



# Projektierungshandbuch VLT<sup>®</sup> HVAC Drive FC 102

110–800 kW, Baugrößen D und E





## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	4
1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs	4
1.2 Zusätzliche Materialien	4
1.3 Dokument- und Softwareversion	4
1.4 Konventionen	4
<b>2 Sicherheit</b>	5
2.1 Sicherheitssymbole	5
2.2 Qualifiziertes Personal	5
2.3 Sicherheitsmaßnahmen	5
<b>3 Zulassungen und Zertifizierungen</b>	7
3.1 Vorschriften/Compliance-Abnahmen	7
3.2 Gehäuse-Schutzarten	9
<b>4 Produktübersicht</b>	11
4.1 VLT® High-power Drives	11
4.2 Gehäusegröße nach Nennleistung	11
4.3 Gehäuseübersicht, 380–480 V	12
4.4 Gehäuseübersicht, 525–690 V	14
4.5 Verfügbarkeit der Bausätze	16
<b>5 Produktfunktionen</b>	17
5.1 Automatisierte Betriebsfunktionen	17
5.2 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen	20
5.3 Spezifische VLT® HVAC Drive FC 102-Funktionen	24
5.4 Einfacher Kaskadenregler	38
5.5 Dynamisches Bremsen – Übersicht	39
5.6 Zwischenkreiskopplung – Übersicht	40
5.7 Rückspeiseeinheit – Übersicht	41
5.8 Rückwandkühlkanal – Übersicht	42
<b>6 Optionen und Zubehör</b>	44
6.1 Feldbusgeräte	44
6.2 Funktionserweiterungen	45
6.3 Bewegungssteuerungs- und Relaiskarten	46
6.4 Bremswiderstände	46
6.5 Sinusfilter	47
6.6 du/dt-Filter	47
6.7 Gleichtaktfilter	47
6.8 OberschwingungsfILTER	47

6.9 High-Power-Nachrüstätze	47
<b>7 Spezifikationen</b>	<b>48</b>
7.1 Elektrische Daten, 380-480 V	48
7.2 Elektrische Daten, 525-690 V	52
7.3 Netzversorgung	56
7.4 Motorausgang und Motordaten	56
7.5 Umgebungsbedingungen	56
7.6 Kabelspezifikationen	57
7.7 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten	57
7.8 Gehäusegewichte	60
<b>8 Außen- und Klemmenabmessungen</b>	<b>61</b>
8.1 D1h – Außen- und Klemmenabmessungen	61
8.2 D2h – Außen- und Klemmenabmessungen	67
8.3 D3h – Außen- und Klemmenabmessungen	73
8.4 D4h – Außen- und Klemmenabmessungen	78
8.5 D5h – Außen- und Klemmenabmessungen	83
8.6 D6h – Außen- und Klemmenabmessungen	92
8.7 D7h – Außen- und Klemmenabmessungen	103
8.8 D8h – Außen- und Klemmenabmessungen	113
8.9 E1h – Außen- und Klemmenabmessungen	124
8.10 E2h-Außen- und Klemmenabmessungen	130
8.11 E3h-Außen- und Klemmenabmessungen	136
8.12 E4h-Außen- und Klemmenabmessungen	143
<b>9 Überlegungen zur mechanischen Installation</b>	<b>150</b>
9.1 Lagerung	150
9.2 Anheben des Gerätes	150
9.3 Betriebsumgebung	150
9.4 Montagekonfigurationen	152
9.5 Kühlung	152
9.6 Leistungsreduzierung	153
<b>10 Überlegungen zur elektrischen Installation</b>	<b>157</b>
10.1 Sicherheitshinweise	157
10.2 Anschlussdiagramm	158
10.3 Anschlüsse	159
10.4 Steuerkabel und Klemmen	161
10.5 Sicherungen und Hauptschalter	165
10.6 Motor	167
10.7 Bremsung	169

10.8 Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) und Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	172
10.9 Ableitstrom	172
10.10 IT-Netz	174
10.11 Wirkungsgrad	174
10.12 Störgeräusche	175
10.13 dU/dt-Bedingungen	175
10.14 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Übersicht	181
10.15 EMV-gerechte Installation	185
10.16 Oberschwingungen – Übersicht	188
<b>11 Grundlegende Betriebsprinzipien eines Frequenzumrichters</b>	<b>192</b>
11.1 Beschreibung des Betriebs	192
11.2 Frequenzumrichtersteuerungen	192
<b>12 Anwendungsbeispiele</b>	<b>202</b>
12.1 Anschlusskonfiguration für die automatische Motoranpassung (AMA)	202
12.2 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert	202
12.3 Verdrahtungskonfigurationen für Start/Stop	203
12.4 Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung	204
12.5 Anschlusskonfiguration für Drehzahlsollwert, Verwendung eines manuellen Potenziometers	205
12.6 Anschlusskonfiguration für Drehzahl auf/Drehzahl ab	205
12.7 Anschlusskonfiguration für RS485-Netzwerkverbindung	206
12.8 Anschlusskonfiguration für einen Motorthermistor	206
12.9 Anschlusskonfiguration für einen Kaskadenregler	207
12.10 Anschlusskonfiguration für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control	208
12.11 Anschlussbeispiel für eine Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl	208
12.12 Anschlusskonfiguration für Führungspumpen-Wechsel	209
<b>13 Bestellung eines Frequenzumrichters</b>	<b>210</b>
13.1 Antriebskonfigurator	210
13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör	213
13.3 Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände	218
13.4 Ersatzteile	218
<b>14 Anhang</b>	<b>219</b>
14.1 Abkürzungen und Symbole	219
14.2 Definitionen	220
<b>Index</b>	<b>222</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs

Dieses Projektierungshandbuch ist vorgesehen für:

- Projektingenieure und Anlagenbauer
- Planer
- Anwendungs- und Produktspezialisten

Das Projektierungshandbuch liefert technische Informationen zu den Einsatzmöglichkeiten und Funktionen des Frequenzumrichters und erläutert die Integration in Systeme zur Motorsteuerung und -überwachung.

VLT® ist eine eingetragene Marke.

## 1.2 Zusätzliche Materialien

Es stehen weitere Ressourcen zur Verfügung, die Ihnen helfen, erweiterten Betrieb sowie erweiterte Programmierungen und Konformität mit allen einschlägigen Normen für Frequenzumrichter zu verstehen.

- Die *Bedienungsanleitung* stellt Ihnen detaillierte Informationen zur Installation und Inbetriebnahme des Frequenzumrichters zur Verfügung.
- Das *Programmierhandbuch* enthält umfassende Informationen für die Arbeit mit Parametern sowie viele Anwendungsbeispiele.
- Die *Bedienungsanleitung VLT® FC Series - Safe Torque Off* enthält eine Beschreibung zur Verwendung von Danfoss-Frequenzumrichtern in Anwendungen mit funktionaler Sicherheit. Dieses Handbuch ist im Lieferumfang des Frequenzumrichters enthalten, wenn die Safe Torque Off-Option vorhanden ist.
- Das *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101* beschreibt die Auswahl des optimalen Bremswiderstands.
- Das *Projektierungshandbuch VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010* beschreibt Oberschwingungen, verschiedene Abhilfemaßnahmen und das Funktionsprinzip des erweiterten Oberschwingungsfilters. Diese Anleitung beschreibt auch, wie Sie den richtigen Filter für eine bestimmte Anwendung auswählen.
- Im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter* wird erläutert, warum es notwendig ist, Ausgangsfilter für bestimmte Anwendungen zu verwenden und wie man den optimalen dU/dt oder Sinusfilter auswählt.

- Für die Frequenzumrichter stehen Optionsmodule zur Verfügung, die einige der in diesen Dokumenten enthaltenen Informationen ändern können. Spezifische Anforderungen finden Sie in den Anweisungen, die den Optionen beiliegen.

Zusätzliche Veröffentlichungen und Handbücher sind bei Danfoss erhältlich. Siehe [drives.danfoss.de/downloads/portal/#/](http://drives.danfoss.de/downloads/portal/#/) für Auflistungen.

## 1.3 Dokument- und Softwareversion

Dieses Handbuch wird regelmäßig geprüft und aktualisiert. Alle Verbesserungsvorschläge sind willkommen. *Tabelle 1.1* zeigt die Dokumentenversion und die entsprechende Softwareversion an.

Ausgabe	Anmerkungen	Softwareversion
MG16Z2xx	D1h-D8h-Inhalte hinzugefügt	5.11

Tabelle 1.1 Dokument- und Softwareversion

## 1.4 Konventionen

- Nummerierte Listen zeigen Vorgehensweisen.
- Aufzählungslisten zeigen weitere Informationen und Beschreibung der Abbildungen.
- Kursivschrift bedeutet:
  - Querverweise.
  - Link.
  - Fußnoten.
  - Parameternamen, Parametergruppennamen, Parameteroptionen.
- Alle Abmessungen in Zeichnungen sind in mm angegeben.
- Ein Sternchen (\*) kennzeichnet die Werkseinstellung eines Parameters.

## 2 Sicherheit

### 2.1 Sicherheitssymbole

Folgende Symbole kommen in diesem Handbuch zum Einsatz:

#### **⚠️ WARNUNG**

Weist auf eine potenziell gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann!

#### **⚠️ VORSICHT**

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

#### **HINWEIS**

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

### 2.2 Qualifiziertes Personal

Nur qualifiziertes Personal darf dieses Gerät installieren oder bedienen.

Qualifiziertes Fachpersonal sind per Definition geschulte Mitarbeiter, die gemäß den einschlägigen Gesetzen und Vorschriften zur Installation, Inbetriebnahme und Instandhaltung von Betriebsmitteln, Systemen und Schaltungen berechtigt sind. Außerdem muss das Personal mit allen Anweisungen und Sicherheitsmaßnahmen gemäß dieser Anleitung vertraut sein.

### 2.3 Sicherheitsmaßnahmen

#### **⚠️ WARNUNG**

##### HOCHSPANNUNG

Bei Anschluss an das Versorgungsnetz, DC-Versorgung, Zwischenkreiskopplung oder Permanentmagnetmotoren führen Frequenzumrichter Hochspannung. Erfolgen Installation, Inbetriebnahme und Wartung von Frequenzumrichtern nicht durch qualifiziertes Personal, kann dies zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Installation, Inbetriebnahme und Wartung der Frequenzumrichter dürfen ausschließlich von qualifiziertem Personal vorgenommen werden.

#### **⚠️ WARNUNG**

##### ENTLADEZEIT

Der Frequenzumrichter enthält Zwischenkreiskondensatoren, die auch bei abgeschaltetem Frequenzumrichter geladen sein können. Auch wenn die Warn-LED nicht leuchten, kann Hochspannung anliegen. Das Nichteinhalten der in *Tabelle 2.1* angegebenen Wartezeit nach dem Trennen der Stromversorgung vor Wartungs- oder Reparaturarbeiten kann zu schweren Verletzungen oder sogar zum Tod führen!

