

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Lesen des Projektierungshandbuchs</b>	<b>5</b>
Copyright, Haftungsbeschränkung und Änderungsrechte	5
Zulassungen	6
Symbole	6
Abkürzungen	7
Begriffsdefinitionen	7
<b>2. Einführung zum VLT HVAC Drive</b>	<b>13</b>
Entsorgungshinweise	14
CE-Zeichen	15
Luftfeuchtigkeit	17
Aggressive Umgebungen	17
Vibrationen und Erschütterungen	18
Bedienung des VLT HVAC	31
PID	33
Allgemeine EMV-Aspekte	44
Galvanische Trennung (PELV)	47
Erdableitstrom	48
Steuerung mit Bremsfunktion	48
Mechanische Bremssteuerung	50
Extreme Betriebsbedingungen	50
<b>3. VLT HVAC auswählen</b>	<b>53</b>
Technische Daten	53
Wirkungsgrad	64
Besondere Betriebsbedingungen	65
Zweck der Leistungsreduzierung	65
Automatische Anpassungen zur Sicherstellung der Leistung	68
Optionen und Zubehör	70
Analog-E/A-Option MCB 109	76
<b>4. Bestellen</b>	<b>81</b>
Bestellformular	81
Typencode	82
Bestellnummern	83
<b>5. Installieren</b>	<b>89</b>
Mechanische Installation	89
Montagezubehör	89
Elektrische Installation	91

Ausbrechen von zusätzlichen Öffnungen für Kabeldurchführungen	91
Zugang zu den Steuerklemmen	99
Elektrische Installation, Steuerklemmen	100
Erste Inbetriebnahme und Test	103
Erste Inbetriebnahme und Test	103
Zusätzliche Verbindungen	105
Installation sonstiger Verbindungen	108
Sicherheit	111
EMV-gerechte Installation	111
Netzstörung/Oberwellen	115
Fehlerstromschutzschalter	116
<b>6. Anwendungsbeispiele</b>	<b>117</b>
Start/Stopp	117
Puls Start/Stopp	117
Potentiometer Sollwert	118
Automatische Motoranpassung (AMA)	118
Smart Logic Control	119
Smart Logic Controller	119
SLC - Anwendungsbeispiel	120
Einfacher Kaskadenregler	121
Pumpenzuschaltung mit Führungspumpen-Wechsel	122
Systemstatus und Betrieb	123
Schaltbild Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl	124
Schaltbild für den Führungspumpen-Wechsel	124
Schaltbild für Kaskadenregler	125
Start/Stopp-Bedingungen	125
<b>7. Installieren und Konfigurieren der RS-485-Schnittstelle</b>	<b>127</b>
Installieren und Konfigurieren der RS-485-Schnittstelle	127
Übersicht zum FC-Protokoll	130
Netzwerkkonfiguration	132
Aufbau der Telegrammblocke für FC-Protokoll	132
Beispiele	137
Übersicht zu Modbus RTU	138
Aufbau der Modbus RTU-Telegrammblocke	140
Zugriff auf Parameter	145
Beispiele	146
Danfoss FC-Steuerprofil	152
<b>8. Fehlersuche und -behebung</b>	<b>159</b>

Alarm- und Warnmeldungen	159
<b>Index</b>	<b>165</b>



# 1. Lesen des Projektierungshandbuchs

**1**

## 1.1.1. Copyright, Haftungsbeschränkung und Änderungsrechte

Diese Druckschrift enthält Informationen, die Eigentum von Danfoss A/S sind. Durch die Übernahme und den Gebrauch diesen Handbuchs erklärt sich der Benutzer damit einverstanden, die darin enthaltenen Informationen ausschließlich für Geräte von Danfoss A/S oder solche anderer Hersteller zu verwenden, die ausdrücklich für die Kommunikation mit Danfoss-Geräten über serielle Kommunikationsverbindung bestimmt sind. Diese Druckschrift unterliegt den in Dänemark und den meisten anderen Ländern geltenden Urheberrechtsgesetzen.

Danfoss A/S übernimmt keine Gewährleistung dafür, dass die nach den in vorliegendem Handbuch enthaltenen Richtlinien erstellten Softwareprogramme in jedem physikalischen Umfeld bzw. jeder Hard- oder Softwareumgebung einwandfrei laufen.

Obwohl die im Umfang dieses Handbuchs enthaltene Dokumentation von Danfoss A/S überprüft und revidiert wurde, leistet Danfoss A/S in Bezug auf die Dokumentation einschließlich Beschaffenheit, Leistung oder Eignung für einen bestimmten Zweck keine vertragliche oder gesetzliche Gewähr.

Danfoss A/S übernimmt keinerlei Haftung für unmittelbare, mittelbare oder beiläufig entstandene Schäden, Folgeschäden oder sonstige Schäden aufgrund der Nutzung oder Unfähigkeit zur Nutzung der in diesem Handbuch enthaltenen Informationen. Dies gilt auch dann, wenn auf die Möglichkeit solcher Schäden hingewiesen wurde. Danfoss A/S haftet insbesondere nicht für irgendwelche Kosten, einschließlich aber nicht beschränkt auf entgangenen Gewinn oder Umsatz, Verlust oder Beschädigung von Ausrüstung, Verlust von Computerprogrammen, Datenverlust, Kosten für deren Ersatz oder Ansprüche irgendwelcher Art durch Dritte.

Danfoss A/S behält sich das Recht vor, jederzeit Überarbeitungen oder inhaltliche Änderungen an dieser Druckschrift ohne Vorankündigung oder eine verbindliche Mitteilungspflicht vorzunehmen.

## 1.1.2. Verfügbare Literatur

### Verfügbare Literatur für VLT HVAC Drive

- Das Produkthandbuch MG.11.AX.YY liefert die erforderlichen Informationen für die Inbetriebnahme und den Betrieb des Frequenzumrichters.
- Das Projektierungshandbuch MG.11.BX.YY enthält alle technischen Informationen zum Frequenzumrichter sowie Informationen zur kundenspezifischen Anpassung und Anwendung.
- Das Programmierhandbuch MG.11.CX.YY enthält Informationen über die Programmierung und vollständige Parameterbeschreibungen.
- Montageanleitung, Analog-E/A-Option MCB109, MI.38.BX.YY
- VLT® 6000 HVAC Anwendungshandbuch, MN.60.IX.YY
- Produkthandbuch VLT®HVAC Drive BACnet, MG.11.DX.YY
- Produkthandbuch VLT®HVAC Drive Profibus, MG.33.CX.YY
- Produkthandbuch VLT®HVAC Drive Device Net, MG.33.DX.YY
- Produkthandbuch VLT® HVAC Drive LonWorks, MG.11.EX.YY
- Produkthandbuch VLT® HVAC Drive Metasys, MG.11.GX.YY

X = Versionsnummer  
YY = Sprachcode

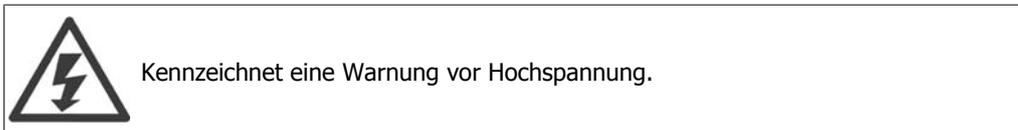
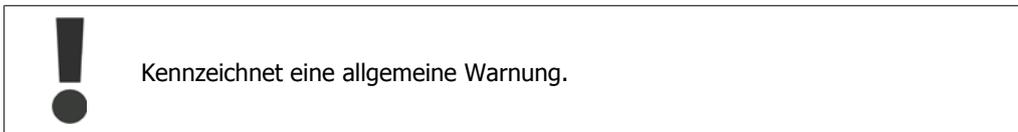
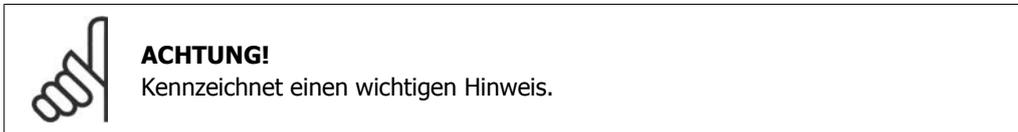
Die technische Literatur von Danfoss Drives ist auch online unter [www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/Technical+Documentation](http://www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/Technical+Documentation) verfügbar.

### 1.1.3. Zulassungen



### 1.1.4. Symbole

In diesem Handbuch verwendete Symbole.



## 1.1.5. Abkürzungen

Wechselstrom	AC
American Wire Gauge = Amerikanisches Drahtmaß	AWG
Ampere	A
Autom. Motoranpassung	AMA
Stromgrenze	$I_{LIM}$
Grad Celsius	°C
Gleichstrom	DC
Abhängig vom Frequenzumrichter	D-TYPE
Elektromagnetische Verträglichkeit	EMV
Elektronisch-thermisches Relais	ETR
Frequenzumrichter	FC
Gramm	g
Hertz	Hz
Kilohertz	kHz
LCP Bedieneinheit	LCP
Meter	m
Induktivität in Millihenry	mH
Milliampere	mA
Millisekunde	ms
Minute	min.
Motion Control Tool	MCT
Nanofarad	nF
Newtonmeter	Nm
Motornennstrom	$I_{M,N}$
Motornennfrequenz	$f_{M,N}$
Motornennleistung	$P_{M,N}$
Motornennspannung	$U_{M,N}$
Parameter	Par.
Schutzkleinspannung	PELV
Platine	PCB (Printed Circuit Board)
Wechselrichter-Ausgangsennstrom	$I_{INV}$
Umdrehungen pro Minute	UPM
Sekunde	s
Drehmomentgrenze	$T_{LIM}$
Volt	V

## 1.1.6. Begriffsdefinitionen

### Frequenzumrichter:

$I_{VLT,MAX}$

Der maximale Ausgangsstrom des Frequenzumrichters.

$I_{VLT,N}$

Der Ausgangsnennstrom des Frequenzumrichters.

$U_{VLT,MAX}$

Die maximale Ausgangsspannung des Frequenzumrichters.

### Eingänge:

<p><u>Steuerbefehl</u>                  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.</p>	Gruppe 1	Reset, Motorfreilauf, Quittierung und Motorfreilauf, Schnellstopp, DC-Bremse, Stopp und „Off“-Taste am LCP.
	Gruppe 2	Start, Puls-Start, Reversierung, Start und Reversierung, Festdrehzahl JOG und Ausgangsfrequenz speichern

### Motor:

$f_{JOG}$

Die Festfrequenz JOG, wählbar über Digitaleingang oder Bus.

1

$f_M$   
Die Motorfrequenz.

$f_{MAX}$   
Die maximale Motorfrequenz.

$f_{MIN}$   
Die minimale Motorfrequenz.

$f_{M,N}$   
Die Motornennfrequenz (siehe Typenschilddaten).

$I_M$   
Der Motorstrom.

$I_{M,N}$   
Der Motornennstrom (siehe Typenschilddaten).

$n_{M,N}$   
Die Motornendrehzahl (siehe Typenschilddaten).

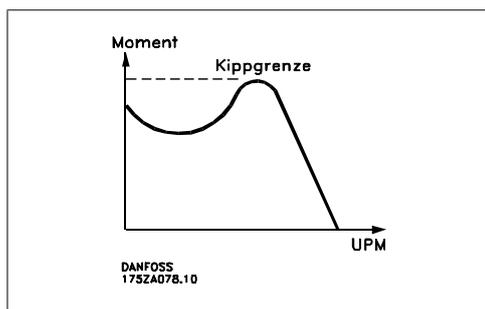
$P_{M,N}$   
Die Motornennleistung (siehe Typenschilddaten).

$T_{M,N}$   
Das Nenndrehmoment (Motor).

$U_M$   
Die Momentenspannung des Motors.

$U_{M,N}$   
Die Motornennspannung (siehe Typenschilddaten).

#### Losbrechmoment



$\eta_{VLT}$   
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:**Analogsollwert

Ein Sollwertsignal an den Analogeingängen 53 oder 54 (Spannung oder Strom).

Bussollwert

Ein über die serielle Schnittstelle oder Bus-Schnittstelle übertragenes Sollwertsignal.

Festsollwert

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

Pulssollwert

Ein den Digitaleingängen (Klemme 29 oder 33) zugeführtes Pulsfrequenzsignal.

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 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 eingestellte minimale Sollwert.

**Sonstiges:**Analogeingänge

Die Analogeingänge können verschiedene Funktionen des Frequenzumrichters steuern.

Es gibt zwei Arten von Analogeingängen:

Stromeingang, 0-20 mA bzw. 4-20 mA (skalierbar).

Spannungseingang, +/- 0-10 V DC (skalierbar).

Analogausgänge

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

Automatische Motoranpassung, AMA

Die AMA-Funktion ermittelt die elektrischen Parameter des angeschlossenen Motors im Stillstand.

Bremswiderstand

Der Bremswiderstand kann die bei generatorischer Bremsung erzeugte Bremsleistung aufnehmen (Voraussetzung: FC 100 mit Bremschopper). Während generatorischer Bremsung erhöht sich die Zwischenkreisspannung. Beim Überschreiten einer bestimmten Höhe der Zwischenkreisspannung wird der Bremschopper aktiviert und überträgt die generatorische Energie an den Bremswiderstand.

CT-Kennlinie

Konstante Drehmomentkennlinie; typisch bei Anwendungen wie Schrauben- und Spiralverdichtern für Kühlanlagen.

Digitaleingänge

Digitaleingänge können zur Programmierung bzw. Steuerung diverser Funktionen des Frequenzumrichters benutzt werden.

Digitalausgänge

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

DSP

Digitaler Signalprozessor.

Relaisausgänge:

Der Frequenzumrichter verfügt über zwei programmierbare Relaisausgänge.

ETR

Das elektronisch thermische Relais ist eine Berechnung der thermischen Belastung auf Grundlage der aktuellen Belastung und Zeit. Hiermit soll die Motortemperatur geschätzt werden.

LCP 102:

Grafisches LCP Bedienteil

Initialisieren

Beim Initialisieren (Par. 14-22) können die Werkseinstellungen der Parameter des Frequenzumrichters wieder hergestellt werden.

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 mithilfe eines Einbausatzes bis zu 3 m entfernt vom Frequenzumrichter angebracht werden (z. B. in einer Schaltschranktür).

Das LCP Bedienteil gibt es in zwei Ausführungen:

- Numerische LCP Bedieneinheit LCP101
- Grafische LCP Bedieneinheit LCP102

lsb

Steht für „Least Significant Bit“; bei binärer Codierung das Bit mit der niedrigsten Wertigkeit.

MCM

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

msb

Steht für „Most Significant Bit“; bei binärer Codierung das Bit mit der höchsten Wertigkeit.

LCP 101

Numerische LCP Bedieneinheit LCP101

#### Online-/Offline-Parameter

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

#### PID-Regler

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

#### RCD

Steht für „Residual Current Device“; Englische Bezeichnung für Fehlerstrom-Schutzschalter.

#### Parametersatz

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

#### SFAVM

Steht für Stator Flux oriented Asynchronous Vector Modulation und bezeichnet einen Schaltmodus des Wechselrichters (Par. 14-00)

#### Schlupfgleich

Der Frequenzumrichter gleicht den belastungsabhängigen Motorschlupf aus, indem er unter Berücksichtigung des Motorsatzschaltbildes und der gemessenen Motorlast die Ausgangsfrequenz anpasst.

#### Smart Logic Control (SLC)

SLC ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen, die ausgeführt werden, wenn die zugehörigen benutzerdefinierten Ereignisse durch die SLC als TRUE (WAHR) ausgewertet werden.

#### Thermistor:

Ein temperaturabhängiger Widerstand, mit dem die Motortemperatur überwacht wird.

#### Abschaltung

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, z. B. bei einer Übertemperatur des Frequenzumrichters. Der Neustart wird verzögert, bis die Fehlerursache behoben wurde und die Abschaltung über die [Reset]-Taste am LCP quittiert wird. In einigen Fällen erfolgt die Aufhebung automatisch. Abschaltung darf nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwendet werden.

#### Abschaltblockierung

Ein Zustand, der in kritischen Fehlersituationen eintritt, z. B. bei einem Kurzschluss am Ausgang des Frequenzumrichters. Eine Abschaltblockierung kann nur durch Unterbrechen der Netzversorgung, Beheben der Fehlerursache und erneuten Anschluss des Frequenzumrichters aufgehoben werden. Der Neustart wird verzögert, bis die Fehlerursache behoben wurde und die Abschaltung über die [Reset]-Taste am LCP quittiert wird. Abschaltblockierung darf nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwendet werden.

#### VT-Kennlinie

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

#### VVCplus

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

**60° AVM**

Steht für 60° Asynchronous Vector Modulation und bezeichnet einen Schaltmodus des Wechselrichters (Par. 14-00)

**1****1.1.7. Leistungsfaktor**

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

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

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

$$= \frac{I_1 \times \cos\varphi_1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}} \text{ da } \cos\varphi_1 = 1$$

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.

Durch die im Frequenzumrichter standardmäßig eingebauten Zwischenkreisdrosseln wird die Netzbelastung durch Oberwellen deutlich reduziert.

## 2. Einführung zum VLT HVAC Drive

2

### 2.1. Sicherheit

#### 2.1.1. Sicherheitshinweis



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

##### Sicherheitsbestimmungen

1. Bei Reparaturen muss die Stromversorgung des Frequenzumrichters abgeschaltet werden. Vergewissern Sie sich, dass die Netzversorgung unterbrochen und die erforderliche Zeit verstrichen ist, bevor Sie die Motor- und Netzstecker entfernen.
2. Die Taste [STOP/RESET] auf der Bedieneinheit des Frequenzumrichters trennt das Gerät nicht von der Netzspannung und darf deshalb nicht als Sicherheitsschalter benutzt werden.
3. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass gemäß den örtlichen und nationalen Vorschriften eine ordnungsgemäße Schutzerdung des Gerätes erfolgt, der Benutzer gegen Versorgungsspannung geschützt und der Motor gegen Überlast abgesichert wird.
4. Der Ableitstrom gegen Erde ist höher als 3,5 mA.
5. Schutz vor Motorüberlastung wird über *Par. 1-90 Thermischer Motorschutz* eingestellt. Wenn diese Funktion gewünscht wird, Parameter 1-90 auf den Datenwert [ETR Alarm] (Werkseinstellung) oder Datenwert [ETR Warnung] einstellen. Hinweis: Diese Funktion wird bei 1,16 x Motornennstrom und Motornennfrequenz initialisiert. Für den nordamerikanischen Markt: Die ETR-Funktionen beinhalten Motorüberlastungsschutz der Klasse 20 gemäß NEC.
6. Die Stecker für die Motor- und Netzversorgung dürfen nicht entfernt werden, wenn der Frequenzumrichter an die Netzspannung angeschlossen ist. Vergewissern Sie sich, dass die Netzversorgung unterbrochen und die erforderliche Zeit verstrichen ist, bevor Sie die Motor- und Netzstecker entfernen.
7. Der VLT-Frequenzumrichter hat außer den Spannungseingängen L1, L2 und L3 noch weitere Spannungseingänge, wenn DC-Zwischenkreiskopplung bzw. externe 24 V DC-Versorgung installiert sind. Kontrollieren Sie, dass vor Beginn der Reparaturarbeiten alle Spannungseingänge abgeschaltet sind und die erforderliche Zeit verstrichen ist.

##### Installation in großen Höhenlagen



Bei Höhen über 2 km über NN ziehen Sie bitte Danfoss Drives zu PELV (Schutzkleinspannung) zurate.

##### Warnung vor unerwartetem Anlauf

1. Der Motor kann mit einem digitalen Befehl, einem Bus-Befehl, einem Sollwert oder LCP Stopp angehalten werden, obwohl der Frequenzumrichter weiter unter Netzspannung steht. Ist ein unbeabsichtigtes Anlaufen des Motors gemäß den Bestimmungen zur Personensicherheit jedoch unzulässig, so sind die oben genannten Stoppfunktionen nicht ausreichend.
2. Während der Programmierung des VLT-Frequenzumrichters kann der Motor ohne Vorwarnung anlaufen. Daher immer die Stopp-Taste [STOP/RESET] betätigen, bevor Datenwerte geändert werden.
3. Ist der Motor abgeschaltet, so kann er von selbst wieder anlaufen, sofern die Elektronik des Frequenzumrichters defekt ist, oder falls eine kurzfristige Überlastung oder ein Fehler in der Versorgungsspannung bzw. am Motoranschluss beseitigt wurde.

 **Warnung:**  
Das Berühren spannungsführender Teile - auch nach der Trennung vom Netz - ist lebensgefährlich.

Achten Sie außerdem darauf, dass andere Spannungseingänge, wie z. B. externe 24 V DC, Zwischenkreiskopplung (Zusammenschalten eines DC-Zwischenkreises) sowie der Motoranschluss beim kinetischen Speicher ausgeschaltet sind. Weitere Sicherheitsrichtlinien finden Sie im *VLT® HVAC Drive Produkthandbuch MG.11AX.YY*.

### 2.1.2. Vorsicht

 **Vorsicht**

Die Zwischenkreiskondensatoren des Frequenzumrichters bleiben auch nach Abschalten der Netzversorgung eine gewisse Zeit geladen. Zum Schutz vor elektrischem Schlag ist der Frequenzumrichter vor allen Wartungsarbeiten vom Netz zu trennen. Vor Ausführung von Wartungs- oder Reparaturarbeiten am Frequenzumrichter ist mindestens so lange wie nachstehend angegeben zu warten.

Spannung	Min. Wartezeit	
	4 Min.	15 Min.
200 - 240 V	1,1 - 3,7 kW	5,5 - 45 kW
380 - 480 V	1,1 - 7,5 kW	11 - 90 kW
525 - 600 V	1,1 - 7,5 kW	

**Achtung!** Auch wenn die Betriebs-LEDs nicht mehr leuchten, kann eine gefährlich hohe Spannung im Zwischenkreis vorhanden sein.

### 2.1.3. Entsorgungshinweise



Geräte mit elektronischen Bauteilen dürfen nicht im normalen Hausmüll entsorgt werden. Sie müssen gesondert mit Elektro- und Elektronikaltgeräten gemäß geltender Gesetzgebung gesammelt werden.

**VLT HVAC Drive**  
**Software-Version: 2.0x**





Dieses Produkthandbuch gilt für alle Frequenzumrichter der Serie VLT HVAC mit Software-Version 2.0x.  
Software-Versionsnummer siehe Parameter 15-43.

## 2.2. CE-Zeichen

### 2.2.1. CE-Kennzeichnung

#### 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 Produkts sagt das CE-Zeichen nichts aus. Frequenzumrichter fallen unter drei EU-Richtlinien:

#### Maschinenrichtlinie (98/37/EWG)

Alle Maschinen mit kritischen beweglichen Teilen werden von der Maschinenrichtlinie erfasst, die seit 1. Januar 1995 in Kraft ist. Da ein Frequenzumrichter weitgehend ein elektrisches Gerät ist, fällt er nicht unter die Maschinenrichtlinie. Wird ein Frequenzumrichter jedoch für den Einsatz in einer Maschine geliefert, so stellen wir Informationen zu Sicherheitsaspekten des Frequenzumrichters zur Verfügung. Wir bieten dies in Form einer Herstellererklärung.

#### Niederspannungsrichtlinie (73/23/EWG)

Frequenzumrichter müssen seit 1. Januar 1997 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 (89/336/EWG)

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-konforme Installation auszuführen ist, wird in diesem Projektierungshandbuch erklärt. Wir geben außerdem die Normen an, denen unsere diversen Produkte entsprechen. Wir bieten die in den Spezifikationen 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. Es sei darauf hingewiesen, dass der Installierende die Verantwortung für die endgültigen EMV-Eigenschaften des Geräts, der Anlage bzw. der Installation trägt.

### 2.2.2. Was unter die Richtlinien fällt

In dem in der EU geltenden „Leitfaden zur Anwendung der Richtlinie 89/336/EWG des Rates“ werden für den Einsatz von Frequenzumrichtern drei theoretische Situationen genannt. 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 selbst den VLT-Frequenzumrichter, 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 Anfor-

derungen 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.

### 2.2.3. Danfoss VLT-Frequenzumrichter und das CE-Zeichen

Das CE-Zeichen soll die Vereinfachung des Handelsverkehrs innerhalb von EU und EFTA günstig beeinflussen.

Allerdings kann das CE-Zeichen viele verschiedene Spezifikationen abdecken. Sie müssen also prüfen, was durch eine bestimmte CE-Kennzeichnung tatsächlich abgedeckt ist.

Die beinhalteten Spezifikationen können sehr unterschiedlich sein, und ein CE-Zeichen kann einem Installateur auch durchaus ein falsches Sicherheitsgefühl vermitteln, wenn z.B. ein Frequenzumrichter als Bauteil eines Systems oder Gerätes eingesetzt wird.

Danfoss versieht die Frequenzumrichter mit einem CE-Zeichen gemäß der Niederspannungsrichtlinie. Das bedeutet, dass wir bei korrekter Installation des Frequenzumrichters dessen Übereinstimmung mit der Niederspannungsrichtlinie garantieren. Zur Bestätigung, dass unsere CE-Kennzeichnung der Niederspannungsrichtlinie entspricht, stellt Danfoss eine Konformitätserklärung aus.

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

Das Projektierungshandbuch bietet detaillierte Anweisungen für eine EMV-korrekte Installation. Außerdem gibt Danfoss die Normen an, denen unsere verschiedenen Produkte entsprechen.

Danfoss bietet auf Wunsch weitere Unterstützung im Bereich Schulung und Beratung, damit die Anforderungen einer optimalen EMV-gerechten Installation erreicht werden können.

### 2.2.4. Konformität mit EMV-Richtlinie 89/336/EWG

Meistens wird der Frequenzumrichter von Fachleuten als komplexes Bauteil eingesetzt, das Teil eines größeren Geräts, Systems bzw. einer Anlage ist. Es sei darauf hingewiesen, dass der Installierende die Verantwortung für die endgültigen EMV-Eigenschaften des Geräts, der Anlage bzw. der Installation trägt. 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 Abschnitt *Elektrische Installation*).

## 2.3. Luftfeuchtigkeit

### 2.3.1. Luftfeuchtigkeit

Der Frequenzumrichter ist ausgelegt den Normen IEC/EN 60068-2-3, EN 50178 Pkt. 9.4.2.2 bei 50 °C zu entsprechen.

## 2.4. Aggressive Umgebungen

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



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.

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 IP55. 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 IP55 oder ein zusätzliches Schutzgehäuse für die 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 Prozesse ziehen die elektronischen Bauteile sehr schnell in Mitleidenschaft. 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.



#### **ACHTUNG!**

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 schädigende atmosphärische Flüssigkeiten 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 Schwebegase sind Schwarzverfärbungen von Kupferstäben und Kabelenden in vorhandenen Installationen.

**2**

## 2.5. 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:	Schwingen (sinusförmig) - 1970
IEC/EN 60068-2-64:	Schwingen, Breitbandrauschen (digital geregelt)

## 2.6. Vorteile

### 2.6.1. Gründe für den Einsatz eines Frequenzumrichters für die Regelung von Lüftern und Pumpen

Bei einem Frequenzumrichter wird die Tatsache ausgenutzt, dass Zentrifugallüfter und Kreiselpumpen den Proportionalitätsgesetzen für Zentrifugallüfter und Kreiselpumpen folgen. Weitere Informationen finden Sie im Text *Die Proportionalitätsgesetze*.

### 2.6.2. Der klare Vorteil: Energieeinsparung

Der eindeutige Vorteil bei Einsatz eines Frequenzumrichters zur Drehzahlregelung von Lüftern oder Pumpen ist die elektrische Energieeinsparung. Im Vergleich zu alternativen Regelsystemen und Technologien ist ein Frequenzumrichter das energieoptimale Steuersystem zur Regelung von Lüftungs- und Pumpenanlagen.

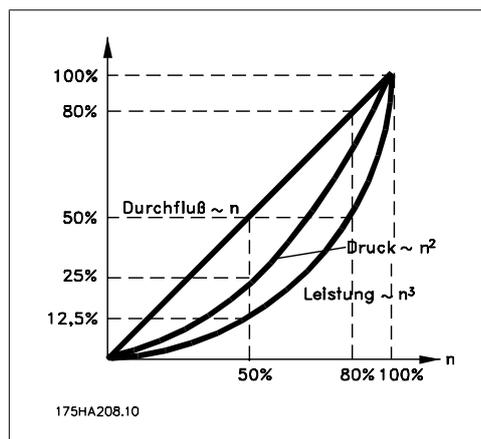
### 2.6.3. Beispiel für Energieeinsparungen

Wie in der Darstellung zu sehen (Proportionalitätsgesetze), wird der Durchfluss durch Änderung der Drehzahl geregelt. Durch eine Senkung der Drehzahl um lediglich 20 %, bezogen auf die Nenndrehzahl, wird der Durchfluss entsprechend um 20 % reduziert, da der Durchfluss direkt proportional zur Motordrehzahl ist. Der Stromverbrauch wird jedoch um 50 % gesenkt. Soll die betreffende Anlage an nur sehr wenigen Tagen im Jahr einen Durchfluss erzeugen, der 100 % entspricht, im übrigen Teil des Jahres jedoch im Durchschnitt unter 80 % des Nenndurchflusswertes, so erreicht man eine Energieeinsparung von mehr als 50 %.

#### Die Proportionalitätsgesetze

Diese Abbildung beschreibt die Abhängigkeit von Durchfluss, Druck und Energieverbrauch in UPM.

Q = Durchfluss	P = Leistung
Q <sub>1</sub> = Nenndurchfluss	P <sub>1</sub> = Nennleistung
Q <sub>2</sub> = Gesenkter Durchfluss	P <sub>2</sub> = Gesenkte Leistung
H = Druck	n = Drehzahlregelung
H <sub>1</sub> = Nenndruck	n <sub>1</sub> = Nenndrehzahl
H <sub>2</sub> = Gesenkter Druck	n <sub>2</sub> = Gesenkte Drehzahl



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

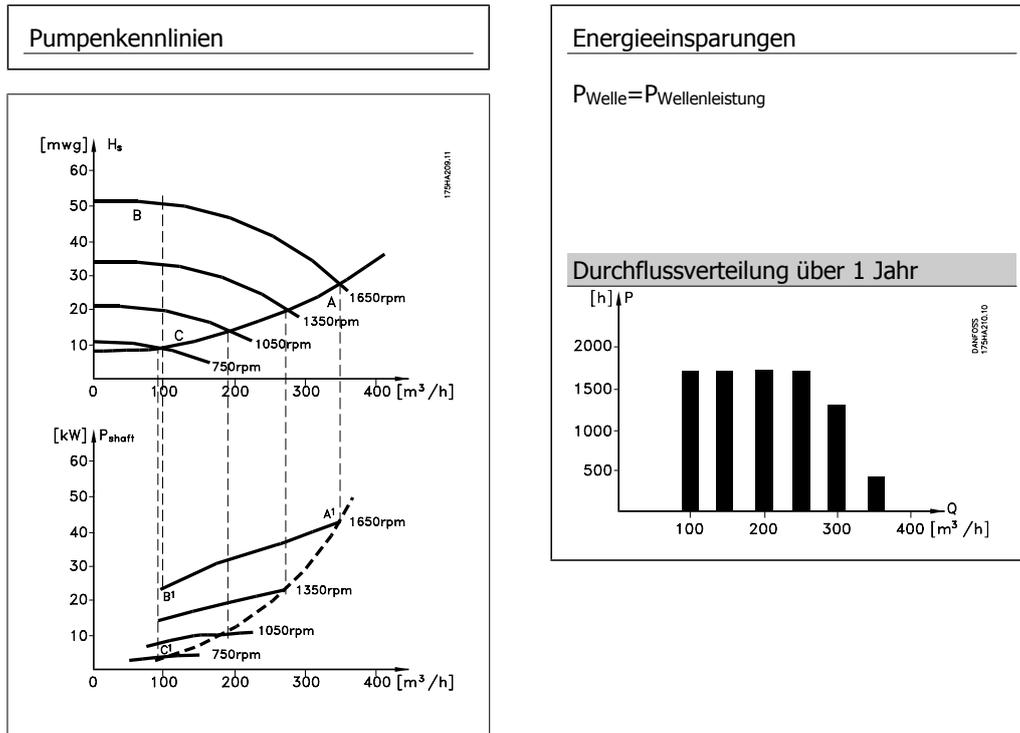
$$\text{Druck} : \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

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

### 2.6.4. Beispiel für variierenden Durchfluss über ein Jahr

Das nachstehende Beispiel wurde aufgrund von Pumpenkennlinien errechnet, die von einem Pumpendatenblatt stammen

Die erzielten Ergebnisse zeigen Energieeinsparungen von über 50 % bei der gegebenen Durchflussverteilung über ein Jahr. Die Amortisation hängt vom Preis pro kWh sowie dem Preis des Frequenzumrichters ab. In diesem Beispiel beträgt sie weniger als ein Jahr beim Vergleich mit Ventilen und konstanter Drehzahl.



m³/h	Verteilung		Ventilregelung		Regelung über Frequenzumrichter	
	%	Stunden	Leistung	Verbrauch	Leistung	Verbrauch
			A <sub>1</sub> - B <sub>1</sub>	kWh	A <sub>1</sub> - C <sub>1</sub>	kWh
350	5	438	42,5	18.615	42,5	18.615
300	15	1314	38,5	50.589	29,0	38.106
250	20	1752	35,0	61.320	18,5	32.412
200	20	1752	31,5	55.188	11,5	20.148
150	20	1752	28,0	49.056	6,5	11.388
100	20	1752	23,0	40.296	3,5	6.132
<b>Σ</b>	100	8760		275.064		26.801

### 2.6.5. Bessere Regelung

Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters zur Volumenstrom- oder Druckregelung ergibt sich ein Regelsystem, das sich sehr genau einregulieren lässt.

Mithilfe eines Frequenzumrichters kann die Drehzahl eines Lüfters oder einer Pumpe stufenlos geändert werden, sodass sich auch eine stufenlose Regelung des Durchflusses oder des Drucks ergibt.

Darüber hinaus verändert ein Frequenzumrichter schnell die Lüfter- oder Pumpendrehzahl, sodass sich auch eine schnelle Veränderung des Volumenstroms oder des Drucks in der Anlage ergibt. Einfache Prozessregelung (Durchfluss, Pegel oder Druck) über integrierten PID-Regler.

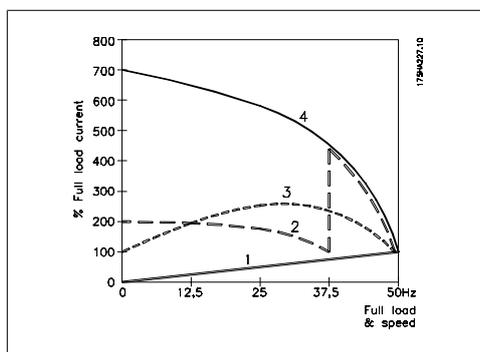
### 2.6.6. Korrektur des Leistungsfaktors $\cos \varphi$

In der Regel liefert ein Frequenzumrichter mit einem  $\cos \varphi$  von 1 eine Korrektur des Leistungsfaktors für den  $\cos \varphi$  des Motors. Damit muss der  $\cos \varphi$  des Motors bei der Dimensionierung der Kompensationsanlage nicht mehr berücksichtigt werden.

### 2.6.7. Stern-/Dreieckstarter oder Softstarter nicht notwendig

Beim Starten größerer Motoren ist es in vielen Ländern notwendig, Betriebsmittel zu verwenden, mit denen der Startstrom begrenzt wird. In herkömmlichen Systemen sind Stern-/Dreieckstarter oder Softstarter weit verbreitet. Diese Motorstarter sind bei Einsatz eines Frequenzumrichters nicht erforderlich.

Wie die nachstehende Abbildung zeigt, verbraucht ein Frequenzumrichter nicht mehr als seinen Nennstrom.



- 1 = VLT HVAC Drive
- 2 = Stern-/Dreieckstarter
- 3 = Softstarter
- 4 = Direkte Einschaltung am Netz

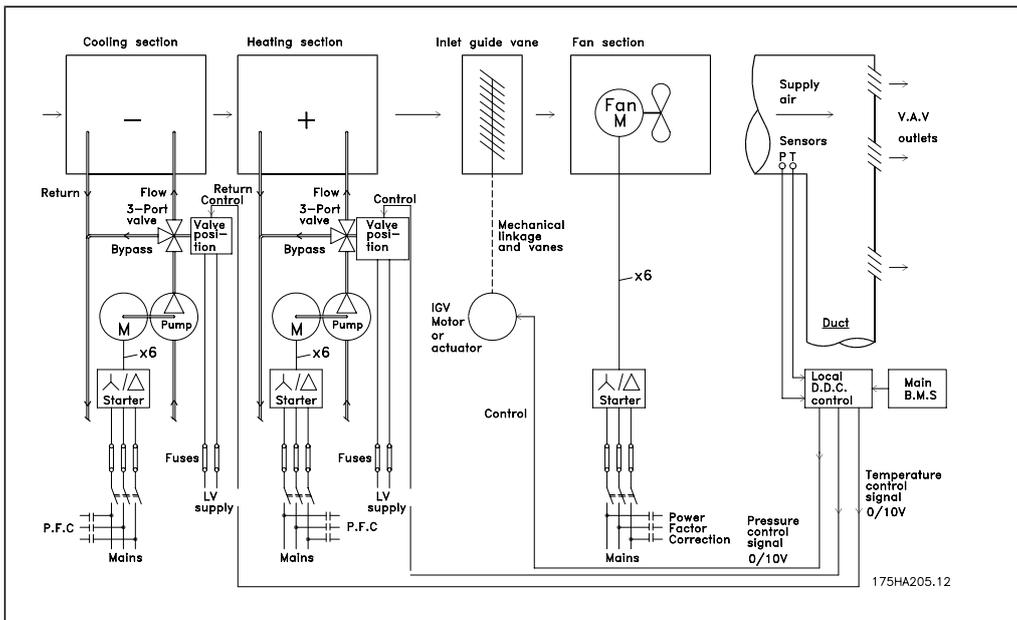
### 2.6.8. Keine höheren Kosten bei Einsatz von Frequenzumrichtern

Das Beispiel auf der nächsten Seite zeigt, dass bei Einsatz von Frequenzumrichtern auf viele Bauteile verzichtet werden kann. Die Höhe der Kosten für die Aufstellung der beiden Anlagen lässt sich berechnen. Im Beispiel auf der folgenden Seite lassen sich die beiden Anlagen zu ungefähr dem gleichen Preis realisieren.

### 2.6.9. Ohne Frequenzumrichter

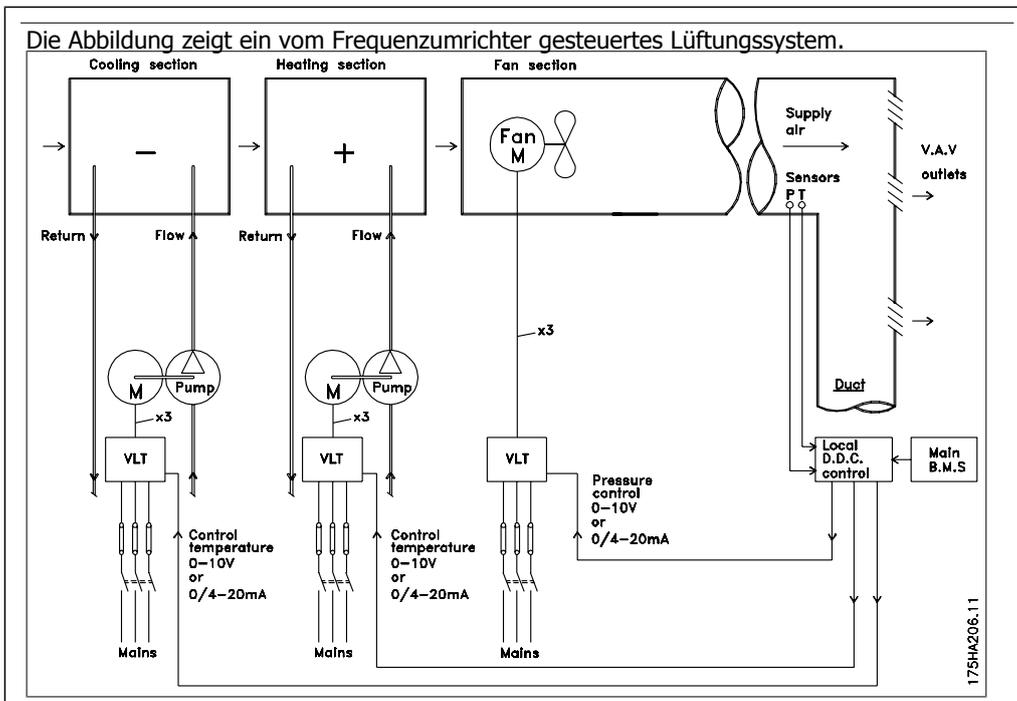
Die Abbildung zeigt eine in herkömmlicher Bauweise erstellte Lüftungsanlage.

D.D.C.	= Direkte digitale Regelung	E.M.S.	= Energiemanagementsystem
V.A.V.	= Variabler Luftvolumenstrom (VVS)		
Fühler P	= Druck	Fühler T	= Temperatur



### 2.6.10. Mit Frequenzumrichter

Die Abbildung zeigt ein vom Frequenzumrichter gesteuertes Lüftungssystem.



## 2.6.11. Anwendungsbeispiele

Auf den folgenden Seiten finden sich einige typische Anwendungsbeispiele aus dem Bereich HLK. Möchten Sie weitere Informationen zu einer Anwendung, so können Sie bei Ihrem Danfoss-Lieferanten einen Schriftsatz bestellen, in dem die Anwendung komplett beschrieben ist.

### ..... Variabler Luftvolumenstrom (VVS)

*Fragen Sie nach The Drive to...Improving Variable Air Volume Ventilation Systems MN.60.A1.02*

### ..... Konstanter Volumenstrom

*Fragen Sie nach The Drive to...Improving Constant Air Volume Ventilation Systems MN.60.B1.02*

### ..... Kühlturmgebläse

*Fragen Sie nach The Drive to...Improving fan control on cooling towers MN.60.C1.02*

### ..... Kondenswasserpumpen

*Fragen Sie nach The Drive to...Improving condenser water pumping systems MN.60.F1.02*

### ..... Primärpumpen

*Fragen Sie nach The Drive to...Improve your primary pumping in primay/secondary pumping systems MN.60.D1.02*

### ..... Hilfspumpen

*Fragen Sie nach The Drive to...Improve your secondary pumping in primay/secondary pumping systems MN.60.E1.02*

## 2.6.12. Variabler Luftvolumenstrom (VVS)

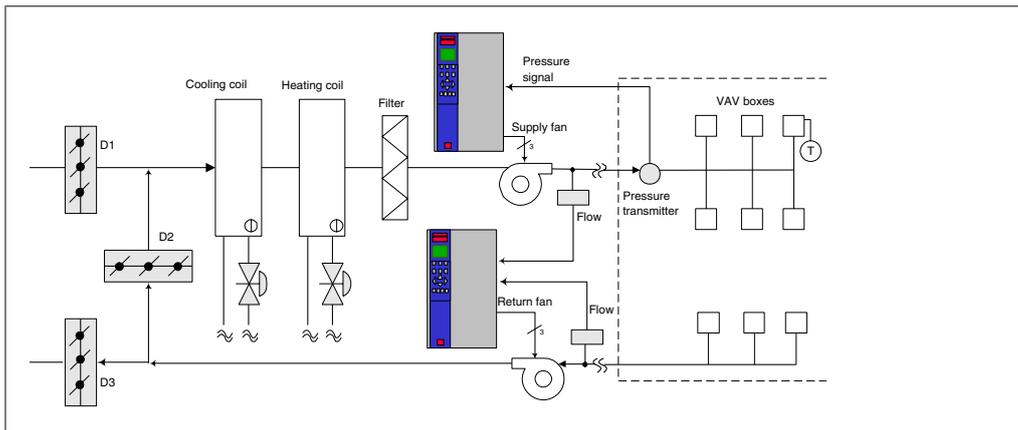
Systeme mit variablem Luftvolumenstrom (VVS) dienen zur Regelung der Lüftungs- und Temperaturverhältnisse in Gebäuden. Zentrale VVS-Systeme gelten dabei als die energiesparendste Methode zur Gebäudeklimatisierung. Durch den Einbau zentraler Anlagen lässt sich ein höherer Energienutzungsgrad erzielen als bei verzweigten Systemen.

Der höhere Wirkungsgrad ergibt sich aus der Nutzung größerer Kühllüfter und Kälteanlagen, die einen sehr viel höheren Wirkungsgrad haben als kleine Motoren und verzweigte luftgekühlte Kälteanlagen. Außerdem trägt der geringere Wartungsaufwand zur Kostensenkung bei.

## 2.6.13. Die VLT-Lösung

Gegenüber einer Druckregelung mittels Drosselklappe oder Dralldrossel ist eine Lösung mit einem Frequenzumrichter wesentlich energiesparender und vermindert überdies die Komplexität der Anlage. Statt einen künstlichen Druckabfall zu erzeugen oder eine künstliche Verringerung des Ventilatorwirkungsgrades herbeizuführen, senkt der Frequenzumrichter die Ventilatorumdrehzahl, um die vom System benötigten Strömungs- und Druckverhältnisse zu schaffen.

Zentrifugalgeräte, wie z. B. Ventilatoren, gehorchen den Gesetzen der Fliehkraft. Bei Ventilatoren bedeutet dies, dass der von ihnen erzeugte Druck und Luftstrom sich mit abnehmender Lüfterdrehzahl verringert. Dies führt auch zu einer wesentlichen Verringerung der Leistungsaufnahme. Der Abluftventilator wird laufend überwacht bzw. geregelt, um eine gleich bleibende Strömungsdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf aufrechtzuerhalten. Bei Einsatz des hochmodernen PID-Reglers des VLT HVAC Drive kann auf zusätzliche Regler verzichtet werden.



### 2.6.14. Konstanter Volumenstrom

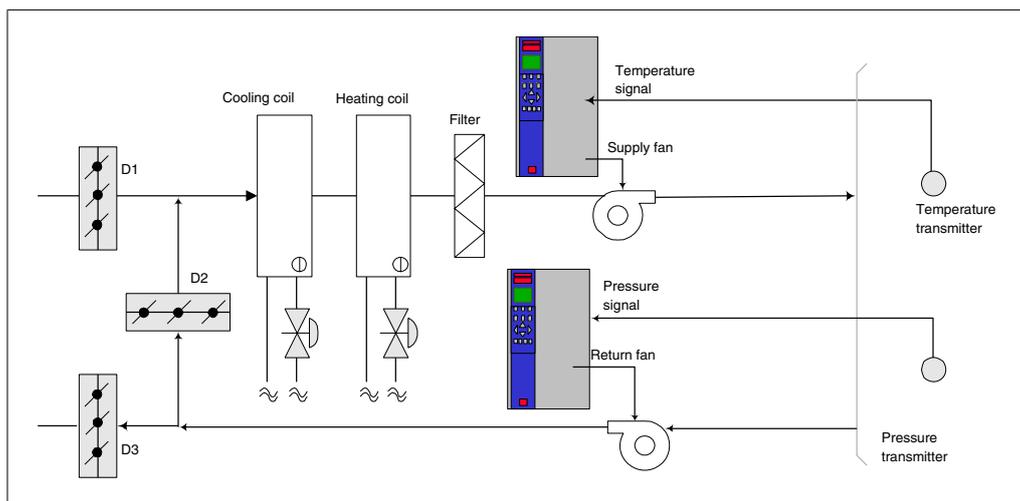
Systeme für konstanten Volumenstrom (KVS) sind zentrale Lüftungsanlagen, die in der Regel zur Belüftung großer Gemeinschaftsbereiche mit geringen Mengen temperierter Frischluft eingesetzt werden. Sie waren die Vorläufer der variablen Luftsysteme und sind dementsprechend auch in älteren, gewerblich genutzten Mehrzonengebäuden zu finden. Bei diesen Anlagen wird die Luft mithilfe von Klimageräten mit eingebautem Heizregister vorgeheizt. Viele dieser Anlagen werden auch zur Gebäudeklimatisierung eingesetzt und haben dementsprechend ein Kühlregister. Zuluftventilatoren werden häufig verwendet, um die Heiz- und Kühlanforderungen in den einzelnen Zonen zu unterstützen.

### 2.6.15. Die VLT-Lösung

Mit einem Frequenzumrichter sind erhebliche Energieeinsparungen bei guter Anlagenregelung möglich. Temperatur- oder CO<sub>2</sub>-Sensoren können dabei als Istwertgeber für den Frequenzumrichter eingesetzt werden. Ganz gleich, ob die Temperatur, die Luftqualität oder beides gesteuert werden soll - bei einem konstanten Volumenstromsystem kann der Regelbetrieb den jeweiligen Verhältnissen im Gebäude angepasst werden. Mit Abnahme der Personenzahl in dem zu regelnden Bereich reduziert sich auch der Frischluftbedarf. Der CO<sub>2</sub>-Sensor registriert niedrigere Werte und sorgt entsprechend für eine Senkung der Drehzahl der Zuluftventilatoren. Der Abluftventilator regelt ebenfalls, um einen stabilen Druck oder eine gleich bleibende Differenz zwischen Zu- und Abluft aufrechtzuerhalten.

Bei Temperaturregelungen, wie sie insbesondere in Klimaanlagen vorkommen, ergeben sich aufgrund von Außentemperaturschwankungen und unterschiedlichen Personenzahlen in dem zu regelnden Bereich unterschiedliche Anforderungen an die Kühlung. Mit Abnahme der Temperatur, vielleicht sogar unter den Sollwert, kann auch der Zuluftventilator seine Drehzahl verringern. Der Abluftventilator passt sich an, um den gewünschten Druck stabil zu halten. Durch den verminderten Luftstrom reduziert sich auch der Energieaufwand zur Heizung oder Kühlung der Frischluft, was wiederum eine Kostensenkung bedeutet.

Aufgrund der zahlreichen Funktionen der Danfoss-Frequenzumrichter speziell für den HLK-Bereich kann der VLT® HVAC Drive zur Leistungsverbesserung bereits bestehender KVS-Anlagen eingesetzt werden. Ein besonderes Problem bei der Steuerung von Belüftungsanlagen ist die unzureichende Luftqualität. Die programmierbare Mindestfrequenz kann so eingestellt werden, dass unabhängig vom Ist- oder Sollwertsignal eine Mindest-Frischluftzufuhr aufrechterhalten wird. Der Frequenzumrichter beinhaltet auch einen 3-Zonen- und 3-Sollwert-PID-Regler, was eine Überwachung sowohl der Temperatur als auch der Luftqualität ermöglicht. Der Frequenzumrichter wird auch dann, wenn die Temperaturanforderungen erfüllt sind, für eine ausreichende Luftzufuhr sorgen, um auch die Anforderungen an die Luftqualität zu erfüllen. Der Regler ist in der Lage, zwei Istwertsignale zu überwachen und zu vergleichen. Dadurch kann mittels Steuerung des Abluftventilators eine konstante Differenz zwischen Zu- und Abluft aufrechterhalten werden.



### 2.6.16. Kühlturmgebläse

Kühlturmgebläse dienen zur Kühlung von Kondensatorwasser in wassergekühlten Kälteanlagen. Diese sind am effizientesten, wenn es um die Kaltwasserbereitung geht - sie sind bis zu 20 % effizienter als luftgekühlte Anlagen. Je nach den klimatischen Verhältnissen sind Kühltürme häufig die energiesparendste Methode zur Kühlung des Kondensatorwassers wassergekühlter Kühlanlagen.

Die Kühlung erfolgt durch Verdunstung.

Um die Oberfläche des Kondensatorwassers zu vergrößern, wird dieses in den Kühlturm gesprüht. Das Kühlturmgebläse führt Luft durch den Füllbereich und unterstützt damit die Verdunstung des Wassers. Durch die Verdunstung wird dem Wasser Energie entzogen, was eine Temperatursenkung bewirkt. Das gekühlte Wasser wird im Kühlturmbecken aufgefangen, von wo es wieder in den Kondensator der Kühlanlage zurückgepumpt wird. Danach wiederholt sich der Kreislauf.

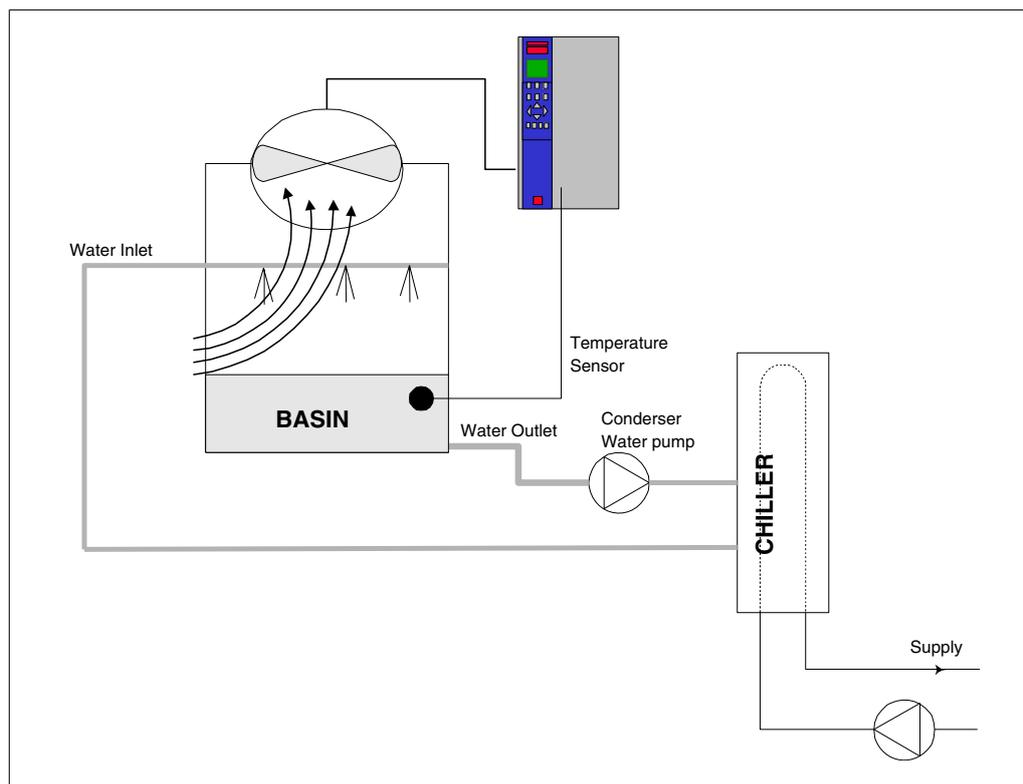
### 2.6.17. Die VLT-Lösung

Mit einem Frequenzumrichter können Kühlturmventilatoren zwecks Aufrechterhaltung der Kondensatorwassertemperatur auf die erforderliche Drehzahl geregelt werden. Die Frequenzumrichter können außerdem je nach Bedarf zum Ein- und Ausschalten des Ventilators eingesetzt werden.

Aufgrund der zahlreichen Funktionen der Danfoss-Frequenzumrichter speziell für den HLK-Bereich kann der VLT HVAC Drive zur Leistungsverbesserung bestehender Kühlturmventilatoranwendungen eingesetzt werden. Mit Abnahme der Drehzahl der Kühlturmventilatoren unter einen bestimmten Wert verringert sich der Kühleffekt, den der Ventilator auf das Wasser hat. Bei Einsatz eines Getriebemotors zur Frequenzregelung des Kühlturmlüfters ist auch u. U. eine Mindestdrehzahl von 40-50 % erforderlich.

