)</sup> , 33 <sup>2)</sup>
Max. Frequenz an Klemme 29, 32, 33	110 kHz (Gegentakt)
Max. Frequenz an Klemme 29, 32, 33	5 kHz (offener Kollektor)
Min. Frequenz an Klemme 29, 32, 33	4 Hz
Spannungsniveau	siehe 6.3.1 <i>Digitaleingänge</i>
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, Ri	ca. 4 kΩ
Pulseingangsgenauigkeit (0,1-1 kHz)	Max. Abweichung: 0,1% der Gesamtskala
Genauigkeit des Drehgebereingangs (1-110 kHz)	Max. 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.

<sup>1)</sup> Pulseingänge sind 29 und 33

<sup>2)</sup> Drehgebereingänge: 32=A und 33=B

**Analogausgang**

Anzahl programmierbarer Analogausgänge	1
Klemmennummer	42
Strombereich am Analogausgang	0/4 bis 20 mA
Max. Last GND – Analogausgang <	500 Ω
Genauigkeit am Analogausgang	Max. Abweichung: 0,5% der Gesamtskala
Auflösung am Analogausgang	12 Bit

Der Analogausgang ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

**Steuerkarte, RS485 serielle Schnittstelle**

Klemmennummer	68 (P,TX+, RX+), 69 (N,TX-, RX-)
Klemmennummer 61	Bezugspotenzial für Klemmen 68 und 69

Die serielle RS485-Schnittstelle ist von anderen zentralen Stromkreisen funktional und von der Versorgungsspannung (PELV) galvanisch getrennt.

**Digitalausgang**

Programmierbare Digital-/Pulsausgänge	2
Klemmennummer	27, 29 <sup>1)</sup>
Spannungsbereich am Digital-/Pulsausgang	0-24 V
Max. Ausgangsstrom (Körper oder Quelle)	40 mA
Max. Last am Pulsausgang	1 kΩ
Max. kapazitive Last am Pulsausgang	10 nF
Min. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	0 Hz
Max. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	32 kHz
Genauigkeit am Pulsausgang	Max. Abweichung: 0,1% der Gesamtskala

Auflösung der Pulsausgänge 12 Bit

1) Sie können Klemmen 27 und 29 auch als Eingang programmieren.

Der Digitalausgang ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

#### Steuerkarte, 24-V-DC-Ausgang

Klemmennummer	12, 13
Ausgangsspannung	24 V +1, -3 V
Max. Last	600 mA

Die 24-V-DC-Versorgung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) getrennt, hat jedoch das gleiche Erdungspotenzial wie die Analog- und Digitalein- und -ausgänge.

#### Relaisausgänge

Programmierbare Relaisausgänge	2
Klemmennummer Relais 01	1-3 (öffnen), 1-2 (schließen)
Max. Klemmenleistung (AC-1) <sup>1)</sup> an 1-3 (öffnen), 1-2 (schließen) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Max. Klemmenleistung (AC-15) <sup>1)</sup> (induktive Last @ cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Max. Klemmenleistung (DC-1) <sup>1)</sup> an 1-2 (schließen), 1-3 (öffnen) (ohmsche Last)	48 V DC, 1 A
Max. Klemmenleistung (DC-13) <sup>1)</sup> (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Klemmennummer Relais 02	4-6 (öffnen), 4-5 (schließen)
Max. Klemmenleistung (AC-1) <sup>1)</sup> an 4-5 (NO) (ohmsche Last) <sup>2)3)</sup> Überspannungs-Kat. II	240 V AC, 2 A
Max. Klemmenleistung (AC-15) <sup>1)</sup> an 4-5 (NO) (induktive Last @ cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Max. Klemmenleistung (DC-1) <sup>1)</sup> an 4-5 (schließen) (ohmsche Last)	80 V DC, 2 A
Max. Klemmenleistung (DC-13) <sup>1)</sup> an 4-5 (schließen) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Max. Klemmenleistung (AC-1) <sup>1)</sup> an 4-6 (öffnen) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Max. Klemmenleistung (AC-15) <sup>1)</sup> (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Max. Klemmenleistung (DC-1) <sup>1)</sup> an 4-6 (NO), 4-5 (NC) (ohmsche Last)	48 V DC, 1 A
Max. Klemmenleistung (DC-13) <sup>1)</sup> (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Min. Klemmenleistung an 1-3 (öffnen), 1-2 (schließen), 4-6 (öffnen), 4-5 (schließen)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 20 mA