1. Stoppen Sie den Motor.
2. Trennen Sie die Netzversorgung und alle externen DC-Zwischenkreisversorgungen, einschließlich externer Batterie-, USV- und DC-Zwischenkreisverbindungen mit anderen Frequenzumrichtern.
3. Trennen oder verriegeln Sie den Motor.
4. Warten Sie, damit die Kondensatoren vollständig entladen können. Siehe *Tabelle 2.1*.
5. Verwenden Sie vor der Durchführung von Wartungs- oder Reparaturarbeiten ein geeignetes Spannungsmessgerät, um sicherzustellen, dass die Kondensatoren vollständig entladen sind.

Spannung	Nennleistung (normale Überlast)	Gehäuse	Entladezeit in Minuten
380–480	110–315 kW 150–450 hp	D1h–D8h	20
380–480	355–560 kW 500–750 hp	E1h–E4h	40
525–690	75–400 kW 75–400 hp	D1h–D8h	20
525–690	450–800 kW 450–950 hp	E1h–E4h	40

Tabelle 2.1 Entladezeit für die Bauformen D1h–D8h und E1h–E4h

### **⚠️ WARNUNG**

#### GEFAHR DURCH ABLEITSTRÖME

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

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

### **HINWEIS**

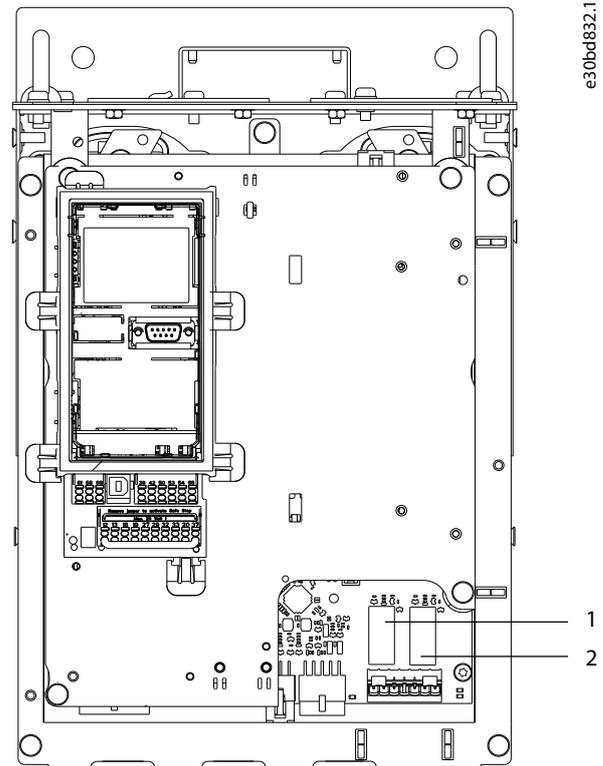
#### NETZABSCHIRMUNG ALS SICHERHEITSOPTION

Eine optionale Netzabschirmung ist für Gehäuse der Schutzart IP21/IP54 (Typ 1/Typ 12) erhältlich. Schutzabdeckung um gemäß BGV A2, VBG 4 vor der versehentlichen Berührung der Leistungsklemmen zu schützen.

### 2.3.1 ADN-konforme Installation

Um Funkenbildung in Übereinstimmung mit dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen (ADN) zu vermeiden, müssen Sie Vorsichtsmaßnahmen für Frequenzumrichter mit Schutzart IP00 (Gehäuse), IP20 (Gehäuse), IP21 (Typ 1) oder IP54 (Typ 12) treffen.

- Installieren Sie keinen Netzschalter
- Vergewissern Sie sich, dass *Parameter 14-50 RFI Filter* auf [1] Ein eingestellt ist.
- Entfernen Sie alle Relaisstecker mit der Kennzeichnung *RELAIS*. Siehe *Abbildung 2.1*.
- Kontrollieren Sie, welche Relaisoptionen installiert sind, falls vorhanden. Die einzige zulässige Relaisoption ist die VLT® Extended Relay Card MCB 113.



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

Abbildung 2.1 Position der Relaisstecker

## 3 Zulassungen und Zertifizierungen

Dieser Abschnitt bietet eine kurze Beschreibung der verschiedenen Zulassungen und Zertifizierungen, die auf Danfoss-Frequenzumrichter zu finden sind. Nicht alle Zulassungen sind auf allen Frequenzumrichtern zu finden.

### 3.1 Vorschriften/Compliance-Abnahmen

#### **HINWEIS**

#### **AUFERLEGTE BEGRENZUNGEN DER AUSGANGSFREQUENZ**

Ab Softwareversion 3.92 ist die Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters auf 590 Hz begrenzt (bedingt durch Exportkontrollvorschriften).

#### 3.1.1.1 CE-Zeichen

Das CE-Zeichen (Communauté Européenne) zeigt an, dass der Hersteller des Produkts alle relevanten EU-Richtlinien einhält. Die geltenden EU-Richtlinien zu Ausführung und Konstruktion des Frequenzumrichters sind in *Tabelle 3.1* aufgeführt.

#### **HINWEIS**

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

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

**Tabelle 3.1** Frequenzumrichter betreffende EU-Richtlinien

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

#### **HINWEIS**

Frequenzumrichter mit integrierter Sicherheitsfunktion, wie z. B. Safe Torque Off (STO), müssen mit der Maschinenrichtlinie konform sein.

Konformitätserklärungen sind auf Anfrage erhältlich.

#### **Niederspannungsrichtlinie**

Frequenzumrichter müssen seit 1. Januar 2014 die CE-Kennzeichnung in Übereinstimmung mit der Niederspannungsrichtlinie erfüllen. Die Niederspannungsrichtlinie gilt für alle elektrischen Geräte im Spannungsbereich von 50–1000 V AC und 75–1500 V DC.

Der Zweck der Richtlinie ist die Gewährleistung der Personensicherheit und die Vermeidung von Beschädigungen der Anlage und Geräte, wenn Anwender die elektrischen Betriebsmittel bei ordnungsgemäßer Installation, Wartung und bestimmungsgemäßer Verwendung bedienen.

#### **EMV-Richtlinie**

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

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

#### **Maschinenrichtlinie**

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

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

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

### 3.1.1.2 EU-Ökodesignrichtlinie

Die Ökodesignrichtlinie ist die europäische Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte, zu denen auch Frequenzumrichter gehören. Die Richtlinie hat eine verbesserte Energieeffizienz und allgemeine Umweltverträglichkeit von Elektrogeräten bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit der Energieversorgung zum Ziel. Die Einflüsse der energieverbrauchsrelevanten Produkte auf die Umwelt umfassen den Energieverbrauch über die gesamte Produktlebensdauer.

### 3.1.1.3 UL-Zulassung

Die Underwriters Laboratory(UL)-Markierung zertifiziert die Sicherheit und Umweltverträglichkeit von Produkten anhand von Standardprüfungen. Frequenzumrichter der Bauform T7 (525-690 V) sind nur für 525–600 V nach UL-Anforderungen zertifiziert. Der Frequenzumrichter erfüllt die Anforderungen der UL 61800-5-1 bezüglich der thermischen Sicherung. Weitere Informationen finden Sie unter *Kapitel 10.6.1 Thermischer Motorschutz*.

### 3.1.1.4 CSA/cUL

Die CSA/cUL-Zulassung ist für Frequenzumrichter mit einer Nennspannung bis 600 V. Der Standard gewährleistet, dass der Frequenzumrichter – wenn er gemäß der mitgelieferten Bedienungs-/Installationsanleitung installiert wird – die UL-Standards für elektrische und thermische Sicherheit erfüllt. Diese Kennzeichnung zertifiziert, dass das Produkt alle vorgeschriebenen technischen Spezifikationen und Prüfungen erfüllt. Eine Konformitätserklärung ist auf Anfrage erhältlich.

### 3.1.1.5 EAC

Die EurAsian Conformity(EAC)-Kennzeichnung zeigt an, dass das Produkt mit allen Anforderungen und technischen Vorschriften konform ist, die für das Produkt gelten laut der eurasischen Zollunion, die sich aus den Mitgliedstaaten der eurasischen Wirtschaftsunion zusammensetzt.

Das EAC-Logo muss sich sowohl auf dem Typenschild als auch auf der Verpackung befinden. Alle innerhalb des EAC-Bereichs verwendeten Produkte sind bei Danfoss zu kaufen.

### 3.1.1.6 UKrSEPRO

Das UKrSEPRO-Zertifikat gewährleistet die Qualität und Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen sowie Fertigungsstabilität nach den ukrainischen Regulierungsstandards. Das UkrSepro-Zertifikat ist ein erforderliches Dokument für die Zollabfertigung sämtlicher Produkte, die in die Ukraine ein- oder aus ihr ausgeführt werden.

### 3.1.1.7 TÜV

Der TÜV SÜD ist eine europäische Sicherheitsorganisation, die die Betriebssicherheit des Frequenzumrichters gemäß EN/IEC 61800-5-2 zertifiziert. Der TÜV SÜD testet Produkte und überwacht ihre Produktion, um sicherzustellen, dass Unternehmen ihre Vorschriften einhalten.

### 3.1.1.8 RCM

Die Regulatory Compliance Mark (RCM, Konformitätskennzeichnung) zeigt die Konformität von Telekommunikations- und EMV/Funkverkehr-Geräten durch den EMV-Kennzeichnungshinweis der australischen Kommunikations- und Medienbehörden an. Die RCM ist mittlerweile eine einzelne Konformitätskennzeichnung, die die Kontrollzeichen A-Tick und C-Tick beinhaltet. RCM-Konformität ist für die Platzierung elektrischer und elektronischer Geräte auf dem Markt in Australien und Neuseeland erforderlich.

### 3.1.1.9 Schiffsanwendungen

Schiffsanwendungen – Schiffe und Öl-/Gas-Plattformen – müssen durch mindestens eine Schiffszertifizierungsgesellschaft zertifiziert werden, um eine behördliche Genehmigung und eine Versicherung zu erhalten. Danfoss VLT® HVAC Drive Serie Frequenzumrichter werden durch bis zu 12 verschiedene Schiffsklassifizierungsgesellschaften zertifiziert.

Um Marinezulassungen und Zertifikate anzuzeigen oder zudrucken, gehen Sie zum Downloadbereich unter [drives.danfoss.de/industries/marine-and-offshore/marine-type-approvals/#/](https://drives.danfoss.de/industries/marine-and-offshore/marine-type-approvals/#/).

### 3.1.2 Exportkontrollvorschriften

Frequenzumrichter können regionalen und/oder nationalen Exportkontrollvorschriften unterliegen.

Frequenzumrichter, die Exportkontrollvorschriften unterliegen, sind mit einer ECCN-Nummer gekennzeichnet. Die ECCN-Nummer finden Sie in den Dokumenten, die Sie mit dem Frequenzumrichter erhalten.