Die kundenseitig programmierbare Mindestfrequenz ermöglicht die Aufrechterhaltung der Mindestdrehzahl auch dann, wenn der Istwert oder der Drehzahlsollwert eigentlich niedrigere Drehzahlen bewirken sollte.

Ebenfalls als Standardfunktion kann der Frequenzumrichter in den Energiesparmodus versetzt werden, in dem der Lüfter angehalten wird, bis wieder eine höhere Drehzahl erforderlich ist. Darüber hinaus treten bei einigen Kühltürmen unerwünschte Frequenzen auf, die zu Vibrationen führen können. Diese Frequenzen lassen sich durch Frequenzabblendung im Frequenzumrichter leicht vermeiden.



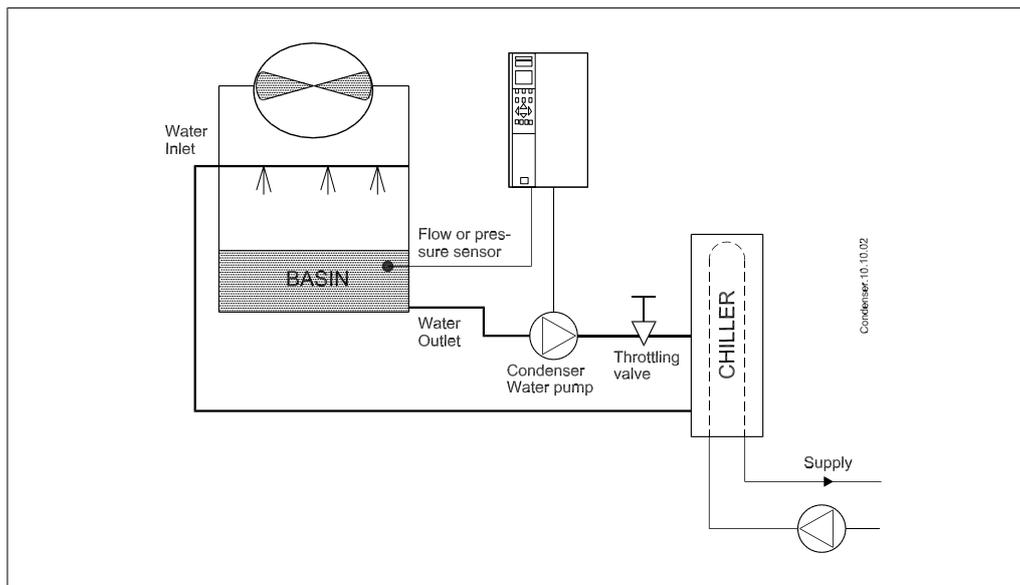
### 2.6.18. Kondenswasserpumpen

Kondenswasserpumpen werden hauptsächlich zur Wasserzirkulation durch den Kondensatorteil wassergekühlter Kühlanlagen und den dazugehörigen Kühlturm eingesetzt. Das Kondenswasser nimmt die Wärme aus dem Kondensator in sich auf und gibt sie im Kühlturm wieder ab. Solche Systeme stellen die energiesparendste Lösung zur Kaltwasserbereitung dar - sie sind bis zu 20 % effizienter als luftgekühlte Anlagen.

### 2.6.19. Die VLT-Lösung

Ein Frequenzumrichter kann als Ergänzung zu Kondenswasserpumpen eingesetzt werden, um das Drosselventil und/oder eine Trimmung der Pumpenlaufräder zu ersetzen und auf diese Weise die Betriebskosten zu senken.

Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters anstelle eines Drosselventils wird die Energie eingespart, die ansonsten durch das Ventil aufgenommen worden wäre. Das Einsparpotential kann dabei bis zu 15-20 % ausmachen. Die Trimmung des Pumpenlaufrads lässt sich nicht rückgängig machen: Wenn sich daher die Bedingungen ändern und ein höherer Durchfluss erforderlich ist, muss das Laufrad ausgetauscht werden.



## 2.6.20. Primärpumpen

Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpensystem können zur Aufrechterhaltung einer konstanten Strömung durch Geräte eingesetzt werden, bei denen sich Betrieb und Steuerung im Falle schwankender Strömungen schwierig gestalten. Das primäre/sekundäre Pumpensystem bietet eine Trennung von „primärem“ Produktionskreis und „sekundärem“ Verteilerkreis. Dadurch kann der Auslegungsdurchfluss z. B. in Kühlern konstant bleiben und die Geräte ordnungsgemäß arbeiten, während gleichzeitig die Strömung im restlichen System variieren kann.

Wenn die Verdampfer-Strömungsgeschwindigkeit in einem Kühler abnimmt, tritt bei dem zu kühlenden Wasser eine Überkühlung ein. Im Zuge davon versucht der Kühler, seine Kühlleistung zu verringern. Wenn die Strömungsgeschwindigkeit weit genug oder zu schnell absinkt, kann der Kühler seine Last nicht schnell genug abwerfen und die geringe Verdampfungstemperatur des Kühlers schaltet den Kühler sicherheitshalber ab; ein manuelles Quittieren ist notwendig. Dieser Fall tritt häufiger in großen Anlagen ein, besonders dann, wenn zwei oder mehr Kühler parallel geschaltet sind und eine Primär-/Sekundärpumpenfunktion nicht eingesetzt wird.

## 2.6.21. Die VLT-Lösung

Je nach Größe des Systems und des Primärkreislaufs kann der Energieverbrauch des Primärkreislaufs beträchtlich werden.

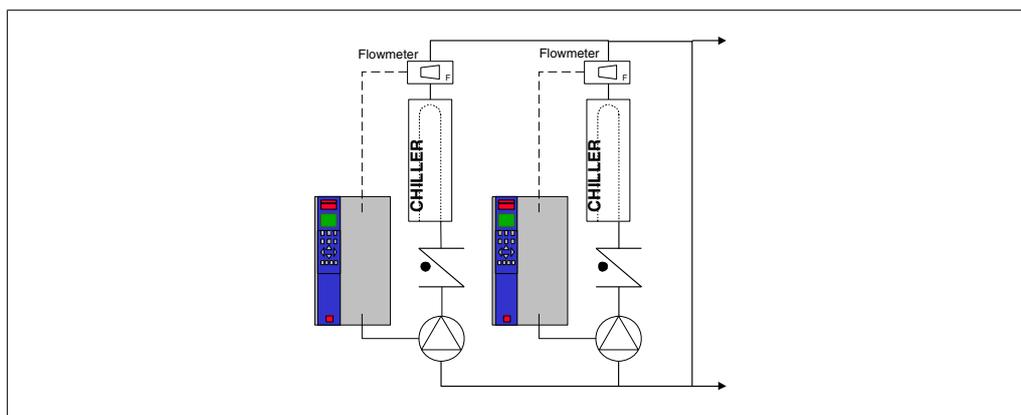
Ein Frequenzumrichter kann als Ergänzung zum Primärsystem eingesetzt werden, um das Drosselventil und/oder eine Trimmung der Pumpenlaufräder zu ersetzen und auf diese Weise die Betriebskosten zu senken. Zwei Regelverfahren sind dabei gebräuchlich:

Beim ersten Verfahren wird ein Durchflussmesser benutzt. Da die gewünschte Strömungsgeschwindigkeit bekannt und konstant ist, kann am Auslass jedes Kühlers ein Durchflussmesser installiert und zur direkten Steuerung der Pumpe eingesetzt werden. Mithilfe des eingebauten PID-Reglers wird der Frequenzumrichter stets die passende Strömungsgeschwindigkeit aufrecht erhalten und sogar den sich ändernden Widerstand im Primärrohrkreislauf ausgleichen, wenn Kühler und ihre Pumpen zu- und abgeschaltet werden.

Die andere Methode ist die örtliche Drehzahlbestimmung, bei der der Bediener einfach die Ausgangsfrequenz herabsetzt, bis der Auslegungsdurchfluss erreicht ist.

Das Benutzen eines Frequenzumrichters zur Senkung der Pumpendrehzahl ähnelt sehr dem Trimmen der Pumpenlaufräder, außer dass damit keine Arbeit verbunden ist und der Pumpenwir-

kungsgrad höher bleibt. Man verringert einfach die Pumpendrehzahl, bis der richtige Durchfluss erreicht ist und hält danach die entsprechende Drehzahl konstant. Bei jedem Zuschalten des Kühlers arbeitet die Pumpe mit dieser Drehzahl. Da der Primärkreislauf keine Regelventile oder sonstigen Vorrichtungen hat, die die Systemkurve beeinflussen könnten, und die durch Zu- und Abschalten von Kühlern hervorgerufenen Schwankungen im Regelfall geringfügig sind, ist eine solche feste Drehzahl angemessen. Für den Fall, dass die Strömungsgeschwindigkeit im System später erhöht werden muss, kann der Frequenzumrichter einfach die Pumpendrehzahl erhöhen, sodass kein neues Pumpenlaufrad erforderlich ist.



### 2.6.22. Hilfspumpen

Hilfspumpen in einem gekühlten Primär-/Sekundärwasserpumpensystem dienen zur Verteilung des gekühlten Wassers aus dem Primärproduktionskreislauf in die Lastbereiche. Das Primär-/Sekundärpumpensystem dient zur hydraulischen Abkoppelung eines Rohrkreislaufts vom anderen. In diesem Fall dient die Primärpumpe zur Aufrechterhaltung einer konstanten Strömung durch die Kühler und erlaubt gleichzeitig variierende Strömungswerte in den Hilfspumpen und somit eine bessere Steuerung und einen niedrigeren Energieverbrauch.

Wenn kein Primär-/Sekundärkonzept eingesetzt und ein System mit variablem Volumen konstruiert wird, kann der Kühler für den Fall, dass die Strömungsgeschwindigkeit weit genug oder zu schnell absinkt, seine Last nicht schnell genug abgeben, sodass die bei zu niedriger Verdampfer-temperatur ansprechende Sicherheitsvorrichtung den Kühler abschaltet, woraufhin dieser durch ein Reset wieder aktiviert werden muss. Dieser Fall tritt häufiger in großen Anlagen ein, besonders dann, wenn zwei oder mehr Kühler parallel geschaltet sind.

### 2.6.23. Die VLT-Lösung

Zwar hilft ein Primär-/Sekundärsystem mit Zwei-Wege-Ventilen Energie zu sparen und Systemsteuerungsprobleme leichter zu bewältigen, aber eine volle Nutzung des Einspar- und Steuerungspotenzials ist erst durch die Ergänzung von Frequenzumrichtern möglich.

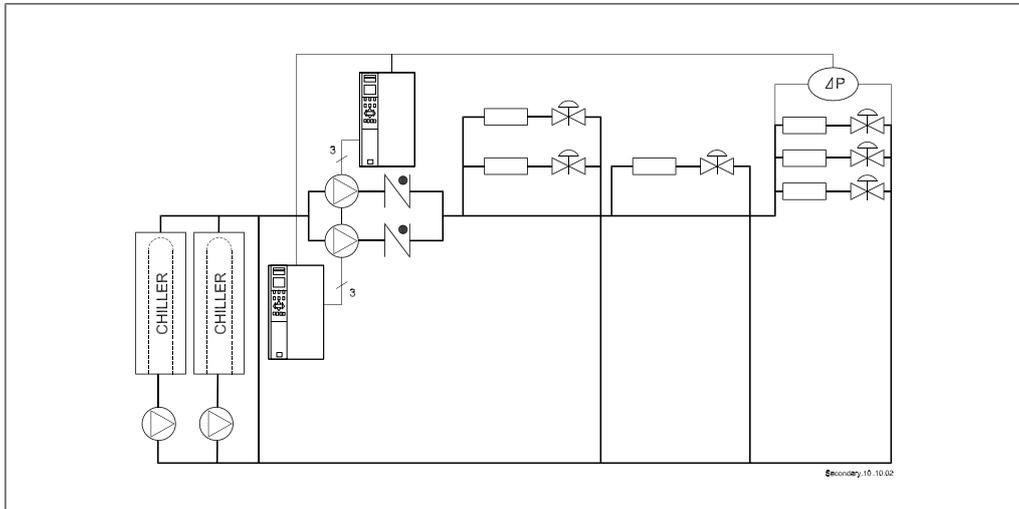
Wenn die Sensoren an den richtigen Punkten angebracht werden, sind die Pumpen mithilfe von Frequenzumrichtern in der Lage, ihre Drehzahl zu variieren und sie der Systemkurve statt der Pumpenkurve folgen zu lassen.

Auf diese Weise wird weniger Energie verschwendet. Darüber hinaus werden die meisten Fälle von Überdruck, dem Zwei-Wege-Ventile unterliegen können, vermieden.

Mit Erreichen der vorgegebenen Last schalten die Zwei-Wege-Ventile ab. Dadurch erhöht sich der an der Last und am Zwei-Wege-Ventil gemessene Differenzdruck. Mit Ansteigen dieses Drucks verlangsamt sich die Pumpe, um den Sollwert zu halten. Die Sollwertgröße wird durch Summieren des Druckabfalls der Last und des Zwei-Wege-Ventils unter Auslegungsbedingungen errechnet.

**ACHTUNG!**

Bitte beachten Sie, dass mehrere Pumpen im Parallelbetrieb mit gleicher Drehzahl laufen müssen, um die Energieeinsparung zu optimieren; Diese haben entweder individuell zugeordnete Frequenzumrichter oder nur einen Frequenzumrichter, der die Pumpen parallel antreibt.



## 2.7. Bedienung des VLT HVAC

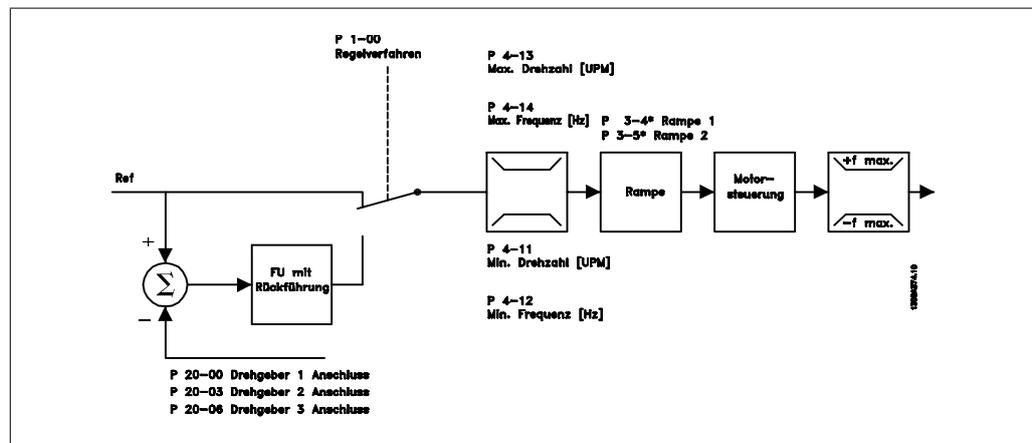
### 2.7.1. Steuerungsprinzip

Ein Frequenzumrichter wandelt eine feste Netzwechselspannung in Gleichspannung um und produziert wiederum aus dieser Gleichspannung eine Wechselspannung mit variabler Amplitude und Frequenz.

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

### 2.7.2. Regelungsstruktur

Regelungsstruktur in Konfigurationen mit und ohne Rückführung:



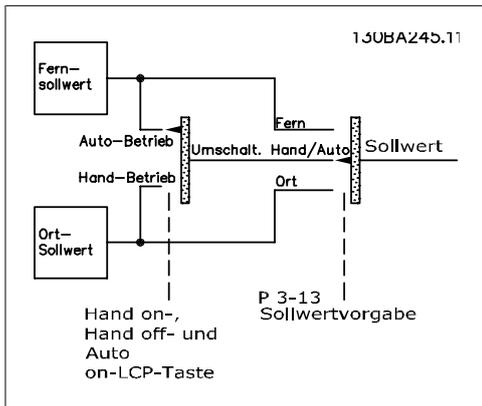
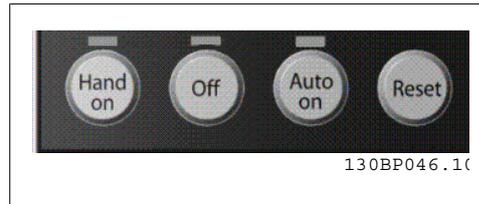
Bei der in der obigen Abbildung gezeigten Konfiguration ist Par. 1-00 auf *Ohne Rückführung* [0] eingestellt. Der resultierende Sollwert wird in der Sollwertverarbeitung durch die Rampenbegrenzung und Drehzahlbegrenzung geführt, bevor er an die Motorregelung übergeben wird. Das Ausgangssignal der Motorregelung ist zusätzlich durch die maximale Frequenzgrenze Par. 4-19 begrenzt.

Wählen Sie in Par. 1-00 *PID-Prozess* [3], um die PID-Prozess-Regelung mit Rückführung (z. B. bei einer Druck- oder Durchflussregelung) zu verwenden. Die PID-Parameter befinden sich in Parametergruppe 20-\*\*.

### 2.7.3. Hand-Steuerung (Hand On) und Fern-Betrieb (Auto On)

Der Frequenzumrichter kann vor Ort manuell über das (LCP) oder im Fernbetrieb (Auto-Betrieb) über Analog- und Digitaleingänge oder die serielle FC- oder Bus-Schnittstelle gesteuert werden. Falls in Par. 0-40, 0-41, 0-42 und 0-43 Aktiviert eingestellt ist, kann der Frequenzumrichter über das LCP mit den Tasten [Hand On] und [Off] gesteuert werden. Ein Alarm kann mit der [RESET]-Taste zurückgesetzt werden. Nach Drücken der [Hand On]-Taste schaltet der Frequenzumrichter in den Hand-Betrieb und verwendet den Ortsollwert, der mit Hilfe der Pfeiltasten am LCP eingestellt wird.

Nach Drücken der [Auto On]-Taste schaltet der Frequenzumrichter in den Auto-Betrieb und verwendet den Fern-Sollwert. 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) bzw. Parametergruppe 8-5\* (serielle Kommunikation).



### Aktiver Sollwert und Regelverfahren

Der aktive Sollwert kann der Ortsollwert oder Fern-Sollwert sein.

In Par. 3-13 *Sollwertvorgabe* können Sie wählen, ob entweder der *Ortsollwert (Hand)* [2] oder *Fern-Sollwert (Auto)* [1] benutzt wird, unabhängig davon, ob sich der Frequenzumrichter im Auto-Betrieb oder im Hand-Betrieb befindet.

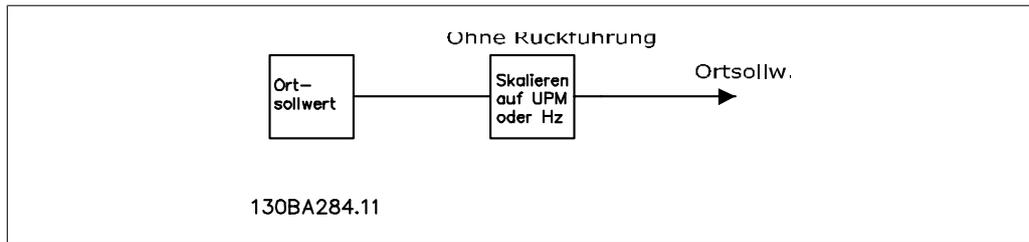
*Fern (Auto)* [1] wählt den Fern-Sollwert. Durch Auswahl von *Umschalt. Hand/Auto* [0] (Werkseinstellung) hängt die Sollwertvorgabe von der aktiven Betriebsart ab (Hand- oder Auto-Betrieb).

Hand Off Auto LCP-Tasten	Sollwertvorgabe Par. 3-13	Aktiver Sollwert
Hand	Umschalt. Hand/Auto	Ort
Hand On -> Off (Aus)	Umschalt. Hand/Auto	Ort
Auto	Umschalt. Hand/Auto	Fern
Auto On-> Off (Aus)	Umschalt. Hand/Auto	Fern
Alle Tasten	Ort	Ort
Alle Tasten	Fern	Fern

Die Tabelle zeigt, unter welchen Bedingungen der Ortsollwert oder der Fern-Sollwert aktiv ist. Einer von beiden ist immer aktiv, es können jedoch nicht beide gleichzeitig aktiv sein.

Par. 1-00 *Regelverfahren* definiert, welches Regelverfahren (d. h., Regelung ohne Rückführung oder mit Rückführung) bei Fern-Betrieb angewendet werden soll (Bedingungen siehe Tabelle oben).

**Sollwertverarbeitung - Ortsollwert**

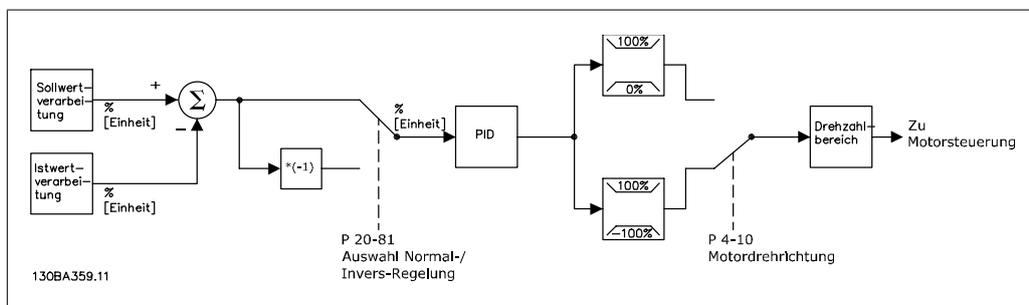


**2.8. PID**

**2.8.1. PID-Regler (mit Rückführung)**

Durch den PID-Regler des Frequenzumrichters kann er zu einem integrierten Bestandteil des geregelten Systems werden. Der Frequenzumrichter erhält ein Istwertsignal von einem Sensor im System. Diesen Istwert vergleicht er dann mit einem Sollwert und bestimmt die Abweichung zwischen diesen beiden Signalen, falls vorhanden. Im Anschluss daran stellt er die Drehzahl des Motors ein, um diesen Fehler zu korrigieren.

Betrachten wir zum Beispiel eine Lüftungsanlage, in der die Drehzahl des Zuluftgebläses so geregelt werden soll, dass der statische Druck in der Rohrleitung konstant bleibt. Der gewünschte statische Druckwert wird dem Frequenzumrichter als Sollwert vorgegeben. Ein statischer Drucksensor misst den tatsächlichen statischen Druck in der Rohrleitung und leitet dies als Istwertsignal an den Frequenzumrichter weiter. Ist das Istwertsignal größer als der Sollwert, reduziert der Frequenzumrichter die Drehzahl, um den Druck zu verringern. Ähnlich wird der Frequenzumrichter automatisch schneller, um den vom Gebläse gelieferten Druck zu erhöhen, wenn der Leitungsdruck unter dem Sollwert liegt.



**ACHTUNG!**  
 Die Werkseinstellungen des Frequenzumrichters mit Rückführung reichen häufig vollkommen aus, um zufrieden stellende Leistung zu erreichen. Die Regelung des Systems lässt sich jedoch häufig durch Anpassung einiger der Parameter des PID-Reglers optimieren.

Die Abbildung zeigt ein Blockschaltbild des PID-Reglers des Frequenzumrichters. Die Beschreibung der Blöcke Sollwertverarbeitung und Istwertverarbeitung finden Sie in ihren jeweiligen Abschnitten weiter hinten in diesem Handbuch.

Folgende Parameter sind für eine einfache Anwendung mit PID-Regelung relevant:

Parameter	Funktionsbeschreibung
Istwertanschluss 1 Par. 20-00	Wählen Sie den Anschluss für Istwert 1. Dies ist häufig ein Analogeingang, es sind jedoch auch weitere Istwertquellen verfügbar. Nutzen Sie die Skalierung dieses Eingangs, um die entsprechenden Werte für dieses Signals zu liefern. In der Werkseinstellung ist Analogeingang 54 der Anschluss für Istwert 1.
Soll-/Istwerteinheit Par. 20-12	Wählen Sie die Einheit für den Sollwert und Istwert für den PID-Regler des Frequenzumrichters. Hinweis: Da ein Umwandlungsfaktor auf das Istwertsignal angewendet werden kann, bevor es vom PID-Regler verwendet wird, muss die Soll-/Istwerteinheit (Par. 20-12) nicht unbedingt mit der Istwertanschlusseinheit (Par. 20-02, 20-05 und 20-08) übereinstimmen.
Auswahl Normal-/ Invers-Regelung Par. 20-81	Wählen Sie <i>Normal</i> [0], wenn die Drehzahl des Motors verringert werden soll, wenn der Istwert größer als der Sollwert ist. Wählen Sie <i>Invers</i> [1], wenn die Drehzahl des Motors erhöht werden soll, wenn der Istwert größer als der Sollwert ist.
PID-Proportionalverstärkung Par. 20-93	Dieser Parameter stellt den Ausgang des PID-Reglers des Frequenzumrichters basierend auf der Abweichung zwischen Istwert und Sollwert ein. Je höher der Wert, desto schneller die Regelung. Wird jedoch ein zu großer Wert verwendet, kann die Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters instabil werden.
PID Integrationszeit Par. 20-94	Der Integrator liefert eine steigende Verstärkung bei konstanter Abweichung zwischen Soll- und Istwertsignal. Die Integrationszeit, die der Integrator benötigt, um die gleiche Verstärkung wie die Proportionalverstärkung zu erreichen. Je niedriger der Wert, desto schneller die Reaktion. Wird jedoch ein zu kleiner Wert verwendet, kann die Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters instabil werden. Ein Wert von 10000 s deaktiviert den Integrator.

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Parameter, die zur Konfiguration des PID-Reglers des Frequenzumrichters benötigt werden, wenn ein einzelnes Istwertsignal ohne Umwandlung mit einem einzelnen Sollwert verglichen wird. Dies ist die häufigste Art von PID-Regler.

## 2.8.2. Relevante Parameter für PID-Regelung

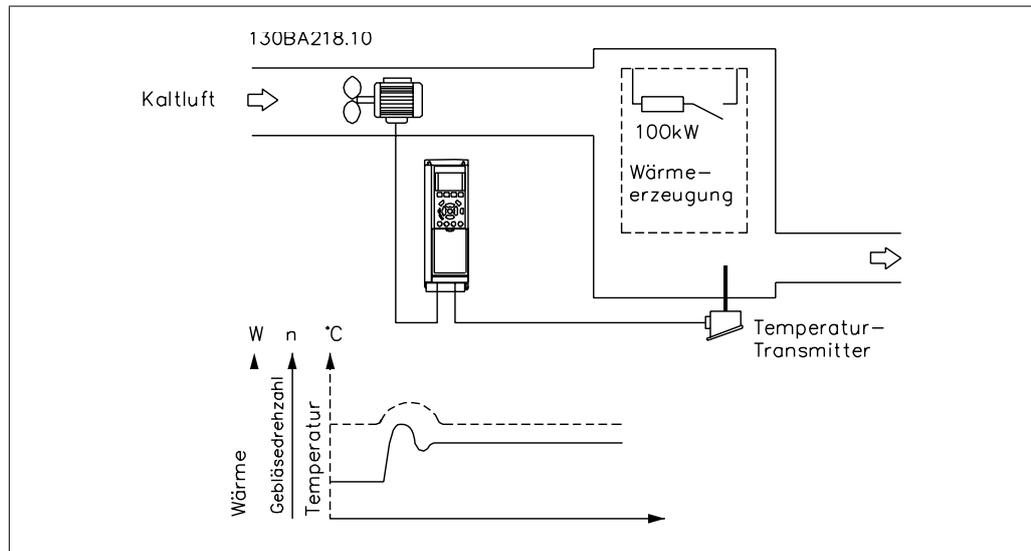
Der PID-Regler des Frequenzumrichters kann auch komplexere Anwendungen handhaben. Dazu gehören Situationen, in denen eine Umwandlungsfunktion auf das Istwertsignal angewandt wird oder Situationen, in denen mehrere Istwertsignale und/oder Sollwerte verwendet werden. Die nachstehende Tabelle fasst die zusätzlichen Parameter zusammen, die bei diesen Anwendungen von Nutzen sein können.

Parameter		Funktionsbeschreibung
Istwertanschluss 2 Istwertanschluss 3	Par. 20-03 Par. 20-06	Wählen Sie den Eingang für Istwert 2 oder 3 (falls vorhanden). Dies ist sehr häufig ein Analogeingang des Frequenzumrichters, es sind jedoch auch andere Quellen verfügbar. Par. 20-20 bestimmt, wie mehrere Istwertsignale vom PID-Regler des Frequenzumrichters verarbeitet werden. Werkseinstellung ist hier <i>Ohne Funktion</i> [0].
Istwertumwandl. 1 Istwertumwandl. 2 Istwertumwandl. 3	Par. 20-01 Par. 20-04 Par. 20-07	Diese Parameter dienen zur Umwandlung des Istwertsignals von einem Typ in einen anderen, beispielsweise von Druck in Durchfluss oder von Druck in Temperatur (für Verdichteranwendungen). Bei Wahl von <i>Druck zu Temperatur</i> [2] muss das Kältemittel in Parametergruppe 20-3* Erw. Istwertumwandlung angegeben werden. Die Werkseinstellung ist hier <i>Linear</i> [0].
Istwert 1 Einheit Istwert 2 Einheit Istwert 3 Einheit	Par. 20-02 Par. 20-05 Par. 20-08	Wählen Sie die Einheit für das Istwertsignal vor der Umwandlung aus. Dies wird nur für die Display-Skalierung verwendet. Der Parameter steht nur bei der Istwertumwandlung <i>Druck zu Temperatur</i> zur Verfügung.
Istwertfunktion	Par. 20-20	Bei Verwendung mehrerer Ist- oder Sollwerte bestimmt dieser Parameter ihre Verarbeitung durch den PID-Regler des Frequenzumrichters.
Sollwert 1 Sollwert 2 Sollwert 3	Par. 20-21 Par. 20-22 Par. 20-23	Diese Sollwerte können als Sollwertvorgabe für den PID-Regler des Frequenzumrichters verwendet werden. Par. 20-20 bestimmt, wie mehrere Sollwerte verarbeitet werden. Alle anderen Sollwerte, die in Parametergruppe 3-1* aktiviert sind, werden zu diesen Werten addiert.
Kältemittel	Par. 20-30	Bei Einstellung von <i>Druck zu Temperatur</i> [2] für eine Istwertumwandlung (in Par. 20-01, 20-04 oder 20-07) muss hier der Kältemitteltyp gewählt werden. Befindet sich das verwendete Kältemittel nicht in der Liste, wählen Sie <i>Benutzerdef.</i> [7] und geben Sie die Kennwerte des Kältemittels in Par. 20-31, 20-32 und 20-33 an.

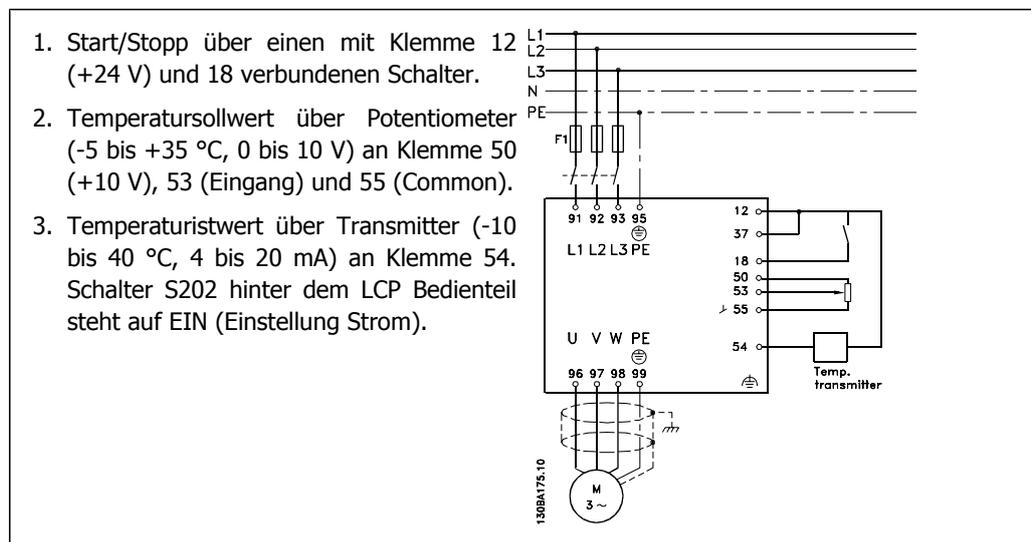
Parameter		Funktionsbeschreibung
Benutzerdef. Kältemittel Par. A1	20-31	Wurde in Par. 20-30 <i>Benutzerdef.</i> [7] gewählt, legen diese Parameter den Wert der Koeffizienten A1, A2 und A3 in der Umwandlungsgleichung fest: $Temperatur = \frac{A2}{(ln(Druck + 1) - A1)} - A3$
Benutzerdef. Kältemittel Par. A2	20-32	
Benutzerdef. Kältemittel Par. A3	20-33	
PID-Startdrehzahl [UPM]	Par. 20-82	
PID-Startfrequenz [Hz]	Par. 20-83	Der angezeigte Parameter hängt von der Einstellung in Par. 0-02 Hz/UPM Umschaltung ab. In einigen Anwendungsfällen ist es nach einem Startbefehl wichtig, den Motor schnell auf eine festgelegte Drehzahl hochzufahren, bevor der PID-Regler des Frequenzumrichters aktiviert wird. Dieser Parameter definiert die Startdrehzahl.
Bandbreite Ist=Sollwert	Par. 20-84	Wenn die PID-Regelabweichung (die Abweichung zwischen Sollwert und Istwert) unter dem festgelegten Wert dieses Parameters liegt, zeigt der Frequenzumrichter an, dass der Istwert gleich dem Sollwert ist.
PID-Anti-Windup	Par. 20-91	Mit diesem Parameter kann gewählt werden, ob der Prozessregler die Integration einer Regelabweichung fortsetzen soll, auch wenn es nicht möglich ist, die Ausgangsfrequenz weiter zu erhöhen/zu verringern. Damit kann der Regler schneller reagieren, sobald eine erneute Regelung möglich ist. <i>Aus</i> [0] deaktiviert diese Funktion, sodass die Integration ständig aktiv ist.
PID-Differentiationszeit	Par. 20-95	Liefert eine Verstärkung proportional zur Veränderungsrate des Istwerts. Dies kann für schnelles Ansprechen des Reglers sorgen, wird in HLK-Anlagen jedoch selten benötigt. Die Werkseinstellung für diesen Parameter ist <i>Aus</i> oder 0,00 s.
PID-Prozess kung/Grenze	D-Verstär- Par. 20-96	Da der Differentiator auf die Änderung der Abweichung des Istwerts reagiert, kann eine schnelle Änderung zu einer großen, unerwünschten Änderung des Reglerausgangs führen. Dieser Parameter begrenzt die maximale Differentiationsverstärkung. Dies ist nicht aktiv, wenn Par. 20-95 auf <i>Aus</i> eingestellt ist.
Tiefpassfilterzeit: Analogeingang 53 Analogeingang 54 Pulseingang 29 Pulseingang 33	Par. 6-16 Par. 6-26 Par. 5-54 Par. 5-59	Parameter zum Filtern von hochfrequent wirksamen Störungen aus dem Istwertsignal. Der hier eingegebene Wert ist die Zeitkonstante für das Tiefpassfilter. Die Grenzfrequenz in Hz lässt sich wie folgt berechnen: $F_{Grenze} = \frac{1}{2\pi T_{Tiefpass}}$ Schwankungen im Istwertsignal, deren Frequenz unter $F_{Grenze}$ liegt, werden vom PID-Regler des Frequenzumrichters genutzt, während Schwankungen mit höherer Frequenz als Störsignal betrachtet und bedämpft werden. Eine längere Zeit verringert Schwankungen des Istwertsignals, verlängert jedoch auch die Regeldauer (Dynamik).

### 2.8.3. Beispiel der PID-Regelung

Nachstehend ein Beispiel für die PID-Regelung mit Rückführung in einer Lüftungsanlage:



In der Lüftungsanlage soll die Temperatur auf einem konstanten Wert gehalten werden. Die gewünschte Temperatur ist mithilfe eines 0- bis 10-V-Potentiometers zwischen -5 und +35 °C einstellbar. Da dies eine Kühlanwendung ist, muss die Geschwindigkeit des Ventilators erhöht werden, um mehr kühlende Luftzirkulation zu erhalten, wenn die Temperatur über dem Sollwert liegt. Der Temperatursensor hat einen Bereich von -10 bis +40 °C und verwendet einen Zweileiter-Transmitter, um ein 4-20-mA-Signal zu liefern. Der Ausgangsfrequenzbereich des Frequenzumrichters liegt zwischen 10 und 50 Hz.



## 2.8.4. Programmierreihenfolge

Funktion	Par. Nr.	Einstellung
<b>1) Ordnungsgemäßen Motorbetrieb sicherstellen. Vorgehensweise:</b>		
Den Frequenzumrichter so einstellen, dass er den Motor basierend auf der Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters steuert.	0-02	Hz [1]
Die Motorparameter mithilfe der Typenschilddaten einstellen.	1-2*	Siehe Motor-Typenschild
Automatische Motoranpassung ausführen.	1-29	<i>Komplette Anpassung</i> [1] aktivieren und dann die AMA-Funktion ausführen.
<b>2) Prüfen, ob der Motor in der richtigen Richtung dreht.</b>		
„Hand On“-LCP-Taste und die ^-Taste drücken, damit sich der Motor langsam dreht. Prüfen, ob der Motor in der richtigen Richtung dreht.		Falls sich der Motor in die falsche Richtung dreht, den Motorstecker abziehen und zwei Phasen des Motors vertauschen.
<b>3) Sicherstellen, dass die Grenzwerte des Frequenzumrichters auf geeignete Werte eingestellt sind.</b>		
Sicherstellen, dass die Rampeneinstellungen innerhalb des Beschleunigungsvermögens des Frequenzumrichters liegen und den zulässigen Spezifikationen der Anwendung entsprechen.	3-41 3-42	60 s 60 s Abhängig von Motor-/Lastgröße! Auch im Hand-Betrieb aktiv.
Ggf. eine Reversierung des Motors verhindern.	4-10	<i>Nur Rechts</i> [0]
Zulässige Grenzwerte für die Motordrehzahl einstellen.	4-12 4-14 4-19	10 Hz 50 Hz 50 Hz
Von Ohne Rückführung auf PID-Prozess schalten.	1-00	<i>PID-Prozess</i> [3]
<b>4) Den Istwert zum PID-Regler konfigurieren.</b>		
Analogeingang 54 als Istwerteingang einstellen.	20-00	<i>Analogeingang 54</i> [2] (Werkseinstellung)
Die entsprechende Soll-/Istwerteinheit auswählen.	20-12	°C [60]
<b>5) Den Sollwert zum PID-Regler konfigurieren.</b>		
Zulässige Grenzwerte für den Sollwert einstellen.	3-02 3-03	-5 °C 35 °C
Analogeingang 53 als variablen Sollwert 1 einstellen.	3-15	<i>Analogeingang 53</i> [1] (Werkseinstellung)
<b>6) Für Sollwert und Istwert verwendete Analogeingänge skalieren.</b>		
Analogeingang 53 für den Temperaturbereich des Potentiometers skalieren (-5 bis +35 °C, 0-10 V).	6-10 6-11 6-14 6-15	0 V 10 V (Werkseinstellung) -5 °C 35 °C
Analogeingang 54 für den Temperaturbereich des Temperatursensors skalieren (-10 bis +40 °C, 4-20 mA)	6-22 6-23 6-24 6-25	4 mA 20 mA (Werkseinstellung) -10 °C 40 °C
<b>7) Parameter für PID-Regler feineinstellen.</b>		
Inverse Regelung auswählen, da die Drehzahl des Motors erhöht werden soll, wenn der Istwert größer als der Sollwert ist.	20-81	<i>Invers</i> [1]
Ggf. den PID-Regler des Frequenzumrichters einstellen.	20-93 20-94	Siehe dazu Optimieren des PID-Reglers weiter unten.
<b>8) Fertig</b>		
Parametereinstellung in LCP speichern.	0-50	<i>Speichern in LCP</i> [1]

## 2.8.5. Optimierung des PID-Reglers

Nachdem der PID-Regler des Frequenzumrichters eingestellt worden ist, sollte seine Leistung getestet werden. In vielen Fällen weist er eine akzeptable Leistung auf, wenn die Werkseinstellungen für die PID-Proportionalverstärkung (Par. 20-93) und PID-Integrationszeit (Par. 20-94) verwendet werden. In einigen Fällen kann es jedoch hilfreich sein, diese Parameterwerte zu optimieren, um ein schnelleres Ansprechen des Systems zu ermöglichen, gleichzeitig jedoch Übersteuern der Drehzahl zu kontrollieren. Dies kann in vielen Fällen wie nachfolgend beschrieben geschehen.

1. Motor starten.
2. Par. 20-93 (PID-Proportionalverstärkung) auf 0,3 einstellen und anschließend erhöhen, bis das Istwertsignal gleichmäßig zu schwingen beginnt. Ggf. mehrfach Stopp/Start betätigen oder stufenweise Änderungen am Sollwert vornehmen, um ein Schwingen des Istwertsignals zu erzielen. Anschließend die PID-Proportionalverstärkung reduzieren, bis sich das Istwertsignal stabilisiert. Jetzt die Proportionalverstärkung um weitere 40 - 60 % senken.
3. Par. 20-94 (PID-Integrationszeit) auf 20 Sek. einstellen und den Wert anschließend reduzieren, bis das Istwertsignal zu schwingen beginnt. Ggf. mehrfach Stopp/Start betätigen oder stufenweise Änderungen am Sollwert vornehmen, um ein Schwingen des Istwertsignals zu erzielen. Anschließend die Integrationszeit heraufsetzen, bis das Istwertsignal stabilisiert ist. Danach die Integrationszeit um 15 - 50 % erhöhen.
4. Par. 20-95 (PID-Differentiationszeit) sollte nur bei sehr schnell reagierenden Systemen verwendet werden. Der typische Wert liegt bei 25 % der PID-Integrationszeit (Par. 20-94). Der Differentiator sollte nur benutzt werden, wenn Proportionalverstärkung und Integrationszeit optimal eingestellt sind. Stellen Sie sicher, dass Schwingungen des Istwertsignals durch das Tiefpassfilter des Istwertsignals ausreichend bedämpft werden (Par. 6-16, 6-26, 5-54 oder 5-59 nach Bedarf).

## 2.8.6. Einstellverfahren nach Ziegler-Nichols

In der Regel reicht die obige Vorgehensweise für HLK-Anwendungen aus. Es können jedoch auch kompliziertere Verfahren verwendet werden. Eine Möglichkeit ist die Verwendung eines in den 1940ern entwickelten Verfahrens, das sich bis heute bewährt hat. Es wird als Ziegler-Nichols-Verfahren bezeichnet. Es sorgt in der Regel anhand eines einfachen Versuchs und einer Parameterberechnung für akzeptables Regelverhalten.



### **ACHTUNG!**

Das Verfahren darf nicht bei Anwendungen verwendet werden, die durch die Schwingung des Reglers Schaden nehmen können.

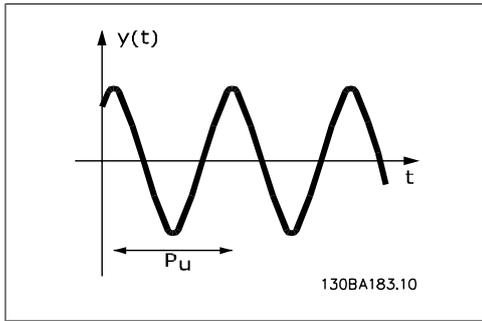


Abbildung 2.1: Annähernd stabiles System

1. Wählen Sie nur Proportionalregelung, d. h., die Integrationszeit (Par. 20-94) wird auf den maximalen Wert (1000 s) eingestellt, während die Differentiationszeit (Par. 20-95) auf 0 s gesetzt wird.
2. Erhöhen Sie den Wert der PID-Proportionalverstärkung (Par. 20-93),

bis der Punkt der Instabilität erreicht ist. Dies zeigt sich durch kontinuierliche Schwingungen des Istwertsignals. Die PID-Proportionalverstärkung, die kontinuierliche Schwingungen verursacht, wird als kritischer Verstärkungswert  $K_u$  bezeichnet.

3. Messen Sie die Schwingungsperiode,  $P_u$ .

**HINWEIS:**  $P_u$  sollte an einer Stelle gemessen werden, an der die Schwingungsamplitude relativ klein ist. Der Ausgang darf während des Tests nicht den maximalen oder minimalen Wert des Istwertsignals erreichen.

4. Berechnen Sie anhand der nachstehenden Tabelle die erforderlichen PID-Reglerparameter

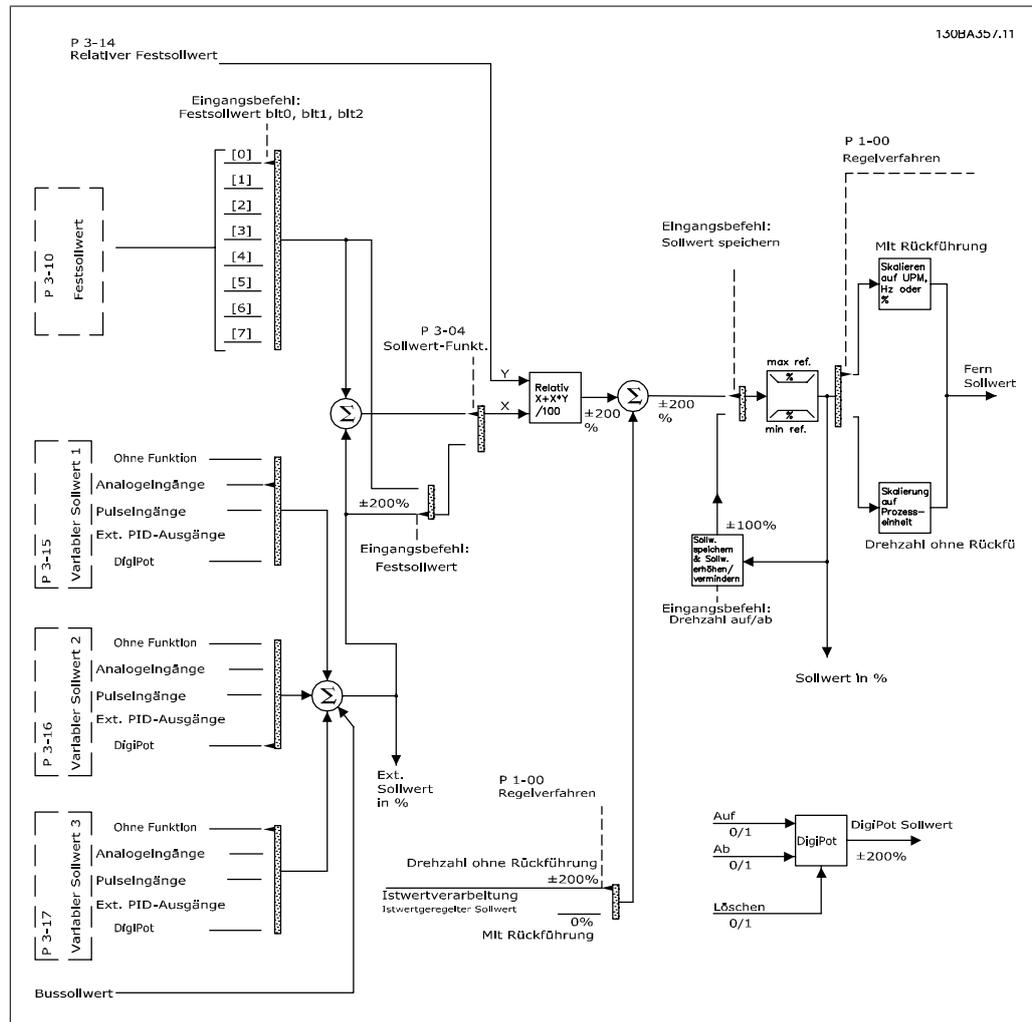
Regelungstyp	P-Verstärkung	I-Zeit	D-Zeit
PI-Regelung	$0,45 * K_u$	$0,833 * P_u$	-
Exakte PID-Regelung	$0,6 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,125 * P_u$
Geringe PID-Überschwingung	$0,33 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,33 * P_u$

**Einstellverfahren nach Ziegler-Nichols für Regler, basierend auf Stabilitätsgrenze.**

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Reglereinstellung nach Ziegler-Nichols bei vielen Systemen eine gute Einstellung ergibt. Der Anwender kann jedoch anschließend durch Wiederholung des Vorgangs oder leichte Variation des PID-Anteils die Regelung weiter optimieren.

## 2.8.7. Sollwertverarbeitung

In der Abbildung unten ist das System zur Berechnung des Fern-Sollwerts dargestellt.



Der Fern-Sollwert besteht aus:

- Festsollwerten.
- externen Sollwerten (Analogeingängen, Pulsfrequenzeingängen, digitalen Potentiometereingängen und Sollwerten der seriellen Schnittstelle).
- dem relativen Festsollwert.
- dem Sollwert mit Istwertregelung.

Bis zu 8 Festsollwerte können im Frequenzumrichter programmiert werden. Der aktive Fern-Sollwert kann über Digitaleingänge oder serielle Schnittstelle gewählt werden. Der Sollwert kann auch extern bereitgestellt werden, am häufigsten von einem Analogeingang. Diese externe Quelle wird durch einen der 3 variablen Sollwerte (Par. 3-15, 3-16 und 3-17) gewählt. Digitalpoti ist ein digitales Potentiometer. Dies wird auch als Drehzahl auf/ab-Regler oder Gleitkomma-Steuerung bezeichnet. Zu seiner Einrichtung wird ein Digitaleingang programmiert, den Sollwert zu erhöhen, während ein anderer Digitaleingang programmiert wird, den Sollwert zu verringern. Ein dritter Digitaleingang kann zum Quittieren des Digitalpoti-Sollwerts dienen. Alle variablen Sollwerte und der Bussollwert werden addiert, um den gesamten externen Sollwert zu erhalten. Der externe

Sollwert, der Festsollwert oder die Summe aus beiden kann als aktiver Sollwert gewählt werden. Schließlich kann dieser Sollwert über den relativen Festsollwert (Par. 3-14) skaliert werden.

Der skalierte Sollwert wird wie folgt berechnet:

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

Wobei X der externe Sollwert, der Festsollwert oder eine Summe aus diesen und Y der relative Festsollwert (Par 3-14) in [%] ist.

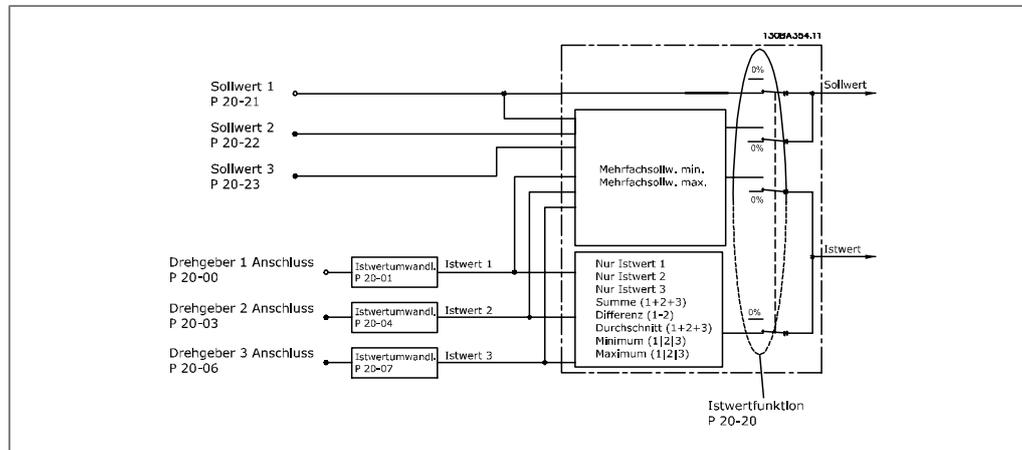


#### ACHTUNG!

Wird Y, der relative Festsollwert (Par. 3-14) auf 0 % eingestellt, hat die Skalierung keinen Einfluss auf den Sollwert.

## 2.8.8. Istwertverarbeitung

In der Abbildung unten ist das System zur Verarbeitung des Istwertsignals dargestellt.



Die Istwertverarbeitung kann konfiguriert werden, mit Anwendungen zu arbeiten, in denen erweiterte Regelung erforderlich ist, wie mehrere Sollwerte oder mehrere Istwerte. Es gibt drei Möglichkeiten zur Verwendung der integrierten PID-Regelung bei der Istwertverarbeitung:

### 1 Zone, 1 Sollwert

1 Zone und 1 Sollwert ist eine einfache Konfiguration. Sollwert 1 wird zu allen anderen Sollwerten addiert (falls vorhanden, siehe Sollwertverarbeitung) und das Istwertsignal wird über Par. 20-20 gewählt.

### Mehrere Zonen, 1 Sollwert

Die Konfiguration „Mehrere Zonen, 1 Sollwert“ verwendet zwei oder drei Istwertgeber, aber nur einen Sollwert. Die Istwerte können addiert, subtrahiert (nur Istwert 1 und 2) oder es kann ihr Mittelwert gebildet werden. Daneben kann der Maximal- oder Mindestwert verwendet werden. Sollwert 1 wird ausschließlich in dieser Konfiguration verwendet.

### Mehrere Zonen, mehrere Sollwerte

Dies wendet einen einzelnen Sollwert für jeden Istwert an. Der PID-Regler des Frequenzumrichter wählt ein Paar zur Steuerung des Frequenzumrichters basierend auf der Auswahl des Benutzers in Par. 20-20. Wird *2-Zonen-Maximum* [14] gewählt, bestimmt das Soll-/Istwertpaar mit der kleinsten Differenz die Drehzahl des Frequenzumrichters. (Ein negativer Wert ist immer kleiner als ein positiver Wert!)

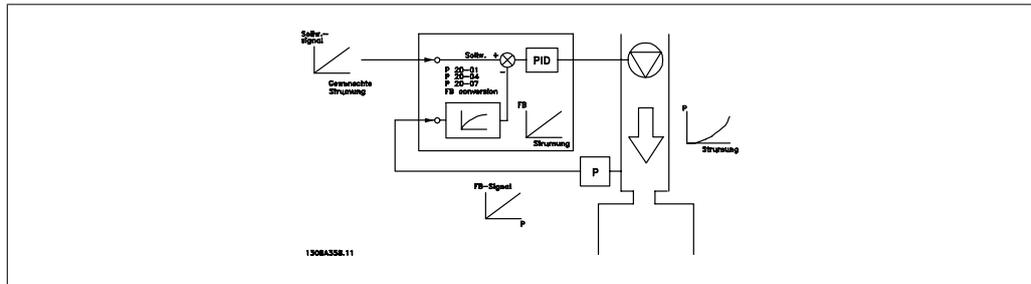
Wird *2-Zonen-Minimum* [13] gewählt, bestimmt das Soll-/Istwertpaar mit der größten Differenz die Drehzahl des Frequenzumrichters. *2-Zonen-Maximum* [14] versucht, alle Zonen auf oder unter ihren Sollwerten zu halten, während *2-Zonen-Minimum* [13] versucht, alle Zonen auf oder über ihren Sollwerten zu halten.

**Beispiel:**

In einer Anwendung mit zwei Zonen und zwei Sollwerten ist der Sollwert von Zone 1 18 °C und der Istwert 19 °C. Sollwert von Zone 2 ist 22 °C und der Istwert ist 20 °C. Wurde *2-Zonen-Maximum* [14] gewählt, werden der Sollwert und der Istwert von Zone 1 an den PID-Regler gesendet, da hier die kleinere Differenz vorliegt (Istwert ist höher als Sollwert, daher negative Differenz). Wurde *2-Zonen-Minimum* [13] gewählt, werden der Sollwert und Istwert von Zone 2 an den PID-Regler gesendet, da hier die größere Differenz vorliegt (Istwert ist niedriger als Sollwert, daher positive Differenz).