1) IEC 60947 Teil 4 und 5

Die Relaiskontakte sind galvanisch durch verstärkte Isolierung vom Rest der Stromkreise isoliert (PELV).

2) Überspannungskategorie II

3) UL-Anwendungen 300 V AC 2 A

#### Steuerkarte, 10 V DC Ausgang

Klemmennummer	±50
Ausgangsspannung	10,5 V ±0,5 V
Max. Last	15 mA

Die 10-V-DC-Versorgung ist von der Versorgungsspannung (PELV (Schutzkleinspannung – Protective extra low voltage)) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch getrennt.

#### Steuerungseigenschaften

Auflösung der Ausgangsfrequenz bei 0-1000 Hz	±0,003 Hz
Wiederholgenauigkeit für Präz. Start/Stopp (Klemmen 18, 19)	≤±0,1 ms
System-Reaktionszeit (Klemmen 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤ 2 ms
Drehzahlregelbereich (ohne Rückführung)	1:100 der Synchrondrehzahl
Drehzahlregelbereich (mit Rückführung)	1:1000 der Synchrondrehzahl
Drehzahlgenauigkeit (ohne Rückführung)	30-4000 UPM: Abweichung ±8 UPM
Drehzahlgenauigkeit (mit Rückführung), je nach Auflösung des Istwertgebers	0-6000 UPM: Abweichung ±0,15 UPM
Drehmomentregelgenauigkeit (Drehzahlrückführung)	max. Abweichung ±5% der Gesamtskala

Alle Angaben zu Steuerungseigenschaften basieren auf einem 4-poligen Asynchronmotor

#### Steuerkartenleistung

Abtastintervall	1 ms
-----------------	------

## Umgebung

Schutzgrad	IP66 (Innenräume)
Vibrationstest für Geräte ohne Trennschalter	1,7 g RMS
Befestigen Sie das Gerät mit eingebautem Trennschalter auf einer flachen, vibrationsfesten und torsionssteifen Tragkonstruktion	
Max. relative Feuchtigkeit	5% - 95% (IEC 60721-3-3; Klasse 3K3 (nicht kondensierend) bei Betrieb)
Umgebungstemperatur	Max. 40 °C (durchschnittliches Maximum 24 Stunden 35 °C)
Temperatur bei Lagerung/Transport	-25 bis +65/70 °C

*Leistungsreduzierung aufgrund von hoher Umgebungstemperatur*

Min. Umgebungstemperatur bei Volllast	0 °C
Min. Umgebungstemperatur bei reduzierter Leistung	-10 °C
Max. Höhe über dem Meeresspiegel	1000 m

*Leistungsreduzierung aufgrund von niedrigem Luftdruck*

## Steuerkarte, USB serielle Schnittstelle:

USB-Standard	1.1 (Full Speed)
USB-Stecker	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 von der Schutzterde getrennt. Verwenden Sie einen isolierten Laptop als PC-Verbindung zum USB-Anschluss am Frequenzumrichter.*

6

## 6.4 Wirkungsgrad

Wenden Sie sich an die Danfoss Hotline, um Angaben zum Wirkungsgrad zu erhalten.

### 6.5.1 Störgeräusche

Wenden Sie sich an die Danfoss Hotline, um Angaben zu Störgeräuschen zu erhalten.