Im Falle einer Wiederausfuhr ist der Exporteur dafür verantwortlich, die Einhaltung aller geltenden Exportkontrollvorschriften sicherzustellen.

## 3.2 Gehäuse-Schutzarten

Die Frequenzumrichter der VLT-Serie® sind mit unterschiedlichen Gehäuseschutzarten erhältlich, um optimal auf die Anforderungen der Anwendung eingehen zu können. Die Schutzart wird jeweils auf Grundlage zweier internationaler Normen angegeben:

- Bei einer Prüfung nach UL-Typ wird die Konformität der Gehäuse mit der NEMA(National Electrical Manufacturers Association)-Norm ermittelt. Die Bau- und Prüfvorschriften für Gehäuse sind definiert in „NEMA Standards Publication 250-2003“ und in UL 50, Elfte Ausgabe.
- IP-Schutzarten (International Protection, Internationaler Schutz), definiert von der IEC (International Electrotechnical Commission, Internationale Elektrotechnische Kommission) in allen anderen Staaten weltweit.

Standard-Frequenzumrichter der Danfoss VLT® Serie sind in verschiedenen Schutzarten erhältlich, um die Anforderungen von IP00 (Gehäuse), IP20 (geschütztes Gehäuse), IP21 (UL-Typ 1) oder IP54 (UL-Typ 12) zu erfüllen. In diesem Handbuch wird der UL-Typ als Typ geschrieben. Zum Beispiel: IP21/Typ 1.

### UL-Typ-Standard

Typ 1 – Gehäuse für den Einsatz im Innenbereich, die dem Personal einen gewissen Schutz vor versehentlichem Kontakt mit den enthaltenen Einheiten und einen gewissen Schutz gegen fallenden Schmutz bieten.

Typ 12 – Mehrzweckgehäuse sind für den Einsatz im Innenbereich vorgesehen und schützen die enthaltenen Einheiten vor den folgenden Verunreinigungen:

- Fasern
- Fussel
- Staub und Schmutz
- Leichtes Spritzwasser
- Sickerwasser
- Tropfen und externe Kondensation nicht-korrosiver Flüssigkeiten

Das Gehäuse darf keine Löcher und keine Auslässe oder Öffnungen für Installationsrohre aufweisen, falls hierfür nicht ölbeständige Dichtungen zur Montage öldichter oder staubdichter Mechanismen verwendet werden. Die Türen sind ebenfalls mit ölbeständigen Dichtungen ausgerüstet. Zusätzlich verfügen Gehäuse für Kombinationsregler über Schwingtüren mit horizontaler Drehachse, die mit einem Werkzeug geöffnet werden müssen.

### IP-Standard

Tabelle 3.2 bietet einen Quervergleich der beiden Normen. Tabelle 3.3 erläutert die Bedeutung der IP-Nummer und definiert den Schutzgrad. Die Frequenzumrichter erfüllen die Bestimmungen beider Normen.

NEMA und UL	IP
Gehäuse	IP00
Geschütztes Gehäuse	IP20
NEMA 1	IP21
NEMA 12	IP54

Tabelle 3.2 Querverweis NEMA- und IP-Nummer

Erste Kennziffer	Zweite Kennziffer	Schutzniveau
0	–	Kein Schutz.
1	–	Geschützt bis 50 mm (2,0 in). Schutz vor Berührung mit der Hand.
2	–	Geschützt bis 12,5 mm (0,5 in). Schutz vor Berührung mit dem Finger.
3	–	Geschützt bis 2,5 mm (0,1 in). Schutz vor Berührung durch Werkzeug.
4	–	Geschützt bis 1,0 mm (0,04 in). Schutz vor Berührung mit Drähten.
5	–	Schutz vor schädlichen Staubablagerungen im Innern.
6	–	Schutz vor Eindringen von Staub (staubdicht).
–	0	Kein Schutz.
–	1	Schutz vor senkrecht fallendem Tropfwasser.
–	2	Schutz vor schräg fallendem Tropfwasser (15° gegenüber der Senkrechten).
–	3	Schutz vor Sprühwasser (bis 60° gegenüber der Senkrechten).
–	4	Schutz vor Spritzwasser.
–	5	Schutz vor Strahlwasser.
–	6	Schutz vor starkem Strahlwasser.
–	7	Schutz vor eindringendem Wasser beim zeitweiligen Untertauchen.
–	8	Schutz vor eindringendem Wasser beim dauerhaften Untertauchen.

Tabelle 3.3 Aufschlüsselung der IP-Nummer

## 4 Produktübersicht

### 4.1 VLT® High-power Drives

Die in diesem Handbuch beschriebenen VLT® Frequenzumrichter sind als freistehende, wandhängende oder schrankmontierte Geräte erhältlich. Jeder VLT®-Umrichter ist für alle Standardmotoren konfigurierbar, kompatibel und optimiert, was die Einschränkungen der Motor-Antriebspakete vermeidet.

#### Vorteile von VLT®-Umrichtern

- In verschiedenen Gehäusegrößen und Schutzarten erhältlich.
- Der Wirkungsgrad von 98% reduziert die Betriebskosten.
- Das einzigartige Design der Rückwandkühlung reduziert den Bedarf an mehr Kühlaggregaten, was zu geringeren Installations- und wiederkehrenden Kosten führt.
- Geringere Leistungsaufnahme für Kontrollraum-Kühlgeräte.
- Reduzierte Betriebskosten.
- Konsistente Benutzerschnittstelle über die gesamte Bandbreite von Danfoss Frequenzumrichtern.
- Anwendungsorientierte Inbetriebnahme-Assistenten.
- Mehrsprachige Benutzerschnittstelle.

### 4.2 Gehäusegröße nach Nennleistung

kW <sup>1)</sup>	hp <sup>1)</sup>	Verfügbare Baugrößen
110	150	D1h/D3h/D5h/D6h
132	200	D1h/D3h/D5h/D6h
160	250	D1h/D3h/D5h/D6h
200	300	D2h/D4h/D7h/D8h
250	350	D2h/D4h/D7h/D8h
315	450	D2h/D4h/D7h/D8h
355	500	E1h/E3h
400	600	E1h/E3h
450	600	E1h/E3h
500	650	E2h/E4h
560	750	E2h/E4h

**Tabelle 4.1 Gehäuse-Nennleistungen, 380–480 V**

1) Alle Nennleistungen sind für normale Überlast angegeben. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (hp) angegeben.

kW <sup>1)</sup>	hp <sup>1)</sup>	Verfügbare Baugrößen
75	75	D1h/D3h/D5h/D6h
90	100	D1h/D3h/D5h/D6h
110	125	D1h/D3h/D5h/D6h
132	150	D1h/D3h/D5h/D6h
160	200	D1h/D3h/D5h/D6h
200	250	D2h/D4h/D7h/D8h
250	300	D2h/D4h/D7h/D8h
315	350	D2h/D4h/D7h/D8h
400	400	D2h/D4h/D7h/D8h
450	450	E1h/E3h
500	500	E1h/E3h
560	600	E1h/E3h
630	650	E1h/E3h
710	750	E2h/E4h
800	950	E2h/E4h

**Tabelle 4.2 Gehäuse-Nennleistungen, 525–690 V**

1) Alle Nennleistungen sind für normale Überlast angegeben. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (hp) gemessen.

## 4.3 Gehäuseübersicht, 380–480 V

Baugröße	D1h	D2h	D3h	D4h	D5h	D6h	D7h	D8h
<b>Nennleistung<sup>1)</sup></b>								
Ausgang bei 400 V (kW)	110–160	200–315	110–160	200–315	110–160	110–160	200–315	200–315
Ausgang bei 460 V (hp)	150–250	300–450	150–250	300–450	150–250	150–250	300–450	300–450
<b>Schutzart</b>								
IP	IP21/54	IP21/54	IP20	IP20	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
NEMA	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ Gehäuse	Typ Gehäuse	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12
<b>Hardware-Optionen<sup>2)</sup></b>								
Edelstahl-Kühlkanal	O	O	O	O	O	O	O	O
Netzabschirmung	O	O	–	–	O	O	O	O
Integrierte Heizung	O	O	–	–	O	O	O	O
EMV-Filter (Klasse A1)	O	O	O	O	O	O	O	O
Safe Torque Off	S	S	S	S	S	S	S	S
Keine Bedieneinheit	O	O	O	O	O	O	O	O
Numerische Bedieneinheit	O	O	O	O	O	O	O	O
Grafische Bedieneinheit	O	O	O	O	O	O	O	O
Sicherungen	O	O	O	O	O	O	O	O
Kühlkörperzugang <sup>3)</sup>	O	O	O	O	O	O	O	O
Bremsschopper	–	–	O	O	O	O	O	O
Anschlussklemmen der Rückspeiseeinheit	–	–	O	O	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	O	O	–	–	–	–
Sicherungen + Zwischenkreiskopplung	–	–	O	O	–	–	–	–
Trennschalter	–	–	–	–	–	O	–	O
Hauptschalter	–	–	–	–	–	O	–	O
Schütze	–	–	–	–	–	O	–	O
24 V DC-Versorgung	O	O	O	O	O	O	O	O
<b>Abmessungen</b>								
Höhe, mm (in)	901 (35,5)	1107 (43,6)	909 (35,8) 1004 (39,5) <sup>4)</sup>	1027 (40,4) 1027 (40,4) <sup>4)</sup>	1324 (52,1)	1663 (65,5)	1978 (77,9)	2284 (89,9)
Breite, mm (in)	325 (12,8)	325 (12,8)	250 (9,8)	375 (14,8)	325 (12,8)	325 (12,8)	420 (16,5)	420 (16,5)
Tiefe, mm (in)	379 (14,9)	379 (14,9)	375 (14,8)	375 (14,8)	381 (15,0)	381 (15,0)	386 (15,2)	406 (16,0)
Gewicht, kg (lb)	62 (137)	125 (276)	62 (137) 108 (238) <sup>4)</sup>	125 (276) 179 (395) <sup>4)</sup>	99 (218)	128 (282)	185 (408)	232 (512)

Tabelle 4.3 D1h–D8h Frequenzumrichter, 380–480 V

1) Alle Nennleistungen sind für normale Überlast angegeben. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (hp) angegeben.

2) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass die Option nicht verfügbar ist.

3) Der Kühlkörperzugang ist nicht mit der Option rückseitiger Kühlkanal aus Edelstahl erhältlich.

4) Mit optionalen Zwischenkreiskopplungs- und Rückspeisungsklemmen.