**2.8.9. Istwertumwandlung**

In einigen Anwendungen kann es nützlich sein, das Istwertsignal umzuwandeln. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung eines Drucksignals, um den Durchflussistwert anzugeben. Da die Quadratwurzel des Drucks proportional zum Durchfluss ist, ergibt die Quadratwurzel des Drucksignals einen Wert, der proportional zum Durchfluss ist. Dies wird nachstehend gezeigt.



Eine weitere Anwendung, in der Istwertumwandlung von Vorteil sein kann, ist die Verdichtersteuerung. In diesen Anwendungen kann der Ausgang eines Drucksensors anhand der folgenden Gleichung in die Kältemitteltemperatur umgewandelt werden:

$$Temperatur = \frac{A2}{(\ln(Druck + 1) - A1)} - A3$$

wobei A1, A2 und A3 für das Kältemittel spezifische Konstanten sind.

## 2.9. Allgemeine EMV-Aspekte

### 2.9.1. Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen

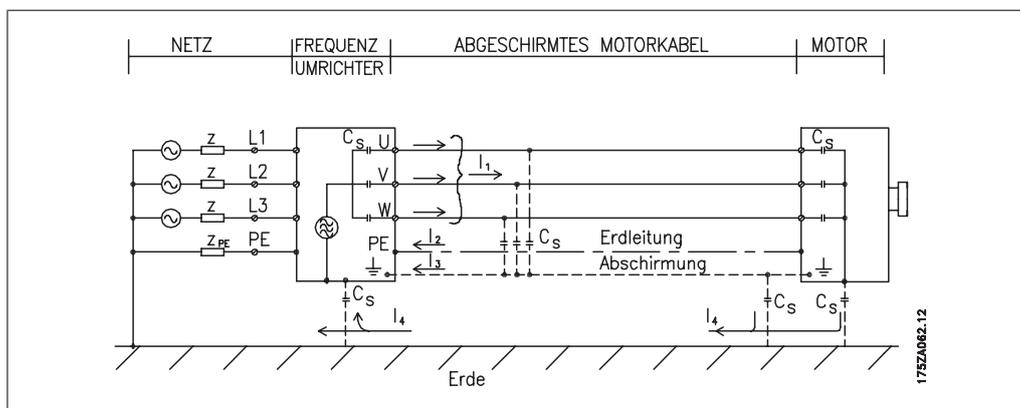
Elektromagnetische Störungen sind leitungsgebunden im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz und als Luftstrahlung im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz zu betrachten. Störungen vom Antriebssystem werden durch den Wechselrichter, das Motorkabel und den Motor erzeugt.

Wie die folgende Darstellung zeigt, 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, 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 Netzzuleitung 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 Netzzuleitung. Die Motorkabelabschirmung muss an das Gehäuse des Frequenzumrichters sowie an das Motorgehäuse angeschlossen sein. 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 wird ( $I_4$ ).

Wenn abgeschirmte Kabel für Profibus, Relais, Steuerkabel und Bremse verwendet werden, 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.



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.



#### ACHTUNG!

Bei Verwendung nicht abgeschirmter Kabel sind bestimmte emissionsbezogene Anforderungen nicht erfüllt. Es müssen gegebenenfalls zusätzliche EMV-Maßnahmen vorgesehen werden. Die Störfestigkeitsanforderungen sind 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 Motor-

kabeln und Bremsleitungen verlegt werden. Funkstörungen über 50 MHz (Luftstrahlung) werden insbesondere von der Regelelektronik erzeugt.

### 2.9.2. EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung, Störfestigkeit)

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

EMV-Filtertyp	Leitungsgebundene Störaussendung			Abgestrahlte Störaussendung	
	Industriebereich		Wohnbereich, Geschäftsbereich und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe	Industriebereich	Wohnbereich, Geschäftsbereich und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe
Parametersatz	EN 55011 Klasse A2	EN 55011 Klasse A1	EN 55011 Klasse B	EN 55011 Klasse A1	EN 55011 Klasse B
<b>H1</b>					
1,1-45 kW 200-240 V	150 m	150 m 1)	50 m	Ja	Nein
1,1-90 kW 380-480 V	150 m	150 m	50 m	Ja	Nein
<b>H2</b>					
1,1-3,7 kW 200-240 V	5 m	Nein	Nein	Nein	Nein
5,5-45 kW 200-240 V	25 m	Nein	Nein	Nein	Nein
1,1-7,5 kW 380-480 V	5 m	Nein	Nein	Nein	Nein
11-90 kW 380-480 V	25 m	Nein	Nein	Nein	Nein
<b>H3</b>					
1,1-45 kW 200-240 V	75 m	50 m 1)	10 m	Ja	Nein
1,1-90 kW 380-480 V	75 m	50 m	10 m	Ja	Nein
<b>Hx</b>					
1,1-7,5 kW 525-600 V	-	-	-	-	-

Tabelle 2.1: EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung, Störfestigkeit)

- 1) 11 kW 200 V, Ausführung H1 und H2 wird in Gehäusotyp B1 geliefert.
- 11 kW 200 V, Ausführung H3 wird in Gehäusotyp B2 geliefert.

### 2.9.3. Erforderliche Konformitätsstufen

Norm / Bereich	Wohnbereich, Geschäftsbereich und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe		Industriebereich	
	Leitungsgebunden	Abgestrahlt	Leitungsgebunden	Abgestrahlt
IEC 61000-6-3 (allgemein)	Klasse B	Klasse B		
IEC 61000-6-4			Klasse A1	Klasse A1
EN 61800-3 (eingeschränkt)	Klasse A1	Klasse A1	Klasse A1	Klasse A1
EN 61800-3 (uneingeschränkt)	Klasse B	Klasse B	Klasse A2	Klasse A2

EN 55011:	Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM). Funkstörungen - Grenzwerte und Messverfahren.
Klasse A1:	Umgebungen mit öffentlichem Versorgungsnetz (Industriebereich). Eingeschränkte Erhältlichkeit.
Klasse A2:	Umgebungen mit öffentlichem Versorgungsnetz (Industriebereich).
Klasse B1:	Umgebungen mit öffentlichem Versorgungsnetz (Wohnbereich, Geschäftsbereich und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe). Uneingeschränkte Erhältlichkeit.

## 2.9.4. EMV-Immunität

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

Die Prüfungen wurden nach den folgenden Fachgrundnormen durchgeführt:

- **EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2):** Elektrostatische Entladung (ESD): Simulation elektrostatischer Entladungen von Menschen.
- **EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3):** Elektromagnetische Einstrahlungsfelder, amplitudenmoduliert: Simulation der Auswirkungen von Radar- und Funkgeräten sowie mobiler Kommunikation.
- **EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4):** Schnelle transiente elektrische Störgrößen (Burst): Simulation von Störungen, die durch Ein- und Ausschalten von Schützen, Relais oder ähnlichen Elementen hervorgerufen werden.
- **EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5):** Surge-Transienten: Simulation von Spannungstößen, z. B. herbeigeführt durch Blitzeinschlag in der Nähe der Anlage.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6):** Leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder: Simulation der Auswirkung von Funkseudegeräten, die an Verbindungskabel angeschlossen sind.

Siehe folgende EMV-Störfestigkeitstabelle.

VLT HVAC; 200-240 V, 380-480 V					
Fachgrundnorm	Burst IEC 61000-4-4	Surge-Transienten IEC 61000-4-5	ESD IEC 61000-4-2	Abgestrahlte elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3	Leitungsgeführte Störgrößen induziert durch hochfrequente Fel- der 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>RMS</sub>
Motor	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Bremse	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Zwischenkreisverkopplung	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Steuerleitungen	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Standardbus	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Relaisleitungen	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Anwendungs- und Feldbus- Optionen	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
LCP-Kabel	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Externe 24 V DC	2 kV CM	0,5 kV/2 Ω DM 1 kV/12 Ω CM	—	—	10 V <sub>RMS</sub>
Gehäuse	—	—	8 kV AD 6 kV CD	10 V/m	—

AD: Luftentladung  
 CD: Kontaktentladung  
 CM: Befehlsmodus  
 DM: Differenzialmodus  
 1. Einkopplung auf Kabelschirm

Tabelle 2.2: Störfestigkeit

## 2.10. Galvanische Trennung (PELV)

PELV bietet Schutz durch Schutzkleinspannung nach EN 50178. 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 (gilt nicht für 525-600 V- Geräte und bei geerdetem Dreieck-Netz größer 300 V).

Die galvanische (sichere) Trennung wird erreicht, indem die Anforderungen für höhere Isolierung erfüllt und die entsprechenden Kriech-/Luftabstände 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):

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

1. Netzteil (SMPS) einschließlich Isolation des Signals  $U_{DC}$ , das die Gleichstrom-Zwischenkreisspannung anzeigt.
2. Gate-Treiber zur Ansteuerung der IGBTs (Triggertransformatoren/Optokoppler).
3. Stromwandler.
4. BremselElektronik (Optokoppler).
5. Einschaltstrombegrenzung, EMV und Temperaturmesskreise.
6. Ausgangsrelais.

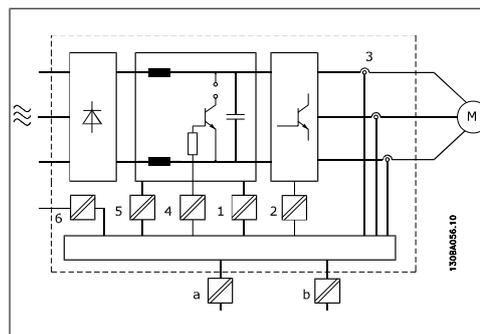


Abbildung 2.2: Galvanische Trennung

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



Bei Höhen über 2 km über NN ziehen Sie bitte Danfoss Drives zu PELV (Schutzkleinspannung) zurate.

## 2.11. Erdableitstrom

2



### 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), abgeklemmt wurden.

Vor dem Berühren von elektrischen Teilen mindestens 15 Minuten warten.

Eine kürzere Wartezeit ist nur möglich, wenn dies auf dem Typenschild des jeweiligen Geräts entsprechend vermerkt ist.



### Erhöhter Erdableitstrom

Der Erdableitstrom des Frequenzumrichters übersteigt 3,5 mA. Gemäß den Anforderungen der EN 50178 muss z. B. der Kabelquerschnitt des Erdanschlusses (Klemme 95) mindestens 10 mm<sup>2</sup> betragen oder es müssen 2 getrennt verlegte Erdungskabel verwendet werden.

### Fehlerstromschutzschalter

Dieses Gerät kann Gleichfehlerströme im Schutzleiter verursachen. Als Fehlerstromschutzschalter (RCD) für zusätzlichen Schutz darf netzseitig nur ein RCD vom Typ B (allstromsensitiv) verwendet werden. Siehe auch RCD-Anwendungshinweis MN. 90.Gx.yy.

Die Schutzerdung des Frequenzumrichters und die Verwendung von Fehlerstromschutzeinrichtungen müssen stets in Übereinstimmung mit den nationalen und lokalen Vorschriften sein.

## 2.12. Steuerung mit Bremsfunktion

### 2.12.1. Auswahl des Bremswiderstands

Bei bestimmten Anwendungen wie in Tunnel- oder U-Bahnbelüftungsanlagen ist es wünschenswert, den Motor schneller zu stoppen, als durch die Steuerung über Rampe Ab oder Freilauf erreicht werden kann. In solchen Anwendungen kann der Einsatz von Geräten mit Bremswiderstand zum dynamischen Bremsen notwendig sein. Die Benutzung eines Bremswiderstands stellt sicher, dass die Energie vom Widerstand und nicht vom Frequenzumrichter aufgenommen wird.

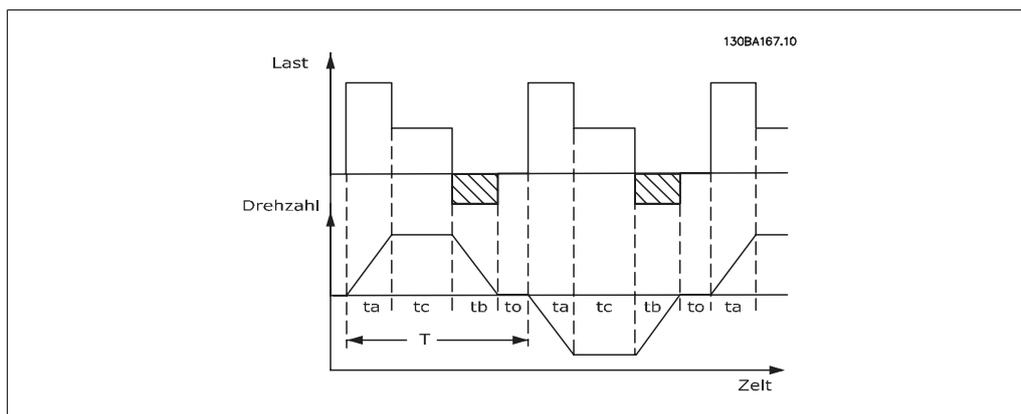
Ist der Betrag der kinetischen Energie, die in jedem Bremszeitraum zum Widerstand übertragen wird, unbekannt, kann die durchschnittliche Leistung auf Basis der Zykluszeit und Bremszeit berechnet werden, was als Aussetzbetrieb bezeichnet wird. Der Aussetzbetrieb des Widerstandes gibt den Arbeitszyklus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

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

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

T = Zykluszeit in Sekunden

t<sub>b</sub> ist die Bremszeit in Sekunden (als Teil der gesamten Zykluszeit)



Danfoss bietet Bremswiderstände mit Arbeitszyklen von 5 %, 10 % und 40 % an, welche für die Benutzung mit den Frequenzumrichtern der Serie VLT® FC102 HVAC geeignet sind. Bei Anwendung eines Arbeitszyklus von 10 %, kann der Bremswiderstand die Bremsleistung über 10 % der Zykluszeit aufzunehmen. Die verbleibenden 90 % dienen zur Wärmeableitung im Widerstand.

Weitere Auswahlratschläge erhalten Sie von Danfoss.



#### ACHTUNG!

Bei einem Kurzschluss in der Bremselektronik 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).

### 2.12.2. Generatorisches Bremsen mit Bremswiderstand

Die Bremse soll die Spannung im Zwischenkreis bei generatorischem Betrieb des Motors begrenzen. Wenn die Last den Motor antreibt, z. B. beim Runterfahren der Rampe, wird Leistung in den Zwischenkreis zurückgeführt. Da der Zwischenkreis diese Leistung nicht unbegrenzt aufnehmen kann, ist eventuell ein Frequenzumrichter mit Bremschopper und externem Bremswiderstand vorzusehen.

#### Ein externer Bremswiderstand bietet folgende Vorteile:

- Die Größe des Bremswiderstands kann an die Anforderungen der jeweiligen Anwendung angepasst werden.
- Die Bremsleistung (Wärme) wird am Montageort des Bremswiderstands (z. B. außerhalb des Schaltschranks) abgegeben.
- Die Leistung des Bremswiderstands kann überwacht werden.

Der Bremstransistor 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. Zusätzlich ist in Par. 2-12 wählbar, welche Funktion auszuführen ist, wenn die an den Bremswiderstand übertragene Leistung die in Par. 2-12 eingestellte Grenze überschreitet.



#### ACHTUNG!

Die Überwachung der Bremsleistung dient nicht als Sicherheitsfunktion. Für diesen Zweck ist ein Thermoschalter erforderlich. Der Bremswiderstandskreis ist nicht gegen Erdschluss geschützt.

*Überspannungssteuerung (OVC)* (ohne Bremswiderstand) kann als eine alternative Bremsfunktion in Par. 2-17 gewählt werden. Diese Funktion ist für alle Geräte wählbar. Sie stellt sicher, dass bei Anstieg der Zwischenkreisspannung eine Abschaltung verhindert wird. Dies geschieht durch Anheben der Ausgangsfrequenz, um ein Ansteigen der DC-Zwischenkreisspannung zu verhindern. Dies ist sehr hilfreich, wenn z. B. die Rampenzeit Ab zu kurz eingestellt wurde, da hierdurch ein Abschalten des Frequenzumrichters vermieden wird. In dieser Situation wird jedoch die Rampenzeit Ab automatisch verlängert.

2

## 2.13. Mechanische Bremssteuerung

### 2.13.1. Verkabelung

EMV (verdrillte Kabel/Abschirmung)

Verwenden Sie verdrillte Leiter, um die zwischen den Leitern von Bremswiderstand und Frequenzumrichter eingestrahlten Störungen zu reduzieren.

Zur Verbesserung der EMV-Eigenschaften ist eine Schirmung vorteilhaft.

## 2.14. Extreme Betriebsbedingungen

### Kurzschluss (Motorphase – Phase)

Der Frequenzumrichter ist durch seine Strommessung in jeder der drei Motorphasen gegen Kurzschlüsse geschützt. Ein Kurzschluss zwischen zwei Ausgangsphasen bewirkt einen Überstrom im Wechselrichter. Jedoch wird jeder Transistor des Wechselrichters 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 für diese Anschlüsse zu beachten.

### Schalten am Ausgang

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 steigt bei generatorischem Betrieb des Motors an. Dies geschieht in folgenden Fällen:

1. Die Last treibt den Motor an (bei konstanter Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters), d. h., die Last „erzeugt“ Energie.
2. Während der Verzögerung („Rampe ab“), bei hohem Trägheitsmoment, niedriger Reibung oder zu kurzer Rampenzeit, um die Energie als Verlust an Frequenzumrichter, Motor und Anlage weitergeben zu können.
3. Eine falsche Einstellung beim Schlupfausgleich kann eine höhere DC-Zwischenkreisspannung hervorrufen.

Der Regler versucht ggf. die Rampe, wenn möglich, zu korrigieren (Par. 2-17 *Überspannungssteuerung*).

Der Wechselrichter wird nach Erreichen eines bestimmten Spannungsniveaus abgeschaltet, um die Transistoren und die Zwischenkreiskondensatoren zu schützen.

Siehe Par. 2-10 und Par. 2-17 bezüglich der Möglichkeiten zur Regelung des Zwischenkreis-Spannungsniveaus.

**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 VVCplus-Betrieb**

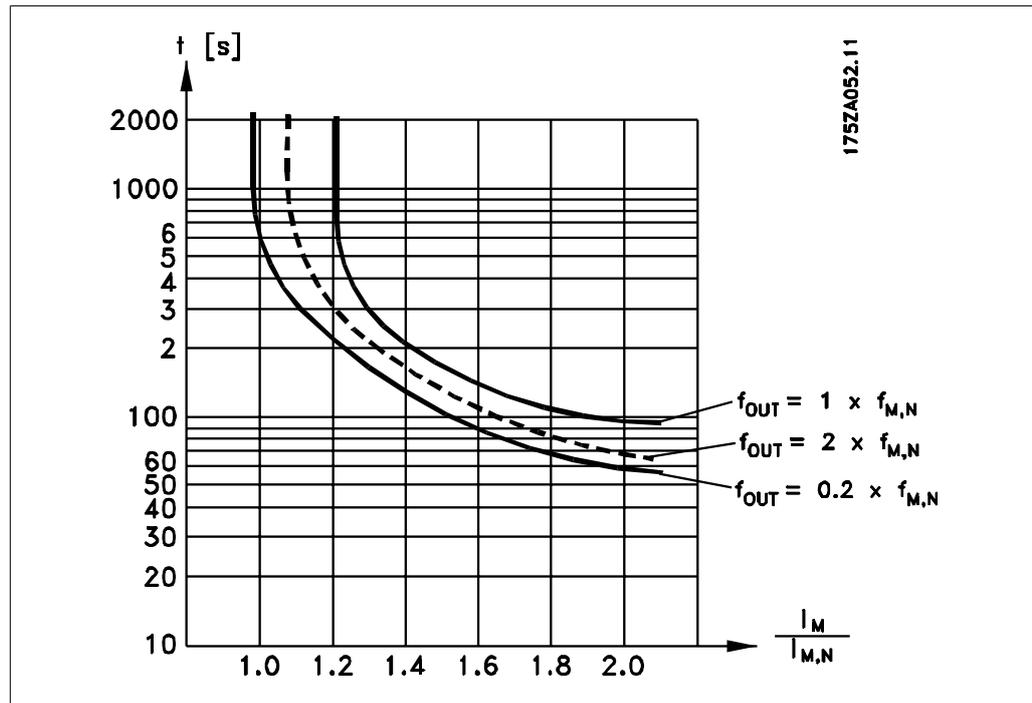
Wird der Frequenzumrichter überlastet (Momentengrenze in Par. 4-16/4-17 überschritten), so reduziert der Frequenzumrichter automatisch die Ausgangsfrequenz, um so die Belastung zu reduzieren.

Bei extremer Überlastung kann jedoch ein Strom auftreten, der den Frequenzumrichter nach kurzer Zeit (5-10 s) zum Abschalten zwingt.

Der Betrieb innerhalb der Momentengrenze kann in Parameter 14-25 zeitlich begrenzt werden (0-60 s).

**2.14.1. Thermischer Motorschutz**

Die aktuelle Motortemperatur wird laufend auf Basis des Motorstroms, der Ausgangsfrequenz und der Zeit oder des Thermistors berechnet. Siehe Par. 1-90 im Programmierhandbuch.

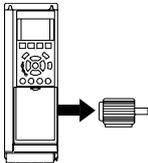
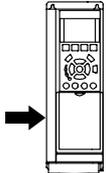




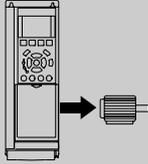
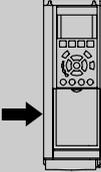
## 3. VLT HVAC auswählen

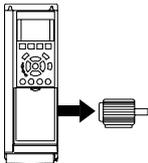
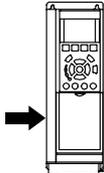
### 3.1. Technische Daten

#### 3.1.1. Netzversorgung 3 x 200-240 VAC

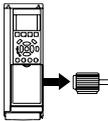
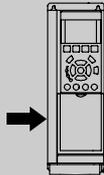
<b>Normales Überlastmoment (110 %) für 1 Minute</b>						
IP 20	A2	A2	A2	A3	A3	
IP 21	A2	A2	A2	A3	A3	
IP 55	A5	A5	A5	A5	A5	
IP 66	A5	A5	A5	A5	A5	
<b>Netzversorgung 200-240 VAC</b>						
Frequenzumrichter	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P3K7	
Typische Wellenleistung [kW]	1.1	1.5	2.2	3	3.7	
Typische Wellenleistung [PS] bei 208 V	1.5	2.0	2.9	4.0	4.9	
<b>Ausgangsstrom</b>						
	Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	6.6	7.5	10.6	12.5	16.7
	Überlast/60 s (3 x 200-240 V) [A]	7.3	8.3	11.7	13.8	18.4
	Dauerbetrieb kVA (208 V AC) [kVA]	2.38	2.70	3.82	4.50	6.00
	Max. Kabelquerschnitt: (Netz, Motor, Bremse) [mm <sup>2</sup> /AWG] <sup>2)</sup>			4/10		
	<b>Max. Eingangsstrom</b>					
	Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	5.9	6.8	9.5	11.3	15.0
	Überlast/60 s (3 x 200-240 V) [A]	6.5	7.5	10.5	12.4	16.5
	Max. Vorsicherungen <sup>1)</sup> [A]	20	20	20	32	32
	<b>Umgebung</b>					
	Geschätzte Verlustleistung bei max. Last [W] <sup>4)</sup>	63	82	116	155	185
	Gewicht des Gehäuses IP20 [kg]	4.9	4.9	4.9	6.6	6.6
	Gewicht des Gehäuses IP21 [kg]	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5
	Gewicht des Gehäuses IP55 [kg]	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	Gewicht des Gehäuses IP66 [kg]	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

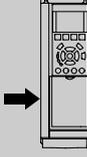
3

<b>Normales Überlastmoment (110 %) für 1 Minute</b>					
IP 21	B1	B1	B1	B2	
IP 55	B1	B1	B1	B2	
IP 66	B1	B1	B1	B2	
<b>Netzversorgung 200-240 VAC</b>					
Frequenzumrichter	P5K5	P7K5	P11K	P15K	
Typische Wellenleistung [kW]	5.5	7.5	11	15	
Typische Wellenleistung [PS] bei 208 V	7.5	10	15	20	
<b>Ausgangsstrom</b>					
	Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	24.2	30.8	46.2	59.4
	Überlast/60 s (3 x 200-240 V) [A]	26.6	33.9	50.8	65.3
	Dauerbetrieb kVA (208 V AC) [kVA]	8.7	11.1	16.6	21.4
	Max. Kabelquerschnitt: (Netz, Motor, Bremse) [mm <sup>2</sup> /AWG] <sup>2)</sup>		10/7		35/2
<b>Max. Eingangsstrom</b>					
	Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	22.0	28.0	42.0	54.0
	Überlast/60 s (3 x 200-240 V) [A]	24.2	30.8	46.2	59.4
	Max. Versicherungen <sup>1)</sup> [A]	63	63	63	80
	Umgebung				
	Geschätzte Verlustleistung bei max. Last [W] <sup>4)</sup>	269	310	447	602
	Gewicht des Gehäuses IP20 [kg]				
	Gewicht des Gehäuses IP21 [kg]	23	23	23	27
	Gewicht des Gehäuses IP55 [kg]	23	23	23	27
	Gewicht des Gehäuses IP66 [kg]	23	23	23	27
	Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0.96	0.96	0.96	0.96

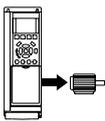
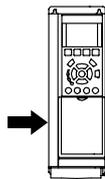
<b>Normales Überlastmoment (110 %) für 1 Minute</b>						
IP 20						
IP 21	C1	C1	C1	C2	C2	
IP 55	C1	C1	C1	C2	C2	
IP 66	C1	C1	C1	C2	C2	
<b>Netzversorgung 200-240 VAC</b>						
Frequenzumrichter	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	
Typische Wellenleistung [kW]	18.5	22	30	37	45	
Typische Wellenleistung [PS] bei 208 V	25	30	40	50	60	
<b>Ausgangsstrom</b>						
	Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	74.8	88.0	115	143	170
	Überlast/60 s (3 x 200-240 V) [A]	82.3	96.8	127	157	187
	Dauerbetrieb kVA (208 V AC) [kVA]	26.9	31.7	41.4	51.5	61.2
	Max. Kabelquerschnitt: (Netz, Motor, Bremse) [mm <sup>2</sup> /AWG] <sup>2)</sup>		50/1/0		95/4/0	120/250 mcm
	<b>Max. Eingangsstrom</b>					
	Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	68.0	80.0	104.0	130.0	154.0
	Überlast/60 s (3 x 200-240 V) [A]	74.8	88.0	114.0	143.0	169.0
	Max. Vorsicherungen <sup>1)</sup> [A]	125	125	160	200	250
	Umgebung					
	Geschätzte Verlustleistung bei max. Last [W] <sup>4)</sup>	737	845	1140	1353	1636
	Gewicht des Gehäuses IP20 [kg]					
	Gewicht des Gehäuses IP21 [kg]	45	45	65	65	65
	Gewicht des Gehäuses IP55 [kg]	45	45	65	65	65
Gewicht des Gehäuses IP66 [kg]	45	45	65	65	65	
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	

## 3.1.2. Netzversorgung 3 x 380-480 VAC

<b>Normales Überlastmoment (110 %) für 1 Minute</b>									
Frequenzrichter	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P4K0	P5K5	P7K5		
Typische Wellenleistung [kW]	1.1	1.5	2.2	3	4	5.5	7.5		
Typische Wellenleistung [PS] bei 460 V	1.5	2.0	2.9	4.0	5.3	7.5	10		
IP 20	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3		
IP 21									
IP 55	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5		
IP 66	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5		
<b>Ausgangsstrom</b>									
	Dauerbetrieb (3 x 380-440 V) [A]	3	4.1	5.6	7.2	10	13	16	
	Überlast/60 s (3 x 380-440 V) [A]	3.3	4.5	6.2	7.9	11	14.3	17.6	
	Dauerbetrieb (3 x 440-480 V) [A]	2.7	3.4	4.8	6.3	8.2	11	14.5	
	Überlast/60 s (3 x 440-480 V) [A]	3.0	3.7	5.3	6.9	9.0	12.1	15.4	
	Dauerleistung kVA (400 V AC) [kVA]	2.1	2.8	3.9	5.0	6.9	9.0	11.0	
	Dauerleistung kVA (460 V AC) [kVA]	2.4	2.7	3.8	5.0	6.5	8.8	11.6	
	Max. Kabelquerschnitt: (Netz, Motor, Bremse) [mm <sup>2</sup> / AWG] <sup>2)</sup>					4/ 10			
	<b>Max. Eingangsstrom</b>								
		Dauerbetrieb (3 x 380-440 V) [A]	2.7	3.7	5.0	6.5	9.0	11.7	14.4
		Überlast/60 s (3 x 380-440 V) [A]	3.0	4.1	5.5	7.2	9.9	12.9	15.8
Dauerbetrieb (3 x 440-480 V) [A]		2.7	3.1	4.3	5.7	7.4	9.9	13.0	
Überlast/60 s (3 x 440-480 V) [A]		3.0	3.4	4.7	6.3	8.1	10.9	14.3	
Max. Versicherungen <sup>1)</sup> [A]		10	10	20	20	20	32	32	
Umgebung									
Geschätzte Verlustleistung bei max. Last [W] <sup>4)</sup>		58	62	88	116	124	187	255	
Gewicht des Gehäuses IP20 [kg]		4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	6.6	6.6	
Gewicht des Gehäuses IP21 [kg]									
Gewicht des Gehäuses IP55 [kg]		13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	14.2	14.2	
Gewicht des Gehäuses IP66 [kg]	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	14.2	14.2		
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97		

<b>Normales Überlastmoment (110 %) für 1 Minute</b>												
Frequenzumrichter	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	P55K	P75K	P90K		
Typische Wellenleistung [kW]	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90		
Typische Wellenleistung [PS] bei 460 V	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125		
IP 20												
IP 21	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2		
IP 55	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2		
IP 66	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1				
<b>Ausgangsstrom</b>												
	Dauerbetrieb (3 x 380-440 V) [A]	24	32	37.5	44	61	73	90	106	147	177	
	Überlast/60 s (3 x 380-440 V) [A]	26.4	35.2	41.3	48.4	67.1	80.3	99	117	162	195	
	Dauerbetrieb (3 x 440-480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	80	105	130	160	
	Überlast/60 s (3 x 440-480 V) [A]	23.1	29.7	37.4	44	61.6	71.5	88	116	143	176	
	Dauerleistung kVA (400 V AC) [kVA]	16.6	22.2	26	30.5	42.3	50.6	62.4	73.4	102	123	
	Dauerleistung kVA (460 V AC) [kVA]	16.7	21.5	27.1	31.9	41.4	51.8	63.7	83.7	104	128	
	Max. Kabelquerschnitt: (Netz, Motor, Bremse)											
	[mm <sup>2</sup> /AWG] <sup>2)</sup>		10/7		35/2		50/1/0			104	128	
	<b>Max. Eingangsstrom</b>											
		Dauerbetrieb (3 x 380-440 V) [A]	22	29	34	40	55	66	82	96	133	161
Überlast/60 s (3 x 380-440 V) [A]		24.2	31.9	37.4	44	60.5	72.6	90.2	106	146	177	
Dauerbetrieb (3 x 440-480 V) [A]		19	25	31	36	47	59	73	95	118	145	
Überlast/60 s (3 x 440-480 V) [A]		20.9	27.5	34.1	39.6	51.7	64.9	80.3	105	130	160	
Max. Vorsicherungen <sup>1)</sup> [A]		63	63	63	63	80	100	125	160	250	250	
<b>Umgebung</b>												
Geschätzte Verlustleistung bei max. Last [W] <sup>4)</sup>		278	392	465	525	739	698	843	1083	1384	1474	
Gewicht des Gehäuses IP20 [kg]												
Gewicht des Gehäuses IP21 [kg]		23	23	23	27	27	45	45	45	65	65	
Gewicht des Gehäuses IP55 [kg]		23	23	23	27	27	45	45	45	65	65	
Gewicht des Gehäuses IP66 [kg]	23	23	23	27	27	45	45	45	-	-		
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99		

### 3.1.3. Netzversorgung 3 x 525-600 VAC (nur FC 102)

Netzversorgung 3 x 525-600 VAC (nur FC 102)			P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P3K 7	P4K0	P5K5	P7K5	
FC 102	Typische Wellenleistung [kW]		1.1	1.5	2.2	3	3.7	4	5.5	7.5	
<b>Ausgangsstrom</b>											
	Dauerbetrieb (3 x 525-550 V) [A]		2.6	2.9	4.1	5.2	-	6.4	9.5	11.5	
	Überlast/60 s (3 x 525-550 V) [A]		2.9	3.2	4.5	5.7	-	7.0	10.5	12.7	
	Dauerbetrieb (3 x 525-600 V) [A]		2.4	2.7	3.9	4.9	-	6.1	9.0	11.0	
	Überlast/60 s (3 x 525-600 V) [A]		2.6	3.0	4.3	5.4	-	6.7	9.9	12.1	
	Dauerleistung KVA (525 V AC) [KVA]		2.5	2.8	3.9	5.0	-	6.1	9.0	11.0	
	Dauerleistung kVA (575 V AC) [kVA]		2.4	2.7	3.9	4.9	-	6.1	9.0	11.0	
	Max. Kabelquerschnitt (Netz, Motor, Bremse) [AWG] <sup>2)</sup> [mm <sup>2</sup> ]							-	24 - 10 AWG 0,2 - 4 mm <sup>2</sup>		
	<b>Max. Eingangsstrom</b>										
	Dauerbetrieb (3 x 525-600 V) [A]		2.4	2.7	4.1	5.2	-	5.8	8.6	10.4	
	Überlast/60 s (3 x 525-600 V) [A]		2.7	3.0	4.5	5.7	-	6.4	9.5	11.5	
	Max. Versicherungen <sup>1)</sup> [A]		10	10	20	20	-	20	32	32	
	<b>Umgebung</b>										
	Geschätzte Verlustleistung bei max. Last [W] <sup>4)</sup>		50	65	92	122	-	145	195	261	
	<b>Gehäuse IP 20</b>										
	Gewicht, Gehäuse IP20 [kg]		6.5	6.5	6.5	6.5	-	6.5	6.6	6.6	
	Wirkungsgrad <sup>4)</sup>		0.97	0.97	0.97	0.97	-	0.97	0.97	0.97	

1) Für die Sicherungsart siehe Abschnitt *Sicherungen*.

2) American Wire Gauge = Amerikanisches Drahtmaß.

3) Gemessen mit 5 m abgeschirmtem Motorkabel bei Nennlast und Nennfrequenz.

4) Die typische Verlustleistung gilt für Nennlastbedingungen und sollte innerhalb von +/-15 % liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankung von Spannung und Kabelbedingungen).

Werte basieren auf typischem Motorwirkungsgrad (Grenzlinie Wirkgrad 2/Wirkgrad 3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur weiteren Verlustleistung des Frequenzumrichters bei und umgekehrt.

Wenn die Taktfrequenz von der Nennfrequenz erhöht wird, kann die Verlustleistung erheblich ansteigen.

Typische Leistungsaufnahmen von LCP und Steuerkarte sind eingeschlossen. Weitere Optionen und Kundenlasten können bis zu 30 W Verlustleistung hinzufügen. (Typische Werte sind jedoch nur 4 W zusätzlich für eine voll belastete Steuerkarte oder pro Option A oder B.)

Obwohl Messungen mit Geräten nach dem neuesten Stand der Technik erfolgen, muss ein gewisses Maß an Messungengenauigkeit (+/- 5 %) berücksichtigt werden.

## Schutz und Funktionen:

- Elektronischer thermischer Motorschutz gegen Überlastung.
- Temperaturüberwachung des Kühlkörpers stellt sicher, dass der Frequenzumrichter abgeschaltet wird, wenn eine Temperatur von  $95\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  erreicht wird. Eine Überlasttemperatur kann erst zurückgesetzt werden, nachdem die Kühlkörpertemperatur wieder unter  $70\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  gesunken ist (dies ist nur eine Richtlinie: Temperaturen können je nach Leistungsgröße, Gehäuse usw. verschieden sein). Der VLT HVAC Drive hat eine Funktion zur autom. Leistungsreduzierung, damit sein Kühlkörper  $95\text{ °C}$  nicht 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 gewährleistet, dass der Frequenzumrichter abschaltet, wenn die Zwischenkreisspannung zu niedrig bzw. zu hoch ist.
- Der Frequenzumrichter ist an den Motorklemmen U, V und W gegen Erdschluss geschützt.

## Netzversorgung (L1, L2, L3):

Versorgungsspannung	200-240 V $\pm 10\%$
Versorgungsspannung	380-480 V $\pm 10\%$
Versorgungsspannung	525-600 V $\pm 10\%$
Netzfrequenz	50/60 Hz
Max. Ungleichgewicht zwischen Netzphasen	3,0 % der Versorgungsnennspannung
Verzerrungsleistungsfaktor ( $\lambda$ )	$\geq 0,9$ bei Nennlast
Verschiebungsleistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) nahe Eins	( $> 0,98$ )
Schalten am Eingang L1, L2, L3 (Netz-Ein) $\leq$ Gehäusotyp A	max. 2 x/Min.
Schalten am Eingang L1, L2, L3 (Netz-Ein) $\geq$ Gehäusotyp B, C	max. 1 x/Min.
Umgebung gemäß EN60664-1	Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2

*Das Gerät ist für Netzversorgungen geeignet, die maximal 100,000 ARMS (symmetrisch) bei maximal je 240/480/600 V liefern können.*

## Motorausgang (U, V, W):

Ausgangsspannung	0-100 % der Versorgungsspannung
Ausgangsfrequenz	0 - 1000 Hz
Schalten am Ausgang	Unbegrenzt
Rampenzeiten	1 - 3600 s

## Drehmomentkennlinie:

Anlaufmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 110 % für 1 Min.*
Anlaufmoment	maximal 120 % bis 0,5 s*
Überlastmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 110 % für 1 Min.*

*\*Prozentsatz bezieht sich auf Nennmoment des VLT HVAC Drive.*

## Kabellängen und -querschnitte:

Max. Motorkabellänge, abgeschirmtes Kabel	VLT HVAC Drive: 150 m
Max. Motorkabellänge, nicht abgeschirmtes Kabel	VLT HVAC Drive: 300 m
Max. Querschnitt für Motor, Netz, Zwischenkreiskopplung und Bremse*	
Maximaler Querschnitt für Steuerklemmen, starrer Draht	1,5 mm <sup>2</sup> /16 AWG (2 x 0,75 mm <sup>2</sup> )
Maximaler Querschnitt für Steuerkabel, flexibles Kabel	1 mm <sup>2</sup> /18 AWG
Maximaler Querschnitt für Steuerkabel, Kabel mit Aderendhülse	0,5 mm <sup>2</sup> /20 AWG
Minimaler Querschnitt für Steuerklemmen	0,25 mm <sup>2</sup>

*\* Weitere Informationen siehe Tabellen zur Netzversorgung!*

## Digitaleingänge:

Programmierbare Digitaleingänge	4 (6)
Klemmennummer	18, 19, 27 <sup>1)</sup> , 29, 32, 33,
Logik	PNP oder NPN
Spannungsniveau	0 - 24 V DC
Spannungsniveau, logisch '0' PNP	< 5 V DC
Spannungsniveau, logisch '1' PNP	> 10 V DC
Spannungsniveau, logisch '0' NPN	> 19 V DC
Spannungsniveau, logisch '1' NPN	< 14 V DC
Max. Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	ca. 4 kΩ

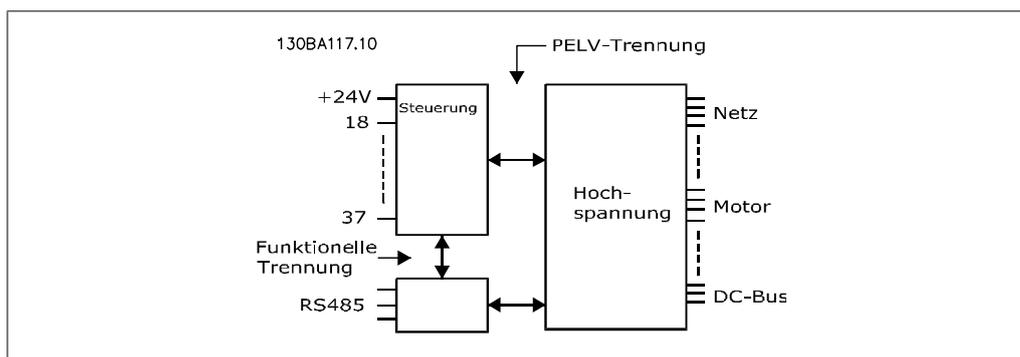
Alle Digitaleingänge sind galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

1) Klemmen 27 und 29 können auch als Ausgang programmiert werden.

## Analogeingänge:

Anzahl Analogeingänge	2
Klemmennummer	53, 54
Betriebsart	Spannung oder Strom
Betriebsartumschaltung	Schalter S201 und Schalter S202
Einstellung Spannung	Schalter S201/Schalter S202 = AUS (U)
Spannungsbereich	: 0 bis + 10 V (skalierbar)
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	ca. 10 kΩ
Max. Spannung	± 20 V
Einstellung Strom	Schalter S201/Schalter S202 = EIN (I)
Strombereich	0/4 bis 20 mA (skalierbar)
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	ca. 200 Ω
Max. Strom	30 mA
Auflösung der Analogeingänge	10 Bit (+ Vorzeichen)
Genauigkeit der Analogeingänge	Max. Fehler 0,5 % der Gesamtskala
Bandbreite	: 200 Hz

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



**Pulseingänge:**

Programmierbare Pulseingänge	2
Klemmennummer Puls	29, 33
Max. Frequenz an Klemme 29, 33	110 kHz (Gegentakt)
Max. Frequenz an Klemme 29, 33	5 kHz (offener Kollektor)
Min. Frequenz an Klemme 29, 33	4 Hz
Spannungsbereich	siehe Digitaleingänge
Max. Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	ca. 4 kΩ
Pulseingangsgenauigkeit (0,1 - 1 kHz)	Max. Fehler: 0,1 % der Gesamtskala

**Analogausgänge:**

Anzahl programmierbarer Analogausgänge	1
Klemmennummer	42
Strombereich am Analogausgang	0/4 - 20 mA
Max. Last gegen Masse am Analogausgang	500 Ω
Genauigkeit am Analogausgang	Max. Fehler: 0,8 % der Gesamtskala
Auflösung am Analogausgang	8 Bit

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

**Steuerkarte, RS-485 serielle Schnittstelle:**

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

*Die serielle RS-485-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>
Spannungsniveau am Digital-/Frequenzausgang	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 Frequenzausgang	Max. Fehler: 0,1 % der Gesamtskala
Auflösung an den Pulsausgängen	12 Bit

*1) Klemmen 27 und 29 können auch als Digitaleingang programmiert werden.*

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

**Steuerkarte, 24 V DC:**

Klemmennummer	12, 13
Max. Last	: 200 mA

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

## Relaisausgänge:

Programmierbare Relaisausgänge	2
<b>Klemmennummer Relais 01</b>	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)	60 V DC, 1 A
Max. Klemmenleistung (DC-13) <sup>1)</sup> (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
<b>Klemmennummer Relais 02</b>	4-6 (öffnen), 4-5 (schließen)
Max. Klemmenleistung (AC-1) <sup>1)</sup> an 4-5 (schließen) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Max. Klemmenleistung (AC-15) <sup>1)</sup> an 4-5 (schließen) (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> an 4-6 (öffnen) (induktive Last @ cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Max. Klemmenleistung (DC-1) <sup>1)</sup> an 4-6 (öffnen) (ohmsche Last)	50 V DC, 2 A
Max. Klemmenleistung (DC-13) <sup>1)</sup> an 4-6 (öffnen) (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
Umgebung nach EN 60664-1	Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2

1) IEC 60947 Teil 4 und 5

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

## Steuerkarte, 10 V DC-Ausgang:

Klemmennummer	50
Ausgangsspannung	10,5 V ±0,5 V
Max. Last	25 mA

Die 10 V DC-Versorgung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

## Steuerungseigenschaften:

Auflösung der Ausgangsfrequenz bei 0 - 1000 Hz	: +/- 0,003 Hz
System-Reaktionszeit (Klemmen 18, 19, 27, 29, 32, 33)	: ≤ 2 ms
Drehzahlregelbereich (ohne Rückführung)	1:100 der Synchrondrehzahl
Drehzahlgenauigkeit (ohne Rückführung)	30 - 4000 UPM: Max. Fehler ±8 UPM

Alle Angaben basieren auf einem vierpoligen Asynchronmotor.

<u>Umgebung:</u>	
Gehäuse ≤ Gehäusotyp D	IP00, IP21, IP54
Gehäuse ≥ Gehäusotyp D, E	IP21, IP54
Zusätzliche Gehäuseabdeckung (Option) ≤ Gehäusotyp D	IP21/NEMA1
Vibrationstest	1,0 g
	5 % - 95 % (IEC 721-3-3; Klasse 3K3 (nicht kondensierend) bei Betrieb
Max. relative Feuchtigkeit	
Aggressive Umgebung (IEC 721-3-3), unbeschichtet	Klasse 3C2
Aggressive Umgebung (IEC 721-3-3), beschichtet	Klasse 3C3
Testverfahren nach IEC 60068-2-43 H2S (10 Tage)	
	Max. 45 °C (nur AVM-Schaltmodus!) und max. 40 °C über einen Zeitraum von 24 Stunden.
Umgebungstemperatur	
	Max. 40 °C (nur Schaltmodus SFAVM!) und max. 35 °C über einen Zeitraum von 24 Stunden.
Umgebungstemperatur	
<i>Leistungsreduzierung bei hoher Umgebungstemperatur, siehe Abschnitt zu besonderen Bedingungen im Projektierungshandbuch</i>	
Minimale Umgebungstemperatur bei Volllast	0 °C
Minimale Umgebungstemperatur bei reduzierter Leistung	- 10 °C
Temperatur bei Lagerung/Transport	-25 - +65/70 °C
Maximale Höhe über Meeresspiegel ohne Leistungsreduzierung	1000 m
Maximale Höhe über Meeresspiegel mit Leistungsreduzierung	3000 m
<i>Leistungsreduzierung wegen niedrigem Luftdruck siehe Abschnitt Besondere Betriebsbedingungen.</i>	
EMV-Normen, Störaussendung	EN 61800-3, EN 61000-6-3/4, EN 55011, IEC 61800-3 EN 61800-3, EN 61000-6-1/2, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN
EMV-Normen, Störfestigkeit	61000-4-6
<i>Siehe Abschnitt Besondere Betriebsbedingungen</i>	
<u>Steuerkartenleistung:</u>	
Abfragezeit	: 5 ms
<u>Steuerkarte, USB serielle Kommunikation:</u>	
USB-Standard	1.1 (Full Speed)
USB-Stecker	USB-Stecker Typ B



Der Anschluss an einen PC erfolgt über ein USB-Standardkabel.  
 Die USB-Verbindung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.  
 Die USB-Verbindung ist nicht galvanisch von Schutz Erde (PE) getrennt. Benutzen Sie nur einen isolierten Laptop/PC oder ein isoliertes USB-Kabel bzw. einen isolierten Umrichter als Verbindung zum USB-Anschluss am VLT HVAC Drive.

## 3.2. Wirkungsgrad

### Wirkungsgrad des VLT HVAC ( $\eta_{\text{VLT}}$ )

Die Belastung des Frequenzumrichters hat nur eine geringe Auswirkung auf seinen Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad bei Motornennfrequenz  $f_{M,N}$  ist nahezu gleich bleibend, unabhängig davon, ob der Motor 100 % Drehmoment liefert oder z. B. nur 75 % bei einer Teillast.

Dies bedeutet auch, dass sich der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters auch bei Wahl einer anderen U/f-Kennlinie nicht ändert.

Die U/f-Kennlinie hat allerdings Auswirkungen auf den Wirkungsgrad des Motors.

Der Wirkungsgrad fällt leicht ab, wenn die Taktfrequenz auf einen Wert über 5 kHz eingestellt wird. Bei einer Netzspannung von 480 V oder wenn das Motorkabel mehr als 30 m lang ist, verringert sich der Wirkungsgrad ebenfalls geringfügig.

### Wirkungsgrad des Motors ( $\eta_{\text{MOTOR}}$ )

Der Wirkungsgrad eines an den Frequenzumrichter angeschlossenen Motors hängt vom Magnetisierungsniveau ab. Im Allgemeinen kann man sagen, dass der Wirkungsgrad ebenso gut wie beim Netzbetrieb ist. Der Wirkungsgrad des Motors hängt natürlich stark vom Motortyp ab.

Im Bereich von 75-100 % des Nenn Drehmoments ist der Wirkungsgrad des Motors nahezu konstant, unabhängig davon, ob er vom Frequenzumrichter gesteuert oder direkt am Netz betrieben wird.

Bei kleineren Motoren beeinflusst die betreffende U/f-Kennlinie den Wirkungsgrad nicht nennenswert. Bei Motoren von über 11 kW ergeben sich jedoch deutliche Unterschiede.

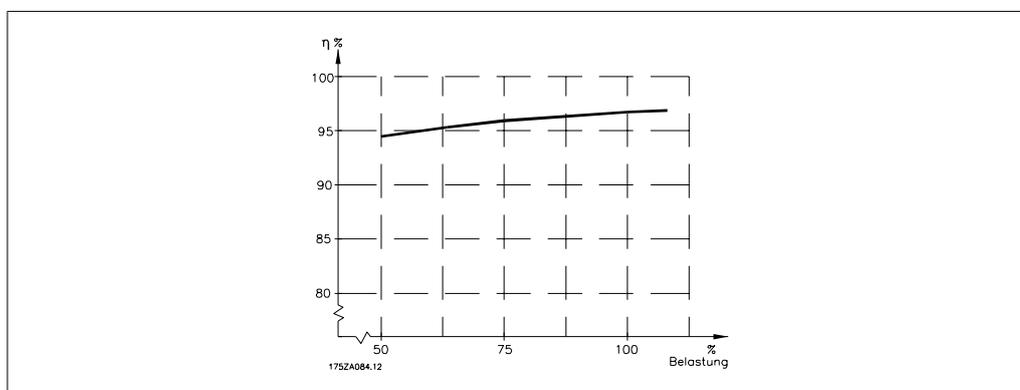
In der Regel hat die Taktfrequenz bei kleinen Motoren kaum Einfluss auf den Wirkungsgrad. Bei Motoren ab 11 kW verbessert sich der Wirkungsgrad (um 1-2 %), da sich die Sinusform des Motorstroms bei hoher Taktfrequenz verbessert.

### Wirkungsgrad des System ( $\eta_{\text{SYSTEM}}$ )

Zur Berechnung des Systemwirkungsgrades muss der Wirkungsgrad des VLT HVAC ( $\eta_{\text{VLT}}$ ) mit dem Wirkungsgrad des Motors ( $\eta_{\text{MOTOR}}$ ) multipliziert werden:

$$\eta_{\text{SYSTEM}} = \eta_{\text{VLT}} \times \eta_{\text{MOTOR}}$$

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Systems stets bei verschiedenen Belastungen (siehe Grafik unten).



### 3.3. Störgeräusche

Störgeräusche von Frequenzumrichtern haben drei Ursachen:

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

Folgende Werte konnten in 1 m Abstand vom Gerät ermittelt werden:

Schutzart	Niedrige Lüftergeschwindigkeit (50 %) [dBA]	Volle Lüftergeschwindigkeit [dBA]
A2	51	60
A3	51	60
A5	-	54
B1	61	67
B2	58	70
C1	52	62
C2	55	65

### 3.4. Spitzenspannung am Motor

**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, 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. Anstiegszeit und Spitzenspannung  $U_{SPITZE}$  beeinflussen die Lebensdauer des Motors. Eine zu hohe Spitzenspannung schädigt vor allem Motoren ohne Phasentrennungspapier in den Wicklungen. Bei kurzen Motorkabeln (wenige Meter) sind Anstiegszeit und Spitzenspannung relativ niedrig.

Bei langem Motorkabel (100 m) dagegen sind Anstiegszeit und Spitzenspannung größer.

Bei Motoren ohne Phasentrennpapier oder eine geeignete Isolation, welche für den Betrieb an einem Zwischenkreisumrichter benötigt wird, muss ein Filter für  $dU/dt$  oder ein Sinusfilter am Ausgang des Frequenzumrichters vorgesehen werden.

### 3.5. Besondere Betriebsbedingungen

#### 3.5.1. Zweck der Leistungsreduzierung

Leistungsreduzierung muss berücksichtigt werden, wenn der Frequenzumrichter bei niedrigem Luftdruck (Höhenlage), niedrigen Drehzahlen, mit langen Motorkabeln, Kabeln mit großem Querschnitt oder bei hoher Umgebungstemperatur betrieben wird. Der vorliegende Abschnitt beschreibt die erforderlichen Maßnahmen.

### 3.5.2. Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur

Die über 24 h gemessene Durchschnittstemperatur ( $T_{AMB,AVG}$ ) muss mindestens 5 °C darunter liegen.

Wird der Frequenzrichter bei hohen Umgebungstemperaturen betrieben, so ist eine Reduzierung des Dauerausgangsstroms notwendig.

Die Leistungsreduzierung hängt vom Schaltmodus ab, der in Par. 14-00 auf 60° PWM oder SFAVM eingestellt werden kann.

#### Gehäuse A

##### 60° PWM - Pulsbreitenmodulation

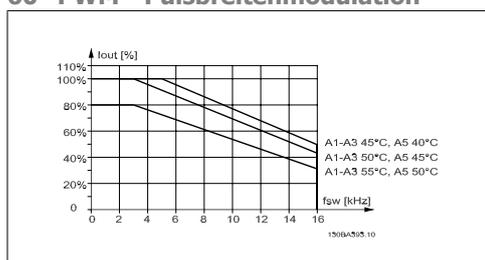


Abbildung 3.1: Leistungsreduzierung von  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse A bei 60° PWM

##### SFAVM: Stator Frequency Asyncron Vector Modulation

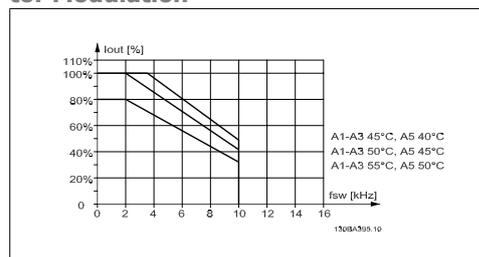


Abbildung 3.2: Leistungsreduzierung  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse A über SFAVM

Bei Gehäuse A hat die Länge des Motorkabels einen relativ großen Einfluss auf die empfohlene Leistungsreduzierung. Daher wird auch die empfohlene Leistungsreduzierung für eine Anwendung mit max. 10 m Motorkabel gezeigt.