### 6.6.1 dU/dt-Bedingungen

## HINWEIS

**380-690 V**

**Um vorzeitige Alterung von Motoren (ohne Phasentrennpapier oder eine geeignete Isolation), welche nicht für den Betrieb an einem Frequenzumrichter ausgelegt sind, zu vermeiden, empfiehlt Danfoss dringend, ein Filter für dU/dt oder ein Sinusfilter am Ausgang des Frequenzumrichters vorzusehen. Nähere Informationen über dU/dt- und Sinusfilter siehe das Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter.**

**Wird im Wechselrichter ein IGBT geöffnet, so steigt die am Motor anliegende Spannung proportional zur dU/dt-Änderung in Abhängigkeit von folgenden Funktionen an:**

- Motorkabel (Typ, Querschnitt, Länge, mit/ohne Abschirmung)
- Induktivität

Die Selbstinduktivität verursacht ein Überschwingen  $U_{PEAK}$  in der Motorspannung, bevor sie sich auf einem von der Spannung im Zwischenkreis bestimmten Pegel stabilisiert. Die Lebensdauer des Motors wird sowohl durch die Anstiegszeit als auch die Spitzenspannung  $U_{PEAK}$  beeinflusst. Eine zu hohe Spitzenspannung schädigt vor allem Motoren ohne Phasentrennpapier in den Wicklungen. Bei kurzen Motorkabeln (wenige Meter) sind Anstiegszeit und Spitzenspannung relativ niedrig.

Spitzenspannung an den Motorklemmen wird durch das Schalten der IGBT-Transistoren verursacht. Der Frequenzumrichter erfüllt die Anforderungen von IEC 60034-25 im Hinblick auf Motoren, die für die Regelung durch Frequenzumrichter ausgelegt sind. Der Frequenzumrichter erfüllt ebenfalls IEC 60034-17 im Hinblick auf Normmotoren, die von Frequenzumrichtern geregelt werden.

Wenden Sie sich an die Danfoss Hotline, um Messwerte aus Labortests zu erfragen.

**Index**

**A**

Abgeschirmt..... 33  
 Ableitstrom..... 25  
 Abmessungen..... 85  
 Abzweigschutz..... 32  
 Aggressive Umgebungsbedingungen..... 49  
 Allgemeine Aspekte Von EMV-Emissionen..... 14  
**AMA**  
 Mit Angeschlossener Kl. 27..... 51  
 Ohne Angeschlossene Kl. 27..... 51  
 Analogausgang..... 90  
 Analogeingänge..... 89  
 Anstiegszeit..... 92  
 Ausgangsfrequenz Speichern..... 5  
 Ausgangsleistung (U, V, W)..... 88

**B**

Bestellnummern..... 79  
 Bremsfunktion..... 29  
 Bremsleistung..... 5, 29  
 Bremswiderstand..... 27  
 Bremswiderstände..... 41

**C**

**CE-Konformität**  
 Und -Kennzeichnung..... 9  
 Und -Kennzeichnung?..... 9

**D**

Definitionen..... 5  
 DeviceNet..... 5  
 Digitalausgang..... 90  
 Digitaleingänge..... 89  
 Drehmomentregelung..... 11  
 Drehmomentverhalten Der Last..... 88  
 Drehzahl-PID..... 11, 66  
 Drehzahlsollwert..... 51  
 Drive-Konfigurator..... 79

**E**

Elektro-..... 69  
 EMV-Prüfergebnisse..... 15  
**EMV-Richtlinie**  
 (2004/108/EG)..... 9  
 2004/108/EG..... 10  
 Entsorgungshinweise..... 10

Erdableitstrom..... 25  
 Externe 24 V DC-Versorgung..... 84

**F**

Fehlerstromschutzschalter..... 5, 47  
 Festdrehzahl JOG..... 5  
 Fluxvektor..... 67  
 Frequenzkorrektur Auf/Ab..... 18