Baugröße	E1h	E2h	E3h	E4h
<b>Nennleistung<sup>1)</sup></b>				
Ausgang bei 400 V (kW)	355–450	500–560	355–450	500–560
Ausgang bei 460 V (hp)	500–600	650–750	500–600	650–750
<b>Schutzart</b>				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 <sup>2)</sup>	IP20 <sup>2)</sup>
UL-Typ	Typ 1/12	Typ 1/12	Gehäuse	Gehäuse
<b>Hardware-Optionen<sup>3)</sup></b>				
Edelstahl-Kühlkanal	O	O	O	O
Netzabschirmung	O	O	–	–
Integrierte Heizung	O	O	–	–
EMV-Filter (Klasse A1)	O	O	O	O
Safe Torque Off	S	S	S	S
Keine Bedieneinheit	O	O	O	O
Grafische Bedieneinheit	O	O	O	O
Sicherungen	S	S	O	O
Kühlkörperzugang	O	O	O	O
Bremsschopper	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplung	–	–	O	O
Trennschalter	O	O	–	–
Hauptschalter	–	–	–	–
Schütze	–	–	–	–
24 V DC-Versorgung (SMPS, 5 A)	–	–	–	–
<b>Abmessungen</b>				
Höhe, mm (in)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (62,1)
Breite, mm (in)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Tiefe, mm (in)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Gewicht, kg (lb)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

Tabelle 4.4 E1h–E4h Frequenzumrichter, 380–480 V

- 1) Alle Nennleistungen sind für normale Überlast angegeben. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (hp) angegeben.
- 2) Wenn das Gehäuse mit Zwischenkreiskopplungs- oder Rückspeisungsanschlüssen konfiguriert wird, hat es die Schutzart IP00, andernfalls die Schutzart IP20.
- 3) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass die Option nicht verfügbar ist.

## 4.4 Gehäuseübersicht, 525–690 V

4

Baugröße	D1h	D2h	D3h	D4h	D5h	D6h	D7h	D8h
<b>Nennleistung<sup>1)</sup></b>								
Ausgang bei 690 V (kW)	75–160	200–400	75–160	200–400	75–160	75–160	200–400	200–400
Ausgang bei 575 V (hp)	75–200	250–400	75–200	250–400	75–200	75–200	250–400	250–400
<b>Schutzart</b>								
IP	IP21/54	IP21/54	IP20	IP20	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
NEMA	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ Gehäuse	Typ Gehäuse	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12
<b>Hardware-Optionen<sup>2)</sup></b>								
Edelstahl-Kühlkanal	–	–	O	O	–	–	–	–
Netzabschirmung	O	O	O	O	O	O	O	O
Integrierte Heizung	O	O	O	O	O	O	O	O
Safe Torque Off	S	S	S	S	S	S	S	S
Keine Bedieneinheit	O	O	O	O	O	O	O	O
Numerische Bedieneinheit	O	O	O	O	O	O	O	O
Grafische Bedieneinheit	O	O	O	O	O	O	O	O
Sicherungen	O	O	O	O	O	O	O	O
Kühlkörperzugang <sup>3)</sup>	O	O	O	O	O	O	O	O
Bremsschopper	–	–	O	O	O	O	O	XO
Anschlussklemmen der Rückspeiseeinheit	–	–	O	O	–	–	–	–
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	O	O	O	O	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplung	–	–	O	O	–	–	–	–
Trennschalter	–	–	–	–	O	O	O	O
Hauptschalter	–	–	–	–	–	O	–	O
Schütze	–	–	–	–	–	O	–	O
24 V DC-Versorgung	O	O	O	O	O	O	O	O
<b>Abmessungen</b>								
Höhe, mm (in)	901 (35,5)	1107 (43,6)	909 (35,8) 1004 (39,5) <sup>4)</sup>	1027 (40,4) 1027 (40,4) <sup>4)</sup>	1324 (52,1)	1663 (65,5)	1978 (77,9)	2284 (89,9)
Breite, mm (in)	325 (12,8)	325 (12,8)	250 (9,8)	375 (14,8)	325 (12,8)	325 (12,8)	420 (16,5)	420 (16,5)
Tiefe, mm (in)	379 (14,9)	379 (14,9)	375 (14,8)	375 (14,8)	381 (15,0)	381 (15,0)	386 (15,2)	406 (16,0)
Gewicht, kg (lb)	62 (137)	125 (276)	62 (137) 108 (238) <sup>4)</sup>	125 (276) 179 (395) <sup>4)</sup>	99 (218)	128 (282)	185 (408)	232 (512)

Tabelle 4.5 D1h–D8h Frequenzumrichter, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen sind für normale Überlast angegeben. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (hp) gemessen.

2) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass die Option nicht verfügbar ist.

3) Der Kühlkörperzugang ist nicht mit der Option rückseitiger Kühlkanal aus Edelstahl erhältlich.

4) Mit optionalen Zwischenkreiskopplungs- und Rückspeisungsklemmen.

Baugröße	E1h	E2h	E3h	E4h
<b>Nennleistung<sup>1)</sup></b>				
Ausgang bei 690 V (kW)	450–630	710–800	450–630	710–800
Ausgang bei 575 V (hp)	450–650	750–950	450–650	750–950
<b>Schutzart</b>				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 <sup>2)</sup>	IP20 <sup>2)</sup>
UL-Typ	Typ 1/12	Typ 1/12	Gehäuse	Gehäuse
<b>Hardware-Optionen<sup>3)</sup></b>				
Edelstahl-Kühlkanal	O	O	O	O
Netzabschirmung	O	O	–	–
Integrierte Heizung	O	O	–	–
EMV-Filter (Klasse A1)	–	–	–	–
Safe Torque Off	S	S	S	S
Keine Bedieneinheit	O	O	O	O
Grafische Bedieneinheit	O	O	O	O
Sicherungen	S	S	O	O
Kühlkörperzugang	O	O	O	O
Bremschopper	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplung	–	–	O	O
Trennschalter	O	O	–	–
Hauptschalter	–	–	–	–
Schütze	–	–	–	–
24 V DC-Versorgung (SMPS, 5 A)	–	–	–	–
<b>Abmessungen</b>				
Höhe, mm (in)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (62,1)
Breite, mm (in)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Tiefe, mm (in)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Gewicht, kg (lb)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

Tabelle 4.6 E1h–E4h Frequenzumrichter, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen sind für normale Überlast angegeben. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (hp) gemessen.

2) Wenn das Gehäuse mit Zwischenkreiskopplungs- oder Rückspeisungsanschlüssen konfiguriert wird, hat es die Schutzart IP00, andernfalls die Schutzart IP20.

3) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass die Option nicht verfügbar ist.

## 4.5 Verfügbarkeit der Bausätze

Beschreibung der Bausätze <sup>1)</sup>	D1h	D2h	D3h	D4h	D5h	D6h	D7h	D8h	E1h	E2h	E3h	E4h
Wetterschutzabdeckung mit NEMA 3R	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NEMA 3R-Schutz für Bausatz für rückseitigen Kühlkanal – Einlass Rückts./Auslass Rückts.	-	-	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-
USB für Türereinbau	O	O	O	O	O	O	O	O	S	S	-	-
Bedieneinheit, numerisch	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Bedieneinheit, grafisch <sup>2)</sup>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kabel für Bedieneinheit, 3 m (9 ft)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Befestigungssatz für numerische Bedieneinheit (Bedieneinheit, Befestigungen, Dichtung und Kabel)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Befestigungssatz für grafische Bedieneinheit (Bedieneinheit, Befestigungen, Dichtung und Kabel)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Befestigungssatz für alle Bedieneinheiten (Befestigungen, Dichtung und Kabel)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Berührungsschutz	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	-	-
Erdungsschiene	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	-	-
Eingangsplattenoption	O	O	O	O	O	O	O	O	-	-	-	-
Klemmenleisten	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Bausatz für oberen Eingang der Feldbuskabel	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Socket	O	O	-	-	O	O	O	O	S	S	-	-
Kühlkanal – Einlass Unters./Auslass Obers.	-	-	O	O	-	-	-	-	-	-	O	O
Kühlkanal – Einlass Unters./Auslass Rückts.	O	O	O	O	-	-	-	-	-	-	O	O
Kühlkanal – Einlass Rückts./Auslass Obers.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O
Kühlkanal – Einlass Rückts./Auslass Rückts.	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kühlkanal – Auslass Obers. (nur)	-	-	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 4.7 Verfügbare Bausätze für die Bauformen D1h bis D8h und E1h bis E4h**

1) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass der Bausatz nicht verfügbar ist. Bausatzbeschreibungen und Teilenummern finden Sie unter Kapitel 13.2.6 Bestellnummern für Bausätze D1h–D8h und Kapitel 13.2.7 Bestellnummern für Bausätze E1h–E4h.

2) Die grafische Bedieneinheit wird standardmäßig mit den Gehäusen D1h–D8h sowie E1h–E4h geliefert. Diesen Bausatz können Sie erwerben, wenn Sie mehr als eine grafische Bedieneinheit benötigen.

## 5 Produktfunktionen

### 5.1 Automatisierte Betriebsfunktionen

Automatisierte Betriebsfunktionen sind aktiv, wenn der Frequenzumrichter in Betrieb ist. Die meisten dieser Funktionen erfordern keine Programmierung oder Konfiguration. Der Frequenzumrichter verfügt über eine Reihe von integrierten Schutzfunktionen zum Selbstschutz und zum Schutz des angetriebenen Motors.

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

#### 5.1.1 Kurzschlusschutz

##### Motor (Phase-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. Der Frequenzumrichter wird abgeschaltet, sobald sein Kurzschlussstrom den zulässigen Wert (*Alarm 16 Abschaltblockierung*) überschreitet.

##### Netzseite

Ein ordnungsgemäß arbeitender Frequenzumrichter begrenzt die Stromaufnahme vom Netz. Wir empfehlen, versorgungsseitig Sicherungen und/oder Trennschalter als Schutz für den Fall einer Bauteilstörung im Inneren des Frequenzumrichters zu verwenden (erster Fehler). Netzseitige Vorsicherungen sind für die UL-Konformität obligatorisch.

##### **HINWEIS**

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

##### Bremswiderstand

Der Frequenzumrichter ist vor Kurzschlüssen im Bremswiderstand geschützt.

##### Zwischenkreiskopplung

Installieren Sie zum Schutz des DC-Busses gegen Kurzschlüsse sowie des Frequenzumrichters gegen Überlast DC-Sicherungen in Reihe an den Zwischenkreiskopplungen aller angeschlossenen Geräte.