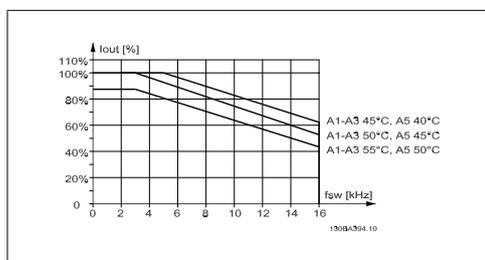


Abbildung 3.3: Leistungsreduzierung von  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse A über 60° PWM und maximales 10 m Motorkabel

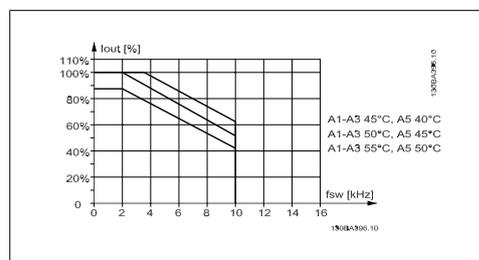


Abbildung 3.4: Leistungsreduzierung  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse A über SFAVM und maximales 10 m Motorkabel

**Gehäuse B**

**60° PWM - Pulsbreitenmodulation**

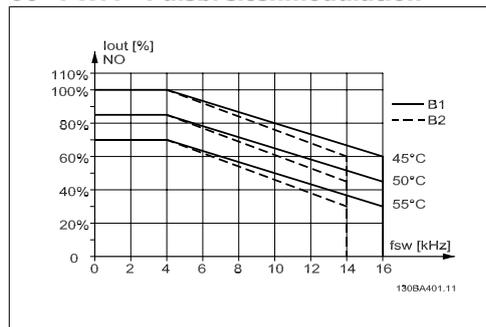


Abbildung 3.5: Leistungsreduzierung von  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse B über 60° PWM in normalem Drehmomentmodus (110 % Überlastmoment)

**SFAVM: Stator Frequency Asyncron Vector Modulation**

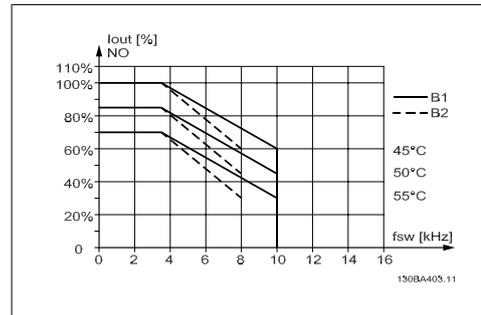


Abbildung 3.6: Leistungsreduzierung von  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse B über SFAVM in normalem Drehmomentmodus (110 % Überlastmoment)

**Gehäuse C**

**60° PWM - Pulsbreitenmodulation**

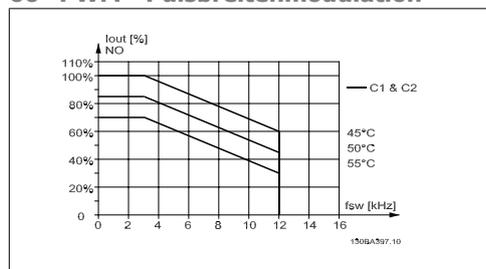


Abbildung 3.7: Leistungsreduzierung von  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse C über 60° PWM in normalem Drehmomentmodus (110 % Überlastmoment)

**SFAVM: Stator Frequency Asyncron Vector Modulation**

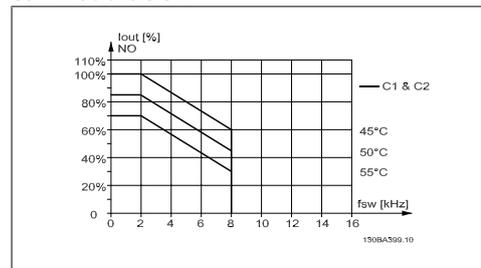


Abbildung 3.8: Leistungsreduzierung von  $I_{aus}$  für verschiedene  $T_{AMB, MAX}$  für Gehäuse C über SFAVM in normalem Drehmomentmodus (110 % Überlastmoment)

**3.5.3. Leistungsreduzierung wegen niedrigem Luftdruck**

Bei niedrigerem Luftdruck nimmt die Kühlfähigkeit der Luft ab.

Bei Höhen über 2 km über NN ziehen Sie bitte Danfoss Drives zu PELV (Schutzkleinspannung) zurate.

Unterhalb einer Höhe von 1000 m über NN ist keine Leistungsreduzierung erforderlich. Oberhalb einer Höhe von 1000 m muss die Umgebungstemperatur ( $T_{AMB}$ ) oder der max. Ausgangsstrom ( $I_{out}$ ) entsprechend dem unten gezeigten Diagramm reduziert werden.

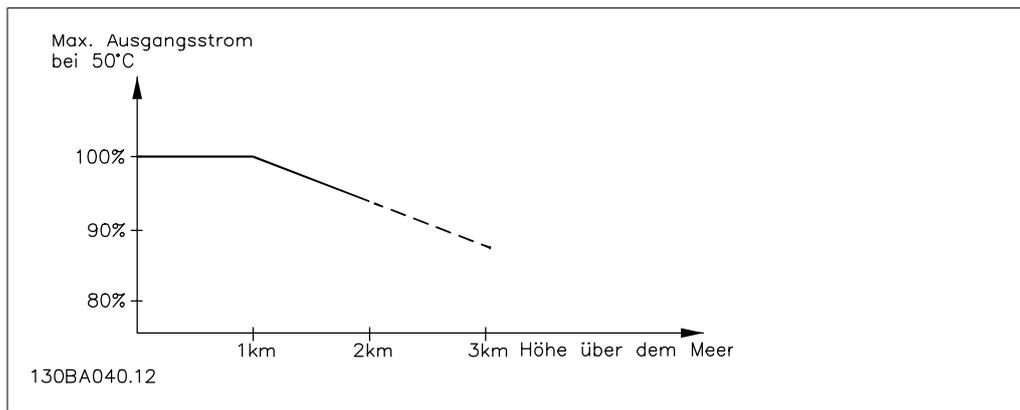


Abbildung 3.9: Reduzierung des Ausgangsstroms in Abhängigkeit von der Höhe bei  $T_{AMB, MAX}$ . Bei Höhen über 2 km über NN ziehen Sie bitte Danfoss Drives zu PELV (Schutzkleinspannung) zurate.

Eine Alternative ist die Senkung der Umgebungstemperatur bei großen Höhen und damit die Sicherstellung von 100 % Ausgangsstrom bei großen Höhen.

### 3.5.4. Leistungsreduzierung beim Betrieb mit niedriger Drehzahl

Ist ein Motor an einen Frequenzumrichter angeschlossen, so ist zu prüfen, ob die Kühlung des Motors ausreicht.

Im niedrigen Drehzahlbereich kann der Ventilator des Motors Kühlluft nicht in ausreichender Menge zuführen. Dieses Problem tritt speziell bei Anwendungen mit konstantem Lastmoment auf (z. B. bei einem Förderband). Die verringerte Kühlung bestimmt, welcher Motorstrom bei kontinuierlichem Betrieb zulässig ist. Soll der Motor kontinuierlich mit weniger als der Hälfte der Nenn-drehzahl laufen, so muss dem Motor zusätzliche Kühlluft zugeführt werden (oder es ist ein für diese Betriebsart geeigneter Motor zu verwenden).

Alternativ kann auch die relative Belastung des Motors verringert werden, indem man einen größeren Motor einsetzt, was jedoch durch die Leistungsgröße des Frequenzumrichters eingeschränkt ist.

### 3.5.5. Leistungsreduzierung bei Installation langer Motorkabel oder bei Kabeln mit größerem Querschnitt

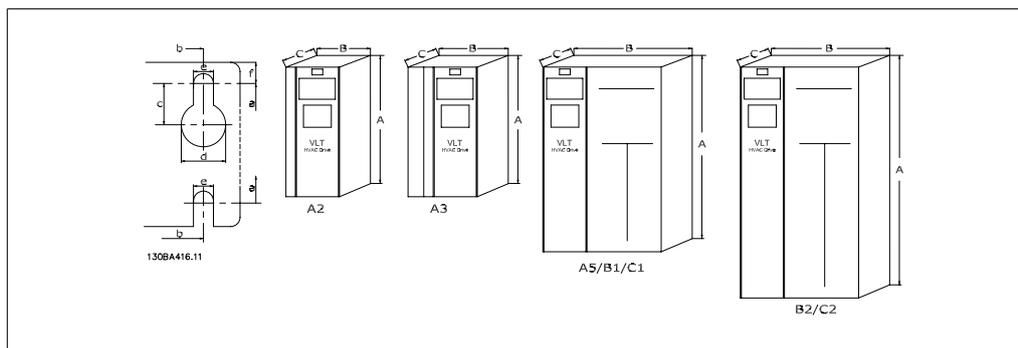
Der maximale Kabellänge für diesen Frequenzumrichter wurde mit 300 m nicht abgeschirmten und 150 m abgeschirmten Motorkabel getestet.

Der Frequenzumrichter ist für den Betrieb mit einem Motorkabel mit Nennquerschnitt ausgelegt. Soll ein Kabel mit größerem Querschnitt eingesetzt werden, ist der Ausgangsstrom um 5 % für jede Stufe, um die der Kabelquerschnitt erhöht wird, zu reduzieren.

(Ein größerer Kabelquerschnitt bedeutet einen kleineren kapazitiven Widerstand und damit einen erhöhten Ableitstrom gegen Erde).

### 3.5.6. Automatische Anpassungen zur Sicherstellung der Leistung

Der Frequenzumrichter prüft ständig, ob kritische Werte bei interner Temperatur, 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 sicherzustellen. Die Fähigkeit, den Ausgangsstrom automatisch zu reduzieren, erweitert die akzeptablen Betriebsbedingungen noch weiter.



Abmessungen										
Gehäusegröße	A2		A3		A5	B1	B2	C1	C2	
200-240 V 380-480 V 525-600 V	1,1-3 kW 2,2-4,0 kW 1,1-4,0 kW		3,0-3,7 kW 5,5-7,5 kW 5,5-7,5 kW		1,1-3,7 kW 1,1-7,5 kW 1,1-7,5 kW	5,5-11 kW 11-18,5 kW	15 kW 22-30 kW	18,5-22 kW 37-55 kW	30-45 kW 75-90 kW	
IP NEMA	20 Chassis	21 NEMA 1	20 Chassis	21 NEMA 1	55/66 NEMA 12	21/ 55/66 NEMA 1/12	21/55/66 NEMA 1/12	21/55/66 NEMA 1/12	21/55/66 NEMA 1/12	
<b>Höhe</b>										
Höhe des Kühlkörpers	A	268 mm	375 mm	268 mm	375 mm	420 mm	480 mm	650 mm	680 mm	770 mm
Höhe mit Abschirmblech	A	373,79	-	373,79 mm	-	-	-	-	-	-
Abstand der Montagelöcher	a	257 mm	350 mm	257 mm	350 mm	402 mm	454 mm	624 mm	648 mm	739 mm
<b>Breite</b>										
Breite des Kühlkörpers	B	90 mm	90 mm	130 mm	130 mm	242 mm	242 mm	242 mm	308 mm	370 mm
Breite des Kühlkörpers mit einer C-Option	B	130 mm	130 mm	170 mm	170 mm	242 mm	242 mm	242 mm	308 mm	370 mm
Breite des Kühlkörpers mit zwei C-Optionen	B	150 mm	150 mm	190 mm	190 mm	242 mm	242 mm	242 mm	308 mm	370 mm
Abstand der Montagelöcher	b	70 mm	70 mm	110 mm	110 mm	215 mm	210 mm	210 mm	272 mm	334 mm
<b>Tiefe</b>										
Tiefe ohne Option A/B	C	205 mm	205 mm	205 mm	205 mm	195 mm	260 mm	260 mm	310 mm	335 mm
Mit Option A/B	C	220 mm	220 mm	220 mm	220 mm	195 mm	260 mm	260 mm	310 mm	335 mm
Ohne Option A/B	D	-	207 mm	-	207 mm	-	-	-	-	-
Mit Option A/B	D	-	222 mm	-	222 mm	-	-	-	-	-
<b>Montagelöcher</b>										
	c	8,0 mm	8,0 mm	8,0 mm	8,0 mm	8,25 mm	12 mm	12 mm	12 mm	12 mm
Durchmesser ø	d	11 mm	11 mm	11 mm	11 mm	12 mm	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm
Durchmesser ø	e	5,5 mm	5,5 mm	5,5 mm	5,5 mm	6,5 mm	9 mm	9 mm	9,8 mm	9,8 mm
	f	9 mm	9 mm	9 mm	9 mm	9 mm	9 mm	9 mm	17,6 mm	18 mm
<b>Max. Gewicht</b>		4,9 kg	5,3 kg	6,6 kg	7,0 kg	13,5/14,2 kg	23 kg	27 kg	43 kg	61 kg

## 3.6. Optionen und Zubehör

Danfoss bietet für die VLT-Frequenzumrichter umfangreiche Erweiterungsmöglichkeiten und Zubehör an.

### 3.6.1. Installation von Optionsmodulen in Steckplatz B

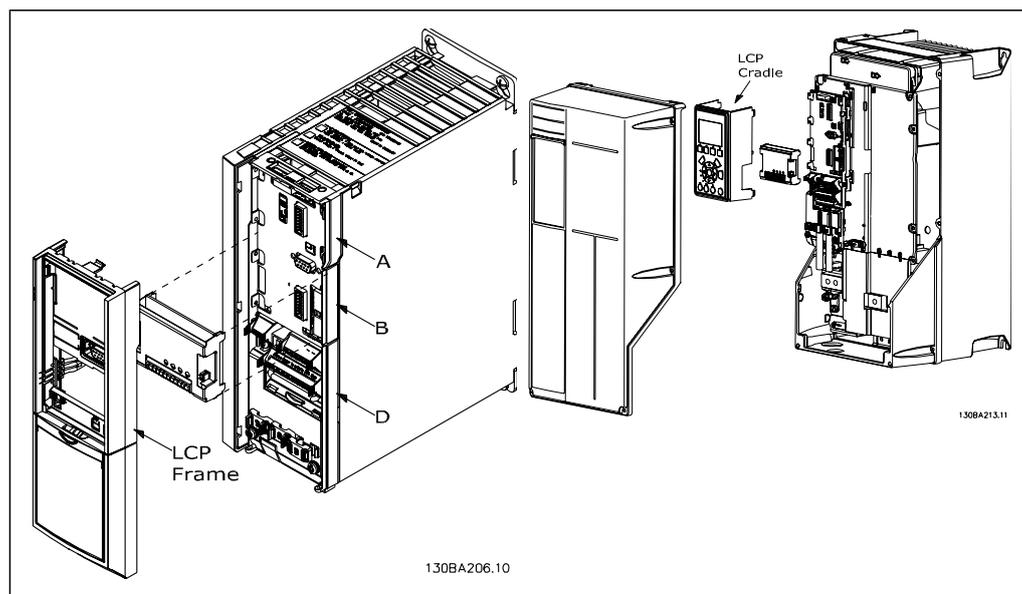
Die Energiezufuhr zum Frequenzumrichter unterbrechen.

Bei A2- und A3-Gehäuse:

- LCP Bedieneinheit, Klemmenabdeckung und Frontabdeckungen vom Frequenzumrichter entfernen.
- Option MCB10x in Steckplatz B stecken.
- Die Steuerkabel anschließen und mittels der beigefügten Kabelbinder am Gehäuse befestigen.  
Die Ausparung in der tieferen Frontabdeckung des LCP im Optionseinbausatz entfernen, sodass die Option unter die Frontabdeckung des LCP passt.
- Die tiefere Frontabdeckung des LCP und die Klemmenabdeckung anbringen.
- LCP oder Blindabdeckung an der Frontabdeckung des LCP anbringen.
- Die Energiezufuhr zum Frequenzumrichter wieder herstellen.
- Die zusätzlichen Funktionen in den entsprechenden Parametern einstellen. Siehe dazu Abschnitt *Allgemeine technische Daten*.

Bei B1-, B2-, C1- und C2-Gehäuse:

- LCP Bedieneinheit und Abdeckgehäuse entfernen.
- Option MCB 10x in Steckplatz B stecken.
- Die Steuerkabel anschließen und mittels der beigefügten Kabelbinder am Gehäuse befestigen.
- Das Abdeckgehäuse anbringen.
- Das LCP anbringen.



A2- und A3-Gehäuse

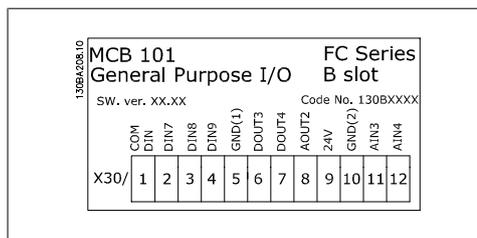
A5-, B1-, B2, C1- und C2-Gehäuse

### 3.6.2. Universal-Ein-/Ausgangsmodul MCB 101

Die Option MCB 101 wird zur Erweiterung der Digital- und Analogeingänge und -ausgänge des VLT HVAC verwendet.

Lieferumfang: MCB 101 muss in Steckplatz B im VLT HVAC Drive installiert werden.

- Optionsmodul MCB 101
- Tiefere Frontabdeckung des LCP
- Klemmenabdeckung



#### Galvanische Trennung der Option MCB 101

Digital-/Analogeingänge sind bei der Option MCB 101 und in der Steuerkarte des Frequenzumrichter galvanisch von anderen Ein-/Ausgängen getrennt. Die Digital-/Analogausgänge der Option MCB 101 sind galvanisch von anderen Ein-/Ausgängen auf der Option MCB 101, jedoch nicht von denen auf der Steuerkarte des Frequenzumrichters getrennt.

Sollen die Digitaleingänge 7, 8 oder 9 über die interne 24 V-Versorgung (Klemme 9) angesteuert werden, muss die Verbindung zwischen 1 und 5 wie in der Abbildung zu sehen verschaltet werden.

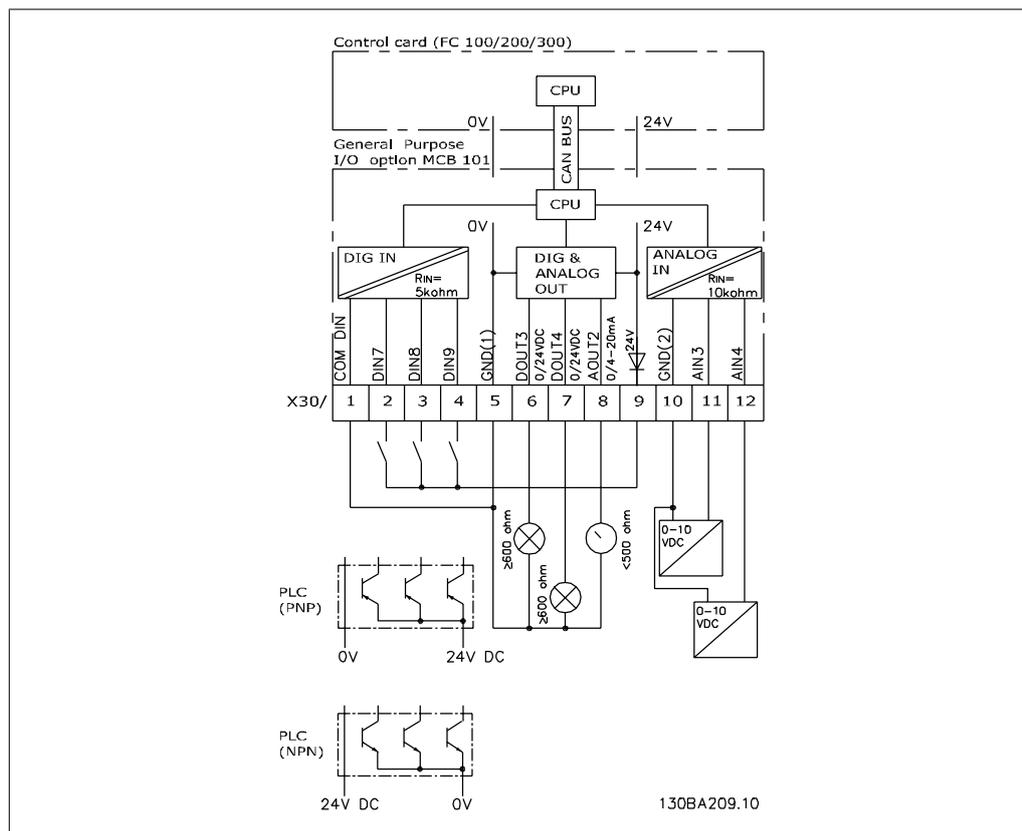


Abbildung 3.10: Prinzipschaubild

### 3.6.3. Digitaleingänge - Klemme X30/1-4

<b>Einstellparameter: 5-16, 5-17 und 5-18.</b>				
Anzahl der Digitaleingänge	Spannungsbe- reich	Spannungsniveaus	Eingangsimpe- danz	Max. Last
3	0-24 V DC	PNP-Typ: Common = 0 V Logisch „0“: Eingang < 5 V DC Logisch „1“: Eingang > 10 V DC NPN-Typ: Common = 24 V Logisch „0“: Eingang > 19 V DC Logisch „1“: Eingang < 14 V DC	ca. 5 kOhm	± 28 V kontinuierlich ± 37 V, in min. 10 s

### 3.6.4. Analoge Spannungseingänge - Klemme X30/10-12

<b>Einstellparameter: 6-3*, 6-4* und 16-76.</b>						
Anzahl analoger Span- nungseingänge	Span-	Standardisiertes Eingangssignal	Eingangsimpe- danz	Auflö- sung	Max. Last	
2		0-10 V DC	ca. 5 kOhm	10 Bit	± 20 V kontinu- ierlich	

### 3.6.5. Digitalausgänge - Klemme X30/5-7

<b>Einstellparameter: 5-32 und 5-33.</b>			
Anzahl Digitalausgänge	Ausgangsniveau	Toleranz	Max. Last
2	0 oder 24 V DC	± 4 V	≥ 600 Ohm

### 3.6.6. Analogausgänge - Klemme X30/5+8

<b>Einstellparameter: 6-6* und 16-77.</b>			
Anzahl Analogausgänge	Ausgangssignalpe- gel	Toleranz	Max. Last
1	0/4 - 20 mA	± 0,1 mA	< 500 Ohm

### 3.6.7. Relaisoption MCB 105

Die Option MCB 105 bietet 3 einpolige Lastrelais (Wechslerkontakte) und kann in Optionssteckplatz B gesteckt werden.

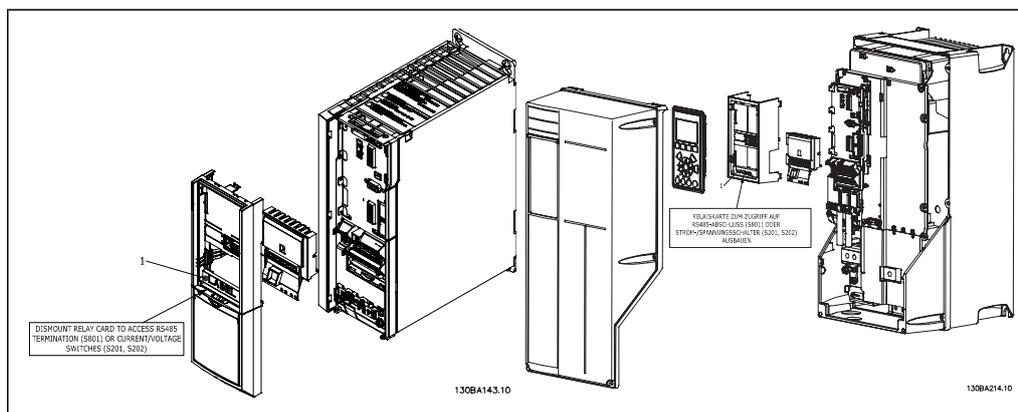
Elektrische Daten:

Max. Klemmenleistung (AC-1) <sup>1)</sup> (ohmsche Last)	240 V AC 2 A
Max. Klemmenleistung (AC-15) <sup>1)</sup> (induktive Last bei $\cos\phi$ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Max. Klemmenleistung (DC-1) <sup>1)</sup> (ohmsche Last)	24 V DC 1 A
Max. Klemmenleistung (DC-13) <sup>1)</sup> (induktive Last)	24 V DC 0,1 A
Min. Klemmenleistung (DC)	5 V, 10 mA
Max. Taktfrequenz bei Nennlast/min. Last	6 min <sup>-1</sup> /20 s <sup>-1</sup>

1) IEC 947 Teil 4 und 5

Wenn die Relaisoption MCB 105 separat bestellt wird, umfasst der Lieferumfang:

- Relaismodul MCB 105
- Tiefere Frontabdeckung des LCP und vergrößerte Klemmenabdeckung
- Aufkleber zur Abdeckung der Schalter S201, S202 und S801
- Kabelbinder zur Befestigung am Relaismodul



A2-A3

A5-C2

**WICHTIG 1.** Der Aufkleber MUSS wie gezeigt an der oberen Frontabdeckung angebracht werden (UL-Zulassung).



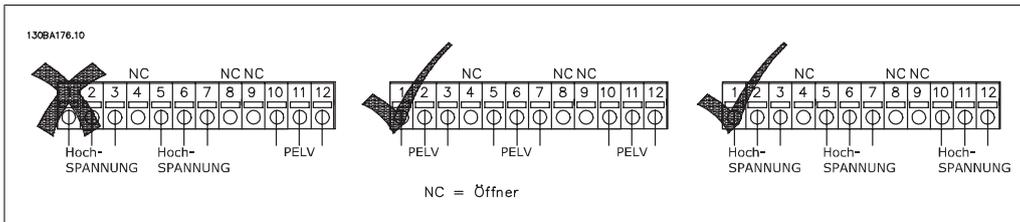
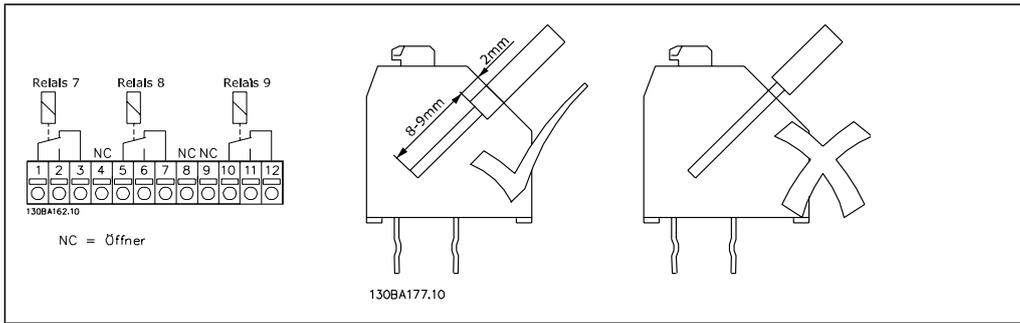
Warnung - Doppelte Stromversorgung

Installation der Relaisoption MCB 105:

- Siehe Installationsanleitung am Anfang des Kapitels *Optionen und Zubehör*.
- Die Energiezufuhr zu den spannungsführenden Teilen der Relaisklemmen muss unterbrochen sein.
- Keine Netzspannung führenden Teile (Hochspannung) mit Steuersignalen (PELV) mischen.
- Die Relaisfunktionen in Par. 5-40 [6-8], 5-41 [6-8] und 5-42 [6-8] auswählen.

Anmerkung (Index [6] ist Relais 7, Index [7] ist Relais 8 und Index [8] ist Relais 9).

**3**



 Hochspannungs- und PELV-Systeme dürfen nicht gemischt werden.

### 3.6.8. Externe 24 V-Stromversorgung MCB 107 (Option D)

#### Externe 24 V DC-Versorgung

Die externe 24 V DC-Versorgung kann als zusätzliche Spannungsversorgung der Steuerkarte sowie etwaiger eingebauter Optionskarten installiert werden. Dies ermöglicht den Betrieb der LCP Bedieneinheit und der Feldbusoptionen auch bei abgeschalteter Netzversorgung.

#### Spezifikation der externen 24 V DC-Versorgung:

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

Der Eingang ist schutzbeschaltet.

#### Klemmennummern:

Klemme 35: - externe 24 V DC-Versorgung

Klemme 36: + externe 24 V DC-Versorgung

#### Installation:

1. LCP oder Blindabdeckung abziehen.
2. Klemmenabdeckung entfernen.
3. Kabelabschirmblech und Kunststoffabdeckung darunter demontieren.
4. Externe 24 V DC-Versorgung in Optionssteckplatz einführen.
5. Kabelabschirmblech befestigen.
6. Klemmenabdeckung und LCP oder Blindabdeckung wieder anbringen.

Wenn die externe 24 V-Versorgung MCB 107 den Steuerstromkreis versorgt, wird die interne 24 V-Versorgung automatisch getrennt.

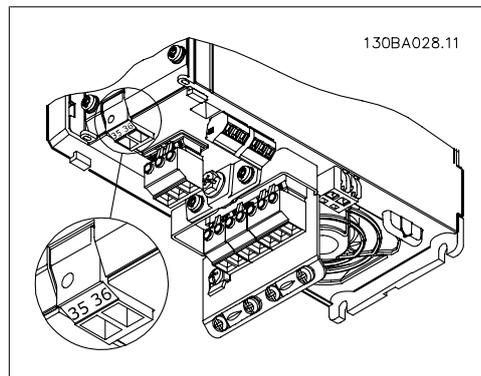


Abbildung 3.11: Anschluss an ext. 24 V-Versorgung (A2-A3).

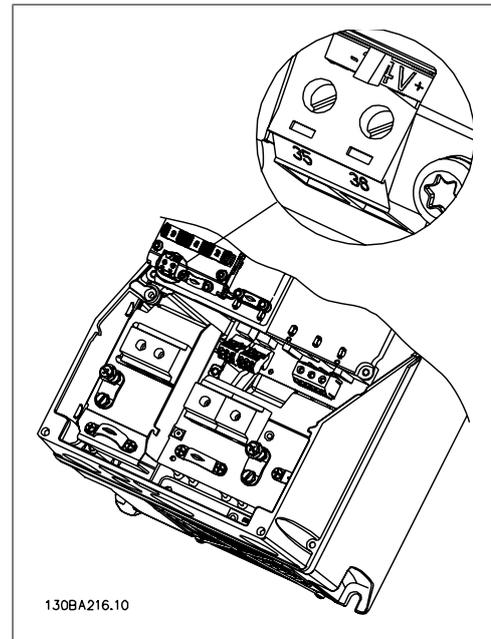


Abbildung 3.12: Anschluss an ext. 24 V-Versorgung (A5-C2).

### 3.6.9. Analog-E/A-Option MCB 109

Die Analog-E/A-Karte sollte beispielsweise in den folgenden Fällen verwendet werden.

- Als Batteriepufferung der Uhrfunktion auf der Steuerkarte
- Als allgemeine Erweiterung der verfügbaren Analog-E/A-Auswahl auf der Steuerkarte, z. B. zur Mehrzonensteuerung mit drei Drucktransmittern
- Nutzung des Frequenzumrichters als dezentraler E/A-Baustein für ein Gebäudemanagementsystem mit Eingängen für Sensoren und Ausgängen für Drosselklappen und Ventilstellgliedern
- Unterstützung erweiterter PID-Regler mit E/As für Sollwerteingänge, Gebereingänge und Ausgänge für Stellglieder.

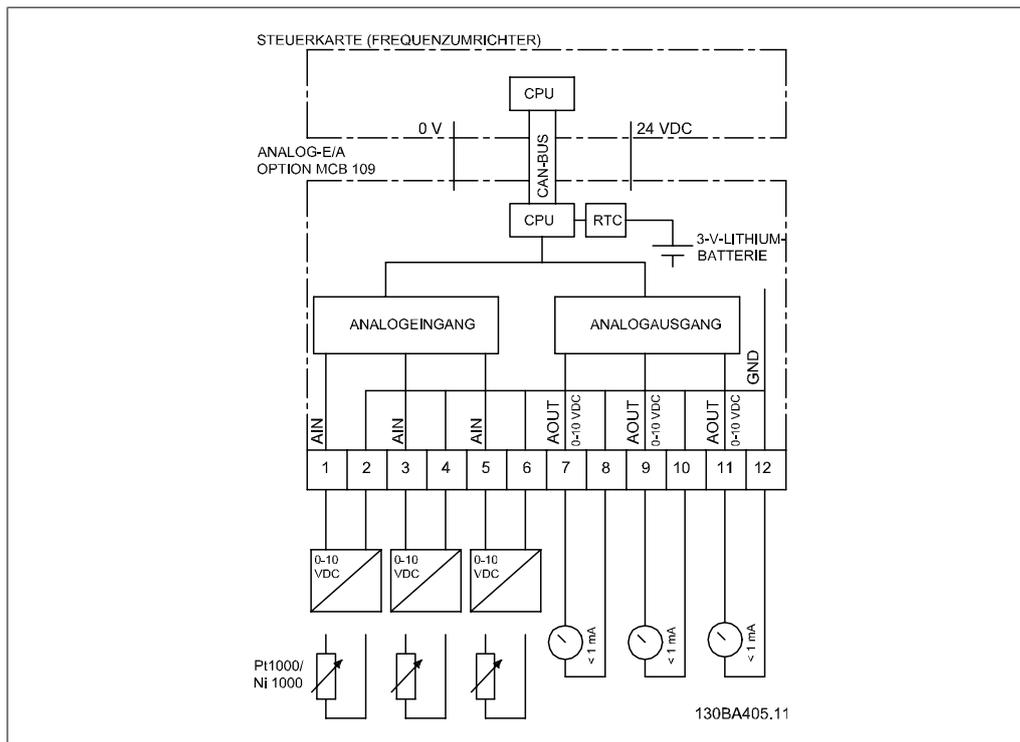


Abbildung 3.13: Prinzipschaltbild für im Frequenzumrichter befestigte Analog-E/A.

#### Analog-E/A-Konfiguration

3 Analogeingänge für:

- 0 - 10 VDC

ODER

- 0-20 mA (Spannungseingang 0-10 V) durch Installation eines 510  $\Omega$  Widerstands an Klemmen (siehe NB!)
- 4-20 mA (Spannungseingang 2-10 V) durch Installation eines 510  $\Omega$  Widerstands an Klemmen (siehe NB!)
- Ni1000-Temperatursensor mit 1000  $\Omega$  bei 0 °C (Vorgaben gemäß DIN 43760).
- Pt1000-Temperatursensor mit 1000  $\Omega$  bei 0 °C (Vorgaben gemäß IEC 60751).

3 Analogausgänge, die 0-10 VDC liefern.



**ACHTUNG!**  
Bitte die Werte beachten, die in den verschiedenen Standardgruppen von Widerständen verfügbar sind:  
E12: Der nächste Standardwert ist 470 Ω für einen Eingang von 449,9 Ω und 8,997 V.  
E24: Der nächste Standardwert ist 510 Ω für einen Eingang von 486,4 Ω und 9,729 V.  
E48: Der nächste Standardwert ist 511 Ω für einen Eingang von 487,3 Ω und 9,746 V.  
E96: Der nächste Standardwert ist 523 Ω für einen Eingang von 498,2 Ω und 9,964 V.

**Analogeingänge - Klemme X42/1-6**

Parametergruppe für Anzeige: 18-3\* Siehe *VLT® HVAC Drive Programmierhandbuch*

Parametergruppe für Einstellung: 26-0\*, 26-1\*, 26-2\* und 26-3\* Siehe *VLT® HVAC Drive Programmierhandbuch*

3 Analogeingänge	Arbeitsbereich	Auflösung	Genauigkeit	Abtastung	Max. Last	Impedanz
Verwendung als Temperatureingang	-50 bis +150 °C	11 Bit	-50 °C ±1 Kelvin +150 °C ±2 Kelvin	3 Hz	-	-
Verwendung als Spannungseingang	0 - 10 VDC	10 Bit	0,2 % der Gesamtskala bei kal. Temperatur	2,4 Hz	+/- 20 V kontinuierlich	ca. 5 kΩ

Bei Verwendung als Spannungseingang sind Analogeingänge über Parameter für jeden Eingang skalierbar.

Bei Verwendung für Temperatursensoren ist die Skalierung der Analogeingänge auf den notwendigen Signalpegel für den vorgegebenen Temperaturbereich voreingestellt.

Bei Verwendung von Analogeingängen für Temperatursensoren kann der Istwert in °C oder °F angezeigt werden.

Beim Einsatz mit Temperatursensoren beträgt die max. Kabellänge zum Anschluss von Sensoren 80 m bei nicht abgeschirmten/nicht verdrehten Leitern.

**Analogausgänge - Klemme X42/7-12**

Parametergruppe für Anzeige und Schreiben: 18-3\* Siehe *VLT® HVAC Drive Programmierhandbuch*

Parametergruppe für Einstellung: 26-4\*, 26-5\* und 26-6\* Siehe *VLT® HVAC Drive Programmierhandbuch*

3 Analogausgänge	Ausgangssignalpegel	Auflösung	Linearität	Max. Last
Volt	0-10 VDC	11 Bit	1 % der Gesamtskala	1 mA

Analogausgänge sind über Parameter für jeden Ausgang skalierbar.

Die Funktionszuordnung erfolgt über Parameter und hat die gleichen Optionen wie bei den Analogausgängen auf der Steuerkarte.

Nähere Informationen zu Parametern finden Sie im *VLT® HVAC Drive Programmierhandbuch MG.11.CX.YY*.

### Echtzeituhr (RTC) mit Batteriepufferung

Das Datumsformat der Echtzeituhr umfasst Jahr, Monat, Datum, Stunde, Minuten und Wochentag.

Die Genauigkeit der Uhr übersteigt  $\pm 20$  ppm bei 25 °C.

Die integrierte Lithium-Pufferbatterie hat eine durchschnittliche Lebensdauer von mind. 10 Jahren bei Betrieb des Frequenzumrichters bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C. Fällt die Batteriepufferung aus, muss die Analog-E/A-Option ausgetauscht werden.

## 3.6.10. Bremswiderstände

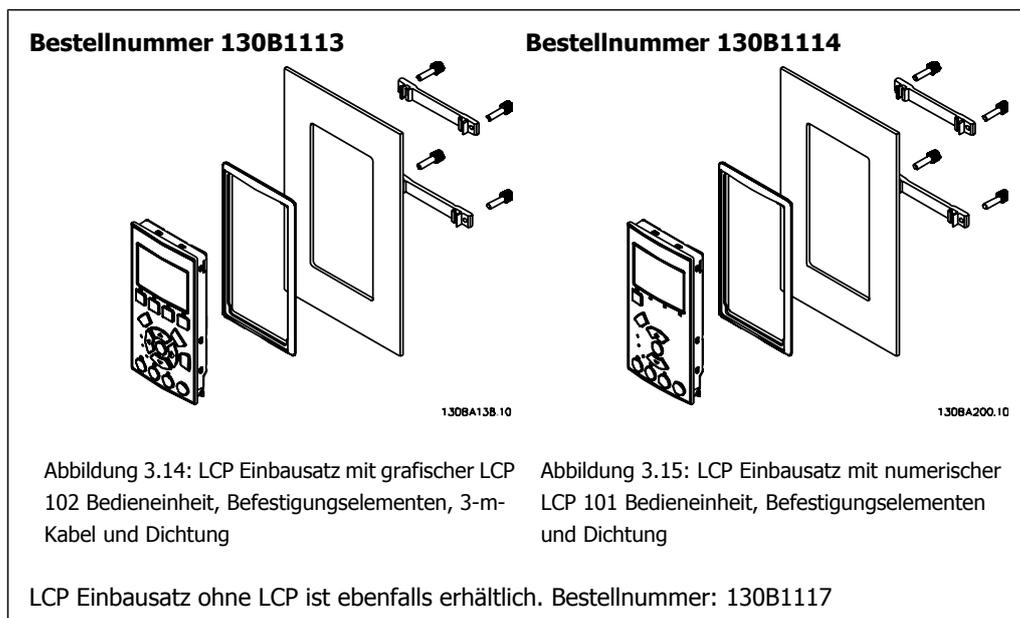
In Anwendungen mit motorischem Bremsen wird Energie im Motor erzeugt und an den Frequenzumrichter zurückgegeben. Ist diese Energierückspeisung an den Motor nicht möglich, erhöht sich die Spannung im Zwischenkreis des Umrichters. In Anwendungen mit häufigem Bremsen oder hoher Trägheitsmasse kann diese 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 bietet eine große Auswahl an unterschiedlichen Bremswiderständen, die speziell auf unsere Frequenzumrichter abgestimmt sind. Artikelnummern für Bremswiderstände siehe Abschnitt *Bestellen*.

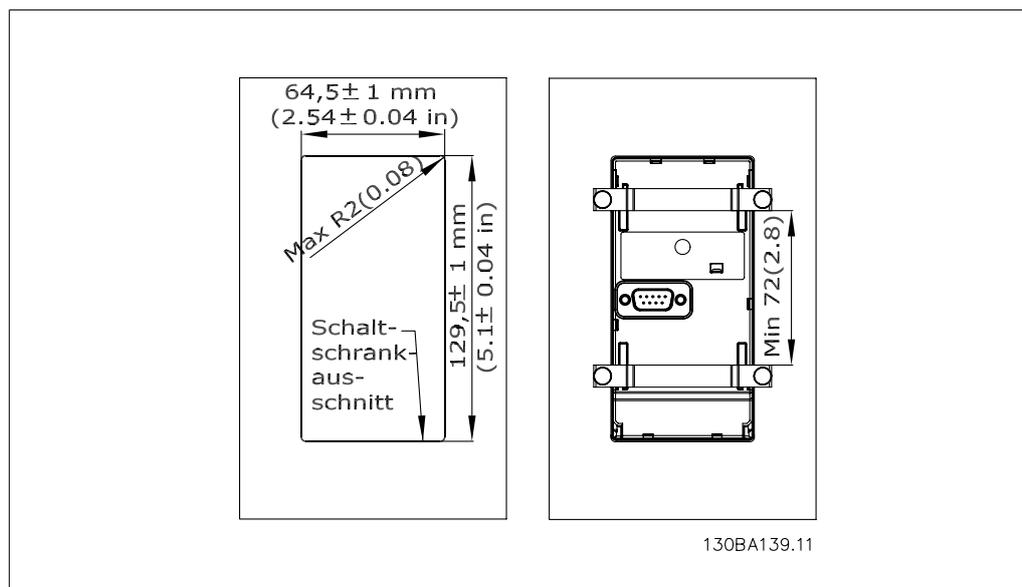
## 3.6.11. LCP-Einbausatz

Die LCP Bedieneinheit kann durch Verwendung eines Fern-Einbausatzes in die Vorderseite einer Schaltschranktür o. Ä. integriert werden. Die Vorderseite hat Schutzart IP65. Die Befestigungsschrauben dürfen mit max. 1 Nm festgezogen werden.

### Technische Daten

	Vorderseite
Gehäuse:	IP65
Max Kabellänge zwischen VLT und LCP:	3 m
Kommunikationsstandard:	RS 485





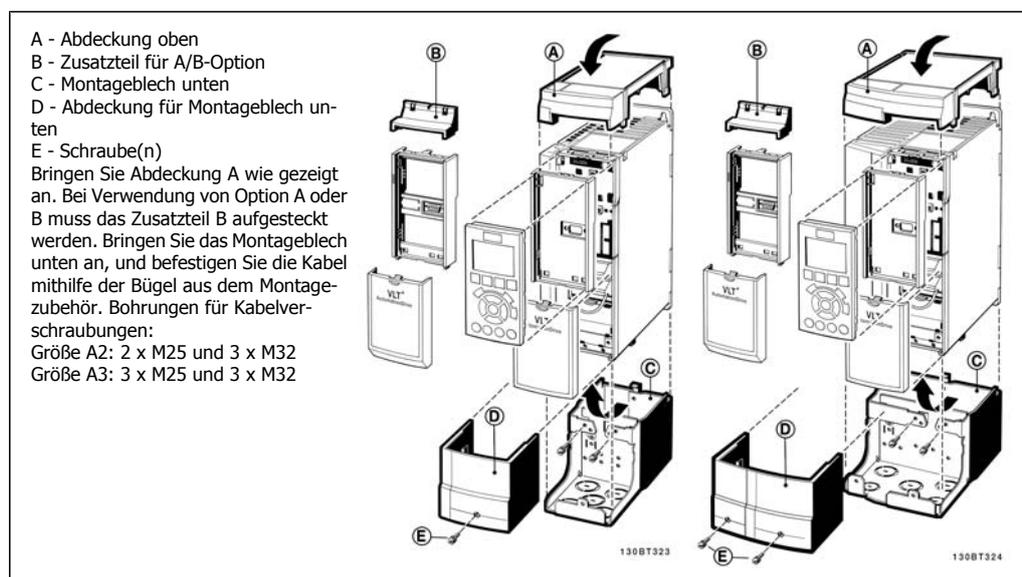
### 3.6.12. IP21/NEMA 1-Gehäuseabdeckung

Die IP21/NEMA 1 Option ist eine Gehäuseabdeckung, die für IP20-Kompaktgeräte lieferbar ist, Gehäusegröße A2-A3.

Durch Einsatz dieser Option wird ein IP20-Gerät so aufgerüstet, dass es der Schutzart IP21/NEMA 1 entspricht.

Die IP 21/NEMA 1-Abdeckung kann für alle IP20 VLT HVAC-Varianten eingesetzt werden.

### 3.6.13. IP21/NEMA 1-Gehäuseabdeckung



### 3.6.14. Ausgangsfilter

Wenn ein Motor durch einen Frequenzumrichter gesteuert wird, treten hörbare Resonanzgeräusche im Motor auf, die durch die Motorkonstruktion bedingt sind. Sie entstehen immer dann, wenn einer der Wechselrichtertransistoren im Frequenzumrichter geschaltet wird. Die Frequenz der Resonanzgeräusche entspricht daher der Taktfrequenz des Frequenzumrichters. Danfoss liefert zwei Arten von Filtern für seine Frequenzumrichter, die unerwünschte Nebenwirkungen dämpfen, das dU/dt-Filter und das Sinusfilter.

#### **dU/dt-Filter**

Eine Verkürzung der Lebensdauer der Motorisolation tritt häufig durch die Kombination aus schnellen Spannungs- und Stromanstiegen auf. Diese schnellen Energieänderungen können ebenfalls in den Zwischenkreis des Wechselrichters rückgespeist werden und zur Abschaltung führen. Das dU/dt-Filter reduziert die Anstiegszeit der Spannung, die maximale Amplitude der Spannungsspitzen und Ladestromspitzen bei langen Motorleitungen. Dies vermeidet vorzeitige Alterung und Überschlag in der Motorisolation und dU/dt-Filter dämpfen damit Motorstörgeräusche in den Motorleitungen zum Frequenzumrichter. Der Spannungsverlauf ist noch immer impulsförmig, der dU/dt-Anteil wird jedoch im Vergleich zur Installation ohne Filter reduziert.

#### **Sinusfilter**

Sinusfilter sind nur für niedrige Frequenzen passierbar. Hohe Frequenzen werden somit herausgefiltert und Strom und Spannung werden nahezu sinusförmig.

Durch den sinusförmigen Verlauf von Spannung und Strom entfällt der Einsatz spezieller Frequenzumrichtermotoren mit verstärkter Isolierung. Die Motorstörgeräusche werden somit ebenfalls gedämpft.

Neben den Funktionen des dU/dt-Filters senkt das Sinusfilter ebenfalls die Belastung der Motorisolation und Lagerströme im Motor. Dies verlängert die Motorlebensdauer und Wartungsintervalle. Sinusfilter ermöglichen den Anschluss langer Motorkabel in Anwendungen, bei denen der Motor in größerer Entfernung vom Frequenzumrichter installiert ist. Die Länge der Motorkabel ist jedoch nicht unbeschränkt, da das Filter die Ableitströme in den Kabeln nicht reduziert.

## 4. Bestellen

### 4.1. Bestellformular

#### 4.1.1. Drive-Konfigurator

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

So können Sie auch den VLT HVAC Drive serienmäßig mit eingebauten Optionen bestellen, indem Sie den Typencode, der das Produkt beschreibt, zusammenstellen. Typencode-Beispiel:

FC-102P18KT4E21H1XGCXXXSXXXAGBKCXXXDX

Die Bedeutung der Zeichen in diesem Code ist auf den folgenden Seiten dargestellt. Im obigen Typencode sind z. B. die Optionen Profibus LONWorks und die Universal-E/A-Option enthalten.

Bestellnummern für serienmäßige Varianten des VLT HVAC Drive sind ebenfalls auf den folgenden Seiten zu finden.

Mithilfe 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 FC 100 über Ihre Danfoss-Vertretung bestellen können.

Außerdem können Sie eine Projektliste mit mehreren Produkten aufstellen und ggf. zur Bestellung verwenden.

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

### 4.1.2. Typencode

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
FC																																								

130BA052.14

4

Beschreibung	Pos.	Mögliche Auswahl
Produktgruppe und VLT-Serie	1-6	FC 102
Nennleistung	8-10	1,1 - 90 kW (1K1 - 90K)
Phasenzahl	11	Dreiphasig (T)
Netzspannung	11-12	T 2: 200-240 V AC T 4: 380-480 V AC T 6: 525-600 V AC
Gehäuse	13-15	E20: IP20 E21: IP21/NEMA 1 E55: IP55/NEMA 12 E66: IP66 P21: IP21/NEMA 1 mit Rückplatte P55: IP55/NEMA 12 mit Rückplatte
EMV-Filter	16-17	H1: EMV-Filter A1/B H2: Klasse A2 H3: EMV-Filter A1/B (reduzierte Kabellänge)
Bremse	18	X: ohne Bremschopper B: mit Bremschopper T: Sicherer Stopp U: Sicherer Stopp mit Bremse
Display	19	G: Grafische LCP Bedieneinheit N: Numerische LCP Bedieneinheit X: Ohne LCP Bedieneinheit
Lackierte Platinen	20	X: Keine lackierten Platinen C: Lackierte Platinen
Netzoption	21	X: ohne Netztrennschalter 1: mit Netztrennschalter (nur IP55)
Anpassung	22	Reserviert
Anpassung	23	Reserviert
Software-Version	24-27	Eigentliche Software
Softwaresprache	28	
A-Optionen	29-30	AX: Keine Optionen A0: MCA 101 Profibus DPV1 A4: MCA 104 DeviceNet AG: MCA 108 LONWorks AJ: MCA 109 BACNet
B-Optionen	31-32	BX: Keine Option BK: MCB 101 Universal-E/A-Option BP: MCB 105 Relaisoption BO: MCB 109 Analog-E/A-Option
C0-Optionen MCO	33-34	CX: Keine Optionen
C1-Optionen	35	X: Keine Optionen
Option C, Software	36-37	XX: Standardsoftware
D-Optionen	38-39	DX: Keine Option D0: externe 24 V DC-Versorgung

Tabelle 4.1: Typencodebeschreibung.

Die verschiedenen Optionen sind im *Projektierungshandbuch für VLT® HVAC Drive, MG. 11.Bx.yy* näher beschrieben.

## 4.2. Bestellnummern

### 4.2.1. Bestellnummern: Optionen und Zubehör

Typ	Beschreibung	Bestellnr.	
<b>Sonstiges Zubehör:</b>			
Zwischenkreisanschluss	Klemmenblock für Zwischenkreisverbindung bei Gehäusegröße A2/A3	130B1064	
IP21/NEMA1-Option	Gehäusegröße A2: IP21/NEMA1-Abdeckung	130B1122	
IP21/NEMA1-Option	Gehäusegröße A3: IP21/NEMA1-Abdeckung	130B1123	
Profibus Sub-D 9	Sub-D Adapter für Profibus IP20	130B1112	
Profibus Montagezubehör	Einbausatz für Profibus-Anschluss oben - nur A-Gehäuse	130B0524 <sup>1)</sup>	
Klemmenblöcke	Schraubklemmenblöcke als Ersatz für Federzugklemmen 1 x 10-poliger, 1 x 6-poliger und 1 x 3-poliger Stecker	130B1116	
<b>LCP</b>			
LCP 101	Numerische LCP Bedieneinheit	130B1124	
LCP 102	Grafische LCP Bedieneinheit	130B1107	
LCP-Kabel	Separates LCP-Anschlusskabel, 3 m	175Z0929	
LCP-Ferheinbausatz	Ferheinbausatz mit grafischer LCP 102 Bedieneinheit, Befestigungselementen, 3-m-Kabel und Dichtung	130B1113	
LCP-Ferheinbausatz	Ferheinbausatz mit numerischer LCP 101 Bedieneinheit, Befestigungselementen und Dichtung	130B1114	
LCP-Ferheinbausatz	Ferheinbausatz für LCP 101 oder LCP 102 Bedieneinheiten mit Befestigungselementen, 3-m-Kabel und Dichtung, ohne LCP	130B1117	
<b>Option A unlackiert/lackiert</b>		<b>Unlackiert</b>	<b>Lackiert</b>
MCA 101	Profibus-Option DP V0/V1	130B1100	130B1200
MCA 104	DeviceNet-Option	130B1102	130B1202
MCA 108	LONWorks	130B1106	130B1206
<b>Option B</b>			
MCB 101	Universal-Ein-/Ausgabeoption	130B1125	
MCB 105	Relaisoption	130B1110	
MCB 109	Analog-E/A-Option	130B1143	130B1243
<b>Option D</b>			
MCB 107	Ext. 24 V DC-Versorgung	130B1108	130B1208
<b>Externe Optionen</b>			
Ethernet IP	Ethernet-Master	175N2584	
<b>Ersatzteile</b>			
Steuerkarte VLT HVAC Drive	Mit Funktion „Sicherer Stopp“	130B1150	
Steuerkarte VLT HVAC Drive	Ohne Funktion „Sicherer Stopp“	130B1151	
Lüfter A2	Kühllüfter, Gehäusegröße A2	130B1009	
Lüfter A3	Kühllüfter, Gehäusegröße A3	130B1010	
Lüfter A5	Kühllüfter, Gehäusegröße A3	130B1017	
Lüfter B1	Externer Kühllüfter, Gehäusegröße B1	130B1013	
Lüfter B2	Externer Kühllüfter, Gehäusegröße B2	130B1015	
Lüfter C1	Externer Kühllüfter, Gehäusegröße C1	130B3865	
Lüfter C2	Externer Kühllüfter, Gehäusegröße C2	130B3867	
Montagezubehör A2	Montagezubehör, Gehäusegröße A2	130B0509	
Montagezubehör A3	Montagezubehör, Gehäusegröße A3	130B0510	
Montagezubehör A5	Montagezubehör, Gehäusegröße A5	130B1023	
Montagezubehör B1	Montagezubehör, Gehäusegröße B1	130B2060	
Montagezubehör B2	Montagezubehör, Gehäusegröße B2	130B2061	
Montagezubehör C1	Montagezubehör, Gehäusegröße C1	130B0046	
Montagezubehör C2	Montagezubehör, Gehäusegröße C2	130B0047	

Tabelle 4.2: 1) Nur IP21 / &gt; 11 kW

Viele Optionen können bereits werksseitig eingebaut bestellt werden (siehe Bestellinformationen). Informationen zur Kompatibilität von Feldbussen und Anwendungsoptionen mit älteren Software-Versionen erhalten Sie bei Ihrer Danfoss-Vertretung.

## 4.2.2. Bestellnummern: Oberwellenfilter

Oberwellenfilter dienen zur Reduzierung von Netzoberwellen.

- AHF 010: 10 % Gesamt-Oberwellenverzerrung
- AHF 005: 5 % Gesamt-Oberwellenverzerrung

<b>380-415 V, 50 Hz</b>				
I <sub>AHF,N</sub>	Typischer Motor [kW]	Danfoss-Bestellnummer		Frequenzumrichtergröße
		AHF 005	AHF 010	
10 A	4, 5.5	175G6600	175G6622	P4K0, P5K5
19 A	7.5	175G6601	175G6623	P5K5 - P7K5
26 A	11	175G6602	175G6624	P11K
35 A	15, 18.5	175G6603	175G6625	P15K, P18K
43 A	22	175G6604	175G6626	P22K
72 A	30, 37	175G6605	175G6627	P30K - P37K
101A	45, 55	175G6606	175G6628	P45K - P55K
144A	75	175G6607	175G6629	P75K
180A	90	175G6608	175G6630	P90K

<b>440-480 V, 60 Hz</b>				
I <sub>AHF,N</sub>	Typischer Motor [PS]	Danfoss-Bestellnummer		Frequenzumrichtergröße
		AHF 005	AHF 010	
19 A	10, 15	175G6612	175G6634	P7K5
26 A	20	175G6613	175G6635	P15K
35 A	25, 30	175G6614	175G6636	P18K, P22K
43 A	40	175G6615	175G6637	P30K
72A	50, 60	175G6616	175G6638	P30K - P37K
101A	75	175G6617	175G6639	P45K - P55K
144A	100, 125	175G6618	175G6640	P75K - P90K

Bitte beachten Sie, dass die Zuordnung von Frequenzumrichter und Filter auf der Basis von 400/480 V und einer typischen Motorlast (4-polig) und 110 % Drehmoment berechnet ist.