**G**

Geber..... 67  
 Generatorisch Erzeugte Überspannung..... 36

**H**

Hand-Steuerung (Hand On) Und Fern-Betrieb (Auto On).... 68

**I**

Interner Stromgrenzenregler In Betriebsart VVCplus..... 12  
 IT-Netz..... 45

**K**

Kabellängen Und -querschnitte..... 88  
 Kurzschluss (Motorphase – Phase)..... 36  
 Kurzschlussverhältnis..... 46

**L**

LCP..... 5, 68  
 Leitungsgeführte Emission..... 15  
 Losbrechmoment..... 5  
 Luftfeuchtigkeit..... 49  
 Luftstrahlung..... 15

**M**

Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)..... 9  
**Mechanische**  
 Bremse In Hub- Und Vertikalförderanwendungen..... 26  
 Haltebremse..... 27  
 Modbus..... 5  
 Motorausgang..... 88  
 Motorfreilauf..... 5  
 Motornendrehzahl..... 5  
 Motorphasen..... 36  
 Motorspannung..... 92  
 Motor-Typenschild..... 48

**N**

Netzausfall..... 36

<b>Netztrennschalter</b> .....	34		
<b>Netzversorgung</b>		<b>T</b>	
Netzversorgung.....	5	<b>Thermistor</b> .....	5, 54
(L1, L2, L3).....	88	<b>Totzone</b>	
<b>Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EG)</b> .....	9	Totzone.....	21
		Um Null.....	21
<b>P</b>		<b>Trägheitsmoment</b> .....	36
<b>PELV</b>		<b>Typenschilddaten</b> .....	48, 49
PELV.....	54		
- Protective Extra Low Voltage (Schutzkleinspannung).....	25	<b>U</b>	
<b>PID-Drehzahlregelung</b> .....	57	<b>Umgebung</b> .....	92
<b>PID-Prozessregelung</b> .....	60		
<b>Profibus</b> .....	5	<b>V</b>	
<b>Programmieren Von Momentengrenze Und Stopp</b> .....	69	<b>Verkabelung Des Bremswiderstands</b> .....	26
<b>Protection Mode</b> .....	9	<b>Verknüpfungspunkt</b> .....	46
<b>Puls-/Drehgeber-Eingänge</b> .....	90	<b>Vibrationen Und Erschütterungen</b> .....	50
		<b>WC</b> .....	7
<b>R</b>		<b>WCplus</b> .....	66
<b>Relaisausgänge</b> .....	91		
		<b>W</b>	
<b>S</b>		<b>Wirkungsgrad</b> .....	92
<b>Schalten Am Ausgang</b> .....	36		
<b>Schutz</b>		<b>Z</b>	
Schutz.....	25, 49	<b>Zwischenkreis</b> .....	36, 50, 92
Und Funktionen.....	88		
<b>Serielle Schnittstelle</b> .....	92		
<b>Sicherheitsmaßnahmen</b> .....	8		
<b>Skalierung</b>			
Von Analog- Und Pulssollwerten Und Istwert.....	20		
Von Festsollwerten Und Bussollwerten.....	20		
<b>Sollwert Speichern</b> .....	18		
<b>Sollwertgrenzen</b> .....	19		
<b>Spannungsbereich</b> .....	89		
<b>Statische Überlast Im VVCplus-Betrieb</b> .....	36		
<b>Steuerkarte</b> .....	79		
<b>Steuerkarte,</b>			
+10-V-DC-Ausgang.....	91		
24-V-DC-Ausgang.....	91		
RS485 Serielle Schnittstelle.....	90		
USB Serielle Schnittstelle.....	92		
<b>Steuerkartenleistung</b> .....	91		
<b>Steuerungseigenschaften</b> .....	91		
<b>Störaussendungsanforderungen</b> .....	16		
<b>Störfestigkeitsanforderungen</b> .....	16		
<b>Störgeräusche</b> .....	50, 92		
<b>Störungen In Der Netzversorgung</b> .....	46		
<b>Symbole</b> .....	8		
<b>Synchrone Motordrehzahl</b> .....	5		





[www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives)

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 des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren 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.