### 5.1.2 Überspannungsschutz

#### Vom Motor erzeugte Überspannung

Die Spannung im Zwischenkreis erhöht sich beim generatorischen Betrieb des Motors. Diese Situation tritt in folgenden Fällen auf:

- Die Last treibt den Motor bei konstanter Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters an, d. h. die Last erzeugt Energie.
- Während der Verzögerung (Rampe Ab) ist die Reibung bei hohem Trägheitsmoment niedrig und die Rampenzeit zu kurz, um die Energie als Verlustleistung im Frequenzumrichter abzugeben.
- Eine falsche Einstellung beim Schlupfausgleich ruft eine höhere Zwischenkreisspannung hervor.
- Gegen-EMK durch PM-Motorbetrieb. Bei Freilauf mit hoher Drehzahl kann die Gegen-EMK des PM-Motors möglicherweise die maximale Spannungstoleranz des Frequenzumrichters überschreiten und Schäden verursachen. Der Wert von *Parameter 4-19 Max Output Frequency* wird automatisch basierend auf einer internen Berechnung anhand des Werts von *Parameter 1-40 Back EMF at 1000 RPM*, *Parameter 1-25 Motor Nominal Speed* und *Parameter 1-39 Motor Poles* berechnet.

##### **HINWEIS**

Statten Sie den Frequenzumrichter zur Vermeidung einer zu hohen Motordrehzahl (z. B. aufgrund eines zu starken Windmühleneffekts) mit einem Bremswiderstand aus.

Sie können die Überspannung mithilfe einer Bremsfunktion (*Parameter 2-10 Brake Function*) und/oder einer Überspannungssteuerung (*Parameter 2-17 Over-voltage Control*) beseitigen.

##### Bremsfunktionen

Schließen Sie einen Bremswiderstand an zur Ableitung der überschüssigen Bremsenergie an. Bei angeschlossenem Bremswiderstand ist beim Bremsen eine höhere Zwischenkreisspannung verfügbar.

Eine AC-Bremse ist eine Alternative für ein verbessertes Bremsen ohne Verwendung eines Bremswiderstands. Diese Funktion regelt die Übermagnetisierung des Motors im Generatorbetrieb. Durch Erhöhen der elektrischen Verluste im Motor kann die OVC-Funktion das Bremsmoment erhöhen, ohne die Überspannungsgrenze zu überschreiten.

**HINWEIS**

Die AC-Bremse ist nicht so wirksam wie das dynamische Bremsen mit einem Widerstand.

**Überspannungssteuerung (OVC)**

Durch die automatische Verlängerung der Rampe-Ab-Zeit reduziert die Überspannungssteuerung die Gefahr einer Abschaltung des Frequenzumrichters aufgrund einer Überspannung im Zwischenkreis.

**HINWEIS**

Sie können OVC für einen PM-Motor mit allen Steuerverfahren aktivieren, PM VVC<sup>+</sup>, Flux OL und Flux CL für PM-Motoren aktivieren.

5

**5.1.3 Erkennung fehlender Motorphasen**

Die Motorphasenüberwachung (*Parameter 4-58 Missing Motor Phase Function*) ist werkseitig aktiviert, um Beschädigungen des Motors im Falle es Ausfalls einer Motorphase zu verhindern. Die Werkseinstellung ist 1.000 ms, für eine schnellere Erkennung kann diese jedoch geändert werden.

**5.1.4 Netzasymmetrie Erkennung**

Ein Betrieb bei starker Netzasymmetrie kann die Lebensdauer des Motors und des Umrichters reduzieren. Die Bedingungen gelten als schwer, wenn der Motor bei nahezu nomineller Last kontinuierlich betrieben wird. Bei der Werkseinstellung wird der Frequenzumrichter bei einer Netzasymmetrie (*Parameter 14-12 Response to Mains Imbalance*) abgeschaltet.

**5.1.5 Schalten am Ausgang**

Das Hinzufügen eines Schalters am Ausgang zwischen Motor und Frequenzumrichter ist zulässig. Jedoch können Fehlermeldungen angezeigt werden. Danfoss empfiehlt eine Nutzung dieser Funktion nicht für 525–690-V-Frequenzumrichter, die an ein IT-Netz angeschlossen sind.

**5.1.6 Überlastschutz****Drehmomentgrenze**

Die Drehmomentgrenze schützt den Motor unabhängig von der Drehzahl vor Überlast. Die Drehmomentgrenze wird in *Parameter 4-16 Torque Limit Motor Mode* und *Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* gesteuert. Die Verzögerungszeit zwischen Drehmomentgrenzen-Warnung und Abschaltung wird in *Parameter 14-25 Trip Delay at Torque Limit* definiert.

**Stromgrenze**

Die Stromgrenze wird kontrolliert in *Parameter 4-18 Current Limit*, und die Zeit vor der Abschaltung des Frequenzumrichters wird in *Parameter 14-24 Trip Delay at Current Limit* festgelegt.

**Drehzahlgrenze**

Minimale Drehzahl: *Parameter 4-11 Motor Speed Low Limit [RPM]* oder *Parameter 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]* begrenzt den minimalen Drehzahlbereich des Frequenzumrichters.

Maximale Drehzahl: *Parameter 4-13 Motor Speed High Limit [RPM]* oder *Parameter 4-19 Max Output Frequency* begrenzt die maximale Drehzahl, die der Frequenzumrichter liefern kann.

**Elektronisches Thermorelais (ETR)**

Bei ETR handelt es sich um eine elektronische Funktion, die anhand interner Messungen ein Bimetallrelais simuliert. Die Kennlinie wird in *Abbildung 5.1* gezeigt.

**Spannungsgrenze**

Der Frequenzumrichter wird nach Erreichen eines bestimmten fest programmierten Spannungsniveaus abgeschaltet, um die Transistoren und die Zwischenkreis-kondensatoren zu schützen.

**Übertemperatur**

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

**5.1.7 Blockierter Rotorschutz**

Es kann zu Situationen kommen, wenn der Rotor aufgrund von übermäßiger Last oder aufgrund anderer Faktoren blockiert ist. Der blockierte Rotor kann nicht für eine ausreichende Kühlung sorgen, was wiederum zu einer Überhitzung der Motorwicklung führen kann. Der Frequenzumrichter kann den blockierten Rotor per PM Flux-Regelung ohne Rückführung und PM VVC<sup>+</sup>-Regelung (*Parameter 30-22 Locked Rotor Detection*) erkennen.

**5.1.8 Automatische Leistungsreduzierung**

Der Frequenzumrichter prüft ständig, ob folgende kritische Werte vorliegen:

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

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

**HINWEIS**

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

### 5.1.9 Automatische Energieoptimierung

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

- Gesteigerter Effizienz
- Reduzierter Motorerwärmung
- Leiserem Betrieb.

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

### 5.1.10 Automatische Taktfrequenzmodulation

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

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

### 5.1.11 Automatische Leistungsreduzierung wegen erhöhter Taktfrequenz

Der Frequenzumrichter ist für den Dauerbetrieb bei Volllast bei Taktfrequenzen zwischen 1,5 und 2 kHz für 380–480 V und 1–1,5 kHz für 525–690 V ausgelegt. Dieser Frequenzbereich ist von der Leistungsgröße abhängig. Überschreitet die Taktfrequenz den maximal zulässigen Bereich, erzeugt sie eine erhöhte Wärmeabgabe im Frequenzumrichter, was eine Reduzierung des Ausgangsstroms erfordert.

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

### 5.1.12 Ausgleich der Leistungsschwankung

Der Frequenzumrichter hält den nachfolgend gelisteten Netzereignissen stand:

- Transienten
- Vorübergehenden Netzausfällen.
- Kurzen Spannungsabfällen.
- Überspannungen.

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

### 5.1.13 Resonanzdämpfung

Resonanzdämpfung unterbindet hochfrequente Motorresonanzgeräusche. Hierbei steht Ihnen die automatische oder manuelle Frequenzdämpfung zur Auswahl.

### 5.1.14 Temperaturgeregelte Lüfter

Sensoren im Frequenzumrichter regeln den Betrieb der internen Kühllüfter. Der Kühllüfter läuft meist nicht bei Betrieb mit niedriger Last, im Energiesparmodus oder Standby. Die Sensoren helfen, den Geräuschpegel zu senken, erhöhen die Effizienz und verlängern die Nutzungsdauer der Lüfter.

### 5.1.15 EMV-Konformität

Elektromagnetische Störungen (EMI) und Funkfrequenzstörungen (EMV) sind Interferenzen, die einen Stromkreis durch elektromagnetische Induktion oder Strahlung von einer externen Quelle beeinträchtigen. Der Frequenzumrichter ist so konzipiert, dass er die Anforderungen der EMV-Produktnorm für Frequenzumrichter, IEC 61800-3, und die Europäische Norm EN 55011, erfüllt. Motorkabel müssen abgeschirmt und ordnungsgemäß abgeschlossen werden, um die Emissionswerte der Norm EN 55011 einzuhalten. Weitere Informationen zur EMV-Leistung finden Sie unter *Kapitel 10.14.1 EMV-Prüfergebnisse*.

### 5.1.16 Galvanische Trennung der Steuerklemmen

Alle Steuerklemmen und Ausgangsrelaisklemmen sind galvanisch von der Netzversorgung getrennt, was für einen umfassenden Schutz des Steuerteils vor den Eingangssignalen sorgt. Die Ausgangsrelaisklemmen müssen separat geerdet werden. Diese Isolierung entspricht den strengen Anforderungen der PELV-Richtlinie (Protective Extra Low Voltage, Schutzkleinspannung).

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

- Stromversorgung, einschließlich Signaltrennung.
- Treiberstufen der IGBTs, Triggertransformatoren und Optokoppler.
- Die Ausgangsstrom-Halleffektwandler.

## 5.2 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen

Bei kundenspezifischen Anwendungsfunktionen handelt es sich um die gängigsten Funktionen, die Sie zur Verbesserung der Systemleistung in den Frequenzumrichter einprogrammieren können. Sie erfordern einen minimalen Programmierungs- oder Einrichtungsaufwand. Anweisungen zur Aktivierung dieser Funktionen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

### 5.2.1 Automatische Motoranpassung

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

### 5.2.2 Integrierter PID-Regler

Der integrierte, proportionale, differentiale PID-Regler macht zusätzliche Steuergeräte überflüssig. Der PID-Regler sorgt für eine konstante Steuerung von Systemen mit Rückführung, bei denen eine Regelung von Druck, Durchfluss, Temperatur oder einer anderen Systemanforderung aufrecht erhalten werden muss.

Der Frequenzumrichter kann zwei Istwertesignale von zwei verschiedenen Geräten verarbeiten. Der Frequenzumrichter ergreift Steuerungsmaßnahmen, indem er die beiden Signale zur Optimierung der Systemleistung vergleicht.

### 5.2.3 Thermischer Motorschutz

Für die Bereitstellung des thermischen Motorschutzes gibt es folgende Möglichkeiten:

- Direkte Temperaturmessung
  - mittels PTC- oder KTY-Sensor in den mit einem der Analog- oder Digitaleingänge verbundenen Motorwicklungen.
  - mittels PT100 oder PT1000 in den mit der VLT® Sensor Input Card MCB 114 verbundenen Motorwicklungen und Motorlagern.
  - mittels PTC-Thermistoreingang an der VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 (mit ATEX-Zulassung).
- mittels des mechanischen Theroschalters (Klixon-Schalter) an einem Digitaleingang.
- mittels des integrierten elektronischen Thermo-relais (ETR).