### 4.2.3. Bestellnummern: Sinusfilter, 200-500 VAC

Netzversorgung 3 x 200 bis 500 V							
Frequenzumrichtergröße			Min. Taktfrequenz	Maximale Ausgangsfrequenz	Teilenr. IP20	Teilenr. IP00	Filternennstrom bei 50 Hz
200-240 V	380-440 V	440-500 V					
PK25	PK37	PK37	5 kHz	120 Hz	130B2439	130B2404	2,5 A
PK37	PK55	PK55	5 kHz	120 Hz	130B2439	130B2404	2,5 A
	PK75	PK75	5 kHz	120 Hz	130B2439	130B2404	2,5 A
PK55	P1K1	P1K1	5 kHz	120 Hz	130B2441	130B2406	4,5 A
	P1K5	P1K5	5 kHz	120 Hz	130B2441	130B2406	4,5 A
PK75	P2K2	P2K2	5 kHz	120 Hz	130B2443	130B2408	8 A
P1K1	P3K0	P3K0	5 kHz	120 Hz	130B2443	130B2408	8 A
P1K5			5 kHz	120 Hz	130B2443	130B2408	8 A
	P4K0	P4K0	5 kHz	120 Hz	130B2444	130B2409	10 A
P2K2	P5K5	P5K5	5 kHz	120 Hz	130B2446	130B2411	17 A
P3K0	P7K5	P7K5	5 kHz	120 Hz	130B2446	130B2411	17 A
P4K0			5 kHz	120 Hz	130B2446	130B2411	17 A
P5K5	P11K	P11K	4 kHz	60 Hz	130B2447	130B2412	24 A
P7K5	P15K	P15K	4 kHz	60 Hz	130B2448	130B2413	38 A
	P18K	P18K	4 kHz	60 Hz	130B2448	130B2413	38 A
P11K	P22K	P22K	4 kHz	60 Hz	130B2307	130B2281	48 A
P15K	P30K	P30K	3 kHz	60 Hz	130B2308	130B2282	62 A
P18K	P37K	P37K	3 kHz	60 Hz	130B2309	130B2283	75 A
P22K	P45K	P55K	3 kHz	60 Hz	130B2310	130B2284	115 A
P30K	P55K	P75K	3 kHz	60 Hz	130B2310	130B2284	115 A
P37K	P75K	P90K	3 kHz	60 Hz	130B2311	130B2285	180 A
P45K	P90K	P110	3 kHz	60 Hz	130B2311	130B2285	180 A
	P110	P132	3 kHz	60 Hz	130B2312	130B2286	260 A
	P132	P160	3 kHz	60 Hz	130B2312	130B2286	260 A
	P160	P200	3 kHz	60 Hz	130B2313	130B2287	410 A
	P200	P250	3 kHz	60 Hz	130B2313	130B2287	410 A
	P250	P315	3 kHz	60 Hz	130B2314	130B2288	480 A
	P315	P355	2 kHz	60 Hz	130B2315	130B2289	660 A
	P355	P400	2 kHz	60 Hz	130B2315	130B2289	660 A
	P400	P450	2 kHz	60 Hz	130B2316	130B2290	750 A
	P450	P500	2 kHz	60 Hz	130B2317	130B2291	880 A
	P500	P560	2 kHz	60 Hz	130B2317	130B2291	880 A
	P560	P630	2 kHz	60 Hz	130B2318	130B2292	1200 A
	P630	P710	2 kHz	60 Hz	130B2318	130B2292	1200 A



#### ACHTUNG!

Bei Verwendung von Sinusfiltern muss die Taktfrequenz mit den Filterspezifikationen in *Par. 14-01 Taktfrequenz* übereinstimmen.

#### 4.2.4. Bestellnummern: Sinusfilter, 525-690 VAC

Netzversorgung 3 x 525 bis 690 V						
Frequenzumrichtergröße		Min. Taktfrequenz	Maximale Ausgangsfrequenz	Teilenr. IP20	Teilenr. IP00	Filternennstrom bei 50 Hz
525-600 V	690 V					
PK75		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
P1K1		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
P1K5		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
P2k2		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
P3K0		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
P4K0		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
P5K5		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
P7K5		2 kHz	60 Hz	130B2341	130B2321	13 A
	P11K	2 kHz	60 Hz	130B2342	130B2322	28 A
P11K	P15K	2 kHz	60 Hz	130B2342	130B2322	28 A
P15K	P18K	2 kHz	60 Hz	130B2342	130B2322	28 A
P18K	P22K	2 kHz	60 Hz	130B2342	130B2322	28 A
P22K	P30K	2 kHz	60 Hz	130B2343	130B2323	45 A
P30K	P37K	2 kHz	60 Hz	130B2343	130B2323	45 A
P37K	P45K	2 kHz	60 Hz	130B2344	130B2324	76 A
P45K	P55K	2 kHz	60 Hz	130B2344	130B2324	76 A
P55K	P75K	2 kHz	60 Hz	130B2345	130B2325	115 A
P75K	P90K	2 kHz	60 Hz	130B2345	130B2325	115 A
P90K	P110	2 kHz	60 Hz	130B2346	130B2326	165 A
P110	P132	2 kHz	60 Hz	130B2346	130B2326	165 A
P150	P160	2 kHz	60 Hz	130B2347	130B2327	260 A
P180	P200	2 kHz	60 Hz	130B2347	130B2327	260 A
P220	P250	2 kHz	60 Hz	130B2348	130B2329	303 A
P260	P315	1,5 kHz	60 Hz	130B2270	130B2241	430 A
P300	P400	1,5 kHz	60 Hz	130B2270	130B2241	430 A
P375	P500	1,5 kHz	60 Hz	130B2271	130B2242	530 A
P450	P560	1,5 kHz	60 Hz	130B2381	130B2337	660 A
P480	P630	1,5 kHz	60 Hz	130B2381	130B2337	660 A
P560	P710	1,5 kHz	60 Hz	130B2382	130B2338	765 A
P670	P800	1,5 kHz	60 Hz	130B2383	130B2339	940 A
	P900	1,5 kHz	60 Hz	130B2383	130B2339	940 A
P820	P1M0	1,5 kHz	60 Hz	130B2384	130B2340	1320 A
P970	P1M2	1,5 kHz	60 Hz	130B2384	130B2340	1320 A



#### ACHTUNG!

Bei Verwendung von Sinusfiltern muss die Taktfrequenz mit den Filterspezifikationen in *Par. 14-01 Taktfrequenz* übereinstimmen.

### 4.2.5. Bestellnummern:du/dt-Filter

#### Netzversorgung 3x380 bis 3x500 V

Frequenzumrichtergröße		Min. Takt- frequenz	Maximale Ausgangs- frequenz	Teilenr. IP20	Teilenr. IP00	Filternenn- strom bei 50 Hz
380-440 V	441-500 V					
11 kW	11 kW	4 kHz	60 Hz	130B2396	130B2385	24 A
15 kW	15 kW	4 kHz	60 Hz	130B2397	130B2386	45 A
18,5 kW	18,5 kW	4 kHz	60 Hz	130B2397	130B2386	45 A
22 kW	22 kW	4 kHz	60 Hz	130B2397	130B2386	45 A
30 kW	30 kW	3 kHz	60 Hz	130B2398	130B2387	75 A
37 kW	37 kW	3 kHz	60 Hz	130B2398	130B2387	75 A
45 kW	55 kW	3 kHz	60 Hz	130B2399	130B2388	110 A
55 kW	75 kW	3 kHz	60 Hz	130B2399	130B2388	110 A
75 kW	90 kW	3 kHz	60 Hz	130B2400	130B2389	182 A
90 kW	110 kW	3 kHz	60 Hz	130B2400	130B2389	182 A
110 kW	132 kW	3 kHz	60 Hz	130B2401	130B2390	280 A
132 kW	160 kW	3 kHz	60 Hz	130B2401	130B2390	280 A
160 kW	200 kW	3 kHz	60 Hz	130B2402	130B2391	400 A
200 kW	250 kW	3 kHz	60 Hz	130B2402	130B2391	400 A
250 kW	315 kW	3 kHz	60 Hz	130B2277	130B2275	500 A
315 kW	355 kW	2 kHz	60 Hz	130B2278	130B2276	750 A
355 kW	400 kW	2 kHz	60 Hz	130B2278	130B2276	750 A
400 kW	450 kW	2 kHz	60 Hz	130B2278	130B2276	750 A
450 kW	500 kW	2 kHz	60 Hz	130B2405	130B2393	910 A
500 kW	560 kW	2 kHz	60 Hz	130B2405	130B2393	910 A
560 kW	630 kW	2 kHz	60 Hz	130B2407	130B2394	1500 A
630 kW	710 kW	2 kHz	60 Hz	130B2407	130B2394	1500 A
710 kW	800 kW	2 kHz	60 Hz	130B2407	130B2394	1500 A
800 kW	1000 kW	2 kHz	60 Hz	130B2407	130B2394	1500 A
1000 kW	1100 kW	2 kHz	60 Hz	130B2410	130B2395	2300 A

## 4.2.6. Bestellnummern:du/dt-Filter, 525-690 VAC

### Netzversorgung 3x525 bis 3x690 V

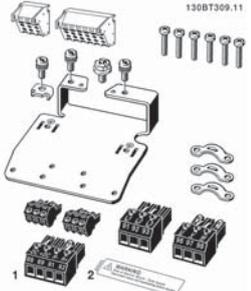
Frequenzumrichtergröße		Min. Takt- frequenz	Maximale Ausgangs- frequenz	Teilenr. IP20	Teilenr. IP00	Filternenn- strom bei 50 Hz
525-600 V	690 V					
	11 kW	4 kHz	60 Hz	130B2423	130B2414	28 A
11 kW	15 kW	4 kHz	60 Hz	130B2423	130B2414	28 A
15 kW	18,5 kW	4 kHz	60 Hz	130B2423	130B2414	28 A
18,5 kW	22 kW	4 kHz	60 Hz	130B2423	130B2414	28 A
22 kW	30 kW	4 kHz	60 Hz	130B2424	130B2415	45 A
30 kW	37 kW	4 kHz	60 Hz	130B2424	130B2415	45 A
37 kW	45 kW	3 kHz	60 Hz	130B2425	130B2416	75 A
45 kW	55 kW	3 kHz	60 Hz	130B2425	130B2416	75 A
55 kW	75 kW	3 kHz	60 Hz	130B2426	130B2417	115 A
75 kW	90 kW	3 kHz	60 Hz	130B2426	130B2417	115 A
90 kW	110 kW	3 kHz	60 Hz	130B2427	130B2418	165 A
110 kW	132 kW	3 kHz	60 Hz	130B2427	130B2418	165 A
150 kW	160 kW	3 kHz	60 Hz	130B2428	130B2419	260 A
180 kW	200 kW	3 kHz	60 Hz	130B2428	130B2419	260 A
220 kW	250 kW	3 kHz	60 Hz	130B2429	130B2420	310 A
260 kW	315 kW	3 kHz	60 Hz	130B2278	130B2235	430 A
300 kW	400 kW	3 kHz	60 Hz	130B2278	130B2235	430 A
375 kW	500 kW	2 kHz	60 Hz	130B2239	130B2236	530 A
450 kW	560 kW	2 kHz	60 Hz	130B2274	130B2280	630 A
480 kW	630 kW	2 kHz	60 Hz	130B2274	130B2280	630 A
560 kW	710 kW	2 kHz	60 Hz	130B2430	130B2421	765 A
670 kW	800 kW	2 kHz	60 Hz	130B2431	130B2422	1350 A
	900 kW	2 kHz	60 Hz	130B2431	130B2422	1350 A
820 kW	1000 kW	2 kHz	60 Hz	130B2431	130B2422	1350 A
970 kW	1200 kW	2 kHz	60 Hz	130B2431	130B2422	1350 A

## 5. Installieren

### 5.1. Mechanische Installation

#### 5.1.1. Montagezubehör

Der Frequenzumrichter wird mit folgendem Montagezubehör geliefert.



130BT309.11

Gehäusegröße A1, A2 und A3  
IP20/Chassis



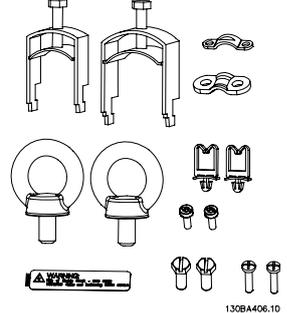
130BT330

Gehäusegröße B1 und B2  
IP21/IP55/NEMA 1/NEMA 12



130BT339.10

Gehäusegröße A5  
IP55/NEMA 12



130BA406.10

Gehäusegröße C1 und C2  
IP55/66/NEMA 1/NEMA 12

1 + 2 nur bei Geräten mit Bremschopper. Es gibt für FC 101/301 nur einen Relaisanschluss. Für die DC-Zwischenkreiskopplung kann Steckanschluss 1 separat bestellt werden (Bestellnummer 130B1064)  
Für den FC 101/301 ohne sicheren Stopp enthält das Montagezubehör einen achtpoligen Stecker.

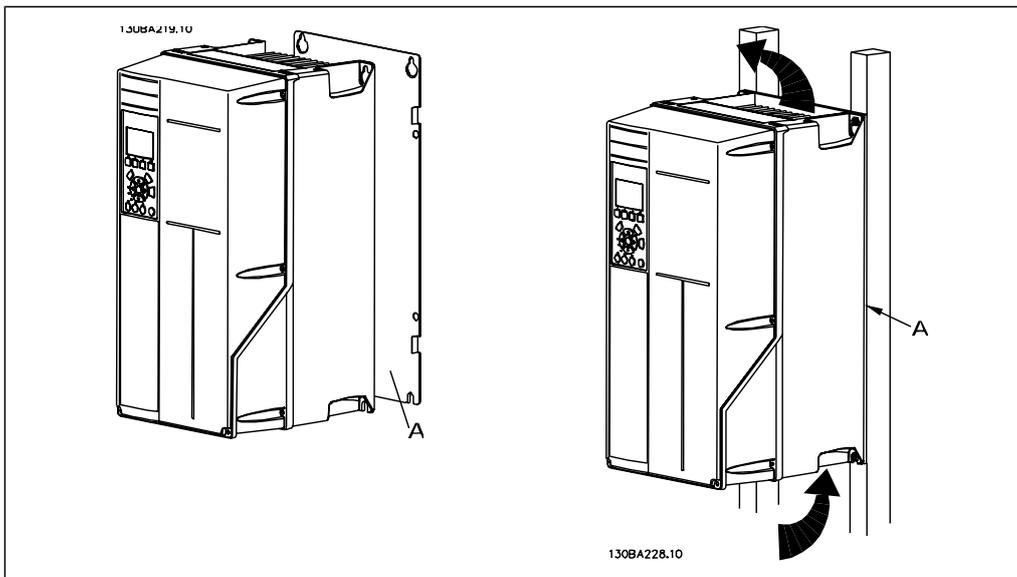
5

## 5.1.2. Mechanische Installation

1. Sehen Sie die Befestigung gemäß den Angaben zu den Montagelöchern vor.
2. Verwenden Sie geeignete Schrauben für die Oberfläche, auf der der Frequenzumrichter montiert wird. Achten Sie auf ebene Auflage des Kühlkörpers und ziehen Sie alle vier Schrauben gut an.

Der Frequenzumrichter kann direkt nebeneinander (ohne Zwischenraum) montiert werden. Für ausreichende Luftzirkulation zur Kühlung müssen jedoch über und unter dem Frequenzumrichter mindestens ca. 100 mm Platz gehalten werden.

Die Rückwand muss stabil sein.



## 5.1.3. Sicherheitshinweise für mechanische Installation



Beachten Sie die für Einbau und Montage vor Ort geltenden nationalen und regionalen Anforderungen. Diese sind zur Vermeidung von schweren Personen- und Sachschäden einzuhalten.

Der Frequenzumrichter ist luftgekühlt.

Zum Schutz des Geräts vor Überhitzung muss sichergestellt sein, dass die Umgebungstemperatur *nicht die für den Frequenzumrichter angegebene Maximaltemperatur übersteigt* und auch die 24-Std.-Durchschnittstemperatur *nicht überschritten wird*. Die maximale Temperatur und der 24-Stunden-Durchschnitt sind im Abschnitt *Besondere Betriebsbedingungen* angegeben.

Liegt die max. Umgebungstemperatur oberhalb von 45 °C - 55 °C, muss eine Leistungsreduzierung für den Betrieb des Frequenzumrichters vorgesehen werden.

Die Lebensdauer eines Frequenzumrichters ist deutlich geringer, wenn dieser bei hohen Umgebungstemperaturen betrieben wird.

## 5.1.4. Montage vor Ort

Zur Montage der Geräte vor Ort in der Anlage/an der Maschine werden die IP21/NEMA 1-Gehäuseseabdeckungen oder Geräte in Schutzart IP54/55 (in Vorbereitung) empfohlen.

## 5.2. Elektrische Installation

### 5.2.1. Allgemeiner Hinweis zu Kabeln


**ACHTUNG!**

Allgemeiner Hinweis zu Kabeln

Befolgen Sie stets die nationalen und örtlichen Vorschriften zum Kabelquerschnitt.

#### Anzugsmomente der Anschlussklemmen

Gehäuse	Leistung (kW)			Drehmoment (Nm)					
	200-240 V	380-480 V	525-600 V	Netz	Motor	Gleichstromverbindung	Bremse	Erde	Relais
A2	1,1 - 3,0	1.1 - 4.0	1.1 - 4.0	1.8	1.8	1.8	1.8	3	0.6
A3	3.7	5.5 - 7.5	5.5 - 7.5	1.8	1.8	1.8	1.8	3	0.6
A5	1.1 - 3.7	1.1 - 7.5	1.1 - 7.5	1.8	1.8	1.8	1.8	3	0.6
B1	5.5 - 11	11 - 18.5	-	1.8	1.8	1.5	1.5	3	0.6
B2	-	22	-	2.5	2.5	3.7	3.7	3	0.6
	15	30	-	4.5	4.5	3.7	3.7	3	0.6
C1	18.5 - 30	37 - 55	-	10	10	10	10	3	0.6
C2	37	75	-	14	14	14	14	3	0.6
	45	90	-	24	24	14	14	3	0.6

Tabelle 5.1: Anzugsmomente für Klemmen

### 5.2.2. Ausbrechen von zusätzlichen Öffnungen für Kabeldurchführungen

1. Entfernen Sie die Kabeleinführung vom Frequenzumrichter (es dürfen beim Öffnen der Aussparungen keine Fremdkörper in den Frequenzumrichter gelangen).
2. Die Kabeleinführung muss rund um die zu öffnende Aussparung abgestützt werden.
3. Die Aussparung kann nun mit einem starken Dorn und Hammer ausgeschlagen werden.
4. Das Loch entgraten.
5. Kabeldurchführung wieder am Frequenzumrichter befestigen.

### 5.2.3. Netzanschluss und Erdung


**ACHTUNG!**

Die Leistungsanschlüsse sind steckbar.

1. Stellen Sie sicher, dass der Frequenzumrichter korrekt geerdet ist. Schließen Sie ihn immer an den Erdanschluss an (Klemme 95). Benutzen Sie hierzu die passende Schraube aus dem mitgelieferten Montagezubehör.

2. Stecken Sie den Netzanschlussstecker 91, 92, 93 aus dem Montagezubehör auf die Klemmen mit der Bezeichnung MAINS unten am Frequenzumrichter.
3. Schließen Sie die Netzphasen an den mitgelieferten Netzanschlussstecker an.



Der Querschnitt des Erdungskabels muss mindestens 10 mm<sup>2</sup> betragen, oder es müssen zwei getrennt verlegte und gemäß EN 50178 angeschlossene Erdleitungen verwendet werden.

Bei Varianten mit Hauptschalter ist dieser auf der Netzseite vorverdrahtet.

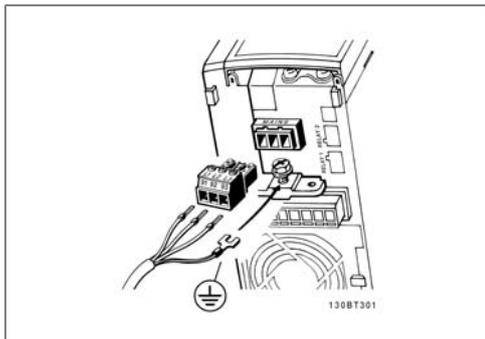


Abbildung 5.1: Netzanschluss und Erdung (A2- und A3-Gehäuse).

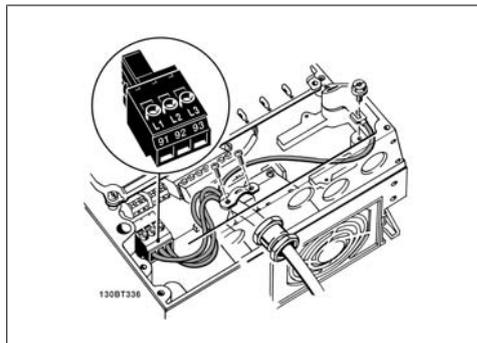


Abbildung 5.2: Netzanschluss und Erdung mit Hauptschalter (A5-Gehäuse).

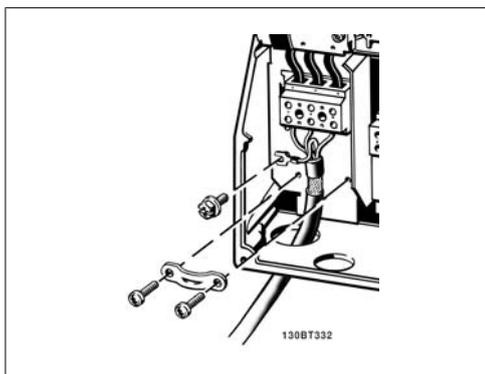


Abbildung 5.3: Netzanschluss und Erdung (B1- und B2-Gehäuse).

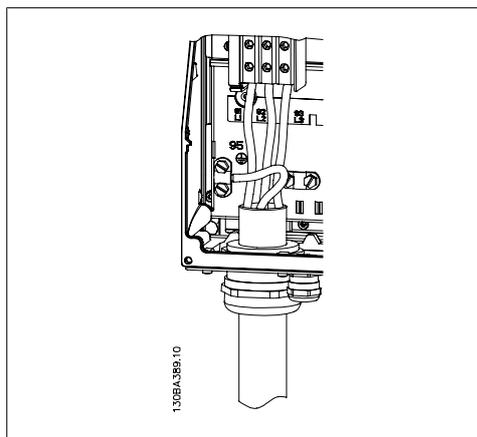


Abbildung 5.4: Netzanschluss und Erdung (C1- und C2-Gehäuse).



#### ACHTUNG!

Prüfen Sie, ob die Netzspannung der auf dem Frequenzumrichter-Typenschild angegebenen Netzspannung entspricht.



#### IT-Netze

Schließen Sie 400-V-Frequenzumrichter mit EMV-Filtern nicht an ein Stromnetz mit einer Spannung zwischen Phase und Erde von mehr als 440 V an.

Bei IT-Netzen und Dreieck-Erde-Netzen (geerdeter Zweig) darf die Netzspannung 440 V zwischen Phase und Erde überschreiten.

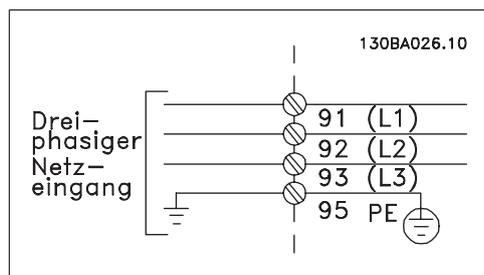


Abbildung 5.5: Klemmen für Netz- und Erdanschluss

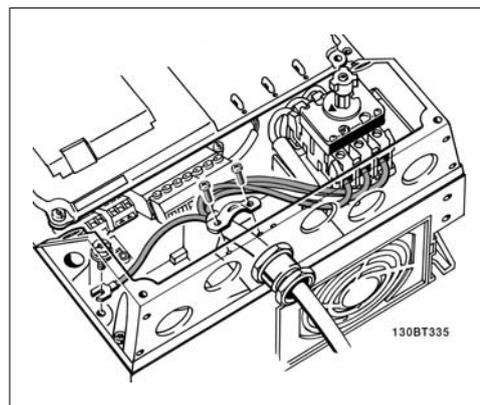


Abbildung 5.6: Netzanschluss und Erdung mit Trennschalter (A5-Gehäuse)

**5**

## 5.2.4. Motoranschluss



### ACHTUNG!

Das Motorkabel muss abgeschirmt sein. Bei Verwendung eines nicht abgeschirmten Kabels sind einige EMV-Anforderungen nicht erfüllt. Nähere Informationen siehe *EMV-Spezifikationen*.

1. Montieren Sie das Abschirmblech unten am Frequenzumrichter mit den Schrauben und Unterlegscheiben aus dem Montagezubehör.

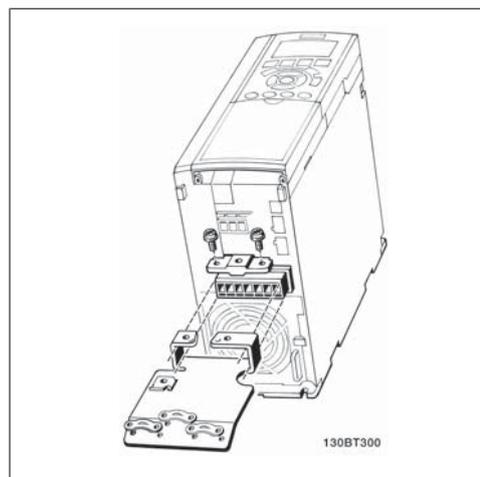


Abbildung 5.7: Montage des Abschirmblechs

2. Schließen Sie die drei Phasen des Motorkabels an den Klemmen 96 (U), 97 (V), 98 (W) an.
3. Schließen Sie den PE-Leiter mit der passenden Schraube aus dem Zubehör an Klemme 99 auf dem Abschirmblech an.
4. Stecken Sie den Motor-Anschlussstecker auf die Klemmen mit der Bezeichnung MOTOR.
5. Befestigen Sie das abgeschirmte Kabel mit Schrauben und Unterlegscheiben aus dem Montagezubehör am Abschirmblech.

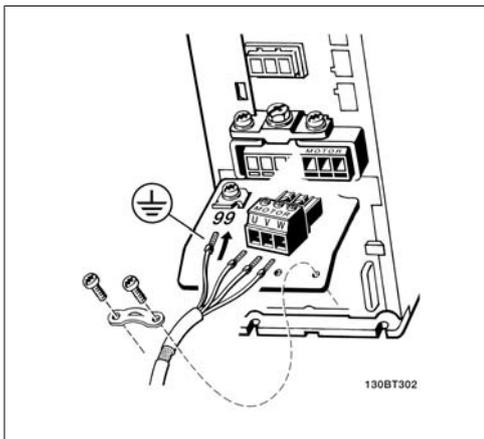


Abbildung 5.8: Motoranschluss für Gehäuse A2 und A3

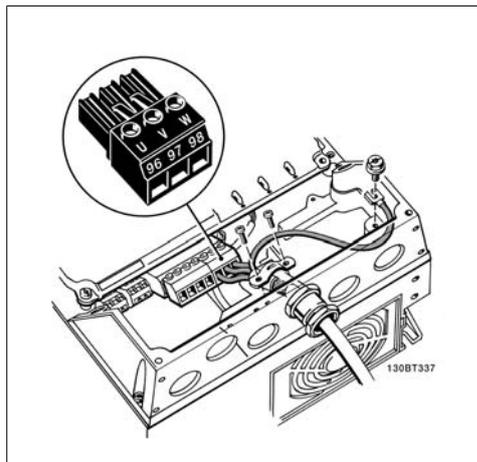


Abbildung 5.9: Motoranschluss für Gehäuse A5

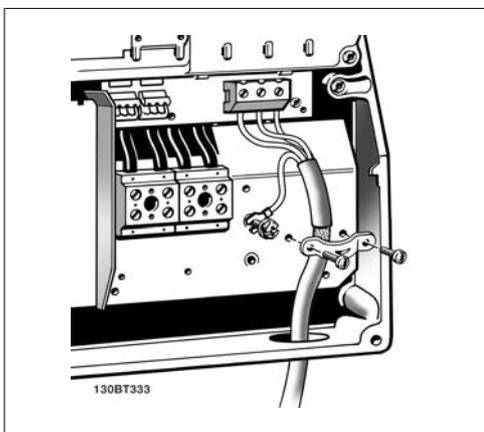


Abbildung 5.10: Motoranschluss für Gehäuse B1 und B2

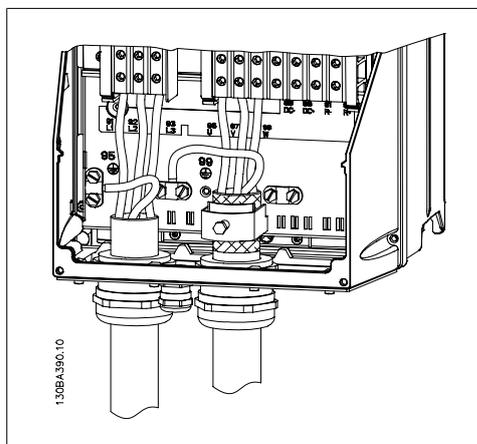
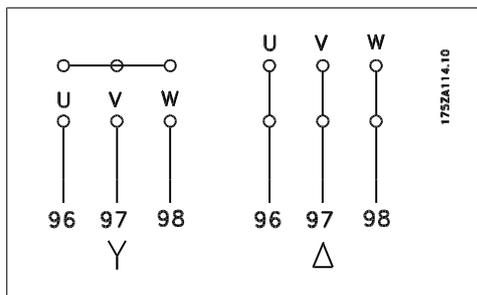


Abbildung 5.11: Motoranschluss für Gehäuse C1 und C2

Alle dreiphasigen Standard-Asynchronmotoren können an den Frequenzrichter angeschlossen werden. Normalerweise wird für kleine Motoren eine Sternschaltung (230/400 V, D/Y) und für große Motoren Dreieckschaltung verwendet (400/600 V, D/Y). Schaltungsart (Stern/Dreieck) und Anschlussspannung sind auf dem Motor-Typenschild angegeben.



**ACHTUNG!** Bei Motoren ohne Phasentrennpapier oder eine geeignete Isolation, welche für den Betrieb an einem Zwischenkreisrichter benötigt wird, muss ein LC-Filter am Ausgang des Frequenzrichters vorgesehen werden.

Nein	96	97	98	Motorspannung 0-100 % der Netzspannung. (Anschlussklemmen am FC 200)
	U	V	W	
	U1	V1	W1	Dreieckschaltung (Anschlussklemmen am Motor)
	W2	U2	V2	
	U1	V1	W1	Sternschaltung (Anschlussklemmen am Motor) U2, V2, W2 sind miteinander zu verbinden (optionaler Klemmenblock)
Nein	99			Erdanschluss
	PE			

### 5.2.5. Motorkabel

Hinweise zu korrekten Maßen von Motorkabelquerschnitt und -länge finden Sie im Kapitel *Allgemeine technische Daten*.

- Benutzen Sie ein abgeschirmtes Motorkabel, um die Anforderungen der EMV-Richtlinie einzuhalten.
- Das Motorkabel muss möglichst kurz sein, um Störungen und Ableitströme auf ein Minimum zu beschränken.
- Schließen Sie den Motorkabelschirm am Schirmblech des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Motors an (z. B. EMV-Verschraubungen).
- Stellen Sie die Schirmungsverbindungen mit einer möglichst großen Kontaktfläche (Schirmbügel) her. Dies kann unter Verwendung des im Lieferumfang des Frequenzumrichters enthaltenen Zubehörs erfolgen.
- Vermeiden Sie verdrehte Schirmenden („Pigtails“), die hochfrequent nicht ausreichend wirksam sind.
- Wenn der Kabelschirm unterbrochen werden muss (z. B. um ein Motorschütz oder einen Reparaturschalter zu installieren), muss die Abschirmung hinter der Unterbrechung mit der geringstmöglichen HF-Impedanz fortgeführt werden.

### 5.2.6. Elektrische Installation von Motorkabeln

#### Abschirmung von Kabeln

Vermeiden Sie verdrehte Schirmenden (Pigtails), die hochfrequent nicht ausreichend wirksam sind. Wenn der Kabelschirm unterbrochen werden muss (z. B. um ein Motorschütz oder einen Reparaturschalter zu installieren), muss die Abschirmung an der Unterbrechung mit der geringstmöglichen HF-Impedanz fortgeführt werden (großflächige Schirmauflage).

#### 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.

#### Taktfrequenz

Wenn der Frequenzumrichter zusammen mit einem Sinusfilter verwendet wird, um z. B. die Störgeräusche des Motors zu reduzieren, muss die Taktfrequenz in *Parameter 14-01* entsprechend der Angabe zu dem verwendeten Sinusfilter eingestellt werden.

#### Aluminiumleiter

Von Aluminiumleitern ist abzuraten. Die Klemmen können zwar Aluminiumleiter aufnehmen, aber die Leiteroberfläche muss sauber sein, und Oxidation muss zuvor entfernt und durch neutrales, säurefreies Vaselinefett zukünftig verhindert werden.

Außerdem muss die Klemmschraube wegen der Weichheit des Aluminiums nach zwei Tagen nachgezogen werden. Es ist wichtig, dass der Anschluss gasdicht eingefettet ist, um erneute Oxidation zu verhindern.

## 5.2.7. Sicherungen

### Abzweigschutz

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

### Kurzschluss- Schutz

Der Frequenzumrichter muss gegen Kurzschluss abgesichert werden, um elektrische Gefahren und ein Brandrisiko zu vermeiden. Danfoss empfiehlt die in Tabelle 4.3 und 4.4 aufgeführten Sicherungen, um das Bedienpersonal und die Installation im Fall einer internen Funktionsstörung im Frequenzumrichter zu schützen. Der Frequenzumrichter selbst gewährleistet einen vollständigen Kurzschlusschutz am Motorausgang.

### Überstromschutz

Für einen Überlastschutz ist zu sorgen, um eine Brandgefahr wegen Überhitzung der Kabel in der Anlage auszuschließen. Überstromschutz muss stets gemäß den nationalen Vorschriften ausgeführt werden. Der Frequenzumrichter verfügt über einen internen Überstromschutz, der als Überlastschutz zwischen FC und Motor benutzt werden kann (nicht UL/cUL zugelassen). Siehe *VLT® HVAC Drive Programmierhandbuch, Par. 4-18*. Die Sicherungen müssen für einen Kurzschlussstrom von max. 100.000 A<sub>RMS</sub> (symmetrisch) bei max. 500 V/600 V ausgelegt sein.

### Keine UL-Konformität

Wenn keine Übereinstimmung mit der UL/cUL-Zulassung bestehen muss, empfiehlt Danfoss die Wahl der Sicherungen in Tabelle 4.2, um Konformität mit EN 50178 sicherzustellen:  
Im Fall einer Fehlfunktion kann die Nichtbeachtung der Empfehlung zu vermeidbaren Schäden am Frequenzumrichter führen.

VLT HVAC	Max. Sicherungsgröße	Nennspannung	Typ
<b>200-240 V</b>			
K25-K75	10 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
1K1-1K5	16 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
2K2	25 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
3K0	25 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
3K7	35 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
5K5	50 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
7K5	63 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
11K	63 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
15K	80 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
18K5	125 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
22K	125 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
30K	160 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ gG
37K	200 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ aR
45K	250 A <sup>1</sup>	200-240 V	Typ aR
<b>380-500 V</b>			
K37-1K5	10 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
2K2-3K0	16 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
4K0-5K5	25 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
7K5	35 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
11K-15K	63 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
18K	63 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
22K	63 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
30K	80 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
37K	100 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
45K	125 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
55K	160 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ gG
75K	250 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ aR
90K	250 A <sup>1</sup>	380-500 V	Typ aR

Tabelle 5.2: Nicht UL-konforme Sicherungen, 200 V bis 500 V

1) Max. Sicherungen - siehe nationale/internationale Vorschriften zur Auswahl einer geeigneten Sicherungsgröße.

### UL-Konformität

VLT HVAC	Bussmann	Bussmann	Bussmann	SIBA	Littel Fuse	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut
<b>200-240 V</b>							
kW	Typ RK1	Typ J	Typ T	Typ RK1	Typ RK1	Typ CC	Typ RK1
K25-K37	KTN-R05	JKS-05	JJN-05	5017906-005	KLN-R005	ATM-R05	A2K-05R
K55-1K1	KTN-R10	JKS-10	JJN-10	5017906-010	KLN-R10	ATM-R10	A2K-10R
1K5	KTN-R15	JKS-15	JJN-15	5017906-015	KLN-R15	ATM-R15	A2K-15R
2K2	KTN-R20	JKS-20	JJN-20	5012406-020	KLN-R20	ATM-R20	A2K-20R
3K0	KTN-R25	JKS-25	JJN-25	5012406-025	KLN-R25	ATM-R25	A2K-25R
3K7	KTN-R30	JKS-30	JJN-30	5012406-030	KLN-R30	ATM-R30	A2K-30R
5K5	KTN-R50	JKS-50	JJN-50	5012406-050	KLN-R50	-	A2K-50R
7K5	KTN-R50	JKS-60	JJN-60	5012406-050	KLN-R60	-	A2K-50R
11K	KTN-R60	JKS-60	JJN-60	5014006-063	KLN-R60	A2K-60R	A2K-60R
15K	KTN-R80	JKS-80	JJN-80	5014006-080	KLN-R80	A2K-80R	A2K-80R
18K5	KTN-R125	JKS-150	JJN-125	2028220-125	KLN-R125	A2K-125R	A2K-125R
22K	KTN-R125	JKS-150	JJN-125	2028220-125	KLN-R125	A2K-125R	A2K-125R
30K	FWX-150	-	-	2028220-150	L25S-150	A25X-150	A25X-150
37K	FWX-200	-	-	2028220-200	L25S-200	A25X-200	A25X-200
45K	FWX-250	-	-	2028220-250	L25S-250	A25X-250	A25X-250

Tabelle 5.3: UL-Sicherungen 200-240 V

VLT HVAC	Bussmann	Bussmann	Bussmann	SIBA	Littel Fuse	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut
<b>380-500 V, 525-600</b>							
kW	Typ RK1	Typ J	Typ T	Typ RK1	Typ RK1	Typ CC	Typ RK1
K37-1K1	KTS-R6	JKS-6	JJS-6	5017906-006	KLS-R6	ATM-R6	A6K-6R
1K5-2K2	KTS-R10	JKS-10	JJS-10	5017906-010	KLS-R10	ATM-R10	A6K-10R
3K0	KTS-R15	JKS-15	JJS-15	5017906-016	KLS-R16	ATM-R16	A6K-16R
4K0	KTS-R20	JKS-20	JJS-20	5017906-020	KLS-R20	ATM-R20	A6K-20R
5K5	KTS-R25	JKS-25	JJS-25	5017906-025	KLS-R25	ATM-R25	A6K-25R
7K5	KTS-R30	JKS-30	JJS-30	5012406-032	KLS-R30	ATM-R30	A6K-30R
11K	KTS-R40	JKS-40	JJS-40	5014006-040	KLS-R40	-	A6K-40R
15K	KTS-R40	JKS-40	JJS-40	5014006-040	KLS-R40	-	A6K-40R
18K	KTS-R50	JKS-50	JJS-50	5014006-050	KLS-R50	-	A6K-50R
22K	KTS-R60	JKS-60	JJS-60	5014006-063	KLS-R60	-	A6K-60R
30K	KTS-R80	JKS-80	JJS-80	2028220-100	KLS-R80	-	A6K-80R
37K	KTS-R100	JKS-100	JJS-100	2028220-125	KLS-R100		A6K-100R
45K	KTS-R125	JKS-150	JJS-150	2028220-125	KLS-R125		A6K-125R
55K	KTS-R150	JKS-150	JJS-150	2028220-160	KLS-R150		A6K-150R
75K	FWH-220	-	-	2028220-200	L50S-225		A50-P225
90K	FWH-250	-	-	2028220-250	L50S-250		A50-P250

Tabelle 5.4: UL-Sicherungen 380-600 V

KTS-Sicherungen von Bussmann können KTN-Sicherungen bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.

FWH-Sicherungen von Bussmann können FWX-Sicherungen bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.

KLSR-Sicherungen von LITTEL FUSE können KLN-R-Sicherungen bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.

L50S-Sicherungen von LITTEL FUSE können L25S-Sicherungen bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.

A6KR-Sicherungen von FERRAZ SHAWMUT können A2KR-Sicherungen bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.

A50X-Sicherungen von FERRAZ SHAWMUT können A25X-Sicherungen bei 240-V-Frequenzumrichtern ersetzen.

## 5.2.8. Zugang zu den Steuerklemmen

Alle Klemmen für die Steuerkabel befinden sich unter der Klemmenabdeckung vorne am Frequenzumrichter. Entfernen Sie diese Klemmenabdeckung mithilfe eines Schraubendrehers (siehe Abbildung).

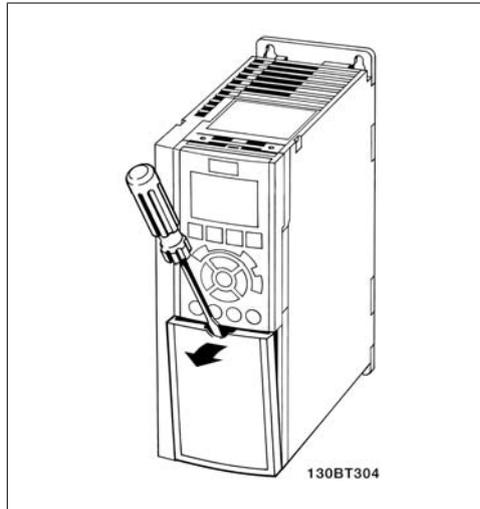


Abbildung 5.12: A1-, A2- und A3-Gehäuse

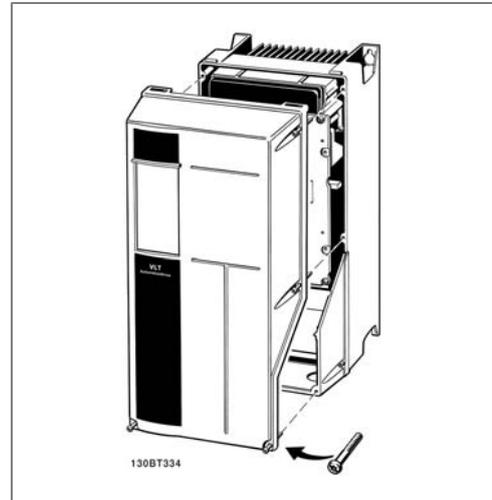


Abbildung 5.13: A5-, B1-, B2, C1- und C2-Gehäuse

## 5.2.9. Steuerklemmen

Logische Aufteilung der Klemmen:

1. 10-poliger Stecker mit digitalen Steuerklemmen.
2. 3-poliger Stecker mit RS-485-Busklemmen.
3. 6-poliger Stecker mit analogen Steuerklemmen.
4. USB-Anschluss.

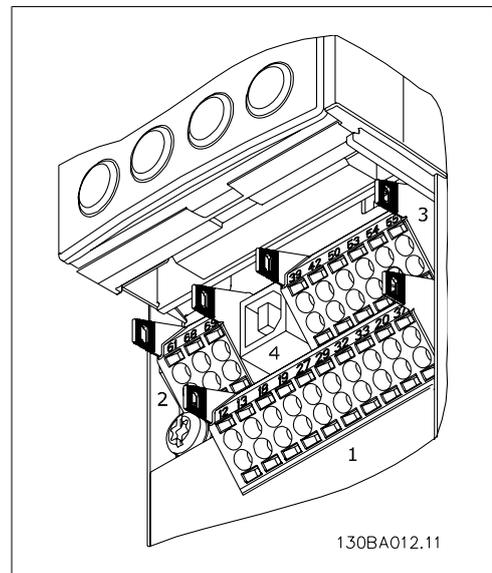


Abbildung 5.14: Steuerklemmen (alle Gehäuse)

## 5.2.10. Elektrische Installation, Steuerklemmen

Das Kabel in der Federzugklemme befestigen:

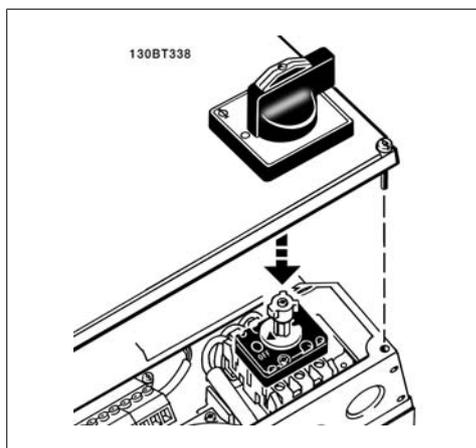
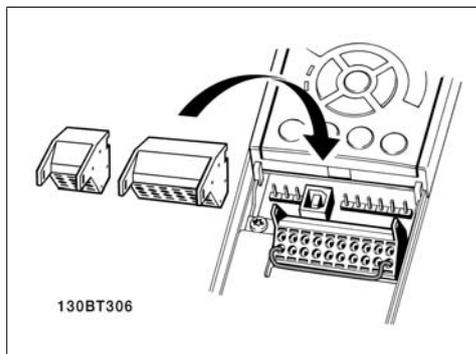
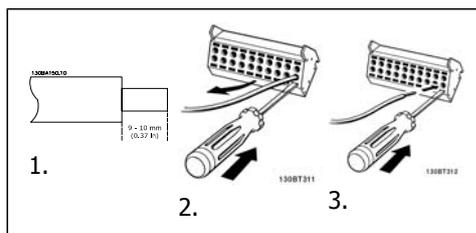
1. Kabel 9-10 mm abisolieren.
2. Führen Sie einen Schraubendreher<sup>1)</sup> in die rechteckige Öffnung ein und öffnen Sie die Klemmfeder.
3. Führen Sie das Kabel in die runde Klemmöffnung ein.
4. Entfernen Sie den Schraubendreher. Das Kabel ist nun in der Klemme befestigt.

Kabel aus der Federzugklemme entfernen:

1. Führen Sie einen Schraubendreher<sup>1)</sup> in die rechteckige Öffnung ein und öffnen Sie die Klemmfeder.
2. Ziehen Sie das Kabel heraus.

<sup>1)</sup> Max. 0,4 x 2,5 mm

Zusammenbau des IP55/NEMA 12-Gehäuses mit Netztrennschalter



## 5.2.11. Einfaches Anschlussbeispiel

1. Stecken Sie die Klemmblöcke aus dem mitgelieferten Montagezubehör auf die zugehörige Stiftleiste des Frequenzumrichters.
2. Verbinden Sie für eine Startfreigabe die Klemmen 18 und 27 mit Klemmen 12/13 (+24 V).

Werkseinstellungen:

18 = Puls-Start

27 = Stopp invers

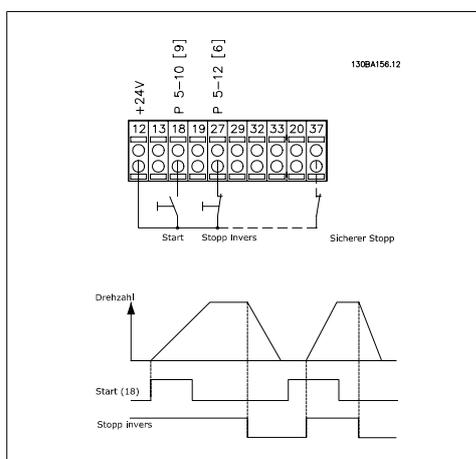


Abbildung 5.15: Klemme 37 ist nur mit Funktion „Sicherer Stopp“ verfügbar!

### 5.2.12. Elektrische Installation, Steuerkabel

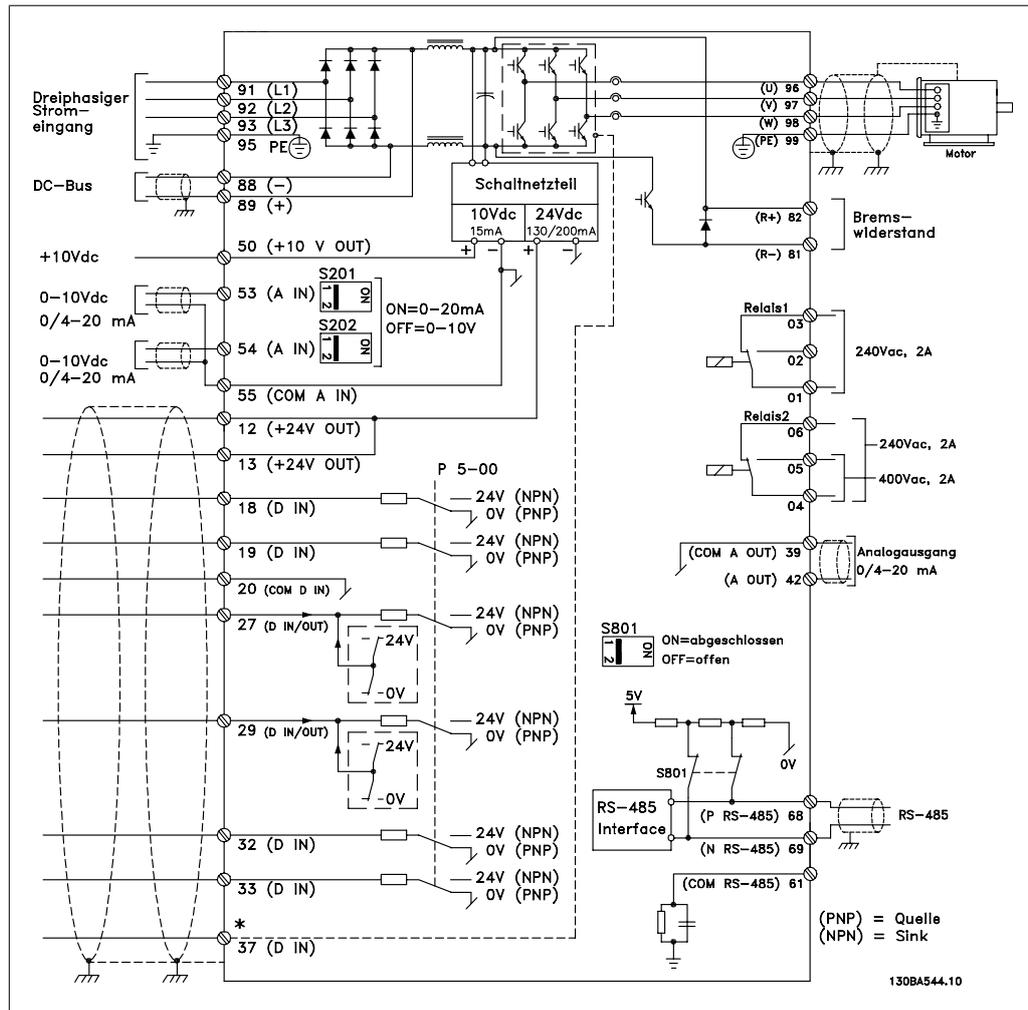


Abbildung 5.16: Klemme 37: Der Eingang „Sicherer Stopp“ ist nur bei Frequenzrichter mit Funktion „Sicherer Stopp“ verfügbar!

Sehr lange Steuerkabel und Analogsignale können in seltenen Fällen und je nach Installation infolge von Störungen von den Netzstromkabeln zu 50/60-Hz-Brummschleifen führen.

In diesem Fall kann man versuchen, ob durch einseitiges Auflegen des Kabelschirms bzw. durch Verbinden des Kabelschirms über einen 100 nF-Kondensator mit Masse eine Besserung herbeigeführt werden kann.

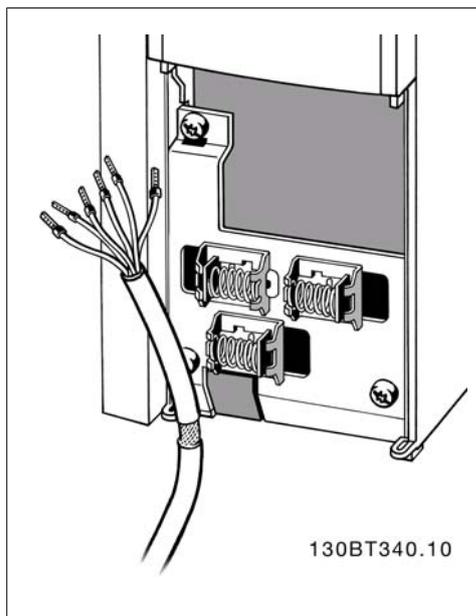
Die Digital- und Analogein- und -ausgänge sollten aufgeteilt nach Signalart an die Bezugspotentiale des VLT HVAC Drive (Klemme 20, 55, 39) angeschlossen werden, um Fehlerströme auf dem Massepotential zu verhindern. Beispielsweise kann das Schalten eines Digitaleingangs das Analogeingangssignal stören.



**ACHTUNG!**  
Steuerkabel müssen abgeschirmt sein.

1. Benutzen Sie einen Bügel aus dem Montagezubehör, um die Abschirmung an das Schirmblech des Frequenzumrichters für Steuerkabel anzuschließen.

Zur richtigen Terminierung von Steuerkabeln siehe Abschnitt *Erdung abgeschirmter Steuerkabel*.



5

### 5.2.13. Schalter S201, S202 und S801

Schalter S201 (A53) und S202 (A54) dienen dazu, die Betriebsart für Strom (0-20 mA) oder Spannung (0 bis 10 V) für die Analogeingänge 53 bzw. 54 auszuwählen.

Schalter S801 (BUS TER.) kann benutzt werden, um für die serielle RS-485-Schnittstelle (Klemmen 68 und 69) die integrierten Busabschlusswiderstände zu aktivieren.

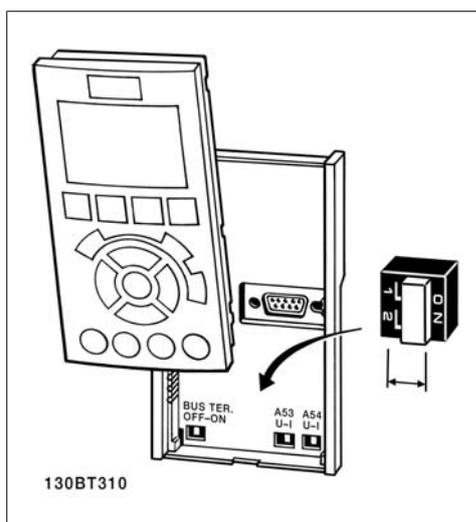
Siehe auch nebenstehendes Diagramm.