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

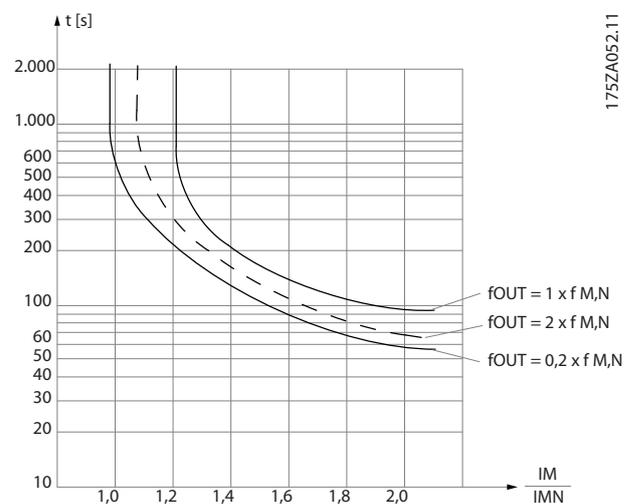


Abbildung 5.1 ETR-Eigenschaften

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

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

Für Ex-e-Motoren in ATEX-Bereichen ist auch eine spezielle Ausführung des ETR verfügbar. Mit dieser Funktion können Sie eine spezifische Kurve zum Schutz des Ex-e-Motors eingeben. Konfigurationsanweisungen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

### 5.2.4 Thermischer Motorschutz für Ex-e-Motoren

Der Frequenzumrichter ist mit einer ATEX ETR Temperaturüberwachung-Funktion zum Betrieb von Ex-e-Motoren gemäß EN-60079-7 ausgestattet. In Kombination mit einer ATEX-zugelassenen PTC-Überwachungsvorrichtung wie der VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 oder einem externen Gerät ist für die Installation keine separate Zulassung einer ausgewiesenen Zertifizierungsstelle erforderlich.

Die ATEX ETR-Temperaturüberwachungsfunktion ermöglicht die Verwendung eines Ex-e-Motors anstelle eines teureren, größeren und schwereren Ex-d-Motors. Die Funktion gewährleistet, dass der Frequenzumrichter den Motorstrom zur Vermeidung einer Überhitzung begrenzt.

#### Anforderungen für den Ex-e-Motor

- Stellen Sie sicher, dass der Ex-e-Motor für einen Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX-Zone 1/21, ATEX-Zone 2/22) mit Frequenzumrichtern zugelassen ist. Der Motor muss für die jeweiligen explosionsgefährdeten Bereiche zertifiziert sein.
- Installieren Sie den Ex-e-Motor entsprechend der Motorzulassung in Bereich 1/21 oder 2/22 des explosionsgefährdeten Bereichs.

#### **HINWEIS**

Installieren Sie den Frequenzumrichter außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs.

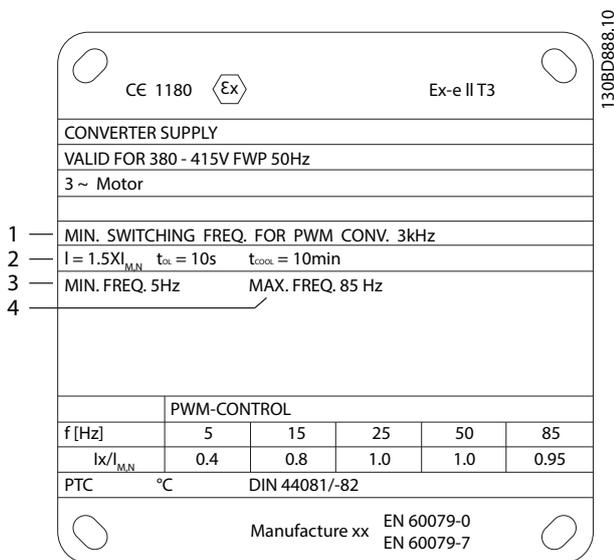
- Stellen Sie sicher, dass der Ex-e-Motor mit einer ATEX-zugelassenen Motorüberlastschutzvorrichtung ausgestattet ist. Diese Vorrichtung überwacht die Temperatur in den Motorwicklungen. Im Falle eines kritischen Temperaturniveaus oder einer Fehlfunktion schaltet die Vorrichtung den Motor ab.
  - Mit der Option VLT® PTC Thermistor MCB 112 können Sie gemäß ATEX-Zulassung die Motortemperatur überwachen. Es ist Voraussetzung, dass der Frequenzumrichter gemäß DIN 44081 oder 44082 mit 3 bis 6 in Reihe geschalteten PTC-Thermistoren ausgestattet ist.
  - Alternativ können Sie auch eine externe PTC-Schutzvorrichtung mit ATEX-Zulassung verwenden.
- Unter folgenden Umständen ist ein Sinuswellenfilter erforderlich:
  - Lange Kabel (Spannungsspitzen) oder erhöhte Netzspannung, Spannungen erzeugt, die die maximal zulässige Spannung an den Motorklemmen überschreiten.
  - Die minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters erfüllt nicht die Anforderung des Motorenhersteller. Die minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters wird in *Parameter 14-01 Switching Frequency* als Werkseinstellung angezeigt.

#### Kompatibilität von Motor und Frequenzumrichter

Für Motoren, die gemäß EN-60079-7 zertifiziert sind, liefert der Motorhersteller eine Datenliste mit Grenzwerten und Regeln in Form eines Datenblatts oder auf dem Typenschild des Motors. Berücksichtigen Sie während Planung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung die vom Hersteller bereitgestellten Grenzen und Regeln für:

- Minimale Taktfrequenz.
- Maximalen Strom.
- Minimale Motorfrequenz.
- Maximale Motorfrequenz.

Abbildung 5.2 zeigt, wo die Anforderungen auf dem Motor-Typenschild angegeben sind.



5

1	Minimale Taktfrequenz
2	Maximaler Strom
3	Minimale Motorfrequenz
4	Maximale Motorfrequenz

Abbildung 5.2 Motor-Typenschild mit Frequenzumrichteranforderungen

Bei der Anpassung von Frequenzumrichter und Motor legt Danfoss die folgenden zusätzlichen Anforderungen fest, um einen ausreichenden thermischen Motorschutz zu gewährleisten:

- Überschreiten Sie nicht das maximal zulässige Verhältnis zwischen Frequenzumrichtergröße und Motorgröße. Typische Werte sind  $I_{VLT, n} \leq 2 \times I_{m, n}$
- Berücksichtigen Sie alle Spannungsabfälle zwischen Frequenzumrichter und Motor. Wenn der Motor mit einer niedrigeren Spannung als in der U/f-Kennlinie aufgeführt betrieben wird, kann sich der Strom erhöhen, wodurch ein Alarm ausgelöst wird.

Weitere Informationen erhalten Sie durch das Anwendungsbeispiel in Kapitel 12 Anwendungsbeispiele.

## 5.2.5 Netzausfall

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

In (*Parameter 14-10 Mains Failure*) können Sie für den Frequenzumrichter unterschiedliche Verhaltensweisen für Netzausfälle konfigurieren:

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

### Motorfangschaltung

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

### Kinetischer Speicher

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

Das Verhalten des Frequenzumrichters bei einem Netzausfall können Sie in *Parameter 14-10 Mains Failure* und *Parameter 1-73 Flying Start* konfigurieren.

## 5.2.6 Automatischer Wiederanlauf

Sie können den Frequenzumrichter so programmieren, dass er den Motor nach einer Abschaltung aufgrund eines leichten Fehlers, wie vorübergehender Netzausfall oder Netzschwankung, automatisch neu startet. Durch diese Funktion entfällt die Notwendigkeit eines manuellen Resets und der automatisierte Betrieb für ferngesteuerte Systeme wird verbessert. Die Anzahl der Neustartversuche und die Dauer zwischen den Versuchen können begrenzt sein.

### 5.2.7 Volles Drehmoment bei gesenkter Drehzahl

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

### 5.2.8 Frequenzausblendung

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

### 5.2.9 Motor-Vorheizung

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

### 5.2.10 Programmierbare Parametersätze

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

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

### 5.2.11 Smart Logic Control (SLC)

Smart Logic Control (SLC) ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen (siehe *Parameter 13-52 SL Controller Action [x]*), die ausgeführt werden, wenn das zugehörige benutzerdefinierte Ereignis (siehe *Parameter 13-51 SL Controller Event [x]*) durch die SLC als WAHR ermittelt wird.

Die Bedingung für ein Ereignis kann ein bestimmter Status sein oder wenn der Ausgang einer Logikregel oder einer Vergleichers-Funktion WAHR wird. Der Zustand führt zu einer zugehörigen Aktion, wie in *Abbildung 5.3* gezeigt.

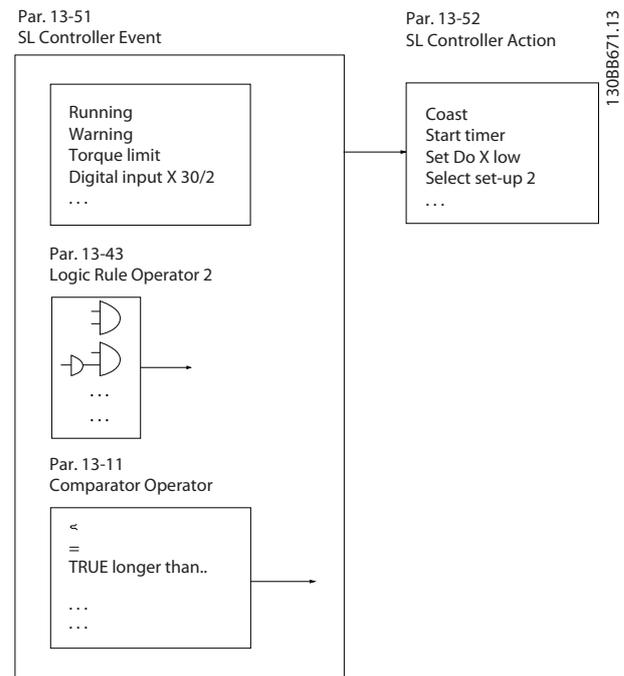
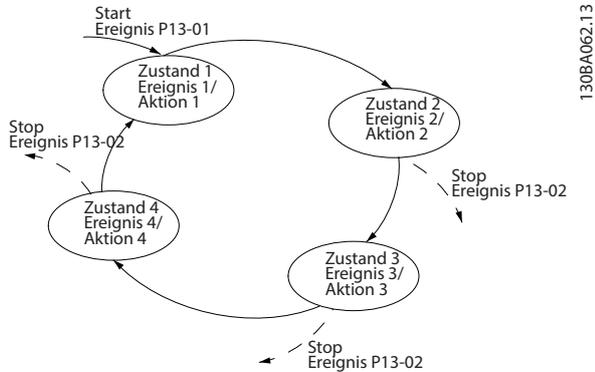


Abbildung 5.3 SLC-Ereignis und Aktion

Die Ereignisse und Aktionen sind paarweise verknüpft. Wenn also das Ereignis [0] erfüllt ist (WAHR), dann wird Aktion [0] ausgeführt. Nach Ausführung der ersten Aktion werden die Bedingungen des nächsten Ereignisses ausgewertet. Wird dieses Ereignis als wahr ausgewertet, wird die entsprechende Aktion ausgeführt. Es wird jeweils nur ein Ereignis ausgewertet. Ist das Ereignis FALSCH, wird während des aktuellen Abtastintervalls keine Aktion (im SLC) ausgeführt und es werden keine anderen Ereignisse ausgewertet. Wenn der SLC startet, wertet er bei jedem Abtastintervall nur Ereignis [0] aus. Nur wenn Ereignis [0] als wahr bewertet wird, führt der SLC Aktion [0] aus und beginnt, das nächste Ereignis auszuwerten. Es ist möglich, zwischen 1 und 20 Ereignisse und Aktionen zu programmieren.