Werkseinstellung:

S201 (A53) = AUS (Spannungseingang)

S202 (A54) = AUS (Spannungseingang)

S801 (Busterminierung) = AUS



## 5.3. Erste Inbetriebnahme und Test

### 5.3.1. Erste Inbetriebnahme und Test

Um die Konfiguration zu testen und sicherzustellen, dass der Frequenzumrichter funktioniert, kann folgendermaßen vorgegangen werden (Beispiel Asynchronmotor):

#### 1. Schritt. Überprüfen Sie das Motor-Typenschild.



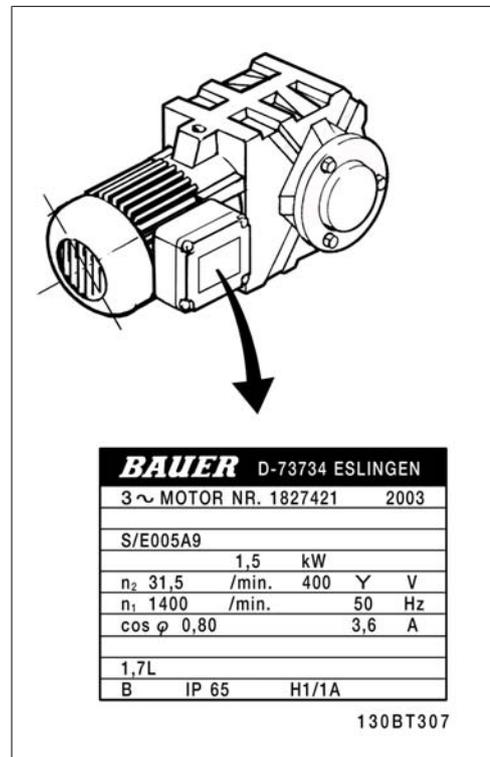
#### ACHTUNG!

Der Motor hat entweder Sternschaltung (Y) oder Dreieckschaltung ( $\Delta$ ). Diese Informationen befinden sich auf dem Typenschild.

#### 2. Schritt. Geben Sie die Motor-Typenschilddaten in der folgenden Reihenfolge in die entsprechenden Parameter ein.

Um diese Liste aufzurufen, drücken Sie erst die Taste [QUICK MENUS] und wählen Sie dann „Q2 Inbetriebnahme-Menü“.

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



#### 3. Schritt. Aktivieren Sie die Automatische Motoranpassung (AMA).

Ausführen einer AMA stellt die optimale Motorleistung sicher. Die AMA misst exakt die elektrischen Ersatzschaltbilddaten des Motors und optimiert dadurch die interne Regelung.

- Schließen Sie Klemme 27 an Klemme 12 an oder stellen Sie Par. 5-12 auf „Ohne Funktion“ (Par. 5-12 [0]) (eventuell nach Durchführung der AMA wieder zurückstellen.)
- Aktivieren Sie die AMA in Par. 1-29.
- Sie können zwischen reduzierter und kompletter AMA wählen. Ist ein LC-Filter vorhanden, darf nur die reduzierte AMA ausgeführt werden. Andernfalls ist das LC-Filter während der AMA zu entfernen.

4. Drücken Sie die [OK]-Taste. Im Display wird „AMA mit [Hand on]-Taste starten“ angezeigt.
5. Drücken Sie die [Hand on]-Taste. Ein Statusbalken stellt den Verlauf der AMA dar.

**AMA-Ausführung vorzeitig abbrechen**

1. Drücken Sie die [OFF]-Taste: Der Frequenzumrichter zeigt einen Alarm, und am Display wird gemeldet, dass die AMA durch den Benutzer abgebrochen wurde.

Erfolgreiche AMA

1. Im Display erscheint „AMA mit [OK]-Taste beenden“.
2. Drücken Sie die [OK]-Taste, um die automatische Motoranpassung abzuschließen.

Fehlgeschlagene AMA

1. Der Frequenzumrichter zeigt einen Alarm an. Eine Beschreibung des Alarms finden Sie im Abschnitt *Fehlersuche und -behebung*.
2. „Wertet “ in [Alarm Log] zeigt die zuletzt vor dem Übergang in den Alarmzustand von der AMA ausgeführte Messsequenz. Diese Nummer zusammen mit der Beschreibung des Alarms hilft Ihnen bei der Fehlersuche. Geben Sie bei der Kontaktaufnahme mit Danfoss unbedingt die Nummer und Beschreibung des Alarms an.



**ACHTUNG!**  
 Häufige Ursache für eine fehlgeschlagene AMA sind falsch eingegebene Motorschilddaten oder auch eine zu große Differenz zwischen Umrichter-/Motor-Nennleistung.

**4. Schritt. Drehzahlgrenze und Rampenzeit einstellen**

Stellen Sie die Grenzwerte für Drehzahl und Rampenzeit gemäß den Anforderungen der Anwendung ein.

Min. Sollwert	Par. 3-02
Max. Sollwert	Par. 3-03

Min. Drehzahl/Frequenz	Par. 4-11 bzw. 4-12
Max. Drehzahl/Frequenz	Par. 4-13 bzw. 4-14

Rampenzeit Auf 1 [s]	Par. 3-41
Rampenzeit Ab 1 [s]	Par. 3-42

## 5.4. Zusätzliche Verbindungen

### 5.4.1. Zwischenkreiskopplung

Die Zwischenkreisklemme wird zur Sicherung der DC-Versorgung verwendet. Dabei wird der Zwischenkreis von einer externen Gleichstromquelle versorgt.

Klemmennummern: 88, 89

Weitere Informationen erhalten Sie bei Danfoss.

### 5.4.2. Anschluss des Bremswiderstands

Das Anschlusskabel des Bremswiderstands muss abgeschirmt sein.

Nr	81	82	Bremswiderstands-
	R-	R	klemmen
		+	



#### ACHTUNG!

Das Bremsen mit Bremswiderstand ist nur mit Sonderzubehör möglich und erfordert besondere Sicherheitsüberlegungen. Weitere Informationen erhalten Sie bei Danfoss.

1. Benutzen Sie Schirmbügel oder EMV-Verschraubungen, um den Kabelschirm am Frequenzumrichter und am Abschirmblech des Bremswiderstands aufzulegen.
2. Der Querschnitt des Bremswiderstandskabels ist entsprechend der Nenndaten des verwendeten Bremswiderstands zu bemessen.



#### ACHTUNG!

Zwischen den Klemmen können Spannungen bis zu 975 V DC (bei 600 V AC) auftreten.



#### ACHTUNG!

Bei einem Kurzschluss in der Brems Elektronik des Frequenzumrichters kann ein eventueller Dauerstrom zum Bremswiderstand nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) verhindert werden. Nur der Frequenzumrichter darf das Schütz steuern.

### 5.4.3. Relaisanschluss

Zum Einstellen der Relaisausgänge siehe Parametergruppe 5-4\* Relais.

Nei	01 - 02	Schließer (normalerweise offen)
n	01 - 03	Öffner (normalerweise geschlossen)
	04 - 05	Schließer (normalerweise offen)
	04 - 06	Öffner (normalerweise geschlossen)

5

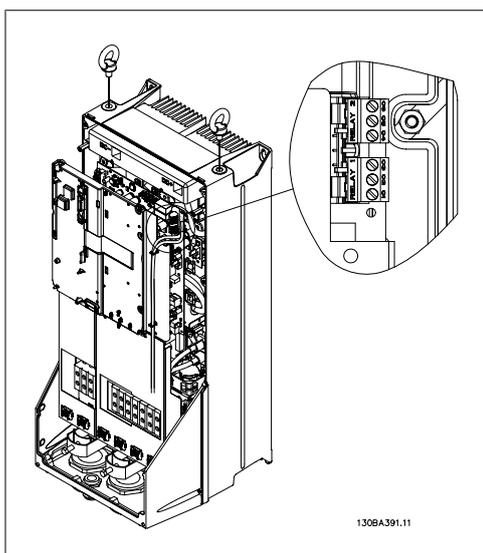
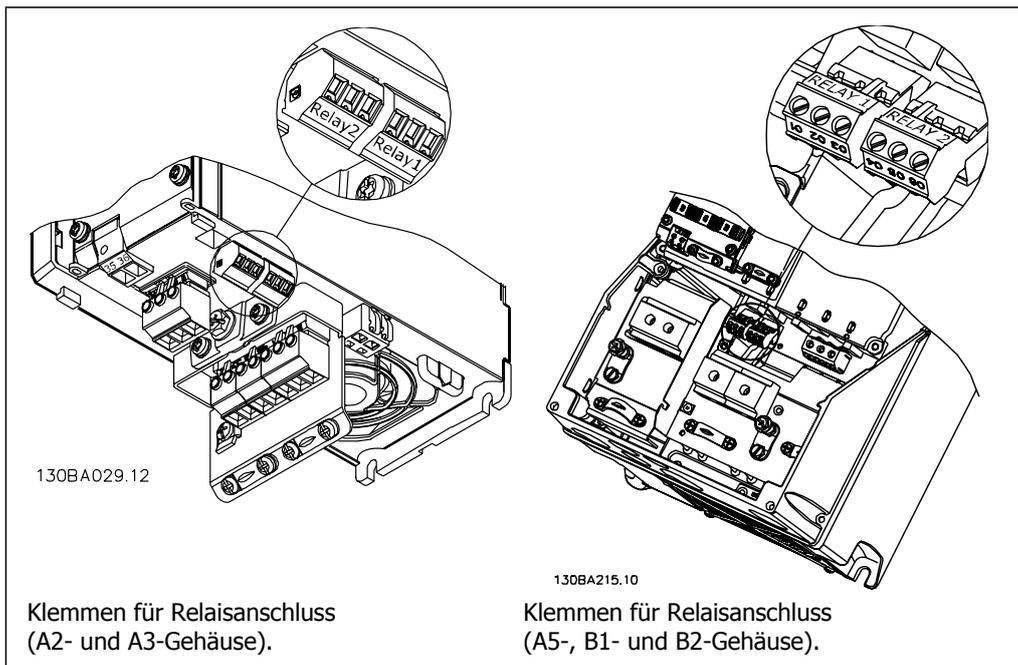


Abbildung 5.17: Klemmen für Relaisanschluss (C1- und C2-Gehäuse).

### 5.4.4. Relaisausgänge

#### Relais 1

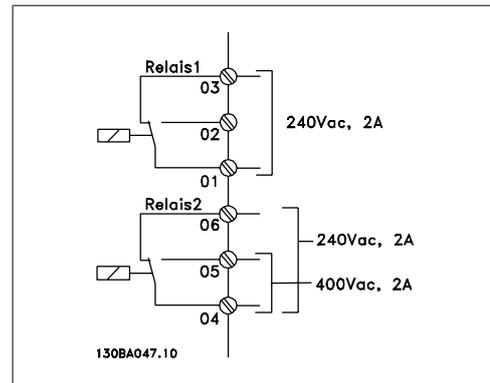
- Klemme 01: gemeinsamer Kontakt
- Klemme 02: 240 VAC (Schließer)
- Klemme 03: 240 VAC (Öffner)

#### Relais 2

- Klemme 04: gemeinsamer Kontakt
- Klemme 05: 400 VAC (Schließer)
- Klemme 06: 240 VAC (Öffner)

Relais 1 und Relais 2 werden in Par. 5-40, 5-41 und 5-42 programmiert.

Zusätzliche Relaisausgänge bietet Optionsmodul MCB 105.


**5**

### 5.4.5. Parallelschaltung von Motoren

Der Frequenzumrichter kann mehrere parallel geschaltete Motoren steuern. Der Gesamtstrom der Motoren darf den maximalen Ausgangsnennstrom  $I_{INV}$  des Frequenzumrichters nicht übersteigen.

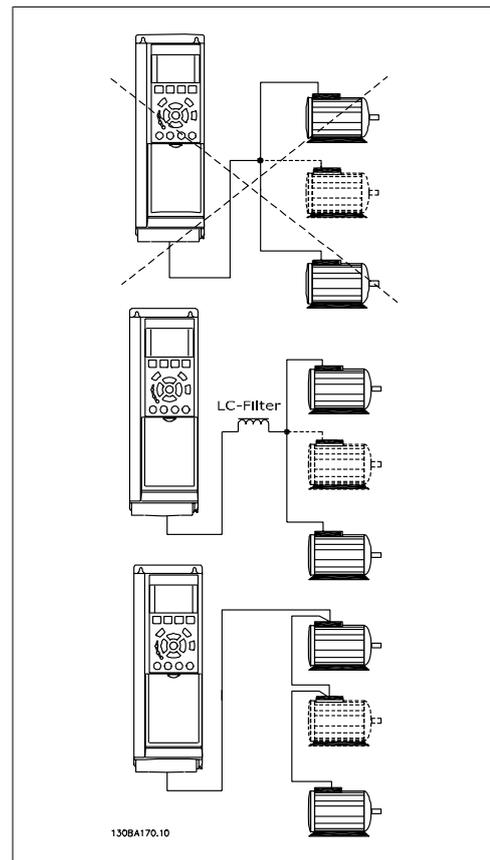


#### ACHTUNG!

Bei parallel geschalteten Motoren kann Par. 1-02 *Automatische Motoranpassung (AMA)* nicht benutzt werden.

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 elektronisch thermische Relais (ETR) des Frequenzumrichters kann bei parallel geschalteten Motoren nicht als Motor-Überlastschutz für die einzelnen Motoren des Systems verwendet werden. Ein zusätzlicher Motorschutz, z. B. Thermistoren in jedem Motor oder einzelne thermische Relais sind deshalb vorzusehen (Motorschutzschalter sind als Schutz nicht geeignet).

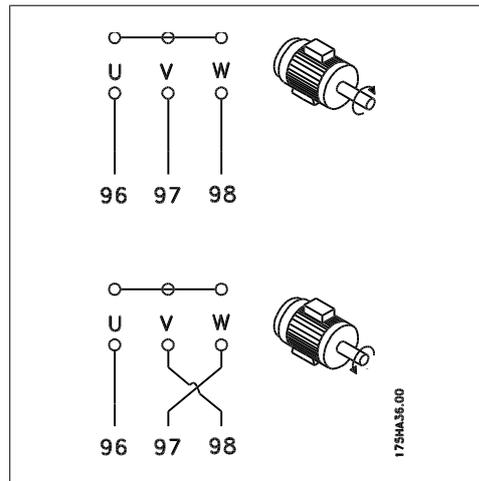


### 5.4.6. Drehrichtung des Motors

In Werkseinstellung wird nach einem Startsignal ein rechtsdrehendes Feld am Ausgang des Frequenzumrichters erzeugt, wenn folgende Reihenfolge eingehalten wird:

Klemme 96 an U-Phase  
 Klemme 97 an V-Phase  
 Klemme 98 an W-Phase

Die Motordrehrichtung kann durch Vertauschen zweier Phasen des Motorkabels umgekehrt werden.



### 5.4.7. Thermischer Motorschutz

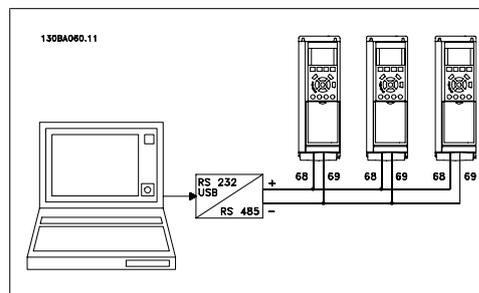
Das elektronisch thermische Relais im Frequenzumrichter hat die UL-Zulassung für Einzelmotorschutz, wenn Par. 1-90 *Thermischer Motorschutz* auf *ETR-Abschaltung* und Par. 1-24 *Motorstrom*,  $I_{M,N}$  auf Motornennstrom (siehe Motor-Typenschild) eingestellt ist.

## 5.5. Installation sonstiger Verbindungen

### 5.5.1. RS 485-Busanschluss

Ein oder mehrere Frequenzumrichter können mittels der seriellen Standardschnittstelle an einen RS485-Master oder über Konverter an einen PC angeschlossen werden. Klemme 68 ist an das P-Signal (TX+, RX+) und Klemme 69 an das N-Signal (TX-, RX-) anzuschließen.

Sollen mehrere Frequenzumrichter angeschlossen werden, sind die Schnittstellen parallel zu verdrahten (RS-485-Bus).



Das Anschlusskabel ist geschirmt auszuführen, wobei der Schirm beidseitig aufzulegen und ein großflächiger Potentialausgleich vorzusehen ist. Zur Vermeidung von Potentialausgleichsströmen über die Abschirmung kann der Kabelschirm über Klemme 61 einseitig geerdet werden (Klemme 61: Intern über RC-Glied mit dem Gehäuse verbunden).

#### Busabschluss

Der RS-485-Bus muss pro Segment an beiden Endpunkten durch ein Widerstandsnetzwerk abgeschlossen werden. Hierzu ist Schalter S801 auf der Steuerkarte auf „ON“ zu stellen. Nähere Informationen finden Sie im Abschnitt *Schalter S201, S202 und S801*.



**ACHTUNG!**  
 Das Kommunikationsprotokoll muss in Par. 8-30 auf FC/MC-Profil eingestellt werden.

## 5.5.2. Einen PC an den FC 100 anschließen

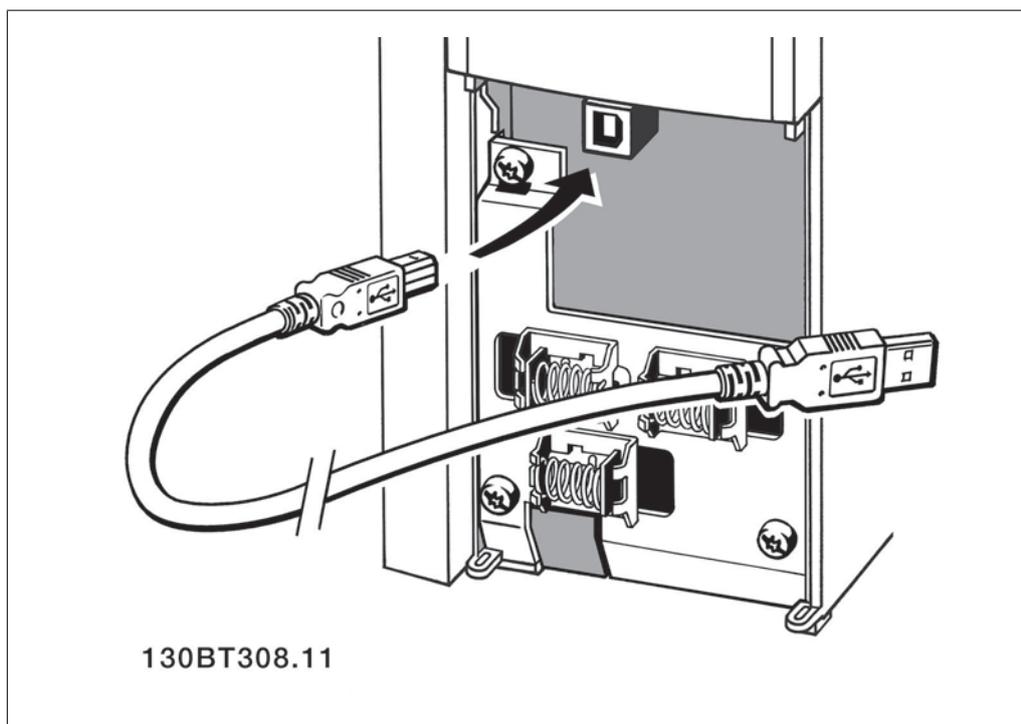
Um den Frequenzumrichter von einem PC aus zu steuern oder zu programmieren, installieren Sie die MCT 10 Software.

Der Laptop kann über ein Standard-USB-Kabel (Host/Gerät) oder über die RS-485-Schnittstelle angeschlossen werden. Siehe hierzu im Projektierungshandbuch des *VLT® HVAC Drive Projektierungshandbuchs* das Kapitel *Installieren > Installation sonstiger Verbindungen*.



### ACHTUNG!

Die USB-Verbindung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt. Die USB-Verbindung ist an Schutz Erde (PE) am Frequenzumrichter angeschlossen. Benutzen Sie nur einen isolierten Laptop als PC-Verbindung zum USB-Anschluss am VLT HVAC Drive.



### PC-Software - MCT 10

Alle Frequenzumrichter sind mit einer seriellen Schnittstelle ausgerüstet. Wir bieten ein PC-Tool für den Datenaustausch zwischen PC und Frequenzumrichter an, die VLT Motion Control Tool MCT 10 Software.

### MCT 10 Software

MCT 10 wurde als anwendungsfreundliches interaktives Tool zur Konfiguration von Parametern in unseren Frequenzumrichtern entwickelt.

Die MCT 10 Software eignet sich für folgende Anwendungen:

- Offline-Planung eines Datenaustauschnetzwerks. MCT 10 enthält eine vollständige Frequenzumrichter-Datenbank.
- Online-Inbetriebnahme von Frequenzumrichtern
- Speichern der Einstellungen aller Frequenzumrichter
- Austauschen eines Frequenzumrichters in einem Netzwerk

- Erweiterung bestehender Netzwerke
- Zukünftig entwickelte Frequenzumrichter werden unterstützt

MCT 10 Software unterstützt Profibus DP-V1 über einen Anschluss gemäß Master-Klasse 2. Sie gestattet das Lesen und Schreiben von Parametern in einem Frequenzumrichter online über das Profibus-Netzwerk. Damit entfällt die Notwendigkeit eines gesonderten Datennetzwerks.

#### Datensicherung im PC:

1. Schließen Sie über den USB-Anschluss einen PC an das Gerät an.
2. Starten Sie die MCT 10 Software.
3. Wählen Sie „Vom Frequenzumrichter lesen“.
4. Wählen Sie im Menü „Datei“ die Option „Speichern unter“, um die Einstellungen auf Ihrem PC zu sichern.

Alle Parameter sind nun gespeichert.

#### Datenübertragung vom PC zum Frequenzumrichter:

1. Schließen Sie über den USB-Anschluss einen PC an das Gerät an.
2. Starten Sie die MCT 10 Software.
3. Wählen Sie im Menü Datei „Öffnen“ - gespeicherte Dateien werden angezeigt.
4. Öffnen Sie die gewünschte Datei.
5. Wählen Sie „Zum Frequenzumrichter schreiben“.

Alle Parameter werden nun zum Frequenzumrichter übertragen.

Ein gesondertes Handbuch für die MCT 10 Software ist verfügbar.

#### MCT 10 Software-Module

Folgende Module sind im Softwarepaket enthalten:

	<b>MCT 10 Software</b> Parameter einstellen Kopieren zu/von Frequenzumrichtern Dokumentation und Ausdruck von Parametereinstellungen einschl. Diagramme
	<b>Erw. Benutzerschnittstelle</b> Vorbeugendes Wartungsprogramm Uhreinstellungen Programmierung über Zeitgeber Konfiguration des Smart Logic Controller

#### Bestellnummer:

Bestellen Sie Ihre CD mit der MCT 10-Software mit der Bestellnummer 130B1000.

MCT 10 ist ebenfalls per Download aus dem Danfoss-Internet erhältlich: [www.danfoss.de](http://www.danfoss.de), Geschäftsbereich: Antriebstechnik.

**MCT 31**

Das MCT 31 PC-Tool zur Oberwellenberechnung ermöglicht leichtes Einschätzen der Oberwellenverzerrung in einer bestimmten Anwendung. Berechnet werden können sowohl die Oberwellenverzerrung von Danfoss-Frequenzumrichtern als auch von Frequenzumrichtern von Fremdherstellern mit anderen zusätzlichen Geräten zur Oberwellenreduzierung, wie z. B. Danfoss AHF-Filter und 12-18-Pulsleichrichter.

**Bestellnummer:**

Bestellen Sie Ihre CD mit dem MCT 31 PC-Tool mit der Bestellnummer 130B1031.

MCT 31 ist ebenfalls per Download aus dem Danfoss-Internet erhältlich: [www.danfoss.de](http://www.danfoss.de), Geschäftsbereich: Antriebstechnik

## 5.6. Sicherheit

### 5.6.1. Hochspannungsprüfung

Eine Hochspannungsprüfung 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 zwischen dieser Verbindung und der Masse erfolgen.

**ACHTUNG!**

Wird ein Hochspannungstest mit einer höheren Spannung als der oben angegebenen 2,15 kV DC durchgeführt (beispielsweise Test der gesamten Anlage), so sind Netz- und Motoranschluss vom Frequenzumrichter abzuklemmen!

### 5.6.2. Schutzerdung

Der Frequenzumrichter weist hohe Ableitströme auf und ist deshalb aus Sicherheitsgründen gemäß EN 50178 zu erden.



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.

## 5.7. EMV-gerechte Installation

### 5.7.1. Elektrische Installation -

Nachstehend sind Hinweise für eine EMV-gemäße 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, darf von diesen Richtlinien abgewichen werden. Siehe auch Abschnitte *CE-Kennzeichnung*, *Allgemeine Aspekte der EMV-Emission* und *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



## 5.7.2. Verwendung EMV-gemäßer Kabel

Um die EMV-Immunität der Steuerkabel und die EMV-Emission von den Motorkabeln zu optimieren, empfiehlt sich die Verwendung umflochtener abgeschirmter Kabel.

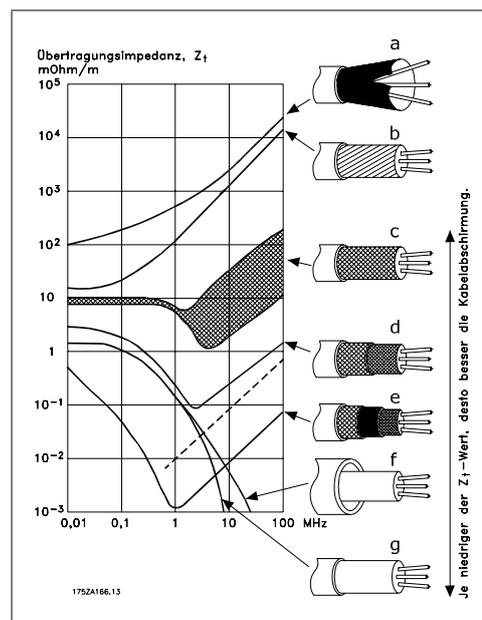
Die Fähigkeit eines Kabels, ein- und ausstrahlende elektrische Störstrahlung zu reduzieren, hängt von der Übertragungsimpedanz ( $Z_T$ ) ab. Die Abschirmung von Kabeln ist normalerweise darauf ausgelegt, die Übertragung elektrischer Störgeräusche zu mindern, wobei allerdings Abschirmungen mit niedrigerem ( $Z_T$ ) wirksamer sind als Abschirmungen mit höherem ( $Z_T$ ).

Die Übertragungsimpedanz ( $Z_T$ ) wird von den Kabelherstellern selten angegeben. Durch Sichtprüfung und Beurteilung der mechanischen Eigenschaften des Kabels lässt sich die Übertragungsimpedanz ( $Z_T$ ) jedoch einigermaßen abschätzen.

**Die Übertragungsimpedanz ( $Z_T$ ) kann aufgrund folgender Faktoren beurteilt werden:**

- Leitfähigkeit des Abschirmmaterials
- Kontaktwiderstand zwischen den Leitern des Abschirmmaterials
- Schirmdeckung, d. h. die physische Fläche des Kabels, die durch den Schirm abgedeckt ist (häufig in Prozent angegeben)
- Art der Abschirmung (geflochten oder verdreht)

- a. Aluminium-Ummantelung mit Kupferdraht<sup>1</sup>
- b. Verdrehter Kupferdraht oder abgeschirmtes Stahldrahtkabel<sup>1</sup>
- c. Einlagiges Kupferdrahtgeflecht mit prozentual schwankender Schirmabdeckung (Mindestanforderung)<sup>1</sup>
- d. Zweilagiges Kupferdrahtgeflecht<sup>1</sup>
- e. Zweilagiges Kupferdrahtgeflecht mit magnetischer, abgeschirmter Zwischenlage<sup>1</sup>
- f. In Kupfer- oder Stahlrohr geführtes Kabel<sup>1</sup>
- g. Bleikabel mit 1,1 mm Wandstärke<sup>1</sup>

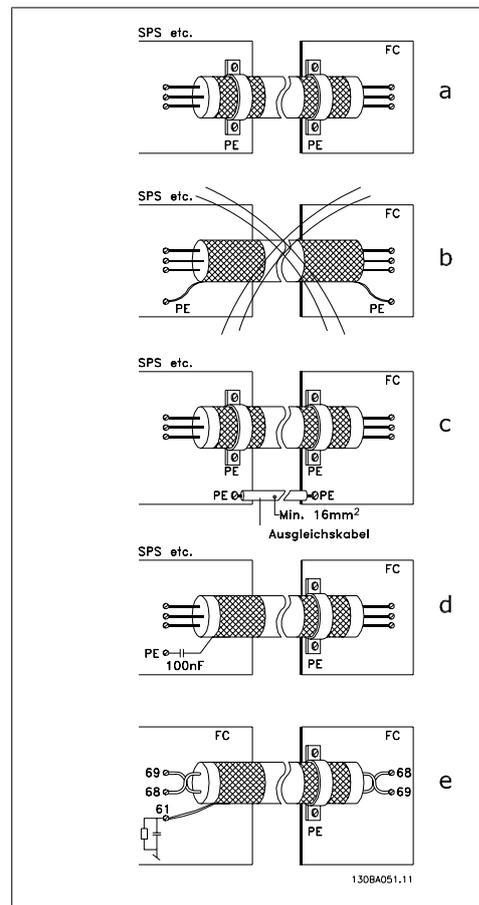


### 5.7.3. Erdung abgeschirmter Steuerkabel

Generell müssen Steuerkabel abgeschirmt und die Abschirmung beidseitig über Kabelbügel mit dem Metallgehäuse des Gerätes verbunden sein.

Die folgende Zeichnung zeigt, wie eine korrekte Erdung auszuführen ist, und was in Zweifelsfällen getan werden kann.

- a. Richtiges Erden**  
Steuerkabel und Kabel der seriellen Kommunikationsschnittstelle beidseitig mit Kabelbügeln montieren, um bestmöglichen elektrischen Kontakt zu gewährleisten (FC und SPS haben dasselbe Erdpotential).<sup>1</sup>
- b. Falsche Erdung**  
Keine verdrehten Abschirmlitzen (Pigtails) verwenden. Sie erhöhen die Impedanz bei hohen Frequenzen.<sup>1</sup>
- c. Potentialausgleich zwischen SPS und VLT**  
Besteht zwischen dem Frequenzumrichter und der SPS (usw.) ein unterschiedliches Erdpotential, können Ausgleichsströme auftreten, die das gesamte System stören. Das Problem kann durch Anbringen eines Ausgleichskabels gelöst werden, das parallel zum Steuerkabel verlegt wird. Minimaler Querschnitt des Kabels: 16 mm<sup>2</sup>.<sup>1</sup>
- d. Bei 50/60-Hz-Brummschleifen**  
Bei Verwendung sehr langer Steuerkabel können 50/60-Hz-Brummschleifen auftreten. Beheben Sie dieses Problem durch Anschluss eines Schirmendes an Erde über einen 100-nF-Kondensator (mit möglichst kurzen Leitungen).<sup>1</sup>
- e. Kabel für serielle Kommunikation**  
Niederfrequente Störströme zwischen zwei Frequenzumrichtern können eliminiert werden, indem das eine Ende der Abschirmung mit Klemme 61 verbunden wird. Diese Klemme ist intern über ein RC-Glied mit Erde verbunden. Verwenden Sie verdrehte Leiter (Twisted Pair), um die zwischen den Leitern eingestrahlten Störungen zu reduzieren.<sup>1</sup>



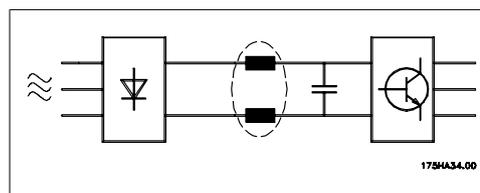
## 5.8. Netzstörung/Oberwellen

### 5.8.1. Netzurückwirkungen/Netzoberwellen

Frequenzrichter nehmen vom Netz einen nicht sinusförmigen Strom auf, der den Eingangsstrom  $I_{RMS}$  erhöht. Nicht sinusförmige Ströme werden mithilfe einer Fourier-Analyse in Sinusströme verschiedener Frequenz (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

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



#### ACHTUNG!

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

Oberwellenströme verglichen mit dem RMS-Eingangsstrom:

	Eingangsstrom
$I_{RMS}$	1.0
$I_1$	0.9
$I_5$	0.4
$I_7$	0.2
$I_{11-49}$	< 0,1

Um die Netzurückwirkung gering zu halten, sind Danfoss Frequenzrichter bereits serienmäßig mit Drosseln im Zwischenkreis ausgestattet. Diese reduzieren normalerweise den Eingangsstrom  $I_{RMS}$  typischerweise um 40 %.

Die resultierende Spannungsverzerrung durch Oberwellen in der Netzversorgung hängt von der Höhe der Oberwellenströme multipliziert mit der Impedanz der betreffenden Frequenz ab. Die gesamte Spannungsverzerrung THD wird aus den einzelnen Spannungsüberschwingungen nach folgender Formel berechnet:

$$THD\% = \sqrt{U \frac{2}{5} + U \frac{2}{7} + \dots + U \frac{2}{N}}$$

( $U_N\%$  von  $U$ )

### 5.9.1. Fehlerstromschutzschalter

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

Bei einem Erdschluss kann im Fehlerstrom ein Gleichstromanteil enthalten sein.

Bei Verwendung von FI-Schutzschaltern ist darauf zu achten, dass die örtlichen geltenden Vorschriften eingehalten werden. 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 *Erdableitströme*.

## 6. Anwendungsbeispiele

### 6.1.1. Start/Stop

Klemme 18 = Start/Stop Par. 5-10 [8] *Start*  
 Klemme 27 = Keine Funktion Par. 5-12 [0]  
*Keine Funktion* (Werkseinstellung *Motorfrei-*  
*lauf* (inv.)

Par. 5-10 *Digitaleingang* = *Start*  
 (Werkseinstellung)

Par. 5-12 *Digitaleingang* = *Motorfrei-*  
*lauf* (inv.) (Werkseinstellung)

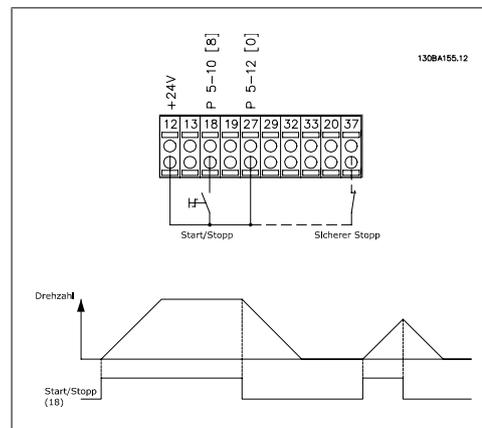


Abbildung 6.1: Klemme 37: Nur mit Funktion „Sicherer Stopp“ verfügbar!

### 6.1.2. Puls Start/Stop

Klemme 18 = Start/Stop Par. 5-10 [9] *Puls-*  
*Start*

Klemme 27 = Stopp Par. 5-12 [6] *Stopp* (*in-*  
*vers*)

Par. 5-10 *Digitaleingang* = *Puls-Start*

Par. 5-12 *Digitaleingang* = *Stopp in-*  
*vers*

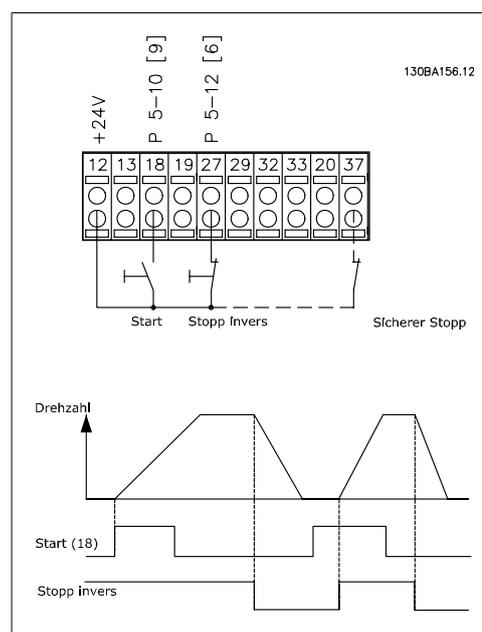


Abbildung 6.2: Klemme 37: Nur mit Funktion „Sicherer Stopp“ verfügbar!

### 6.1.3. Potentiometer Sollwert

Spannungssollwert über ein Potentiometer.

Par. 3-15 *Variabler Sollwert 1* [1] =  
*Analogeingang 53*

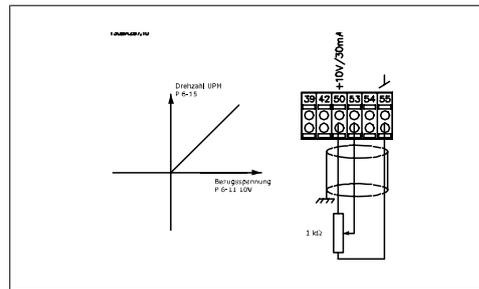
Par. 6-10 *Klemme 53 Skal. Min.*  
*Spannung = 0 Volt*

Par. 6-11 *Klemme 53 Skal. Max.*  
*Spannung = 10 Volt (Spannung)*

Par. 6-14 *Klemme 53 Skal. Min.-*  
*Soll-/Istwert = 0 UPM*

Par. 6-15 *Klemme 53 Skal. Max.-*  
*Soll-/Istwert = 1500 UPM*

Schalter S201 = AUS (U)



6

### 6.1.4. Automatische Motoranpassung (AMA)

Die AMA ist ein Testalgorithmus, der die elektrischen Motorparameter bei einem Motor im Stillstand misst. Die AMA erzeugt während der Messung kein Drehmoment.

Die AMA lässt sich vorteilhaft bei der Inbetriebnahme von Anlagen und bei der Optimierung der Anpassung des Frequenzumrichters an den benutzten Motor einsetzen. Dies kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn die Werkseinstellung zur optimalen Motorregelung nicht anwendbar ist. Par. 1-29 bietet die Wahl zwischen einer kompletten AMA mit Ermittlung aller elektrischen Motorparameter und reduzierter AMA, bei der lediglich der Statorwiderstand  $R_s$  ermittelt wird.

Eine komplette AMA kann von ein paar Minuten bei kleinen Motoren bis ca. 15 Minuten bei großen Motoren dauern.

#### Einschränkungen und Bedingungen:

- Damit die AMA die Motorparameter optimal bestimmen kann, müssen die korrekten Typenschilddaten in Par.1-20 bis 1-26 eingegeben werden.
- Zur besten Anpassung des Frequenzumrichters wird die AMA an einem kalten Motor durchgeführt. Wiederholter AMA-Betrieb kann zu einer Erwärmung des Motors führen, was wiederum eine Erhöhung des Statorwiderstands  $R_s$  bewirkt. Normalerweise ist dies jedoch nicht kritisch.
- AMA ist nur durchführbar, wenn der Motornennstrom mindestens 35 % des Ausgangsnennstroms des Frequenzumrichters beträgt. Die AMA ist bis zu einer Motorstufe (Leistungsstufe) größer möglich.
- Bei installiertem Sinusfilter ist es möglich, einen reduzierten AMA-Test auszuführen. Von einer kompletten AMA mit Sinusfilter ist abzuraten. Soll eine Komplettanpassung vorgenommen werden, so kann das Sinusfilter überbrückt werden, während eine komplette AMA durchgeführt wird. Nach Abschluss der AMA wird das Sinusfilter wieder dazugeschaltet.
- Bei parallel geschalteten Motoren ist eine reduzierte AMA durchzuführen.
- Eine komplette AMA ist bei Synchronmotoren nicht ratsam. Werden Synchronmotoren eingesetzt, führen Sie eine reduzierte AMA aus und stellen Sie die erweiterten Motordaten manuell ein. Die AMA-Funktion kann nicht für permanenterrregte Motoren benutzt werden.
- Während einer AMA erzeugt der Frequenzumrichter kein Motordrehmoment. Während einer AMA darf jedoch auch die Anwendung kein Anlaufen der Motorwelle hervorrufen, was z. B. bei Ventilatoren in Lüftungssystemen vorkommen kann. Dies stört die AMA-Funktion.

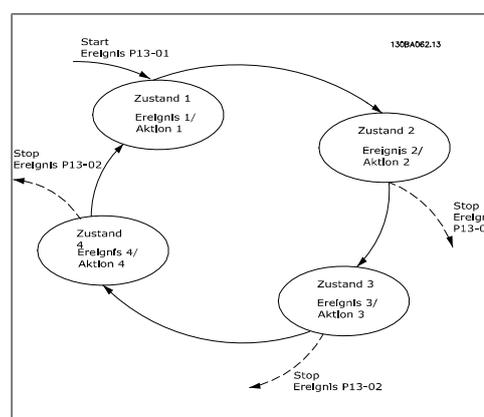
### 6.1.5. Smart Logic Control

Smart Logic besteht aus den frei definier- und verwendbaren Verknüpfungsfunktionen (Vergleicher und Logikregeln) und dem Smart Logic Controller (SLC). Der SLC ist im Wesentlichen eine Folge benutzerdefinierter Aktionen (siehe Par. 13-52), die ausgeführt werden, wenn das zugehörige Ereignis (siehe Par. 13-51) durch den SLC als WAHR ermittelt wird.

Die *Ereignisse* und *Aktionen* sind paarweise geordnet. Wenn also das *Ereignis* [1] erfüllt ist (TRUE (WAHR)), dann wird *Aktion* [1] ausgeführt. Danach wird die Bedingung von *Ereignis* [2] ausgewertet, und wenn TRUE (WAHR), wird *Aktion* [2] ausgeführt usw. Ereignisse und Aktionen werden in so genannten Array-Parametern eingestellt.

Das jeweils aktuelle Ereignis wird ausgewertet. Ist das *Ereignis* FALSE (FALSCH), wird keine *Aktion* im SLC ausgeführt. Das bedeutet, wenn der SLC startet, wird zuerst *Ereignis* [1] ausgewertet. Nur wenn *Ereignis* [1] als TRUE (WAHR) ausgewertet wird, führt der SLC *Aktion* [1] aus und beginnt, *Ereignis* [2] auszuwerten.

Es ist möglich, bis zu 20 *Ereignisse* und *Aktionen* (0 - 20) zu programmieren. Wenn das letzte *Ereignis* / die letzte *Aktion* ausgeführt hat, beginnt die Sequenz neu bei *Ereignis* [1] / *Aktion* [1]. Die Abbildung zeigt ein Beispiel mit drei *Ereignissen* / *Aktionen*:



### 6.1.6. Smart Logic Controller

Smart Logic Control (SLC) ist eine neue praktische Funktion in VLT HVAC Drive.

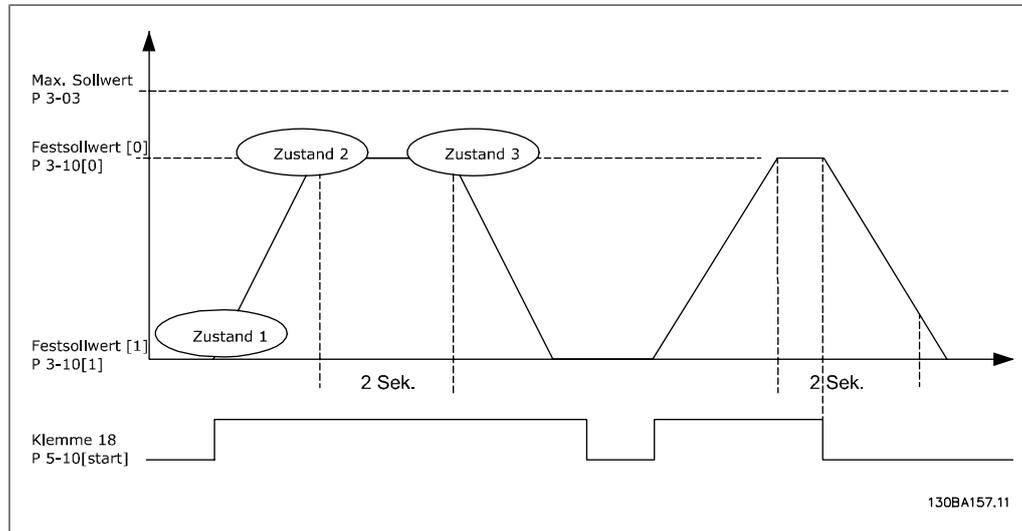
In Anwendungen, in denen eine SPS eine einfache Sequenz generiert, kann der SLC von der Hauptsteuerung elementare Aufgaben übernehmen.

SLC reagiert auf Ereignisse, die an den VLT HVAC Drive gesendet oder darin generiert wurden. Der Frequenzumrichter führt anschließend die voreingestellte Aktion aus.

## 6.1.7. SLC - Anwendungsbeispiel

### Einfache Sequenz:

Start – Rampe auf – 2 Sek. Sollwertdrehzahl fahren – Rampe ab und Nulldrehzahl bis zum Stoppsignal.



Rampenzeiten in Par. 3-41 und 3-42 auf die gewünschten Zeiten einstellen.

$$t_{Rampe} = \frac{t_{Beschl.} \times n_{Norm} (Par. 1 - 25)}{\Delta Sollw. [UPM]}$$

Klemme 27 auf *Ohne Funktion* (Par. 5-12) einstellen.

Festsollwert 0 auf gewünschte Sollwertdrehzahl (Par. 3-10 [0]) in Prozent von max. Sollwertdrehzahl (Par. 3-03) einstellen. Beispiel: 60 %

Festsollwert 1 auf zweite Festsollwertdrehzahl einstellen (Par. 3-10 [1] Beispiel: 0 % (Null)).

Timer 0 für konstante Drehzahl in Par. 13-20 [0] einstellen. Beispiel: 2 s

Ereignis 1 in Par. 13-51 [1] auf *True (Wahr)* [1] einstellen.

Ereignis 2 in Par. 13-51 [2] auf *Ist=Sollwert* [4] einstellen.

Ereignis 3 in Par. 13-51 [3] auf *Timeout 0* [30] einstellen.

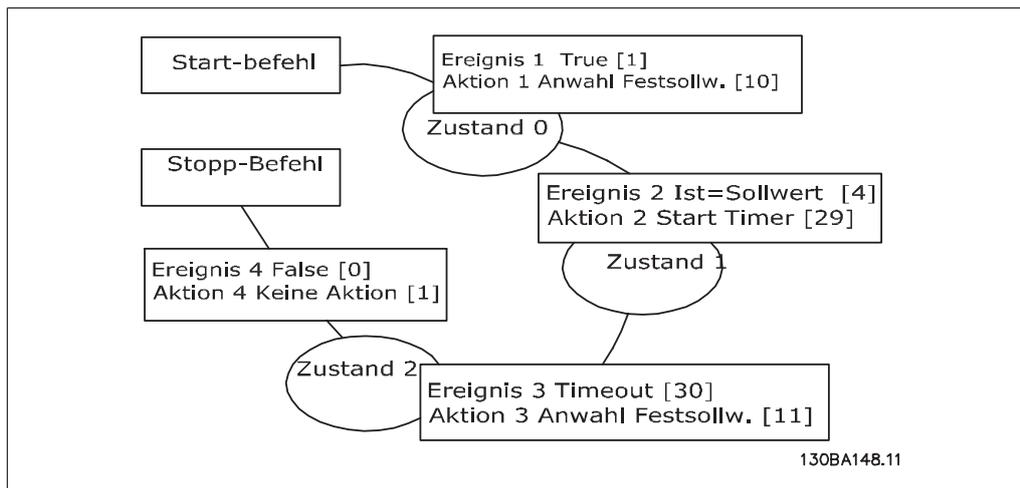
Ereignis 4 in Par. 13-51 [1] auf *False (Falsch)* [0] einstellen.

Aktion 1 in Par. 13-52 [1] auf *Anwahl Festsollw. 0* [10] einstellen.

Aktion 2 in Par. 13-52 [2] auf *Start Timer 0* [29] einstellen.

Aktion 3 in Par. 13-52 [3] auf *Anwahl Festsollw. 1* [11] einstellen.

Aktion 4 in Par. 13-52 [4] auf *Keine Aktion* [1] einstellen.

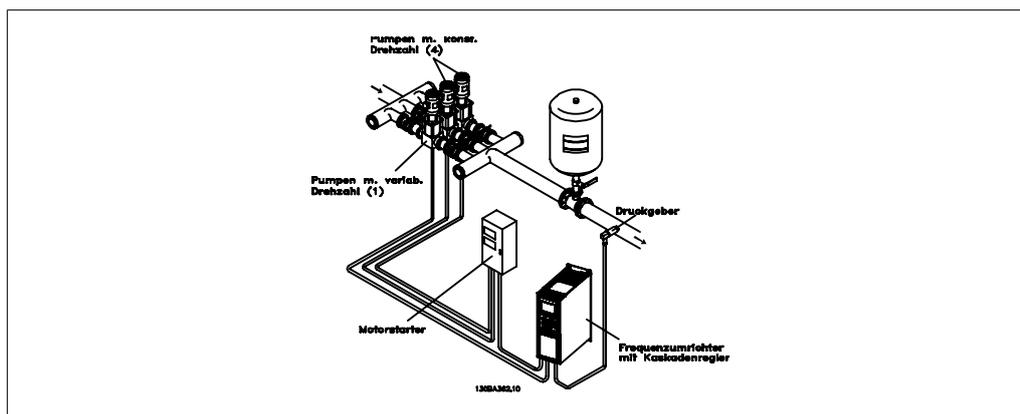


Smart Logic Control in Par. 13-00 auf EIN einstellen.

Start-/Stopp-Befehl wird auf Klemme 18 angewendet. Mit dem Stoppsignal wird die Rampe im Frequenzumrichter verringert und der Leerlauf aktiviert.

6

### 6.1.8. Einfacher Kaskadenregler



Der einfache Kaskadenregler wird für Pumpenanwendungen eingesetzt, in denen ein bestimmter Druck oder eine bestimmte Druckhöhe über einen weiten dynamischen Bereich beibehalten werden muss. Der Betrieb einer großen Pumpe mit variabler Drehzahl über einen weiten Bereich ist nicht ideal, da ein geringer Pumpenwirkungsgrad und eine praktische Grenze von etwa 25 % der Nenn Drehzahl bei Vollast für den Betrieb einer Pumpe vorliegt.

Beim einfachen Kaskadenregler regelt der Frequenzumrichter einen Motor mit variabler Drehzahl als die Pumpe mit variabler Drehzahl (Führungspumpe) und kann bis zu zwei zusätzliche Pumpen mit konstanter Drehzahl ein- und ausschalten. Die Drehzahlregelung des Systems erfolgt durch Änderung der Drehzahl der ursprünglichen Pumpe. Dadurch wird ein konstanter Druck ohne Druckstöße aufrechterhalten, was eine geringere Systembelastung und einen ruhigeren Betrieb ermöglicht.

#### Feste Führungspumpe

Die Motorgrößen müssen übereinstimmen. Mit dem einfachen Kaskadenregler kann der Frequenzumrichter bis zu 3 Pumpen gleicher Größe über die integrierten Relais des Frequenzumrichters steuern. Ist die variable Pumpe (Führungspumpe) direkt an den Frequenzumrichter angeschlossen, werden die 2 anderen Pumpen von den beiden integrierten Relais gesteuert. Ist Führungs-

pumpen-Wechsel aktiviert, werden Pumpen an die integrierten Relais angeschaltet und der Frequenzrichter kann 2 Pumpen betätigen.

#### Führungspumpen-Wechsel

Die Motorgrößen müssen übereinstimmen. Die Funktion ermöglicht es, den Frequenzrichter zwischen den Pumpen im System (max. 2 Pumpen) rotieren zu lassen. Bei diesem Betrieb wird die Laufzeit gleichmäßig unter Pumpen aufgeteilt, um damit die erforderliche Pumpenwartung zu reduzieren und die Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Systems zu erhöhen. Der Wechsel der Führungspumpe kann bei einem Befehlssignal oder bei Zuschaltung (einer weiteren Pumpe) stattfinden.

Der Befehl kann ein manueller Wechsel oder ein Wechselereignissignal sein. Bei Wahl des Wechselereignisses findet der Führungspumpen-Wechsel bei jedem Ereignis statt. Wählbare Optionen sind bei Ablauf eines Wechselzeitgebers, zu einer festgelegten Tageszeit oder wenn die Führungspumpe in den Energiesparmodus geht. Die Zuschaltung wird von der aktuellen Systemlast bestimmt.

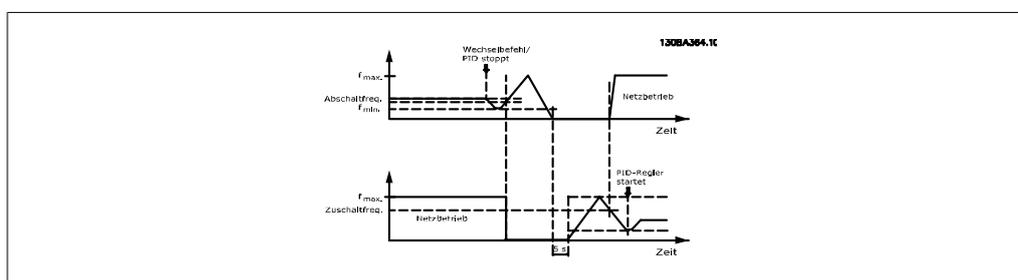
Ein getrennter Parameter begrenzt den Wechsel auf den Punkt, an dem die benötigte Gesamtkapazität  $> 50\%$  ist. Die Gesamtpumpenkapazität wird als Führungspumpe plus Kapazitäten der Pumpen mit konstanter Drehzahl bestimmt.

#### Bandbreitensteuerung

In Kaskadenregelsystemen wird der gewünschte Systemdruck zur Vermeidung häufiger Schaltvorgänge der Pumpen mit konstanter Drehzahl in der Regel eher innerhalb einer Bandbreite statt auf einem festen Niveau gehalten. Die Schaltbandbreite liefert die erforderliche Bandbreite für den Betrieb. Wenn eine große oder schnelle Änderung im Systemdruck auftritt, umgeht die Übersteuerungsbandbreite die Schaltbandbreite, um ein sofortiges Ansprechen während einer kurzfristigen Druckänderung zu verhindern. Durch Programmierung des Übersteuerungsbandbreiten-Zeitgebers kann eine Zu- bzw. Abschaltung verhindert werden, bis sich das System stabilisiert hat und die normale Regelung wieder einsetzt.

Bei Aktivierung und normalem Betrieb des Kaskadenreglers wird die Systemdruckhöhe durch Zu- und Abschalten von Pumpen mit konstanter Drehzahl aufrecht erhalten, wenn der Frequenzrichter mit einem Alarm abschaltet. Um häufiges Zu- und Abschalten zu verhindern und Druckschwankungen zu minimieren, wird eine breitere Konstantdrehzahlbandbreite statt der Schaltbandbreite verwendet.

### 6.1.9. Pumpenzuschaltung mit Führungspumpen-Wechsel



Bei aktiviertem Führungspumpen-Wechsel werden maximal zwei Pumpen geregelt. Bei Wechselbefehl fährt die Führungspumpe zur Mindestfrequenz ( $f_{min}$ ) herunter und fährt nach einer Verzögerung zur maximalen Frequenz ( $f_{max}$ ) hoch. Wenn die Drehzahl der Führungspumpe die Abschaltfrequenz erreicht, schaltet die Pumpe mit konstanter Drehzahl ab. Die Führungspumpe fährt weiter über Rampe hoch und fährt anschließend über Rampe bis zum Stopp hinunter, woraufhin die zwei Relais trennen.

Nach einer Zeitverzögerung schaltet sich das Relais für die Pumpe mit konstanter Drehzahl ein und diese Pumpe wird zur neuen Führungspumpe. Die neue Führungspumpe fährt auf die maximale Drehzahl hoch und danach über Rampe ab zur minimalen Drehzahl hinunter. Bei Erreichen der Zuschaltfrequenz wird dann die alte Führungspumpe am Netz als die neue Pumpe mit konstanter Drehzahl zugeschaltet.

Ist die Führungspumpe über einen programmierten Zeitraum mit minimaler Frequenz ( $f_{min}$ ) in Betrieb, trägt die Führungspumpe nur wenig zum System bei, wenn eine Pumpe mit konstanter Drehzahl läuft. Bei Ablauf des programmierten Zeitgeberwerts wird die Führungspumpe abgeschaltet. Damit wird ein Heißwasserzirkulationsproblem vermieden.

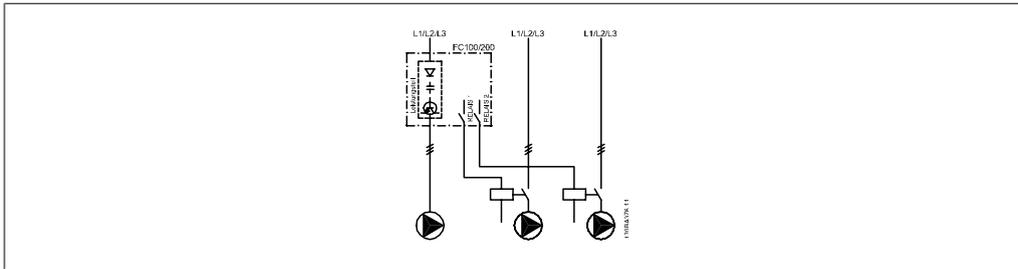
### 6.1.10. Systemstatus und Betrieb

Wenn die Führungspumpe in den Energiesparmodus schaltet, wird die Funktion am LCP Bedienteil angezeigt. Es ist möglich, die Führungspumpe bei Vorliegen einer Energiesparmodus-Bedingung zu wechseln.

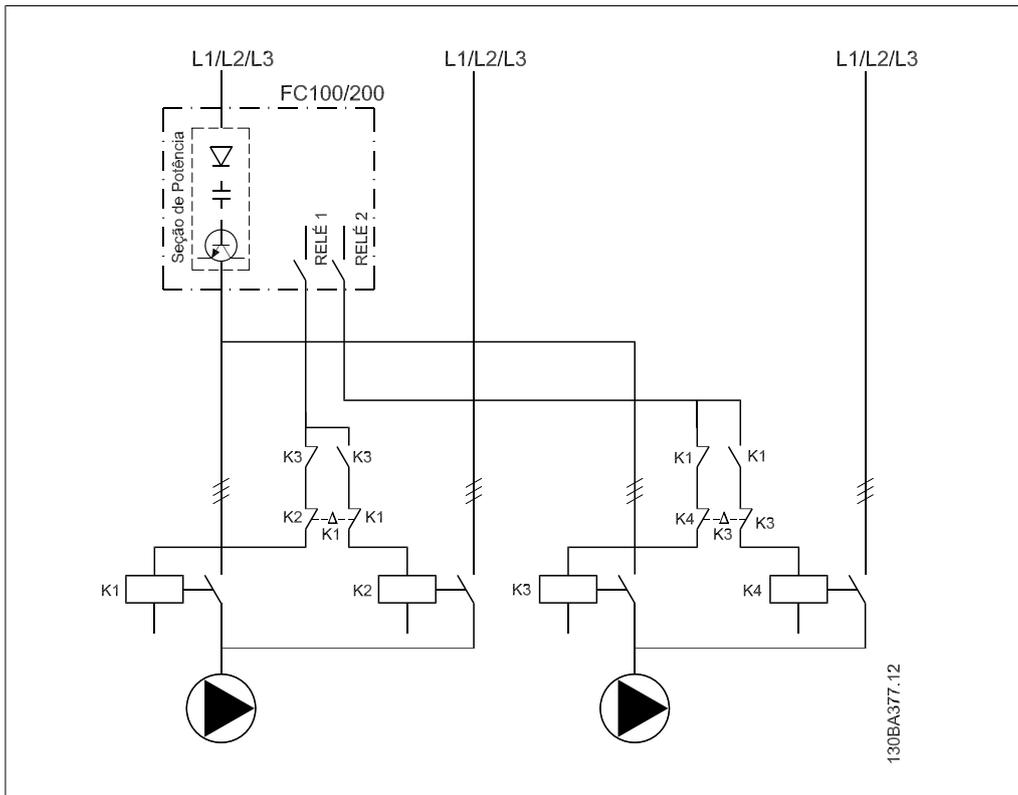
Bei aktiviertem Kaskadenregler wird der Betriebszustand für jede Pumpe und den Kaskadenregler am LCP Bedienteil angezeigt. Angezeigte Informationen sind:

- Pumpenzustand, die Anzeige des Zustands für die jeder Pumpe zugeordneten Relais. Das Display zeigt Pumpen, die deaktiviert oder ausgeschaltet sind, am Frequenzumrichter laufen oder am Netz/Motorstarter laufen.
- Der Kaskadenzustand ist eine Anzeige des Zustands für den Kaskadenregler. Das Display zeigt, ob der Kaskadenregler deaktiviert ist, alle Pumpen ausgeschaltet sind und ein Notfall alle Pumpen gestoppt hat, dass alle Pumpen laufen, Pumpen mit konstanter Drehzahl zu-/abgeschaltet werden und dass Führungspumpen-Wechsel stattfindet.
- Abschaltung bei fehlendem Durchfluss stellt sicher, dass alle Pumpen mit konstanter Drehzahl einzeln gestoppt werden, bis der NF-Zustand nicht mehr zutrifft.

### 6.1.11. Schaltbild Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl



### 6.1.12. Schaltbild für den Führungspumpen-Wechsel

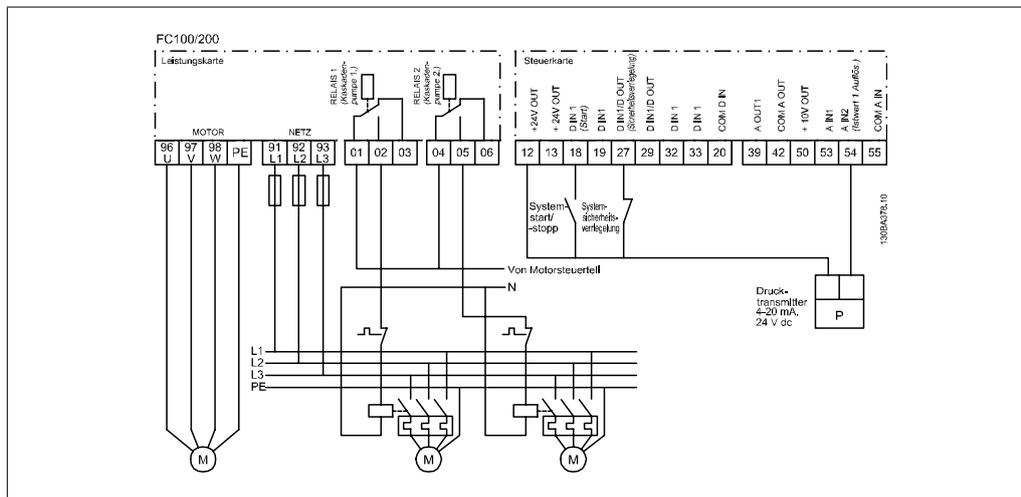


Jede Pumpe muss an zwei Schütze (K1/K2 und K3/K4) mit einer mechanischen Verriegelung angeschlossen sein. Thermische Relais oder andere Motor-Überlastschutzeinrichtungen müssen je nach örtlichen Vorschriften und/oder individuellen Anforderungen vorgesehen werden.

- RELAIS 1 und RELAIS 2 sind die integrierten Relais des Frequenzumrichters.
- Wenn alle Relais stromlos sind, schaltet das erste integrierte Relais, das erregt wird, das Schütz ein, das der vom Relais gesteuerten Pumpe entspricht. RELAIS 1 schaltet z. B. Schütz K1 ein, das zur Führungspumpe wird.
- K1 sperrt K2 über die mechanische Verriegelung und verhindert die Anschaltung der Netzversorgung an den Ausgang des Frequenzumrichters (über K1).
- Ein Hilfsschaltglied an K1 verhindert Einschalten von K3.
- RELAIS 2 steuert Schütz K4 zur Ein-/Ausschaltung der Pumpe mit konstanter Drehzahl.
- Beim Wechsel werden beide Relais stromlos und jetzt wird RELAIS 2 als erstes Relais erregt.

### 6.1.13. Schaltbild für Kaskadenregler

Das Schaltbild zeigt ein Beispiel für einen einfachen Kaskadenregler mit einer Pumpe mit variabler Drehzahl (Führungspumpe) und zwei Pumpen mit konstanter Drehzahl, einem 4-20-mA-Transmitter sowie Sicherheitsverriegelung des Systems.



### 6.1.14. Start/Stop-Bedingungen

Digitaleingängen zugeordnete Befehle. Siehe dazu *Digitaleingänge*, Par. 5-1\*.

	Pumpe mit variabler Drehzahl (Führungspumpe)	Pumpen mit konstanter Drehzahl
Start (SYSTEMSTART/-STOPP)	Rampe auf (bei Stopp und Bedarf)	Zuschalten (bei Stopp und Bedarf)
Führungspumpenstart	Rampe auf, wenn SYSTEM-START aktiv.	Nicht betroffen
Freilauf (NOT-AUS)	Freilaufstopp	Abschaltung (integrierte Relais werden stromlos)
Sicherheitsverriegelung	Freilaufstopp	Abschaltung (integrierte Relais werden stromlos)

Funktion der Tasten am LCP Bedienteil

	Pumpe mit variabler Drehzahl (Führungspumpe)	Pumpen mit konstanter Drehzahl
[Hand On]	Rampe auf (bei Stopp über normalen Stoppbefehl) oder bleibt in Betrieb, wenn bereits in Betrieb	Abschalten (bei Betrieb)
[Off]	Rampe ab	Rampe ab
[Auto On]	Startet und stoppt entsprechend den Befehlen über Klemmen oder serielle Schnittstelle	Zuschalten/Abschalten



## 7. Installieren und Konfigurieren der RS-485-Schnittstelle

### 7.1. Installieren und Konfigurieren der RS-485-Schnittstelle

#### 7.1.1. Übersicht

RS485 ist eine Zweileiter-Busschnittstelle, die mit einer busförmigen Netzwerktopologie kompatibel ist, d. h. Netzteilnehmer können als Bus oder über Übertragungskabel (Nahbuskabel) an eine gemeinsame Abnehmerleitung angeschlossen werden. Es können insgesamt 32 Teilnehmer (Knoten) an ein Netzwerksegment angeschlossen werden.

Netzwerksegmente sind durch Busverstärker (Repeater) unterteilt. Dabei ist zu beachten, dass jeder Repeater als ein Knoten in dem Segment wirkt, in dem er installiert ist. Jeder Knoten in jeweils einem Netzwerk muss eine Adresse haben, die in allen Segmenten nur einmal vergeben sein darf.

Der RS485-Bus muss pro Segment an beiden Endpunkten durch ein Widerstandsnetzwerk abgeschlossen werden. Hierzu ist Schalter S801 auf der Steuerkarte auf „ON“ zu stellen. Das Anschlusskabel ist geschirmt mit Kabel mit verdrehten Leitern auszuführen (STP-Kabel), wobei der Schirm beidseitig aufzulegen ist.

Die Erdung der Abschirmung mit niedriger Impedanz ist auch bei hohen Frequenzen sehr wichtig. Dies kann durch großflächigen Anschluss der Abschirmung an Masse erreicht werden, z. B. über einen Schirmbügel oder eine leitende Kabelverschraubung. Ein unterschiedliches Erdpotential zwischen Geräten, vor allem in Anlagen mit großen Kabellängen, kann durch Anbringen eines Ausgleichskabel gelöst werden, das parallel zum Steuerkabel verlegt wird.

Um eine nicht übereinstimmende Impedanz zu verhindern, muss im gesamten Netzwerk immer der gleiche Kabeltyp verwendet werden. Beim Anschluss eines Motors an den Frequenzumrichter ist immer ein abgeschirmtes Motorkabel zu verwenden.

Kabel: Geschirmtes Twisted Pair (STP)
Impedanz: 120 Ohm
Kabellänge: Max. 1200 m (einschließlich Abzweigleitungen)
Max. 500 m zwischen Stationen

#### 7.1.2. Netzwerkanschluss

**Der Anschluss des Frequenzumrichters an das RS-485-Netzwerk ist wie folgt auszuführen (siehe auch Abbildung):**

1. Das P-Signal (P+) ist an Klemme 68 und das N-Signal (N-) ist an Klemme 69 der Hauptsteuerkarte des Frequenzumrichters anzuschließen.
2. Den Kabelschirm an die Schirmbügel anschließen.



**ACHTUNG!**

Verdrillte geschirmte Leiter (Twisted Pair) sind empfohlen, um die zwischen den Leitern eingestrahlt Störungen zu reduzieren.

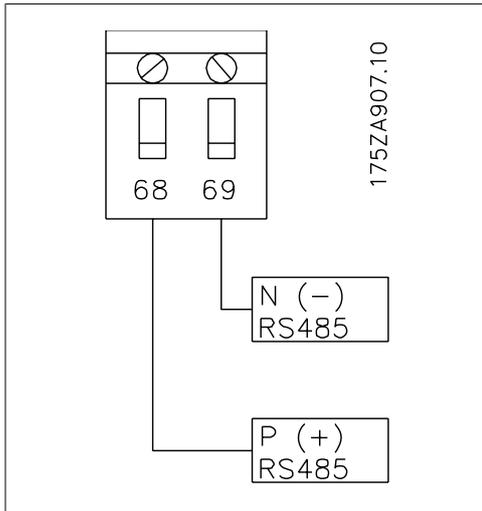
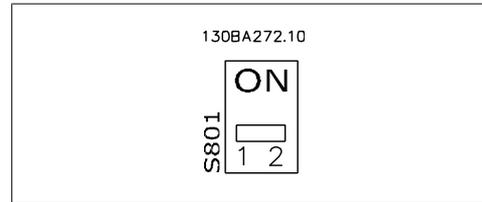


Abbildung 7.1: Anschluss der Netzwerkklemmen

7

### 7.1.3. VLT HVAC Hardwarekonfiguration

Zur Terminierung des RS-485-Busses den DIP-Schalter für den Abschlusswiderstand an der Hauptsteuerkarte des Frequenzumrichters verwenden.



Werkseinstellung für Schalter für Abschlusswiderstand

 **ACHTUNG!**  
Die Werkseinstellung für den DIP-Schalter ist AUS.

### 7.1.4. VLT HVAC Parametereinstellungen für Modbus-Kommunikation

Die folgenden Parameter gelten für die RS-485-Schnittstelle (FC-Schnittstelle):

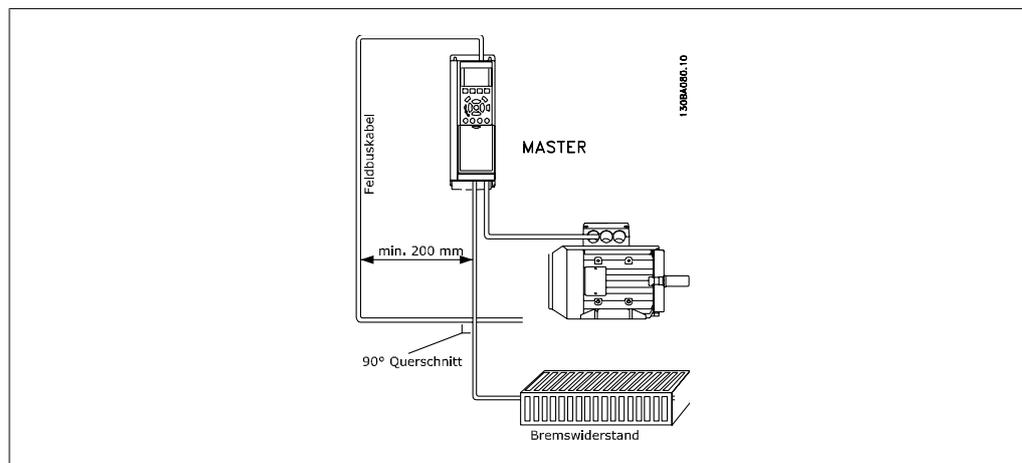
Parameternummer	Parametername	Funktion
8-30	FC-Protokoll	Dieser Parameter definiert das Übertragungsprotokoll für die serienmäßige FC Schnittstelle.
8-31	Adresse	Dieser Parameter definiert die Adresse des Frequenzumrichters an der FC Schnittstelle. Hinweis: Der Adressbereich hängt von der Protokollauswahl in Par. 8-30 ab.
8-32	FC-Baudrate	Dieser Parameter definiert die Baudrate des Frequenzumrichters an der FC Schnittstelle. Hinweis: Die Standardbaudrate hängt von der Protokollauswahl in Par. 8-30 ab.
8-33	Anschlussparität/ Stoppbits	Dieser Parameter definiert die Parität der Schnittstelle und die Anzahl von Stoppbits. Hinweis: Die Standardauswahl hängt von der Protokollauswahl in Par. 8-30 ab.
8-35	FC-Antwortzeit Min.-Delay	Definiert die minimale Zeit, welche der Frequenzumrichter nach dem Empfangen eines FC-Telegramms wartet, bevor sein Antworttelegramm gesendet wird. Die optimale Einstellung hängt von den Verzögerungszeiten des Masters, eines Modems, etc. ab.
8-36	FC-Antwortzeit Max.-Delay	Definiert eine maximale Zeit, nach welcher der Frequenzumrichter nach dem Senden eines FC-Telegramms das Antworttelegramm erwartet.
8-37	FC Interchar. Max.-Delay	Definiert eine maximale Zeit, die der Frequenzumrichter beim Empfang zwischen zwei Bytes eines FC-Telegramms wartet. Nach Überschreiten der Zeit wird die Steuerwort-Timeout-Funktion aktiviert (Siehe Par. 8-04).

### 7.1.5. EMV-Schutzmaßnahmen

Folgende EMV-Schutzmaßnahmen werden empfohlen, um einen störungsfreien Betrieb des RS-485-Netzes zu gewährleisten.



**ACHTUNG!**  
Die einschlägigen landesspezifischen sowie örtlichen Bestimmungen, z. B. für Schutzerdungen, müssen beachtet werden. Die RS-485-Kommunikationsleitung ist von den Motor- und Bremswiderstandskabeln mit Abstand zu verlegen, um Rückkopplungen durch Hochfrequenzrauschen zwischen den Kabeln zu vermeiden. Normalerweise genügt ein Abstand von 200 mm, aber halten Sie den größtmöglichen Abstand zwischen den Kabeln ein, besonders wenn diese über weite Strecken parallel laufen. Bei kreuzenden RS-485- und Motor- bzw. Bremswiderstandskabeln muss ein Winkel von 90° eingehalten werden.



### 7.2. Übersicht zum FC-Protokoll

Das FC-Protokoll, das auch als FC-Bus oder Standardbus bezeichnet wird, ist der Standardfeldbus von Danfoss Drives. Er definiert ein Zugriffsverfahren nach dem Master-Slave-Prinzip für die Kommunikation über eine serielle Schnittstelle.

Es können maximal 126 Slaves und ein Master an die Schnittstelle angeschlossen werden. Die einzelnen Slaves werden vom Master über ein Adresszeichen im Telegramm angewählt. Nur wenn ein Slave ein fehlerfreies, an ihn adressiertes Telegramm empfangen hat, sendet er ein Antworttelegramm. Die direkte Nachrichtenübertragung unter Slaves ist nicht möglich. Die Datenübertragung findet im Halbduplex-Betrieb statt.

Die Master-Funktion kann nicht auf einen anderen Teilnehmer übertragen werden (Einmastersystem).

Die physikalische Schicht ist RS-485 und nutzt damit die im Frequenzrichter integrierte RS-485-Schnittstelle. Das FC-Protokoll unterstützt unterschiedliche Telegrammformate: Ein kurzes Format mit 8 Bytes für Prozessdaten und ein langes Format von 16 Bytes, das ebenfalls einen Parameterkanal enthält. Ein drittes Telegrammformat wird für Texte verwendet.

### 7.2.1. VLT HVAC mit Modbus RTU

Das FC-Protokoll bietet Zugriff auf das Steuerwort und den Bussollwert des Frequenzumrichters.

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

- Start
- Stopp des Frequenzumrichters auf verschiedene Weisen:
  - Freilaufstopp
  - Schnellstopp
  - DC-Bremsstopp
  - Normaler Stopp (Rampenstopp)
- Reset nach Fehlerabschaltung
- Betrieb mit einer Vielzahl von Festdrehzahlen
- Start mit Reversierung
- Änderung des aktiven Parametersatzes
- Steuerung der zwei Relais im Frequenzumrichter

Der Bussollwert wird in der Regel zur Drehzahlsteuerung verwendet. Es ist ebenfalls möglich, auf die Parameter zuzugreifen, ihre Werte zu lesen und, wo möglich, Werte an sie zu schreiben. Dies bietet eine Reihe von Steuerungsoptionen wie die Regelung des Sollwerts des Frequenzumrichters, wenn sein interner PID-Regler verwendet wird.

## 7.3. Netzwerkkonfiguration

### 7.3.1. Konfiguration des VLT HVAC Frequenzumrichters

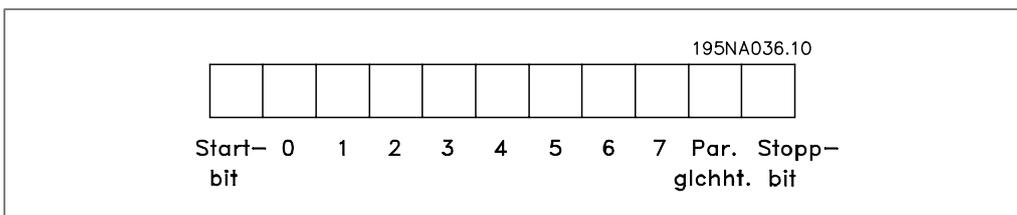
Programmieren Sie die folgenden Parameter, um das FC-Protokoll für den VLT HVAC zu aktivieren.

Parameter- nummer	Parametername	Einstellung
8-30	FC-Protokoll	FC
8-31	Adresse	1 - 126
8-32	FC-Baudrate	2400 - 115200
8-33	Parität/Stopbits	Ungerade Parität, 1 Stoppbit (Werkseinstellung)

## 7.4. Aufbau der Telegrammblöcke für FC-Protokoll

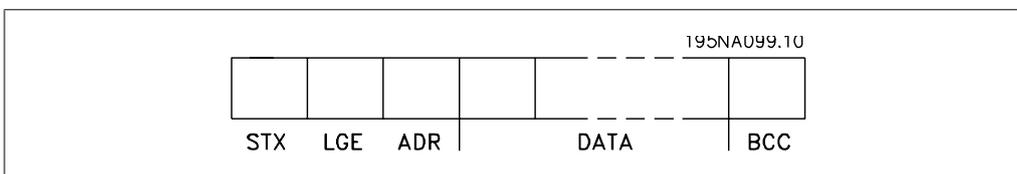
### 7.4.1. Inhalt eines Zeichens (Byte)

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



### 7.4.2. Telegrammaufbau

Jedes Telegramm beginnt mit einem Startzeichen (STX) = 02 Hex, gefolgt von einem Byte zur Angabe der Telegrammlänge (LGE) und einem Byte, das die Adresse des Frequenzumrichters (ADR) angibt. Danach folgen die Nutzdaten (variabel, abhängig vom Telegrammtyp). Das Telegramm schließt mit einem Datensteuerbyte (BCC).



### 7.4.3. Telegrammlänge (LGE)

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

Die Länge der Telegramme mit 4 Datenbyte beträgt:  $LGE = 4 + 1 + 1 = 6$  Byte  
 Die Länge der Telegramme mit 12 Datenbyte beträgt:  $LGE = 12 + 1 + 1 = 14$  Byte  
 Die Länge von Telegrammen, die Texte enthalten, ist:  $10^1) + n$  Byte

<sup>1)</sup> 10 stellen die festen Zeichen dar, während das „n“ variabel ist (je nach Textlänge).

### 7.4.4. Frequenzumrichter-Adresse (ADR)

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

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

2. Adressformat 1-126:  
 Bit 7 = 1 (Adressformat 1-126 aktiv)  
 Bit 0-6 = Frequenzumrichteradresse 1-126  
 Bit 0-6 = 0 Broadcast

Der Slave sendet das Adressbyte in seinem Antworttelegramm an den Master unverändert zurück.

### 7.4.5. Datensteuerbyte (BCC)

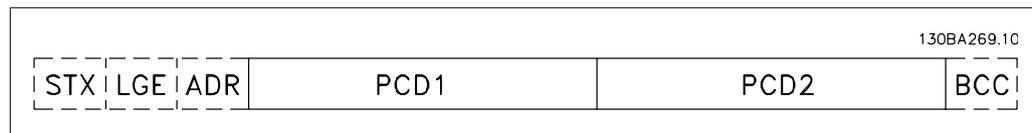
Die Prüfsumme wird als eine XOR-Funktion berechnet. Bevor das erste Byte im Telegramm empfangen wird, beträgt die errechnete Prüfsumme 0.

### 7.4.6. Das Datenfeld

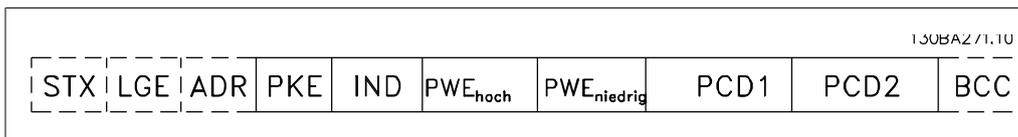
Die Struktur der Nutzdaten hängt vom Telegrammtyp ab. Es gibt drei Telegrammtypen, die sowohl für Steuertelegamme (Master=>Slave) als auch Antworttelegramme (Slave=>Master) gelten.

Die drei Telegrammartentypen sind:

- Prozessblock (PCD):  
 Der Prozessdatenteil besteht aus vier Byte (2 Wörtern) und enthält:  
 - Steuerwort und Sollwert (Master -> Slave)  
 - Zustandswort und aktuelle Ausgangsfrequenz (Slave -> Master)

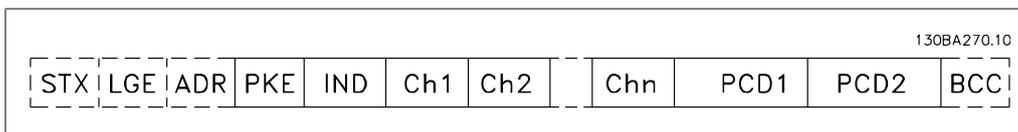


Parameterblock:  
 Der Parameterblock dient zur Übertragung von Parametern zwischen Master und Slave. Der Datenblock besteht aus 12 Bytes (6 Wörtern) und enthält zudem den Prozessblock.



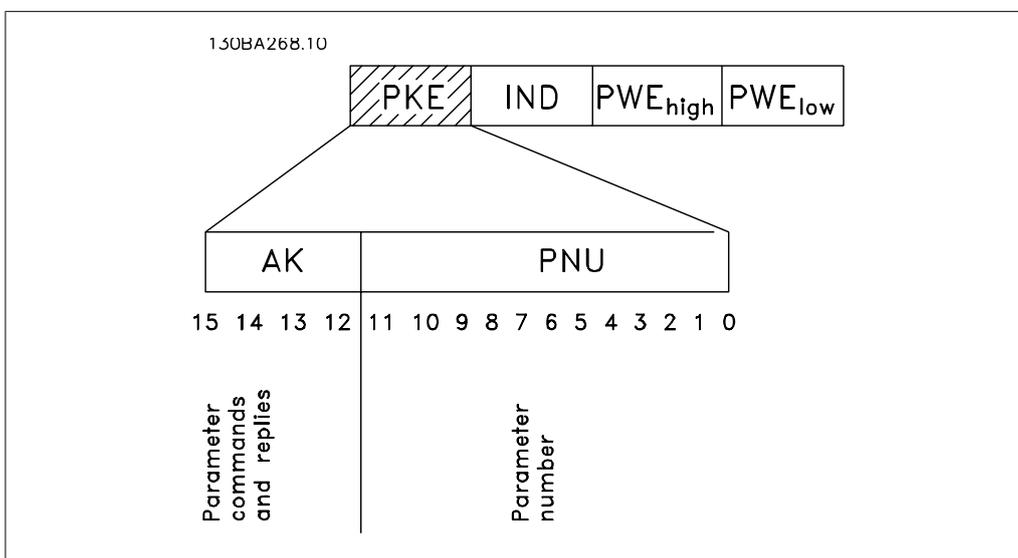
Textblock:

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



### 7.4.7. Das PKE-Feld

Das PKE-Feld enthält zwei untergeordnete Felder: Parameterbefehle und Antworten (AK) sowie Parameternummer (PNU):



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

Parameternauftrag Master -> Slave				
Bit Nr.		Parameterbefehl		
15	14	13	12	
0	0	0	0	Kein Befehl
0	0	0	1	Parameterwert lesen
0	0	1	0	Parameterwert in RAM (Wort) schreiben
0	0	1	1	Parameterwert in RAM schreiben (Doppelwort)
1	1	0	1	Parameterwert in RAM und EEPROM schreiben (Doppelwort)
1	1	1	0	Parameterwert in RAM und EEPROM schreiben (Wort)
1	1	1	1	Text lesen/schreiben

Antwort Slave -> Master				
Bit Nr.	Antwort			
15	14	13	12	
0	0	0	0	Keine Antwort
0	0	0	1	Parameterwert übertragen (Wort)
0	0	1	0	Parameterwert übertragen (Doppelwort)
0	1	1	1	Befehl kann nicht ausgeführt werden
1	1	1	1	Text wurde übertragen

Kann der Befehl nicht ausgeführt werden, so sendet der Slave diese Antwort:

0111 *Befehl kann nicht ausgeführt werden*

- und gibt den folgenden Fehlerbericht im Parameterwert (PWE) aus:

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

### 7.4.8. Parameternummer (PNU)

Die Bits Nr. 0-10 dienen zur Übertragung der Parameternummer. Die Funktion des betreffenden Parameters ist der Parameterbeschreibung im Kapitel *Programmieren* zu entnehmen.

### 7.4.9. Index (IND)

Der Index wird zusammen mit der Parameternummer für den Lese-/Schreibzugriff auf Parameter mit einem Index verwendet, z. B. Parameter 15-30 *Fehlercode*. Der Index besteht aus 2 Byte, einem Lowbyte und einem Highbyte.

**ACHTUNG!**  
Nur das Lowbyte wird als Index benutzt.

### 7.4.10. Parameterwert (PWE)

Der Parameterwertblock besteht aus 2 Worten (4 Byte); der Wert hängt vom definierten Befehl (AK) ab. Verlangt der Master einen Parameterwert, so enthält der PWE-Block keinen Wert. Um einen Parameterwert zu ändern (schreiben), wird der neue Wert in den PWE geschrieben und vom Master zum Slave gesendet.

Antwortet der Slave auf eine Parameteranfrage (Lesebefehl), so wird der aktuelle Parameterwert im PWE an den Master übertragen. Wenn ein Parameter keinen numerischen Wert enthält, sondern mehrere Datenoptionen, z. B. Parameter 0-01 Sprache, wobei [0] Englisch und [4] Dänisch entspricht, wird der Datenwert durch Eingabe des Werts in den PWE gewählt. Siehe auch Beispiel

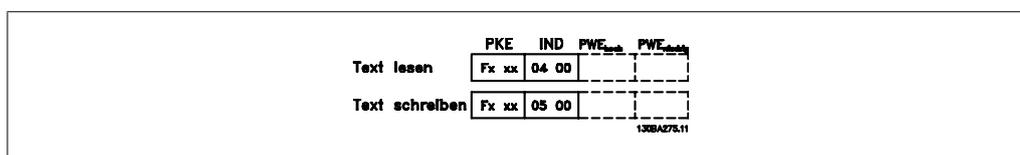
später in diesem Kapitel. Über die serielle Kommunikationsschnittstelle können nur Parameter des Datentyps 9 (Textblock) gelesen werden.

Parameter 15-40 bis 15-53 enthalten Datentyp 9.

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

Um einen Text über den PWE lesen zu können, muss der Parameterbefehl (AK) auf „F“ Hex eingestellt werden. Das Highbyte des Indexzeichens muss „4“ sein.

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



7

### 7.4.11. Vom VLT HVAC unterstützte Datentypen

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

Ohne Vorzeichen bedeutet, dass das Telegramm kein Vorzeichen enthält.

### 7.4.12. Umwandlung

Die verschiedenen Attribute jedes Parameters sind im Abschnitt Werkseinstellungen aufgeführt. Parameterwerte werden nur als ganze Zahlen übertragen. Daher werden Umwandlungsfaktoren verwendet, um Dezimale zu übertragen.

Par. 4-12 *Min. Frequenz* hat den Umwandlungsfaktor 0,1. Soll die Mindestfrequenz auf 10 Hz eingestellt werden, übertragen Sie den Wert 100. Der Umwandlungsfaktor 0,1 bedeutet, dass der übertragene Wert mit 0,1 multipliziert wird. Der Wert 100 wird somit als 10,0 erkannt.

Konvertierungsindex	Umwandlungsfaktor
74	0.1
2	100
1	10
0	1
-1	0.1
-2	0.01
-3	0.001
-4	0.0001
-5	0.00001

### 7.4.13. Prozesswörter (PCD)

Der Prozessdatenteil ist in zwei Blöcke mit je 16 Bit aufgeteilt, die immer in der definierten Sequenz vorkommen.

PCD 1	PCD 2
Steuertelegamm (Master⇒Steuerwort Slave)	Sollwert
Steuertelegamm (Slave ⇒ Master) Zustandswort	Eingestellte Ausgangsfrequenz

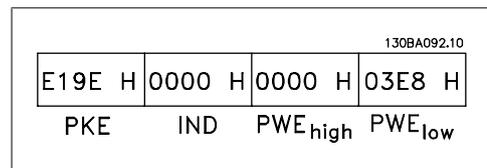
## 7.5. Beispiele

### 7.5.1. Schreiben eines Parameterwerts

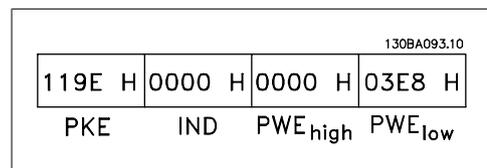
Ändern von Par. 4-14 *Max. Frequenz [Hz]* auf 100 Hz. Daten in EEPROM schreiben.

PKE = E19E Hex - Schreiben eines Einzelworts in Par. 4-14 *Max. Frequenz [Hz]*  
 IND = 0000 Hex  
 PWEMAX = 0000 Hex  
 PWELOW = 03E8 Hex - Datenwert 1000, entsprechend 100 Hz, siehe Umwandlung.

Das Telegramm sieht wie folgt aus:



Hinweis: Parameter 4-14 ist ein Einzelwort und der Parameterwert zum Schreiben in das EEPROM ist „E“. Parameternummer 414 ist als Hexadezimalwert 19E.



Die Antwort des Slave an den Master lautet:

## 7.5.2. Lesen eines Parameterwertes

Lesen des Werts in Par. 3-41 *Rampenzeit Auf 1*.

PKE = 1155 Hex - Lesen des Parameterwerts in Par. 3-41 *Rampenzeit Auf 1*.

IND = 0000 Hex

PWEMAX = 0000 Hex

PWEMIN = 0000 Hex

Wenn der Wert in Par. 3-41 *Rampenzeit Auf 1* 10 s ist, ist die Antwort des Slave an den Master:

130BA094.10			
1155 H	0000 H	0000 H	0000 H
PKE	IND	PWE <sub>high</sub>	PWE <sub>low</sub>

130BA267.10			
1155 H	0000 H	0000 H	03E8 H
PKE	IND	PWE <sub>high</sub>	PWE <sub>low</sub>

**ACHTUNG!**  
3E8 Hex entspricht 1000 dezimal. Der Konvertierungsindex für Par. 3-41 ist -2, d. h. 0,01.

## 7.6. Übersicht zu Modbus RTU

### 7.6.1. Voraussetzungen

In diesem Produkthandbuch wird davon ausgegangen, dass der installierte Regler die in diesem Dokument aufgeführten Schnittstellen unterstützt, und dass alle Anforderungen an den Regler und auch den Frequenzumrichter sowie sämtliche entsprechenden Einschränkungen unbedingt erfüllt werden.

### 7.6.2. Was der Anwender bereits wissen sollte

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

### 7.6.3. Übersicht zu Modbus RTU

Unabhängig von der Art des eigentlichen Kommunikationsnetzwerks beschreibt der Modbus RTU Überblick das Vorgehen des Reglers, um Zugriff auf ein anderes Gerät anzufordern. Es beschreibt u. a. wie es auf Anfragen von anderen Geräten antwortet und wie Fehler erfasst und gemeldet werden. Es stellt ebenfalls ein gemeinsames Format für den Aufbau und Inhalt von Telegrammfeldern auf.

Während der Kommunikation über ein Modbus RTU-Netzwerk bestimmt das Protokoll, wie jeder Regler seine Geräteadresse lernt, ein Telegramm erkennt, das an ihn adressiert ist, die Art der auszuführenden Aktion bestimmt und Daten oder andere Informationen im Telegramm ausliest. Falls eine Antwort gefordert ist, erstellt der Regler die Antwort und sendet sie.

Regler kommunizieren über ein Master-Slave-Verfahren, in dem nur ein Gerät (der Master) Transaktionen (Abfragen) einleiten kann. Die anderen Geräte (Slaves) antworten, indem sie dem Master die angeforderten Daten senden oder die in der Abfrage enthaltene Aktion ausführen.

Der Master kann einzelne Slaves adressieren oder ein allgemeines Broadcast-Telegramm an alle Slaves senden. Slaves senden ein Telegramm (Antwort) auf Abfragen zurück, die einzeln an sie adressiert wurden. Auf allgemeine Abfragen, die vom Master übertragen wurden, werden keine Antworten zurückgesandt. Das Modbus-Protokoll definiert das Format für die Abfragen vom Master, indem die Geräteadresse (oder Sendeadresse), ein Funktionscode zur Bestimmung der verlangten Aktion, alle zu übertragenden Daten und ein Fehlerprüffeld in das Protokoll eingetragen werden. Das Antworttelegramm der Slaves wird auch mithilfe des Modbus-Protokolls festgelegt. Es enthält Felder für die Bestätigung der ausgeführten Aktion, alle zurück zu sendenden Daten und ein Fehlerprüffeld. Falls beim Empfang des Telegramms ein Fehler auftritt oder falls der Slave die angeforderte Aktion nicht ausführen kann, wird vom Slave ein Fehlertelegramm zurückgeschickt.

### 7.6.4. VLT HVAC mit Modbus RTU

Der VLT HVAC-Frequenzumrichter kommuniziert über die integrierte RS-485-Schnittstelle im Modbus RTU-Format. Modbus RTU bietet Zugriff auf das Steuerwort und den Bussollwert des Frequenzumrichters.

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

- Start
- Stopp des Frequenzumrichters auf verschiedene Weisen:  
Freilaufstopp  
Schnellstopp  
DC-Bremsstopp  
Normaler Stopp (Rampenstopp)
- Reset nach Fehlerabschaltung
- Betrieb mit einer Vielzahl von Festdrehzahlen
- Start mit Reversierung
- Ändern des aktiven Parametersatzes
- Steuerung der zwei integrierten Relais im Frequenzumrichter

Der Bussollwert wird in der Regel zur Drehzahlsteuerung verwendet. Es ist ebenfalls möglich, auf die Parameter zuzugreifen, ihre Werte zu lesen und, wo möglich, Werte an sie zu schreiben. Dies bietet eine Reihe von Steuerungsoptionen wie die Regelung des Sollwerts des Frequenzumrichters, wenn sein interner PID-Regler verwendet wird.

## 7.7. Netzwerkkonfiguration

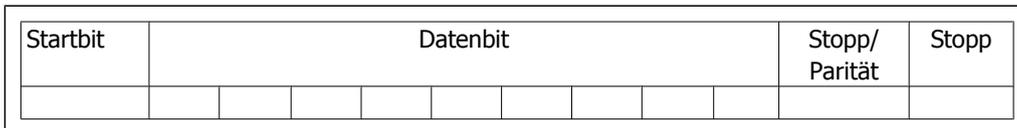
Die folgenden Parameter sind zu programmieren, um Modbus RTU beim VLT HVAC zu aktivieren:

Parameternummer	Parametername	Einstellung
8-30	FC-Protokoll	Modbus RTU
8-31	Adresse	1 - 247
8-32	FC-Baudrate	2400 - 115200
8-33	Parität/Stopbits	Ungerade Parität, 1 Stoppbit (Werkseinstellung)

## 7.8. Aufbau der Modbus RTU-Telegrammblöcke

### 7.8.1. VLT AQUA mit Modbus RTU

Die Regler sind für die Kommunikation über RTU-Modus (Remote Terminal Unit) am Modbus-Netz eingerichtet, wobei jedes 8-Bit-Byte eines Telegramms zwei hexadezimale 4-Bit-Zeichen enthält. Das Format für jedes Byte ist wie nachstehend gezeigt.



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

### 7.8.2. Modbus RTU-Telegrammaufbau

Ein Modbus RTU-Telegramm wird vom sendenden Gerät in einen Block gepackt, der einen bekannten Anfangs- und Endpunkt besitzt. Dadurch ist es dem empfangenden Gerät möglich, am Anfang des Telegramms zu beginnen, den Adressenabschnitt zu lesen, festzustellen, welches Gerät adressiert ist (oder alle Geräte, im Fall eines Broadcast-Telegramms) und festzustellen, wann das Telegramm beendet ist. Unvollständige Telegramme werden ermittelt und als Konsequenz Fehler gesetzt. Die für alle Felder zulässigen Zeichen sind im Hexadezimalformat 00 bis FF. Der Frequenzrichter überwacht kontinuierlich den Netzwerkbus, auch während des „Silent“-Intervalls. Wenn das erste Feld (das Adressfeld) empfangen wird, wird es von jedem Frequenzrichter oder jedem einzelnen Gerät entschlüsselt, um zu ermitteln, welches Gerät adressiert ist. Modbus RTU-Telegramme mit Adresse 0 sind Broadcast-Telegramme. Auf Broadcast-Telegramme ist keine Antwort erlaubt. Ein typischer Telegrammblock wird nachstehend gezeigt.

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

**Typischer Modbus RTU-Telegrammaufbau**

### 7.8.3. Start-/Stoppfeld

Telegramme beginnen mit einer Sendepause von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit. Dies entspricht einem Vielfachen der Baudrate, mit der im Netzwerk die Datenübertragung stattfindet (in der Abbildung als Start T1-T2-T3-T4 angegeben). Das erste übertragene Feld ist die Geräteadresse. Nach dem letzten übertragenen Intervall markiert ein identisches Intervall von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit das Ende des Telegramms. Nach diesem Intervall kann ein neues Telegramm beginnen. Der gesamte Telegrammblock muss als kontinuierlicher Datenstrom übertragen werden. Falls eine Sendepause von mehr als 1,5 Zeichen pro Zeiteinheit vor dem Abschluss des Blocks auftritt, löscht das empfangende Gerät die Daten und nimmt an, dass es sich beim nächsten Byte um das Adressfeld eines neuen Telegramms handelt. Beginnt ein neues Telegramm

früher als 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit nach einem vorangegangenen Telegramm, interpretiert es das empfangende Gerät als Fortsetzung des vorangegangenen Telegramms. Dies führt zu einem Timeout (einer Zeitüberschreitung und damit keiner Antwort vom Slave), da der Wert im letzten CRC-Feld für die kombinierten Telegramme nicht gültig ist.

#### 7.8.4. Adressfeld

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

#### 7.8.5. Funktionsfeld

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

#### 7.8.6. Datenfeld

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

#### 7.8.7. CRC-Prüffeld

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

### 7.8.8. Adressieren von Einzelregistern

Im Modbus-Protokoll sind alle Daten in Einzelregistern (Spulen) und Halteregistern organisiert. Einzelregister enthalten ein einzelnes Bit, während Halteregister ein 2-Byte-Wort (d. h. 16 Bit) enthalten. Alle Datenadressen in Modbus-Telegrammen werden als Null referenziert. Das erste Auftreten eines Datenelements wird als Element Nr. 0 adressiert. Beispiel: Die als „Spule 1“ in einem programmierbaren Controller eingetragene Spule wird im Datenadressfeld eines Modbus-Telegramms als 0000 adressiert. Spule 127 (dezimal) wird als Spule 007E hexadezimal (126 dezimal) adressiert.

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

Spulennr.	Beschreibung	Signalrichtung
1-16	Frequenzumrichter-Steuerwort (siehe Tabelle unten)	Master → Slave
17-32	Drehzahl- oder Sollwert des Frequenzumrichters Bereich 0x0 – 0xFFFF (-200 % ... ~200 %)	Master → Slave
33-48	Zustandswort des Frequenzumrichters (siehe Tabelle unten)	Slave → Master
49-64	Regelung ohne Rückführung: Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters Mit Rückführung: Istwertsignal des Frequenzumrichters	Slave → Master
65	Parameterschreibsteuerung (Master → Slave) 0 = Parameteränderungen werden zum RAM des Frequenzumrichters geschrieben. 1 = Parameteränderungen werden zum RAM und EEPROM des Frequenzumrichters geschrieben.	Master → Slave
66-65536	Reserviert	



Spule	0	1
01	Festsollwertanwahl, LSB	
02	Festsollwertanwahl, MSB	
03	DC-Bremse	Keine DC-Bremse
04	Freilaufstopp	Kein Freilaufstopp
05	Schnellstopp	Kein Schnellstopp
06	Freq. speichern	Keine Freq. speichern
07	Rampenstopp	Start
08	Kein Reset	Reset
09	Keine Drehzahl JOG	Festdrehzahl JOG
10	Rampe 1	Rampe 2
11	Daten gültig	nicht Daten gültig
12	Relais 1 Aus	Relais 1 Ein
13	Relais 2 Aus	Relais 2 Ein
14	Parametersatzwahl LSB	
15	Parametersatzwahl MSB	
16	Keine Reversierung	Reversierung
<b>Steuerwort des Frequenzumrichters (FC-Profil)</b>		

Spule	0	1
33	Steuerung nicht bereit	Steuerung bereit
34	Frequenzumrichter nicht betriebsbereit	Frequenzumrichter betriebsbereit
35	Freilaufstopp	Sicherheitsverriegelung
36	Kein Alarm	Alarm
37	Unbenutzt	Unbenutzt
38	Unbenutzt	Unbenutzt
39	Unbenutzt	Unbenutzt
40	Keine Warnung	Warnung
41	Istwert≠Sollwert	Istwert=Sollwert
42	Hand-Betrieb	Autobetrieb
43	Außerh. Freq.-Ber.	In Freq.-Bereich
44	Gestoppt	Motor dreht
45	Unbenutzt	Unbenutzt
46	Keine Spannungswarnung	Spannungswarnung
47	Nicht in Stromgrenze	Stromgrenze
48	Keine Temp.-Warnung	Warnung Über-temp.
<b>Zustandswort des Frequenzumrichters (FC-Profil)</b>		

Halteregister	
Registernummer	Beschreibung
00001-00006	Reserviert
00007	Letzter Fehlercode von einer FC-Datenobjektschnittstelle
00008	Reserviert
00009	Parameterindex*
00100-00999	Parametergruppe 000 (Parameter 001 bis 099)
01000-01999	Parametergruppe 100 (Parameter 100 bis 199)
02000-02999	Parametergruppe 200 (Parameter 200 bis 299)
03000-03999	Parametergruppe 300 (Parameter 300 bis 399)
04000-04999	Parametergruppe 400 (Parameter 400 bis 499)
...	...
49000-49999	Parametergruppe 4900 (Parameter 4900 bis 4999)
500000	Eingangsdaten: FU-Steuerwortregister (STW)
50010	Eingangsdaten: Bussollwertregister (REF)
...	...
50200	Ausgangsdaten: FU-Zustandswortregister (ZSW)
50210	Ausgangsdaten: FU-Hauptistwertregister (HIW)

\*Zur Angabe der beim Zugriff auf Indexparameter zu verwendenden Indexnummer.

### 7.8.9. Steuern des VLT HVAC

Dieses Kapitel beschreibt die Codes, die in den Funktions- und Datenfeldern eines Modbus RTU-Telegramms verwendet werden können. Eine vollständige Beschreibung aller Telegrammfelder entnehmen Sie bitte dem Kapitel *Aufbau eines Modbus RTU Telegrammblocks*.

### 7.8.10. Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes

Modbus RTU unterstützt die folgenden Funktionscodes im Funktionsfeld eines Telegramms:

Funktion	Funktionscode
Spulen lesen (Read coils)	1 hex
Halteregister lesen (Read holding registers)	3 hex
Einzelspule schreiben (Write single coil)	5 hex
Einzelregister schreiben (Write single register)	6 hex
Mehrere Spulen schreiben (Write multiple coils)	F hex
Mehrere Register schreiben (Write multiple registers)	10 hex
Komm.-Ereigniszähler abrufen (Get comm. event counter)	B hex
Slave-ID melden (Report slave ID)	11 hex

Funktion	Funktionscode	Subfunktionscode	Subfunktion
Diagnose	8	1	Kommunikation neustarten (Restart communication)
		2	Diagnoseregister angeben (Return diagnostic register)
		10	Zähler und Diagnoseregister löschen (Clear counters and diagnostic register)
		11	Zahl Bustelegramme angeben (Return bus message count)
		12	Zahl Buskomm.-Fehler angeben (Return bus communication error count)
		13	Zahl Busausnahmefehler angeben (Return bus exception error count)
		14	Zahl Slavetelegramme angeben (Return slave message count)

7

### 7.8.11. Ausnahmecodes

Im Fall eines Fehlers können die folgenden Ausnahmecodes im Datenfeld eines Antworttelegramms erscheinen. Eine vollständige Erklärung des Aufbaus einer Ausnahmeantwort (d. h. eines Fehlers) entnehmen Sie bitte dem Kapitel *Aufbau eines Modbus RTU-Telegrammblocks, Funktionsfeld*.

Ausnahmecode in Datenfeld (dezimal)	Ausnahmecodebeschreibung
00	Parameternummer nicht vorhanden
01	Auf den Parameter besteht kein Schreibzugriff
02	Datenwert überschreitet die Parametergrenzen
03	Unterverzeichnis (Subindex) nicht vorhanden
04	Parameter nicht vom Typ Array
05	Datentyp passt nicht zum aufgerufenen Parameter
06	Nur Reset
07	Nicht veränderbar
11	Kein Schreibzugriff
17	Änderung der Daten des aufgerufenen Parameters im aktuellen Zustand nicht möglich
18	Anderer Fehler
64	Ungültige Datenadresse
65	Ungültige Telegrammlänge
66	Ungültige Datenlänge oder -wert
67	Ungültiger Funktionscode
130	Kein Buszugriff zum aufgerufenen Parameter
131	Datenänderung sind nicht möglich, da die Werkseinstellung gewählt ist

## 7.9. Zugriff auf Parameter

### 7.9.1. Parameterverarbeitung

Die PNU (Parameternummer) wird aus der Registeradresse übersetzt, die im Modbus-Lese- oder Schreibetelegramm enthalten ist. Die Parameternummer wird als (10 x Parameternummer) DEZIMAL für Modbus übersetzt.

### 7.9.2. Datenspeicherung

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

### 7.9.3. IND

Der Arrayindex wird in Haltereister 9 gesetzt und beim Zugriff auf Arrayparameter verwendet.

### 7.9.4. Textblöcke

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

## 7.9.5. Umwandlungsfaktor

Im Abschnitt Werkseinstellungen finden sich die verschiedenen Attribute jedes Parameters. Da ein Parameterwert nur als ganze Zahl übertragen werden kann, muss zur Übertragung von Dezimalzahlen ein Umwandlungsfaktor benutzt werden. Entnehmen Sie diesen bitte dem Abschnitt *Parameter*.

## 7.9.6. Parameterwerte

### Standarddatentypen

Standarddatentypen sind int16, int32, uint8, uint16 und uint32. Sie werden als 4x-Register gespeichert (40001 – 4FFFF). Die Parameter werden über Funktion 03HEX „Halteregister lesen“ gelesen. Parameter werden über die Funktion 6HEX „Einzelregister voreinstellen“ für 1 Register (16 Bit) und die Funktion 10HEX „Mehrere Register voreinstellen“ für 2 Register (32 Bit) geschrieben. Lesbare Längen reichen von 1 Register (16 Bit) bis zu 10 Registern (20 Zeichen).

### Nichtstandarddatentypen

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

7

## 7.10. Beispiele

Die folgenden Beispiele veranschaulichen die verschiedenen Modbus RTU-Befehle. Falls ein Fehler auftritt, beziehen Sie sich auf den Abschnitt Ausnahmecodes.

### 7.10.1. Spulenzustand lesen (01 HEX)

#### Beschreibung

Diese Funktion liest den EIN/AUS-Zustand von diskreten Ausgängen (Spulen) im Frequenzumrichter. Broadcast wird für Lesevorgänge nie unterstützt.

#### Abfrage

Das Abfragetelegramm gibt die Startspule und die Anzahl der Spulen an, die zu lesen sind. Spulenadressen beginnen bei 0, d. h. Spule 33 wird als 32 adressiert.

Beispiel einer Anfrage zum Lesen von Spulen 33-48 (Zustandswort) von Slave-Gerät 01:

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	01 (Spulen lesen)
Startadresse HI	00
Startadresse LO	20 (32 Dezimale)
Anzahl Register HI	00
Anzahl Register LO	10 (16 Dezimale)
Fehlerprüfung (CRC)	-

#### Antwort

Der Spulenzustand im Antworttelegramm wird als eine Spule pro Bit des Datenfelds verpackt. Der Zustand wird angezeigt als: 1 = EIN; 0 = AUS. Das LSB des ersten Datenbyte enthält die in der Abfrage adressierte Spule. Die anderen Spulen folgen zum höherwertigen Ende dieses Byte hin und in nachfolgenden Bytes vom „niederwertigen zum hochwertigen Byte“.

Wenn die zurückgegebene Spulenzahl kein Vielfaches von 8 ist, werden die restlichen Bits im letzten Datenbyte mit Nullen gefüllt (zum höherwertigen Ende des Byte hin). Das Feld Bytezahl gibt die Zahl von vollständigen Datenbyte an.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	01 (Spulen lesen)
Bytezahl	02 (2 Datenbyte)
Daten (Spulen 40-33)	07
Daten (Spulen 48-41)	06 (ZSW=0607hex)
Fehlerprüfung (CRC)	-

### 7.10.2. Einzelspule zwangsetzen/schreiben (05 HEX)

#### Beschreibung

Diese Funktion setzt einen Binärwert und schreibt eine Spule als EIN oder AUS. Als Broadcast-Telegramm setzt die Funktion die gleichen Spulensollwerte in allen angehängten Slaves.

#### Abfrage

Das Abfragetelegramm gibt ein Zwangsetzen der Spule 65 (Parameterschreibsteuerung) an. Spulenadressen beginnen bei 0, d. h. Spule 65 wird als 64 adressiert. Setzdaten = 00 00HEX (AUS) oder FF 00HEX (EIN).

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	05 (Einzelspule schreiben)
Spulenadresse HI	00
Spulenadresse LO	40 (Spule Nr. 65)
Befehlskonstante HI	FF
Befehlskonstante LO	00 (FF 00 = EIN)
Fehlerprüfung (CRC)	-

#### Antwort

Die normale Antwort ist ein Echo der Abfrage, die zurückgesendet wird, nachdem der Spulenzustand zwanggesetzt wurde.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01
Funktion	05
Befehlskonstante HI	FF
Befehlskonstante LO	00
Anzahl Spulen HI	00
Anzahl Spulen LO	01
Fehlerprüfung (CRC)	-

### 7.10.3. Mehrere Spulen zwangsetzen/schreiben (0F HEX)

Diese Funktion setzt jede Spule in einer Spulenfolge auf EIN oder AUS. Als Broadcast-Telegramm setzt die Funktion die gleichen Spulensollwerte in allen angehängten Slaves. .