Wenn das letzte Ereignis/die letzte Aktion durchgeführt wurde, startet die Sequenz ausgehend von Ereignis [0]/ Aktion [0] erneut. *Abbildung 5.4* zeigt ein Beispiel mit 4 Ereignissen/Aktionen:



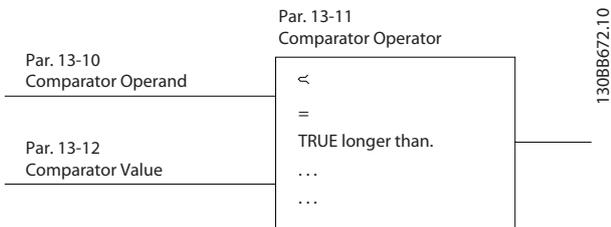
130BA062.13

Abbildung 5.4 Ausführungsreihenfolge bei einer Programmierung von 4 Ereignissen/Aktionen

5

**Vergleicher**

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

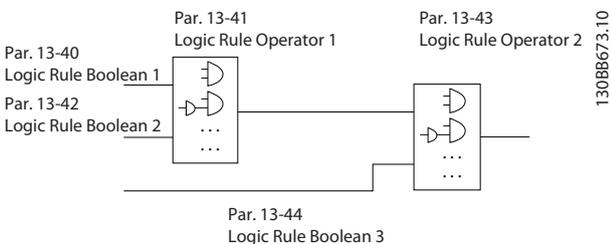


130BB672.10

Abbildung 5.5 Vergleicher

**Logikregeln**

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



130BB673.10

Abbildung 5.6 Logikregeln

**5.2.12 Safe Torque Off**

Die Funktion Safe Torque Off (STO) dient zum Stoppen des Antriebs im Notfall. Der Frequenzumrichter kann die STO-Funktion mit Asynchron-, Synchron- und Permanentmagnet-Motoren verwenden.

Weitere Informationen zur Funktion Safe Torque Off einschließlich Installation und Inbetriebnahme finden Sie in der *Bedienungsanleitung VLT® FC Series - Safe Torque Off*.

**Haftungsbedingungen**

Der Kunde muss sicherstellen, dass das Personal über Installation und Betrieb der Funktion Safe Torque Off informiert ist, insbesondere durch:

- Sorgfältiges Lesen der Sicherheitsvorschriften im Hinblick auf Arbeitsschutz und Unfallverhütung.
- Verstehen der allgemeinen und Sicherheitsrichtlinien in der *Bedienungsanleitung VLT® FC Series - Safe Torque Off*.
- Gute Kenntnisse über die allgemeinen und Sicherheitsnormen der jeweiligen Anwendung.

**5.3 Spezifische VLT® HVAC Drive FC 102-Funktionen**

Ein Frequenzumrichter nutzt die Tatsache, dass Zentrifugallüfter und Kreiselpumpen den Proportionalitätsgesetzen für solche Anwendungen folgen. Nähere Informationen finden Sie im Abschnitt *Kapitel 5.3.1 Einsatz eines Frequenzumrichters für Energieeinsparungen*.

**5.3.1 Einsatz eines Frequenzumrichters für Energieeinsparungen**

Der klare Vorteil beim Einsatz eines Frequenzumrichters zur Drehzahlregelung von Lüftern und Pumpen sind die erreichbaren Einsparungen im Hinblick auf den Energieverbrauch. Im Vergleich zu alternativen Regelsystemen bietet ein Frequenzumrichter die höchste Energieeffizienz zur Regelung von Lüftungs- und Pumpenanlagen.

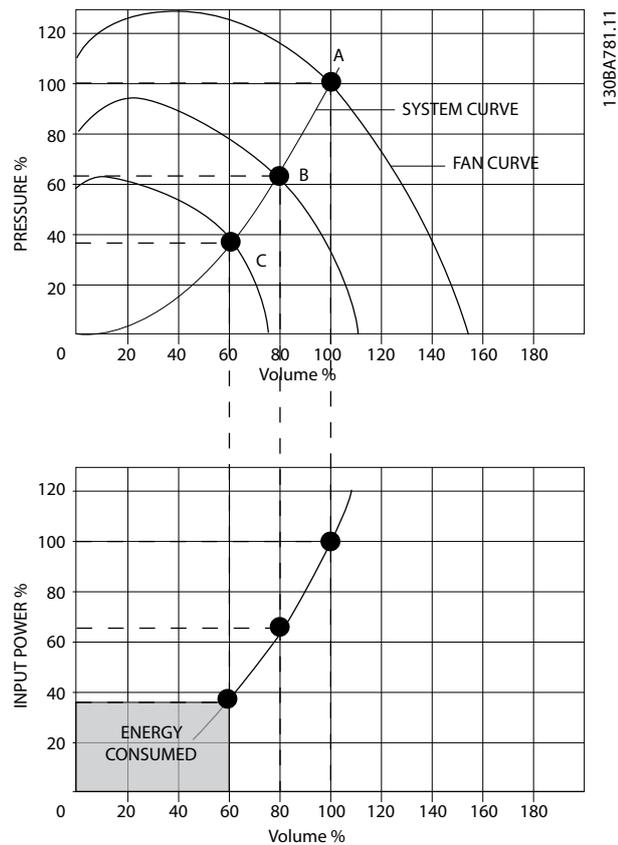


Abbildung 5.7 Energieeinsparungen mit reduzierter Lüfterkapazität

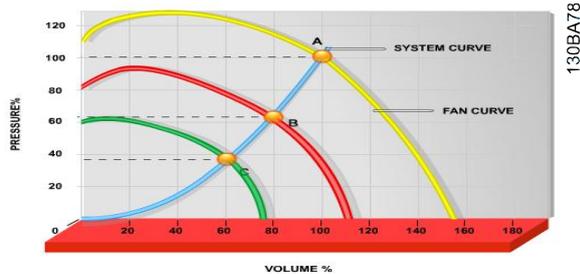


Abbildung 5.8 Lüfterkurven für reduzierte Lüftervolumen

**Beispiele für Energieeinsparungen**

Abbildung 5.9 beschreibt die Abhängigkeit von Durchfluss, Druck und Leistungsaufnahme von der Drehzahl. Wie in Abbildung 5.9 zu sehen, wird der Durchfluss durch Änderung der Drehzahl geregelt. Durch Reduzierung der Drehzahl um nur 20 % gegenüber der Nenndrehzahl wird der Durchfluss um 20 % reduziert. Der Durchfluss ist direkt proportional zur Drehzahl. Der Stromverbrauch wird dagegen um 50 % reduziert.

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

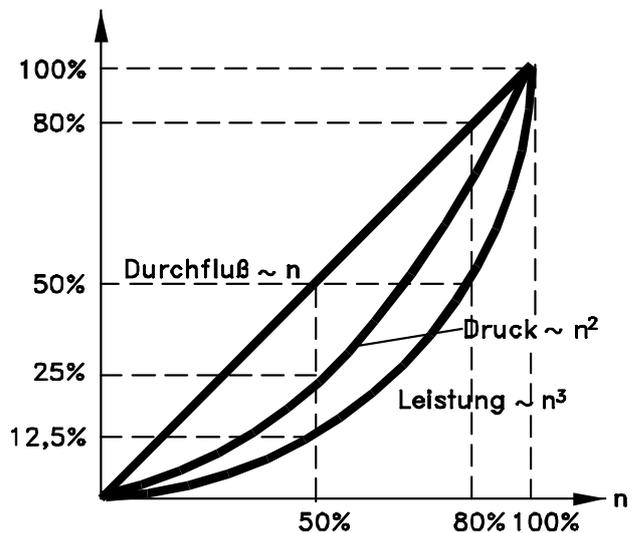
Durchfluss:  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$

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

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

Q	Durchfluss	P	Leistung
Q <sub>1</sub>	Nenndurchfluss	P <sub>1</sub>	Nennleistung
Q <sub>2</sub>	Reduzierter Durchfluss	P <sub>2</sub>	Reduzierte Leistung
H	Druck	n	Drehzahlregelung
H <sub>1</sub>	Nenndruck	n <sub>1</sub>	Nenndrehzahl
H <sub>2</sub>	Reduzierter Druck	n <sub>2</sub>	Reduzierte Drehzahl

Tabelle 5.1 Proportionalitätsgesetz-Definitionen



175HA208.10

Abbildung 5.9 Proportionalitätsgesetze

**Vergleich der Energieeinsparungen**

Die Danfoss Frequenzumrichter-Lösung ermöglicht größere Energieeinsparungen als herkömmliche Energiesparlösungen. Der Frequenzumrichter regelt die Lüfterdrehzahl entsprechend der thermischen Belastung des Systems und fungiert als Gebäudeleitsystem (BMS).

Das Diagramm (Abbildung 5.10) zeigt die typischen Energieeinsparungen, die mit drei wohlbekanntem Lösungen möglich sind, wenn das Lüftervolumen auf 60 % reduziert wird. Wie im Diagramm dargestellt, können in typischen Anwendungen mehr als 50 % Energie eingespart werden.