**Das Abfrage**-Telegramm gibt ein Zwangsetzen der Spulen 17 bis 32 (Drehzahlsollwert) an. Spulenadressen beginnen bei 0, d. h. Spule 17 wird als 16 adressiert.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	0F (mehrere Spulen schreiben)
Spulenadresse HI	00
Spulenadresse LO	10 (Spulenadresse 17)
Anzahl Spulen HI	00
Anzahl Spulen LO	10 (16 Spulen)
Bytezahl	02
Befehlskonstante HI (Spulen 8-1)	20
Befehlskonstante LO (Spulen 10-9)	00 (Soll. = 2000hex)
Fehlerprüfung (CRC)	-

#### Antwort

Die normale Antwort sendet die Slave-Adresse, Funktionscode, Startadresse und Anzahl der gesetzten Spulen zurück.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	0F (mehrere Spulen schreiben)
Spulenadresse HI	00
Spulenadresse LO	10 (Spulenadresse 17)
Anzahl Spulen HI	00
Anzahl Spulen LO	10 (16 Spulen)
Fehlerprüfung (CRC)	-

### 7.10.4. Halteregister lesen (03 HEX)

**Beschreibung**

Diese Funktion liest den Inhalt der Halteregister im Slave.

**Abfrage**

Das Abfragetelegramm gibt das Startregister und die Anzahl der zu lesenden Register an. Registeradressen beginnen bei 0, d. h. Register 1-4 werden als 0-3 adressiert.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01
Funktion	03 (Halteregister lesen)
Startadresse HI	00
Startadresse LO	00 (Spulenadresse 17)
Anzahl Register HI	00
Anzahl Register LO	03
Fehlerprüfung (CRC)	-

**Antwort**

Die Registerdaten im Antworttelegramm werden als zwei Byte pro Register verpackt, wobei der binäre Inhalt in jedem Byte rechtsbündig ist. Für jedes Register enthält das erste Byte die höherwertigen Bits und das zweite die niederwertigen Bits.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01
Funktion	03
Bytezahl	06
Daten HI (Register 40001)	55
Daten LO (Register 40001)	AA
Daten HI (Register 40002)	55
Daten LO (Register 40002)	AA
Daten HI (Register 40003)	55
Daten LO (Register 40003)	AA
Fehlerprüfung (CRC)	-



## 7.10.5. Einzelregister voreinstellen (06 HEX)

### Beschreibung

Diese Funktion führt die Voreinstellung eines Wertes in einem einzelnen Halteregeister durch.

### Abfrage

Die Abfrage gibt den Registersollwert an, der voreingestellt werden soll. Register werden ab 0 adressiert, d. h. Register 1 wird als 0 adressiert.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01
Funktion	06
Registeradresse HI	00
Registeradresse LO	01
Voreingestellte Daten HI	00
Voreingestellte Daten LO	03
Fehlerprüfung (CRC)	-

### Antwort

Nachdem der Inhalt der Register voreingestellt wurde, wird als normale Antwort ein Echo der Abfrage übertragen.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01
Funktion	06
Registeradresse HI	00
Registeradresse LO	01
Voreingestellte Daten HI	00
Voreingestellte Daten LO	03
Fehlerprüfung (CRC)	-

### 7.10.6. Mehrere Register voreinstellen (10 HEX)

**Beschreibung**

Diese Funktion führt die Voreinstellung eines Wertes in mehreren aufeinanderfolgenden Haltere-gistern durch.

**Abfrage**

Die Abfrage gibt den Registersollwert an, der voreingestellt werden soll. Register werden ab 0 adressiert, d. h. Register 1 wird als 0 adressiert. Hier ein Beispiel für die Anfrage, die Voreinstellung für zwei Register durchzuführen (Parameter 1-05 = 738 (7,38 A) setzen):

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01
Funktion	10
Startadresse HI	04
Startadresse LO	19
Anzahl Register HI	00
Anzahl Register LO	02
Bytezahl	04
Daten schreiben HI (Register 4: 1049)	00
Daten schreiben LO (Register 4: 1049)	00
Daten schreiben HI (Register 4: 1050)	02
Daten schreiben LO (Register 4: 1050)	E2
Fehlerprüfung (CRC)	-

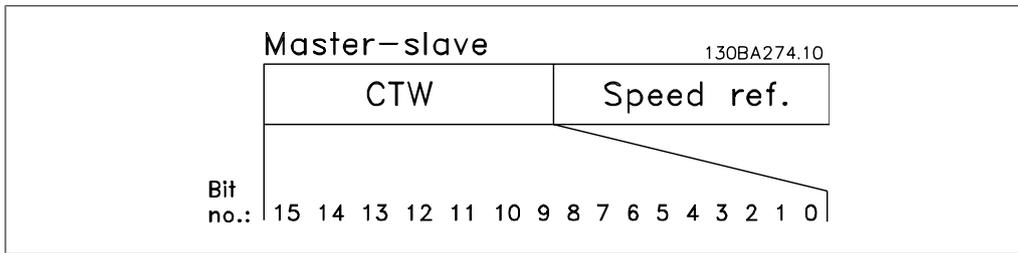
**Antwort**

Die normale Antwort enthält die Slave-Adresse, den Funktionscode, die Startadresse und die Anzahl der Register, die voreingestellt werden sollen.

Feldname	Beispiel (HEX)
Slave-Adresse	01
Funktion	10
Startadresse HI	04
Startadresse LO	19
Anzahl Register HI	00
Anzahl Register LO	02
Fehlerprüfung (CRC)	-

## 7.11. Danfoss FC-Steuerprofil

### 7.11.1. Steuerwort gemäß FC-Profil (Par. 8-10 = FC-Profil)



Bit	Bitwert = 0	Bitwert = 1
00	Sollwert	Festsollwertanwahl (lsb)
01	Sollwert	Festsollwertanwahl (msb)
02	DC-Bremse	Rampe
03	Motorfreilauf	Kein Motorfreilauf
04	Schnellstopp	Rampe
05	Ausgangsfrequenz speichern	Rampe benutzen
06	Rampenstopp	Start
07	Ohne Funktion	Alarm quittieren
08	Ohne Funktion	Festdrehzahl JOG
09	Rampe 1	Rampe 2
10	Daten ungültig	Daten gültig
11	Ohne Funktion	Relais 01 ein
12	Ohne Funktion	Relais 02 ein
13	Parametersatz	Parametersatzauswahl (lsb)
14	Parametersatz	Parametersatzauswahl (msb)
15	Ohne Funktion	Reversierung

#### Erklärung der Steuerbits

##### Bit 00/01

Bit 00 und 01 werden benutzt, um zwischen den vier Sollwerten zu wählen, die gemäß folgender Tabelle in Par. 3-10 *Festsollwert* vorprogrammiert sind:

Programmierter Sollwert	Par.	Bit 01	Bit 00
1	3-10 [0]	0	0
2	3-10 [1]	0	1
3	3-10 [2]	1	0
4	3-10 [3]	1	1

**ACHTUNG!**  
Die Auswahl in Par. 8-56 *Festsollwertanwahl* bestimmt, wie Bit 00/01 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

##### Bit 02, DC-Bremse:

Bit 02 = „0“: DC-Bremse und Stopp. Stellen Sie Bremsstrom und -dauer in Par. 2-01 *DC-Bremsstrom* und 2-02 *DC-Bremszeit* ein. Bit 02 = „1“ bewirkt Rampe.

**Bit 03, Motorfreilauf:**

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

**ACHTUNG!**

Die Auswahl in Par. 8-50 *Motorfreilauf* bestimmt, wie Bit 03 mit der entsprechenden Funktion an einem Digitaleingang verknüpft ist.

**Bit 04, Schnellstopp:**

Bit 04 = „0“: Bewirkt Rampe ab der Motordrehzahl bis zum Stopp (eingestellt in Par. 3-81 *Rampenzeit Schnellstopp*).

**Bit 05, Ausgangsfrequenz speichern**

Bit 05 = „0“: Die aktuelle Ausgangsfrequenz (in Hz) wird gespeichert. Die gespeicherte Ausgangsfrequenz kann dann nur an den Digitaleingängen (Par. 5-10 bis 5-15), programmiert für *Drehzahl auf* und *Drehzahl ab*, geändert werden.

**ACHTUNG!**

Ist Ausgangsfrequenz speichern aktiv, kann der Frequenzumrichter nur gestoppt werden durch Auswahl von:

- Bit 03, Motorfreilaufstopp
- Bit 02, DC-Bremse
- Digitaleingang (Par. 5-10 bis 5-15) programmiert auf *DC-Bremse*, *Motorfreilauf* oder *Motorfreilauf/Reset*.

**Bit 06, Rampenstopp/Start**

Bit 06 = „0“: Bewirkt einen Stopp, indem die Motordrehzahl über den entsprechenden Parameter Bit 06 = „1“ für Rampenzeit Ab bis zum Stopp reduziert wird. Ermöglicht es dem Frequenzumrichter, den Motor zu starten, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

**ACHTUNG!**

Die Auswahl in Par. 8-53 *Start* bestimmt, wie Bit 06 Rampenstopp/Start mit der entsprechenden Funktion an einem Digitaleingang verknüpft ist.

**Bit 07, Alarm quittieren:** Bit 07 = „0“: Kein Reset. Bit 07 = „1“: Reset einer Abschaltung. Reset wird auf der ansteigenden Signalfanke aktiviert, d. h., beim Übergang von logisch „0“ zu logisch „1“.

**Bit 08, Festdrehzahl JOG:**

Bit 08 = „1“: Die Ausgangsfrequenz wird durch Par. 3-19 *Festdrehzahl JOG* bestimmt.

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

Bit 09 = „0“: Rampe 1 ist aktiv (Par. 3-40 bis 3-47). Bit 09 = „1“: Rampe 2 (Par. 3-50 bis 3-57) ist aktiv.

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

Teilt dem Frequenzumrichter mit, ob das Steuerwort benutzt oder ignoriert wird. Bit 10 = „0“: Das Steuerwort wird ignoriert. Bit 10 = „1“: Das Steuerwort wird benutzt. Diese Funktion ist relevant, weil das Telegramm unabhängig vom Telegrammtyp stets das Steuerwort enthält. Sie können also

das Steuerwort deaktivieren, wenn es beim Aktualisieren oder Lesen von Parametern nicht benutzt werden soll.

Bit 11, Relais 01:

Bit 11 = „0“: Relais nicht aktiviert. Bit 11 = „1“: Relais 01 ist aktiviert, vorausgesetzt in Parameter 5-40 *Relaisfunktion* wurde *Steuerwort Bit 11* gewählt.

Bit 12, Relais 04:

Bit 12 = „0“: Relais 04 ist nicht aktiviert. Bit 12 = „1“: Relais 04 ist aktiviert, vorausgesetzt in Parameter 5-40 *Relaisfunktion* wurde *Steuerwort Bit 12* gewählt.

Bit 13/14, Parametersatzauswahl:

Mit Bit 13 und 14 können die vier Parametersätze entsprechend der folgenden Tabelle gewählt werden: .

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

Die Funktion ist nur möglich, wenn *Externe Auswahl* in Par. 0-10 *Aktiver Satz* gewählt ist.



**ACHTUNG!**

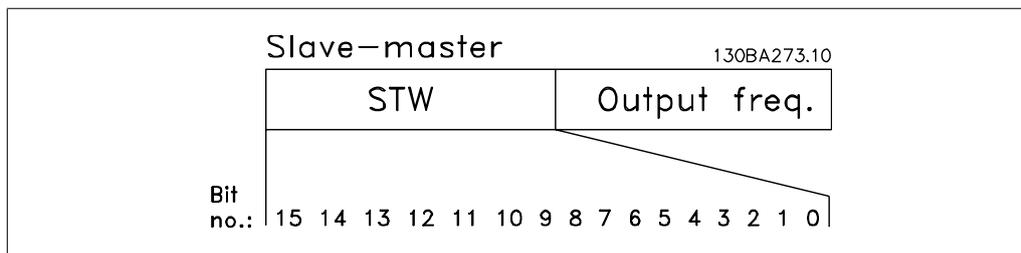
Die Auswahl in Par. 8-55 *Satzanwahl* bestimmt, wie Bit 13/14 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

Bit 15 Reversierung:

Bit 15 = „0“: Keine Reversierung. Bit 15 = „1“: Reversierung. In der Werkseinstellung ist Reversierung in Parameter 8-54 *Reversierung* auf Klemme eingestellt. Bit 15 bewirkt eine Reversierung nur dann, wenn entweder Bus, Bus und Klemme oder Bus oder Klemme gewählt ist.



### 7.11.2. Zustandswort gemäß FC-Profil (ZSW) (Par. 8-10 = FC-Profil)



Bit	Bit = 0	Bit = 1
00	Regler nicht bereit	Regler bereit
01	FU nicht bereit	FU bereit
02	Motorfreilauf	Aktivieren
03	Kein Fehler	Abschaltung
04	Kein Fehler	Fehler (keine Abschaltung)
05	Reserviert	-
06	Kein Fehler	Abschaltblockierung
07	Keine Warnung	Warnung
08	Drehzahl ≠ Sollwert	Drehzahl = Sollwert
09	Ortbetrieb	Bussteuerung
10	Außerhalb Frequenzgrenze	Frequenzgrenze OK
11	Kein Betrieb	Betrieb
12	FU OK	Gestoppt, autom. Start
13	Spannung OK	Spannung überschritten
14	Moment OK	Moment überschritten
15	Timer OK	Timer überschritten

#### Erklärung der Zustandsbits

##### Bit 00, Regler nicht bereit/bereit:

Bit 00 = „0“: Der Frequenzumrichter hat abgeschaltet. Bit 00 = „1“: Regler des Frequenzumrichters bereit, aber möglicherweise keine Versorgung zum Leistungsteil (bei externer 24 V-Versorgung der Steuerkarte).

##### Bit 01, FU bereit:

Bit 01 = „1“: Der Frequenzumrichter ist betriebsbereit, aber der Motorfreilauf-Befehl ist über die Digitaleingänge oder den Buseingang aktiv.

##### Bit 02, Motorfreilauf:

Bit 02 = „0“: Der Frequenzumrichter führt einen Motorfreilauf aus. Bit 02 = „1“: Der Motor läuft an, wenn die entsprechenden Startsignale gegeben werden.

##### Bit 03, Kein Fehler/Abschaltung:

Bit 03 = „0“: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor. Bit 03 = „1“: Der Frequenzumrichter hat abgeschaltet. Um den Fehler zurückzusetzen, muss ein [Reset] ausgeführt werden.

##### Bit 04, Kein Fehler/Fehler (keine Abschaltung):

Bit 04 = „0“: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor. Bit 04 = „1“: Der Frequenzumrichter meldet einen Fehler, aber schaltet nicht ab.

##### Bit 05, Nicht benutzt:

Bit 05 wird im Zustandswort nicht benutzt.

Bit 06, Kein Fehler/Abschaltblockierung:

Bit 06 = „0“: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor. Bit 06 = „1“: Der Frequenzumrichter ist abgeschaltet und blockiert.

Bit 07, Keine Warnung/Warnung:

Bit 07 = „0“: Es liegen keine Warnungen vor. Bit 07 = „1“: Eine Warnung liegt vor.

Bit 08, Drehzahl ≠ Sollwert/Drehzahl = Sollwert:

Bit 08 = „0“: Der Motor läuft, die aktuelle Drehzahl entspricht aber nicht dem voreingestellten Drehzahlsollwert. Dies kann z. B. bei der Rampe auf/ab der Fall sein. Bit 08 = „1“: Die Motordrehzahl entspricht dem voreingestellten Drehzahlsollwert.

Bit 09, Ortbetrieb/Bussteuerung:

Bit 09 = „0“: Es wurde die [STOP/RESET]-Taste am LCP betätigt oder auf *Ort*-Betrieb umgestellt. Es ist nicht möglich, den Frequenzumrichter über die serielle Schnittstelle zu starten. Bit 09 = „1“: Der Frequenzumrichter kann über den Feldbus/die serielle Schnittstelle oder Klemmen gesteuert werden.

Bit 10, Frequenzgrenze überschritten:

Bit 10 = „0“: Die Ausgangsfrequenz hat den in Par. 4-11 *Min. Drehzahl [UPM]* bzw. in Par. 4-13 *Max. Drehzahl [UPM]* eingestellten Wert erreicht. Bit 10 = „1“: Die Ausgangsfrequenz ist innerhalb der festgelegten Grenzen.

Bit 11, Kein Betrieb/Betrieb:

Bit 11 = „0“: Der Motor läuft nicht. Bit 11 = „1“: Der Frequenzumrichter hat ein Startsignal, oder die Ausgangsfrequenz ist größer als 0 Hz.

Bit 12, FU OK/gestoppt, autom. Start:

Bit 12 = „0“: Es liegt keine vorübergehende Übertemperatur des Wechselrichters vor. Bit 12 = „1“: Der Wechselrichter stoppt wegen Übertemperatur, aber das Gerät schaltet nicht ab, und nimmt den Betrieb wieder auf, wenn keine Übertemperatur mehr vorliegt.

Bit 13, Spannung OK/Grenze überschritten:

Bit 13 = „0“: Es liegen keine Spannungswarnungen vor. Bit 13 = „1“: Die Gleichspannung im Zwischenkreis des Frequenzumrichters ist zu hoch bzw. zu niedrig.

Bit 14, Moment OK/Grenze überschritten:

Bit 14 = „0“: Der Motorstrom ist geringer als die in Par. 4-18 *Stromgrenze* gewählte Stromgrenze. Bit 14 = „1“: Die Momentgrenze in Par. 4-18 *Stromgrenze* ist überschritten.

Bit 15, Timer OK/Grenze überschritten:

Bit 15 = „0“: Die Timer für thermischen Motorschutz und thermischen Schutz des Frequenzumrichters sind nicht 100 % überschritten. Bit 15 = „1“: Einer der Timer überschreitet 100 %.

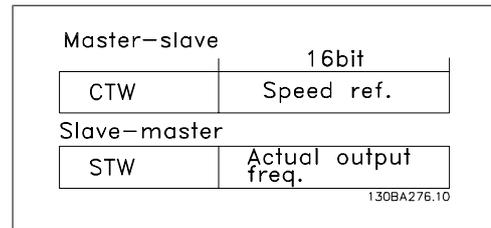


**ACHTUNG!**

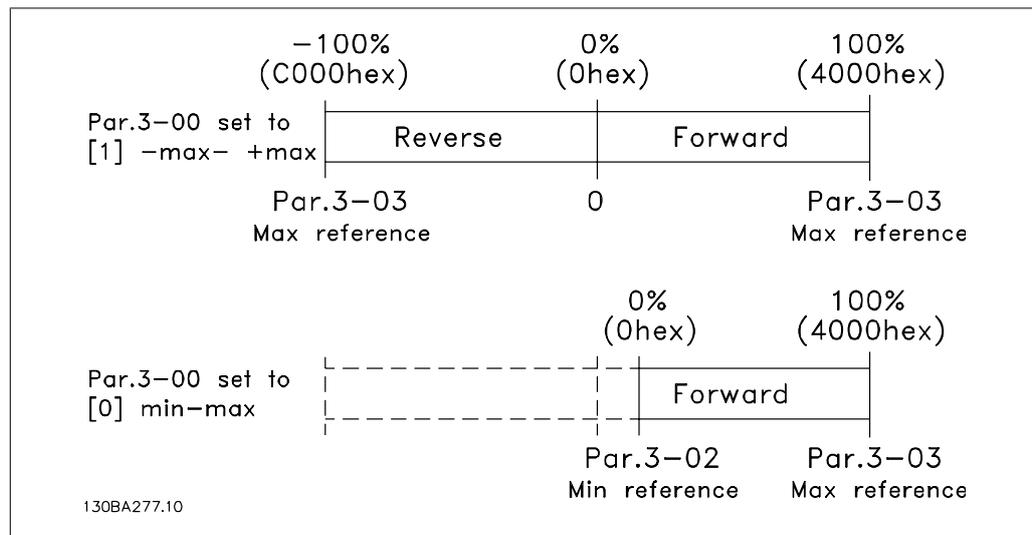
Alle Bit im ZSW werden auf „0“ gesetzt, wenn die Verbindung zwischen der Interbus-Option und dem Frequenzumrichter verloren geht oder ein internes Kommunikationsproblem auftritt.

### 7.11.3. Bus (Drehzahl) Sollwert

Der Sollwert für die Drehzahl wird an den Frequenzumrichter als Relativwert in % übermittelt. Der Wert wird in Form eines 16-Bit-Wortes übermittelt. In Ganzzahlen (0-32767) entspricht der Wert 16384 (4000 Hex) 100 %. Negative Werte werden über Zweier-Komplement formatiert. Die aktuelle Ausgangsfrequenz (HIW) wird auf gleiche Weise wie der Bussollwert skaliert.



Der Sollwert und HIW werden wie folgt skaliert:





## 8. Fehlersuche und -behebung

### 8.1.1. Alarm- und Warnmeldungen

Eine Warnung oder ein Alarm wird durch die entsprechende LED auf der Frontseite des Frequenzumrichters signalisiert und mit einem Code im Display angezeigt.

Eine Warnung bleibt so lange bestehen, bis die Ursache nicht mehr zutrifft. Der Motor kann dabei eventuell weiter betrieben werden. Warnmeldungen können, müssen aber nicht unbedingt kritisch sein.

Bei einem Alarm hat der Frequenzumrichter abgeschaltet. Alarmer müssen zur Wiederaufnahme des Betriebs durch Beseitigung der Ursache quittiert werden. Dies kann auf vier Arten geschehen:

1. Mit der Bedientaste [RESET] an der LCP Bedieneinheit.
2. Über einen Digitaleingang mit der „Reset“-Funktion.
3. Über serielle Kommunikation/optionalen Feldbus.
4. Durch automatisches Quittieren über die [Auto Reset]-Funktion, eine Werkseinstellung für VLT HVAC Drive. Siehe dazu Par. 14-20 *Quittierfunktion* im *VLT® HVAC Drive Programmierhandbuch, MG.11Cx.yy*.



#### **ACHTUNG!**

Nach manuellem Quittieren über die [RESET]-Taste am LCP muss die Taste [AUTO ON] gedrückt werden, um den Motor neu zu starten!

Wenn sich ein Alarm nicht quittieren lässt, kann dies daran liegen, dass die Ursache noch nicht beseitigt ist oder der Alarm mit einer Abschaltblockierung versehen ist (siehe auch Tabelle auf der nächsten Seite).

Alarmer mit Abschaltblockierung bieten einen zusätzlichen Schutz, d. h., es muss vor der Quittierung die Netzversorgung abgeschaltet werden. Nach dem Wiedereinschalten ist der Frequenzumrichter nicht mehr blockiert und kann nach Beseitigung der Ursache wie oben beschrieben quittiert werden.

Alarmer ohne Abschaltblockierung können auch mittels der automatischen Quittierfunktion in Parameter 14-20 zurückgesetzt werden (Achtung: automatischer Wiederanlauf ist möglich!).

Ist in der Tabelle auf der folgenden Seite für einen Code Warnung und Alarm markiert, bedeutet dies, dass entweder vor einem Alarm eine Warnung erfolgt oder dass Sie festlegen können, ob für einen bestimmten Fehler eine Warnung oder ein Alarm ausgegeben wird.

Dies ist beispielsweise in Parameter 1-90 *Thermischer Motorschutz* möglich. Nach einem Alarm oder einer Abschaltung läuft der Motor im Freilauf aus, und am Frequenzumrichter blinken Alarm und Warnung. Nachdem das Problem behoben wurde, blinkt nur noch der Alarm.

Nr.	Beschreibung	War- nung	Alarm/Ab- schaltung	Alarm/Abschalt- blockierung	Zugehöriger Pa- rameter
1	10 Volt niedrig	X			
2	Signalfehler	(X)	(X)		6-01
3	Kein Motor	(X)			1-80
4	Netzunsymmetrie	(X)	(X)	(X)	14-12
5	DC-Spannung hoch	X			
6	DC-Spannung niedrig	X			
7	DC-Überspannung	X	X		
8	DC-Unterspannung	X	X		
9	Wechselrichterüberlastung	X	X		
10	Motortemperatur ETR	(X)	(X)		1-90
11	Motor Thermistor	(X)	(X)		1-90
12	Moment.grenze	X	X		
13	Überstrom	X	X	X	
14	Erdschluss	X	X	X	
15	Inkompatible Hardware		X	X	
16	Kurzschluss		X	X	
17	Steuerwort-Timeout	(X)	(X)		8-04
25	Bremswiderstand Kurzschluss	X			
26	Bremswiderstand Leistungsgrenze	(X)	(X)		2-13
27	Bremse IGBT-Fehler	X	X		
28	Bremswiderstand Test	(X)	(X)		2-15
29	Umrichter Übertemperatur	X	X	X	
30	Motorphase U fehlt	(X)	(X)	(X)	4-58
31	Motorphase V fehlt	(X)	(X)	(X)	4-58
32	Motorphase W fehlt	(X)	(X)	(X)	4-58
33	Inrush Fehler		X	X	
34	Feldbus-Fehler	X	X		
38	Interner Fehler		X	X	
47	24-V-Versorgung - Fehler	X	X	X	
48	1,8-V-Versorgung - Fehler		X	X	
50	AMA-Kalibrierungsfehler		X		
51	AMA-Motordaten überprüfen		X		
52	AMA Motornennstrom überprüfen		X		
53	AMA Motor zu groß		X		
54	AMA Motor zu klein		X		
55	AMA-Daten außerhalb des Bereichs		X		
56	AMA Abbruch		X		
57	AMA-Timeout		X		
58	AMA - Interner Fehler	X	X		
59	Stromgrenze	X			
61	Drehgeber-Fehler	(X)	(X)		4-30
62	Ausgangsfrequenz Grenze	X			
64	Motorspannung	X			
65	Steuerkarte Übertemperatur	X	X	X	
66	Temperatur zu niedrig	X			
67	Optionen neu		X		
68	Sicherer Stopp		X		
80	Initialisiert		X		

Tabelle 8.1: Alarm-/Warncodeliste

(X) Parameterabhängig

LED-Anzeige	
Warnung	gelb
Alarm	blinkt ROT
Abschaltblockierung	gelb und rot

Alarmwort und erweitertes Zustandswort						
Bit	Hex	Dez	Alarmwort	Warnwort	Erweitertes Zustandswort	Zu-
0	00000001	1	Bremswiderstand Test	Bremswiderstand Test	Rampe	
1	00000002	2	Umr. Übertemp.	Umr. Übertemp.	AMA läuft	
2	00000004	4	Erdschluss	Erdschluss	Start Rechts-/Linkslauf	
3	00000008	8	Steuer.Temp.	Steuer.Temp.	Freq.korr. Ab	
4	00000010	16	STW- Timeout	STW- Timeout	Freq.korr. Auf	
5	00000020	32	Überstrom	Überstrom	Istwert hoch	
6	00000040	64	Drehmomentgrenze	Drehmomentgrenze	Istwert niedr.	
7	00000080	128	Motor Therm.	Motor Therm.	Ausgangsstrom hoch	
8	00000100	256	Motortemp.ETR	Motortemp.ETR	Ausgangsstrom niedrig	
9	00000200	512	WR-Überlast	WR-Überlast	Ausgangsfreq. hoch	
10	00000400	1024	DC-Untersp.	DC-Untersp.	Ausgangsfreq. niedr.	
11	00000800	2048	DC-Übersp.	DC-Übersp.	Bremstest i.O.	
12	00001000	4096	Kurzschluss	DC-niedrig	Max. Bremsung	
13	00002000	8192	Inrush Fehler	DC-hoch	Bremsung	
14	00004000	16384	Netzunsymm.	Netzunsymm.	Außerh. Frequenzber.	
15	00008000	32768	AMA nicht OK	Kein Motor	Übersp.-Steu.	
16	00010000	65536	Signalfehler	Signalfehler		
17	00020000	131072	Interner Fehler	10 V niedrig		
18	00040000	262144	Bremswid. kW	Bremswid. kW		
19	00080000	524288	Mot.Phase U	Bremswiderstand		
20	00100000	1048576	Mot.Phase V	Bremse IGBT		
21	00200000	2097152	Mot.Phase W	Drehzahlgrenze		
22	00400000	4194304	Feldbus-Fehl.	Feldbus-Fehl.		
23	00800000	8388608	24 V Fehler	24 V Fehler		
24	01000000	16777216	Netzausfall-Funktion	Netzausfall-Funktion		
25	02000000	33554432	1,8 V Fehler	Stromgrenze		
26	04000000	67108864	Bremswiderstand	Temp. niedrig		
27	08000000	134217728	Bremse IGBT	Motorspannung		
28	10000000	268435456	Optionen neu	Reserviert		
29	20000000	536870912	Initialisiert	Reserviert		
30	40000000	1073741824	Sicherer Stopp	Reserviert		

Tabelle 8.2: Beschreibung des Alarmworts, Warnworts und erweiterten Zustandsworts

Die Alarmworte, Warnworte und erweiterten Zustandsworte können über seriellen Bus oder optionalen Feldbus zur Diagnose ausgelesen werden. Siehe auch Par. 16-90, 16-92 und 16-94.

#### **WARNUNG 1, 10 Volt niedrig:**

Die Spannung von Klemme 50 an der Steuerkarte ist unter 10 Volt.

Die 10-Volt-Versorgung ist überlastet. Verringern Sie die Last an Klemme 50. Max. 15 mA bzw. minimal 590 Ω Last.

#### **WARNUNG/ALARM 2, Sollwertfehler:**

Das Signal an Klemme 53/54 ist unter 50 % des Wertes, eingestellt in Par. 6-10, 6-12 bzw. 6-20, 6-22. Siehe Par. 6-01.

#### **WARNUNG/ALARM 3, Motorthermistor:**

Am Ausgang des Frequenzumrichters ist kein Motor angeschlossen, siehe Par. 1-80.

#### **WARNUNG/ALARM 4, Netzunsymmetrie:**

Versorgungsseitiger Phasenausfall oder zu hohes Ungleichgewicht in der Netzspannung.

Diese Meldung wird im Fall eines Fehlers im Eingangsgleichrichter des Frequenzumrichters angezeigt.

Kontrollieren Sie die Versorgungsspannung und die Versorgungsströme zum Frequenzumrichter.

#### **WARNUNG 5, DC-Spannung hoch:**

Die Zwischenkreisspannung (VDC) liegt oberhalb der Überspannungsgrenze des Steuersystems. Der Frequenzumrichter ist noch aktiv.

#### **WARNUNG 6, DC-Spannung niedrig:**

Die Zwischenkreisspannung (DC) liegt unter dem Spannungsgrenzwert des Steuersystems. Der Frequenzumrichter ist noch aktiv.

**WARNUNG/ALARM 7, DC-Überspannung:**

Überschreitet die Zwischenkreisspannung den Grenzwert, schaltet der Frequenzumrichter nach einiger Zeit ab.

**Mögliche Abhilfen:**

Überspannungssteuerungsfunktion in Par. 2-17 auswählen.

Bremswiderstand anschließen.

Rampenzeit verlängern.

Funktionen in Par. 2-10 aktivieren.

Last reduzieren.

Auswahl der OVC-Funktion verlängert die Rampenzeiten.

Alarm-/Warngrenzen:			
VLT HVAC		3 x 200-240 VAC	3 x 380-500 V AC
		[VDC]	[VDC]
Unterspannung		185	373
Unterer Spannungsgrenzwert	Span-	205	410
Oberer Spannungsgrenzwert (o. Bremse/m. Bremse)	Span-	390/405	810/840
Überspannung		410	855

Bei den Spannungsangaben handelt es sich um die Zwischenkreisspannung des VLT HVAC mit einer Toleranz von  $\pm 5\%$ . Die zugehörige Netzspannung errechnet sich aus der DC-Zwischenkreisspannung geteilt durch 1,35.

**WARNUNG/ALARM 8, DC-Unterspannung:**

Wenn die Zwischenkreisspannung (VDC) unter den „Unteren Spannungsgrenzwert“ (siehe Tabelle) sinkt, prüft der Frequenzumrichter, ob eine externe 24 V-Versorgung angeschlossen ist.

Wenn keine externe 24 V-Versorgung angeschlossen ist, schaltet der Frequenzumrichter nach einer festgelegten Zeit (geräteabhängig) ab.

Prüfen Sie, ob die Versorgungsspannung auf den Frequenzumrichter abgestimmt ist (siehe 3.2 Allgemeine technische Daten).

**WARNUNG/ALARM 9, Wechselrichterüberlast:**

Der Frequenzumrichter schaltet aufgrund von Überlastung (zu hoher Strom über zu lange Zeit) ab. Der Zähler für elektronischen Wechselrichterschutz gibt bei 98 % eine Warnung aus und schaltet bei 100 % mit einem Alarm ab. Der Frequenzumrichter kann erst zurückgesetzt werden, wenn der Zählerwert unter 90 % sinkt.

Das Problem besteht darin, dass der Frequenzumrichter zu lange Zeit mit mehr als 100 % Motorstrom belastet war. Prüfen Sie Last, Motor und Motorparameter.

**WARNUNG/ALARM 10, Motortemperatur ETR:**

Der Motor ist laut der elektronisch thermischen Schutzfunktion (ETR) vermutlich überhitzt. In Par. 1-90 kann gewählt werden, ob der Frequenzumrichter eine Warnung oder einen Alarm ausgeben soll. Ursache des Problems ist, dass der Motor zu lange mit niedriger Drehzahl oder mehr als 100 % Motorstrom belastet war. Prüfen Sie Last, Motor und Motorparameter.

**WARNUNG/ALARM 11, Motor Thermistor:**

Der Thermistor bzw. die Verbindung zum Thermistor ist unterbrochen. In Par. 1-90 kann gewählt werden, ob der Frequenzumrichter eine Warnung oder einen Alarm ausgeben soll. Überprüfen Sie Last und Motor und prüfen Sie, ob der Thermistor korrekt zwischen Klemme 53 oder 54 (Analogspannungseingang) und Klemme 50 (+ 10 Volt-Versorgung) oder zwischen Klemme 18 oder 19 (nur Digitaleingang PNP) und Klemme 50 angeschlossen ist. Wenn ein KTY-Sensor benutzt wird, prüfen Sie, ob der Anschluss zwischen Klemme 54 und 55 korrekt ist.

**WARNUNG/ALARM 12, Drehmomentgrenze:**

Das Drehmoment ist höher als der Wert in Parameter 4-16 (bei motorischem Betrieb) bzw. in Parameter 4-17 (bei generatorischem Betrieb). Überprüfen Sie Motor/Last und Par. 4-16, 4-17 und Par. 4-25.

**WARNUNG/ALARM 13, Überstrom:**

Die Spitzenstromgrenze des Wechselrichters (ca. 200 % des Nennstroms) ist überschritten. Die Warnung dauert ca. 8-12 s, wonach der Frequenzumrichter abschaltet und einen Alarm ausgibt. Schalten Sie den Frequenzumrichter aus und prüfen Sie Last, Motor und Motordaten und ob die Motorgröße dem Frequenzumrichter entspricht.

**ALARM 14, Erdschluss:**

Es ist ein Erdschluss zwischen den Ausgangsphasen und Erde entweder im Kabel zwischen Frequenzumrichter und Motor oder im Motor vorhanden.

Frequenzumrichter abschalten und den Erdschluss beseitigen.

**ALARM 15, Inkompatible Hardware:**

Eine installierte Option wird von der Steuerkarte (Hardware oder Software) nicht unterstützt.

**ALARM 16, Kurzschluss:**

Es liegt ein Kurzschluss im Motorkabel, im Motor oder an den Motorklemmen vor. Schalten Sie den Frequenzumrichter aus und beheben Sie den Kurzschluss.

**WARNUNG/ALARM 17, Steuerwort-Timeout:**

Es besteht keine Kommunikation zum Frequenzumrichter.

Die Warnung wird nur aktiv, wenn Par. 8-04 nicht auf *AUS* eingestellt ist.

Wenn Par. 8-04 auf *Stopp und Alarm* eingestellt ist, erfolgt erst eine Warnung und dann ein Herunterfahren bis zur Abschaltung mit Ausgabe des Alarms.

Eventuell Par. 8-03 *Steuerwort Timeout-Funktion* erhöhen.

**WARNUNG 24, Externe Lüfter:**

Die Funktion ist ein zusätzlicher Schutz, mit der geprüft wird, ob Lüfter vorhanden sind und laufen. Die Warnung kann in Par. 14-53 *Lüfterüberwachung* deaktiviert [0] werden.

**WARNUNG 25, Bremswiderstand Kurzschluss:**

Der Bremswiderstand wird während des Betriebs überwacht. Bei einem Kurzschluss wird die Bremsfunktion abgebrochen und die Warnung ausgegeben. Der Frequenzumrichter kann weiterhin betrieben werden, allerdings ohne Bremsfunktion. Schalten Sie den Frequenzumrichter aus und überprüfen Sie den Bremswiderstand (siehe Par. 2-15 *Bremswiderstand Test*).

**ALARM/WARNUNG 26, Bremswiderstand Leistungsgrenze:**

Die auf den Bremswiderstand übertragene Leistung wird als Mittelwert für die letzten 120 Sekunden anhand des Widerstandswerts (Par. 2-11) und der Zwischenkreisspannung in Prozent ermittelt. Die Warnung ist aktiv, wenn die übertragene Bremsleistung höher als 90 % ist. Ist *Alarm* [2] in Par. 2-13 gewählt, schaltet der Frequenzumrichter mit einem Alarm ab, wenn die Bremsleistung über 100 % liegt.

**WARNUNG/ALARM 27, Bremse IGBT-Fehler:**

Während des Betriebs wird der Bremstransistor überwacht. Bei einem Kurzschluss wird die Bremsfunktion abgebrochen und die Warnung ausgegeben. Der Frequenzumrichter kann weiterhin betrieben werden, aufgrund des

Kurzschlusses wird jedoch eine hohe Leistung an den Bremswiderstand abgegeben, auch wenn dieser nicht gebremst wird.

Schalten Sie den Frequenzumrichter aus. Überprüfen Sie den Bremswiderstand.



Warnung: Bei einem Kurzschluss des Bremstransistors besteht das Risiko einer erheblichen Leistungsübertragung zum Bremswiderstand.

**ALARM/WARNUNG 28, Bremstest Fehler:**

Fehler im Bremswiderstand: Der Bremswiderstand ist nicht angeschlossen/funktioniert nicht.

**WARNUNG/ALARM 29, Umrichter Über-temperatur:**

Bei Schutzart IP20 oder IP21/NEMA 1 liegt die Abschaltgrenze für die Kühlkörpertemperatur bei  $95\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Der Temperaturfehler kann erst dann quittiert werden, wenn die Kühlkörpertemperatur  $70\text{ °C}$  wieder unterschritten hat.

**Mögliche Ursachen:**

- Umgebungstemperatur zu hoch
- Zu langes Motorkabel  
Taktfrequenz zu hoch  
Kühlhüfner ausgefallen

**ALARM 30, Motorphase U fehlt:**

Motorphase U zwischen Frequenzumrichter und Motor fehlt.

Schalten Sie den Frequenzumrichter aus und prüfen Sie Motorphase U.

**ALARM 31, Motorphase V fehlt:**

Motorphase V zwischen Frequenzumrichter und Motor fehlt.

Schalten Sie den Frequenzumrichter aus und prüfen Sie Motorphase V.

**ALARM 32, Motorphase W fehlt:**

Motorphase W zwischen Frequenzumrichter und Motor fehlt.

Schalten Sie den Frequenzumrichter aus und prüfen Sie Motorphase W.

**ALARM 33, Inrush Fehler:**

Zu viele Einschaltungen haben innerhalb zu kurzer Zeit stattgefunden. Die zulässige Anzahl Einschaltungen innerhalb einer Minute ist im Kapitel *Allgemeine technische Daten* aufgeführt.

**WARNUNG/ALARM 34, Feldbus-Fehler:**

Der Feldbus auf der Optionskarte funktioniert nicht. Siehe Beschreibung im Handbuch zur Feldbus-Option.

**Alarm 38, interner Fehler:**

Bitte wenden Sie sich an den Danfoss-Service.

**WARNUNG 47, 24-V-Versorgung - Fehler:**

Die externe 24-V-DC-Steuerversorgung ist möglicherweise überlastet. Überprüfen Sie die Steuerverdrahtung.

**ALARM 48, 1,8-V-Versorgung - Fehler:**

Bitte wenden Sie sich an den Danfoss-Service.

**WARNUNG 49, Drehzahlgrenze:**

Die aktuelle Motordrehzahl unter- oder überschreitet die Einstellungen in Par. 4-11 und 4-13. Bitte wenden Sie sich an den Danfoss-Service.

**ALARM 50, AMA-Kalibrierungsfehler:**

Bitte wenden Sie sich an den Danfoss-Service.

**ALARM 51, AMA-Motordaten überprüfen:**

Die Einstellung von Motorspannung, Motorstrom und/oder Motorleistung ist vermutlich falsch. Überprüfen Sie die Einstellungen.

**ALARM 52, AMA Motornennstrom überprüfen:**

Die Einstellung des Motorstroms ist vermutlich zu niedrig. Überprüfen Sie die Einstellungen.

**ALARM 53, AMA-Motor zu groß:**

Der Motor ist zu groß, um eine AMA durchzuführen.

**ALARM 54,**

AMA-Motor zu klein:

Der Motor ist zu klein, um eine AMA durchzuführen.

**ALARM 55, AMA-Daten außerhalb des Bereichs:**

Die gefundenen Parameterwerte vom Motor liegen außerhalb des zulässigen Bereichs. Bitte überprüfen Sie die Motordaten in Par. 1-20 bis 1-25.

**ALARM 56, AMA Abbruch:**

Die AMA wurde durch den Benutzer abgebrochen.

**ALARM 57, AMA-Timeout:**

Versuchen Sie einen Neustart der AMA (Startsignal). Wiederholter AMA-Betrieb kann zu einer Erwärmung des Motors führen, was wiederum eine Erhöhung des Widerstands  $R_s$  und  $R_r$  bewirkt. Im Regelfall ist dies jedoch nicht kritisch.

**WARNUNG/ALARM 58, AMA interner Fehler:**

Bitte wenden Sie sich an den Danfoss-Service.

**WARNUNG 59, Stromgrenze:**

Der Ausgangsstrom hat den Grenzwert in Par. 4-18 überschritten und der Strom wird begrenzt. Bitte wenden Sie sich an den Danfoss-Service.

**WARNUNG 62, Ausgangsfrequenz Grenze:**

Die in Par. 4-19 eingestellte Frequenzgrenze wurde überschritten.

**ALARM 63, Mechanische Bremse Fehler:**

Der Motorstrom hat den Strom für „Bremse lüften“ innerhalb des Zeitfensters für die Verzögerungszeit nicht überschritten, siehe Par. 2-20, 2-23.

**WARNUNG 64, Motorspannung Grenze:**

Die Last- und Drehzahlverhältnisse erfordern eine höhere Motorspannung als die aktuelle Zwischenkreisspannung zur Verfügung stellen kann.

**WARNUNG/ALARM/ABSCHALTUNG 65, Steuerkarte Übertemperatur:**

Es wurde eine Übertemperatur an der Steuerkarte festgestellt. Die Abschalttemperatur der Steuerkarte beträgt 80 °C.

**WARNUNG 66, Temperatur zu niedrig:**

Die Kühlkörpertemperatur wird als 0 °C gemessen. Möglicherweise ist der Temperatursensor defekt. Die Lüfterdrehzahl wird auf das Maximum erhöht, um das Leistungsteil und die Steuerkarte in jedem Fall zu schützen.

**ALARM 67, Optionen neu:**

Eine oder mehrere Optionen sind seit dem letzten Netz-EIN hinzugefügt oder entfernt worden.

**ALARM 70, Ungültige FC-Konfiguration:**

Die aktuelle Kombination aus Steuerkarte und Leistungskarte ist ungültig.

**ALARM 80, Initialisiert:**

Die Parametereinstellungen wurden nach manuellem Reset (3-Finger-Methode) mit Werkseinstellungen oder über Par. 14-22 initialisiert.

## Index

### 0

0 - 10 Vdc	76
0-20 Ma	76

### 1

1 Zone, 1 Sollwert	42
--------------------	----

### 3

3-sollwert-pid-regler	25
-----------------------	----

### 4

4-20 Ma	76
---------	----

## A

Abgeschirmt	101
Abgestrahlte Störaussendung	45
Abkürzungen	7
Abluftventilator	24
Abmessungen	69
Abschirmblech	93
Abschirmung Von Kabeln	95
Abzweigschutz	96
Aggressive Umgebungen	17
Allgemeine Warnung	6
Aluminiumleiter	95
Ama	118
Amortisation	20
Analogausgänge	61
Analog-e/a-auswahl	76
Analog-e/a-option Mcb 109	76
Analogeingänge	9, 60
Analogeingänge Skalieren	38
Analogeingängen	9
Anschluss Des Bremswiderstands	105
Anstiegszeit	65
Anwendung Mit Pid-regelung	34
Anwendungsbeispiele	23
Ausbrechen Von Zusätzlichen Öffnungen Für Kabeldurchführungen	91
Ausgänge Für Stellglieder	76
Ausgangsfilter	80
Ausgangsfrequenz Speichern	7, 153
Ausgangsleistung (u, V, W)	59
Ausgleichskabels	114
Auswahl Normal-/invers-regelung	34
Automatische Anpassungen Zur Sicherstellung Der Leistung	68
Automatische Motoranpassung	118
Automatische Motoranpassung (ama)	103
Awg	53

## B

Bandbreite Ist=sollwert	36
Batteriepufferung Der Uhrfunktion	76
Begriffsdefinitionen	7
Beispiel Der Pid-regelung	37
Bestellnummern	81
Bestellnummern: Du/dt-filter	87
Bestellnummern: Du/dt-filter, 525-690 Vac	88
Bestellnummern: Oberwellenfilter	84
Bestellnummern: Optionen Und Zubehör	83

Bestellnummern: Sinusfilter, 200-500 Vac	85
Bestellnummern: Sinusfilter, 525-690 Vac	86
Blockschaltbild Des Pid-reglers Des Frequenzumrichters	33
Bremsleistung	9, 49
Bremswiderstand	48
Bremswiderstände	78
Bremszeit	152

## C

Ce-kennzeichnung	15
Co2-sensor	25

## D

Datensicherung Im Pc	110
Datenübertragung Vom Pc Zum Frequenzumrichter	110
Dc-bremse	152
Dc-spannung	161
Den Istwert Zum Pid-regler Konfigurieren	38
Den Sollwert Zum Pid-regler Konfigurieren	38
Devicenet	83
Die Emv-richtlinie (89/336/ewg)	15
Die Motorparameter Mithilfe Der Typenschilddaten Einstellen	38
Differenzdruck	29
Digitalausgang	61
Digitaleingänge:	60
Dralldrossel	24
Drehmomentkennlinie	59
Drehrichtung	108
Drehzahlgrenze Und Rampenzeit	104
Drive-konfigurator	81
Drosselklappe	24
Drosselventil	27
Druck Zu Temperatur	35
Du/dt-filter	80
Durchflussmesser	28

## E

E/as Für Sollwerteingänge	76
Echtzeituhr (rtc)	78
Einen Pc An Den Fc 100 Anschließen	109
Einfaches Anschlussbeispiel	100
Einstellverfahren Nach Ziegler-nichols	39
Elektrische Installation	95, 101
Elektrische Installation - Emv-schutzmaßnahmen	111
Emv-immunität	46
Emv-prüfergebnisse	45
Emv-richtlinie 89/336/ewg	16
Energieeinsparungen	19, 20
Entsorgungshinweise	14
Erdableitstrom	111
Erdanschluss	91
Erdung	114
Erdung Abgeschirmter Steuerkabel	114
Erfolgreiche Ama	104
Erhöhter Erdableitstrom	48
Erste Inbetriebnahme Und Test	103
Etr	107, 162
Externe 24 V Dc-versorgung	75
Externe 24 V-stromversorgung Mcb 107 (option D)	75
Extreme Betriebsbedingungen	50

## F

Fc-profil	152
Fehlerstromschutzschalter	48, 116

Fehlgeschlagene Ama	104
Festdrehzahl Jog	153
Frequenzausblendung	26
<b>G</b>	
Galvanische Trennung (pelv)	47
Gebäudemanagementsystem	76
Gebereingänge	76
Gefahren Durch Elektrischen Schlag	48
Gehäuse A5	94
Generatorisch Erzeugte Überspannung	50
Geringe Verdampfungstemperatur	28
Grenzwerte Des Frequenzumrichters	38
<b>H</b>	
Hand-steuerung (hand On) Und Fern-betrieb (auto On)	31
Hilfspumpen	29
Hochspannungsprüfung	111
<b>I</b>	
Installation In Großen Höhenlagen	13
Ip21/nema 1-gehäuseabdeckung	79
Istwert 1 Einheit	35
Istwert 2 Einheit	35
Istwert 3 Einheit	35
Istwertanschluss 1	34
Istwertanschluss 2	35
Istwertanschluss 3	35
Istwertfunktion	35
Istwertumwandl. 1	35
Istwertumwandl. 2	35
Istwertumwandl. 3	35
Istwertumwandlung	43
Istwertverarbeitung	42
<b>J</b>	
Jog	7
<b>K</b>	
Kabelbügel	114
Kabellänge Und -querschnitt	95
Kabellängen Und -querschnitte	59
Kältemittel	35
Kältemittel A1	36
Kältemittel A2	36
Kältemittel A3	36
Kältemitteltemperatur	43
Keine UI-konformität	96
Kondenswasserpumpen	27
Konstanter Volumenstrom	25
Korrektur Des Leistungsfaktors	21
Korrektur Des Leistungsfaktors Cos $\Phi$	21
Kty-sensor	162
Kühlturmgebläse	26
Kühlung	68, 90
Kurzschluss (motorphase – Phase)	50
Kurzschluss- Schutz	96
<b>L</b>	
Lc-filter	94
Lcp	7, 10, 31, 78
Leistungsfaktor	12

Leistungsreduzierung Bei Installation Langer Motorkabel Oder Bei Kabeln Mit Größerem Querschnitt	68
Leistungsreduzierung Beim Betrieb Mit Niedriger Drehzahl	68
Leistungsreduzierung Wegen Erhöhter Umgebungstemperatur	66
Leistungsreduzierung Wegen Niedrigem Luftdruck	67
Leitungsgebundene Störaussendung	45
Literatur	5
Losbrechmoment	8
Luftfeuchtigkeit	17

## M

Maschinenrichtlinie (98/37/ewg)	15
Mct 10	110
Mct 10 Software	109
Mct 31	111
Mct 31 - Hvac Projektierungshandbuch	111
Mechanische Installation	90
Mehrere Istwertsignale	35
Mehrere Pumpen	30
Mehrere Zonen, 1 Sollwert	42
Mehrere Zonen, Mehrere Sollwerte	42
Mehrzonensteuerung	76
Montage Des Abschirmblechs	93
Montagezubehör	89
Motoranschluss	93
Motorausgang	59
Motordrehrichtung	108
Motorfreilauf	7, 153, 155
Motorkabel	95, 111
Motornendrehzahl	8
Motorparameter	118
Motorphasen	50
Motorschutz	59, 156
Motorspannung	65
Motor-typenschild	103
Motor-typenschilddaten	103
Motor-überlastschutz	107

## N

Nebeneinander	90
Netzanschluss	91
Netzanschlusstecker	92
Netzausfall	51
Netzurückwirkungen	115
Netzversorgung	12, 53, 58
Netzversorgung (I1, L2, L3)	59
Ni1000-temperatursensor	76
Niederspannungsrichtlinie (73/23/ewg)	15

## O

Oberwellenfilter	84
Optimierung Des Pid-reglers	39

## Ö

Örtliche Drehzahlbestimmung	28
-----------------------------	----

## P

Parallelschaltung Von Motoren	107
Parameter Für Pid-regler Feineinstellen	38
Pc-softwaretools	109
Pid Integrationszeit	34
Pid-anti-windup	36
Pid-differentiationszeit	36
Pid-proportionalverstärkung	34

Pid-prozess D-verstärkung/grenze	36
Pid-regelung Mit Rückführung In Einer Lüftungsanlage	37
Pid-regler (mit Rückführung)	33
Pid-startdrehzahl [upm]	36
Pid-startfrequenz [hz]	36
Potentiometer Sollwert	118
Primärpumpen	28
Prinzipschaltbild	76
Profibus	83
Profibus Dp-v1	110
Programmierbare Mindestfrequenz	26
Programmierreihenfolge	38
Proportionalitätsgesetze	19
Prüfen, Ob Der Motor In Der Richtigen Richtung Dreht	38
Pt1000-temperatursensor	76
Puls Start/stopp	117
Puls-/drehgebereingänge	61
Pumpenkennlinien	20
Pumpenlaufrads	27

## R

Rcd	11, 48
Rechtsdrehendes Feld	108
Regelungsstruktur	31
Relaisanschluss	105
Relaisausgänge	62
Relaisoption Mcb 105	73
Relevante Parameter Für Pid-regelung	35
Rs 485-busanschluss	108
Rs485	127

## S

Schaltbild Für Den Führungspumpen-wechsel	124
Schalten Am Ausgang	50
Schalter S201, S202 Und S801	102
Schirmbügel	112
Schutz	17, 47, 48
Schutz Und Funktionen	59
Schutzerdung	111
Serielle Kommunikation	63, 114
Serielle Schnittstelle	9
Sicherheitsbestimmungen	13
Sicherheitshinweis	13
Sicherungen	96
Sinusfilter	80
Smart Logic Control	119
Softstarter	21
Software-versionen	83
Soll-/Istwerteinheit	34
Sollwert	34
Sollwert 1	35
Sollwert 2	35
Sollwert 3	35
Sollwerte	35
Sollwertverarbeitung	41
Spannungsniveau	60
Spitzenspannung Am Motor	65
Sps	114
Start/stopp	117
Statische Überlast Im Vvplus-betrieb	51
Statischen Druck In Der Rohrleitung	33
Stern-/dreieckstarter	21
Steuerkabel	101, 111
Steuerkarte, +10 V Dc-ausgang	62
Steuerkarte, 24 V Dc	61

Steuerkarte, Rs 485 Serielle Kommunikation	61
Steuerkarte, Usb Serielle Kommunikation	63
Steuerkartenleistung	63
Steuerklemmen	99
Steuerungseigenschaften	62
Steuerungspotenzials	29
Steuerwort	152
Störgeräusche	65
Stufenlose Regelung Des Durchflusses Oder Des Drucks	21
Systeme Mit Variablem Luftvolumenstrom	24
Systemstatus Und Betrieb	123
<b>T</b>	
Taktfrequenz	95
Thermischer Motorschutz	51, 108
Thermistor	11
Tiefpassfilterzeit	36
Trägheitsmoment	50
Typencode	82
Typenschild	103
<b>Ü</b>	
Überstromschutz	96
<b>U</b>	
Umgebung	63
Usb-anschluss	99
<b>V</b>	
Variabler Luftvolumenstrom (vvs)	24
Variierenden Durchfluss Über Ein Jahr	20
Verdampfer-strömungsgeschwindigkeit	28
Verdichtersteuerung	43
Verwendung Emv-gemäßer Kabel	113
Vibrationen	26
Vibrationen Und Erschütterungen	18
Volumenstromsystem	25
Vom Frequenzumrichter Gesteuertes Lüftungssystem	22
Vvplus	11
<b>W</b>	
Warnung Vor Unerwartetem Anlauf	13
Was Ist Unter Dem Ce-zeichen Zu Verstehen?	15
Was Unter Die Richtlinien Fällt	15
Wirkungsgrad	64
<b>Z</b>	
Zentrale Vvs-systeme	24
Zugang Zu Den Steuerklemmen	99
Zuluftgebläses	33
Zustandswort	155
Zwischenkreis	49, 50, 65, 161
Zwischenkreiskopplung	105