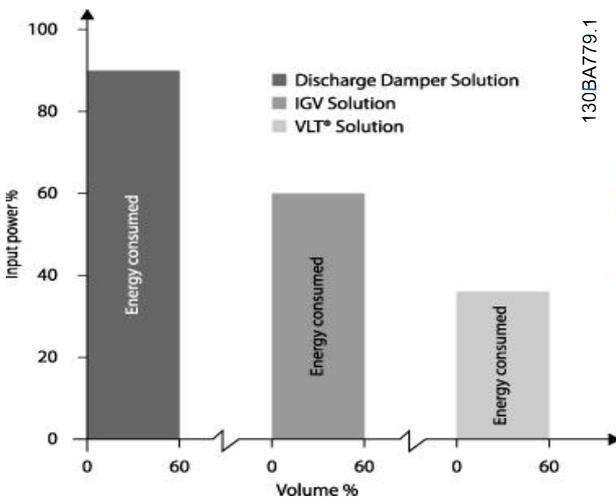


Abbildung 5.10 3 häufige Systeme zur Einsparung von Energie

Durch Dämpfungseinrichtungen wird die Leistungsaufnahme gesenkt. Durch Leitschaufeln ist eine Reduzierung um 40 % möglich; deren Installation ist allerdings kostspielig. Die leicht zu installierende Danfoss Frequenzumrichter-Lösung reduziert den Energieverbrauch um über 50 %.

**Beispiel mit variablem Durchfluss über 1 Jahr**

Abbildung 5.11 basiert auf einer Pumpenkennlinie, die von einem Pumpendatenblatt stammt. Das erzielte Ergebnis zeigt Energieeinsparungen von über 50 % bei der gegebenen Durchflussverteilung über ein Jahr. Die Amortisationszeit hängt vom Preis pro kWh sowie vom Preis des Frequenzumrichters ab. In diesem Beispiel beträgt sie weniger als ein Jahr im Vergleich zu Ventilen und konstanter Drehzahl.

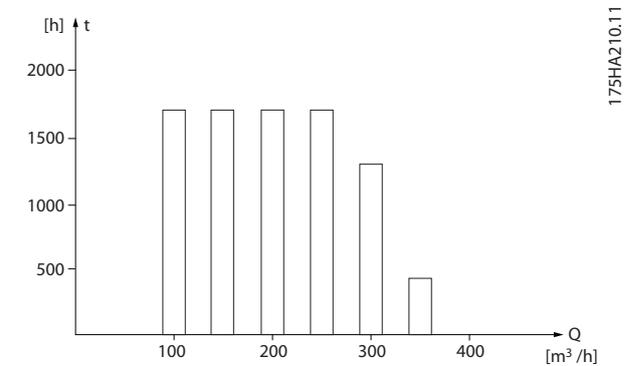


Abbildung 5.11 Durchflussverteilung über 1 Jahr

m³/h	Verteilung		Ventilregelung		Antriebssteuerung	
	%	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	18615	42,5	18615
300	15	1314	38,5	50589	29,0	38106
250	20	1752	35,0	61320	18,5	32412
200	20	1752	31,5	55188	11,5	20148
150	20	1752	28,0	49056	6,5	11388
100	20	1752	23,0	40296	3,5	6132
Σ	100	8760	-	275064	-	26801

Tabelle 5.2 Energieeinsparungen – Berechnung

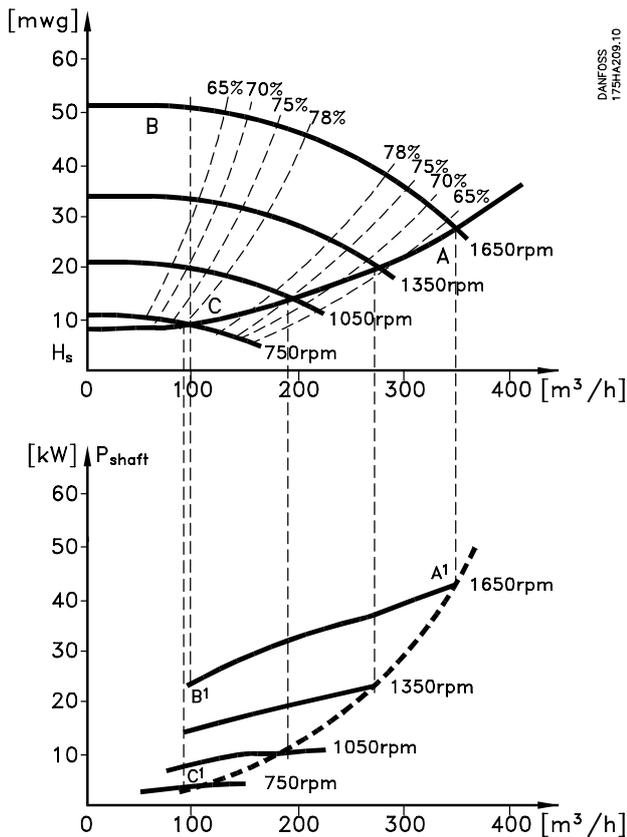


Abbildung 5.12 Energieeinsparung bei einer Pumpenanwendung

### 5.3.2 Einsatz eines Frequenzumrichters zur besseren Kontrolle

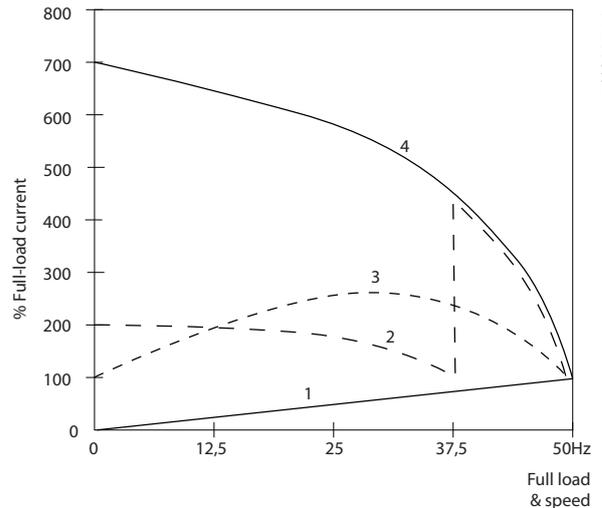
Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters zur Durchfluss- oder Druckregelung ergibt sich ein Regelsystem, das sich sehr genau regulieren lässt. Mithilfe eines Frequenzumrichters können Sie die Drehzahl eines Lüfters oder einer Pumpe stufenlos ändern, sodass sich mithilfe der integrierten PID-Regelung auch eine stufenlose Regelung des Durchflusses und des Drucks ergibt. Darüber hinaus passt ein Frequenzumrichter die Lüfter- oder Pumpendrehzahl schnell an die geänderten Durchfluss- oder Druckbedingungen in der Anlage an.

#### Cos $\phi$ -Kompensation

In der Regel liefert der VLT® HVAC Drive FC102 mit einem  $\cos \phi$  von 1 eine Korrektur des Leistungsfaktors für den  $\cos \phi$  des Motors. Damit muss der  $\cos \phi$  des Motors bei der Dimensionierung der Kompensationsanlage nicht mehr berücksichtigt werden.

#### Stern/Dreieck-Starter oder Softstarter sind nicht erforderlich

Wenn größere Motoren gestartet werden, müssen in vielen Ländern Geräte verwendet werden, die den Startstrom begrenzen. In konventionelleren Systemen sind Stern/Dreieck-Starter oder Softstarter weit verbreitet. Solche Motorstarter sind bei Verwendung eines Frequenzumrichters nicht erforderlich. Wie in *Abbildung 5.13* gezeigt, benötigt ein Frequenzumrichter nicht mehr als den Nennstrom.



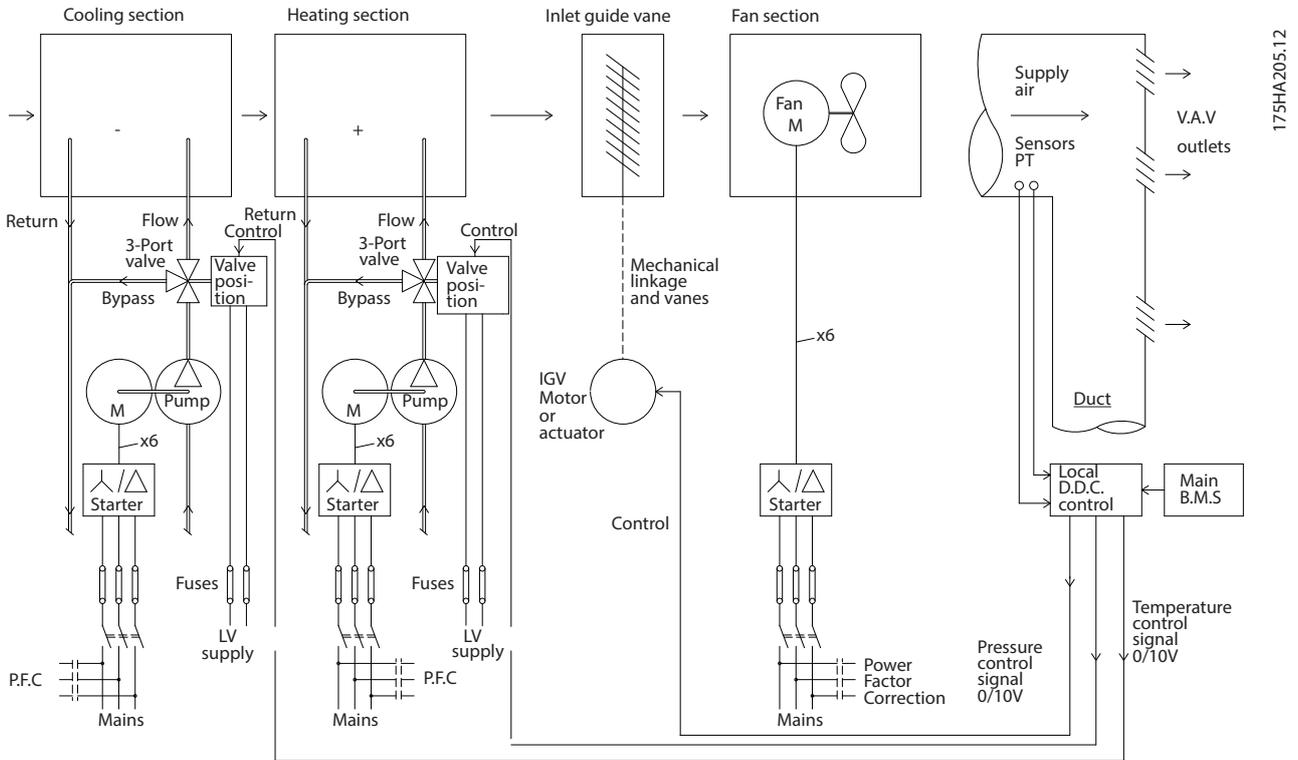
1	VLT® HVAC Drive FC102
2	Stern/Dreieck-Starter
3	Softstarter
4	Start direkt am Netz

Abbildung 5.13 Stromverbrauch eines Frequenzumrichters

### 5.3.3 Einsatz eines Frequenzumrichters zur Kostensenkung

Der Frequenzumrichter macht einige Geräte überflüssig, die ansonsten eingesetzt werden würden. Die beiden in *Abbildung 5.14* und *Abbildung 5.15* gezeigten Systeme können in etwa zum gleichen Preis eingerichtet werden.

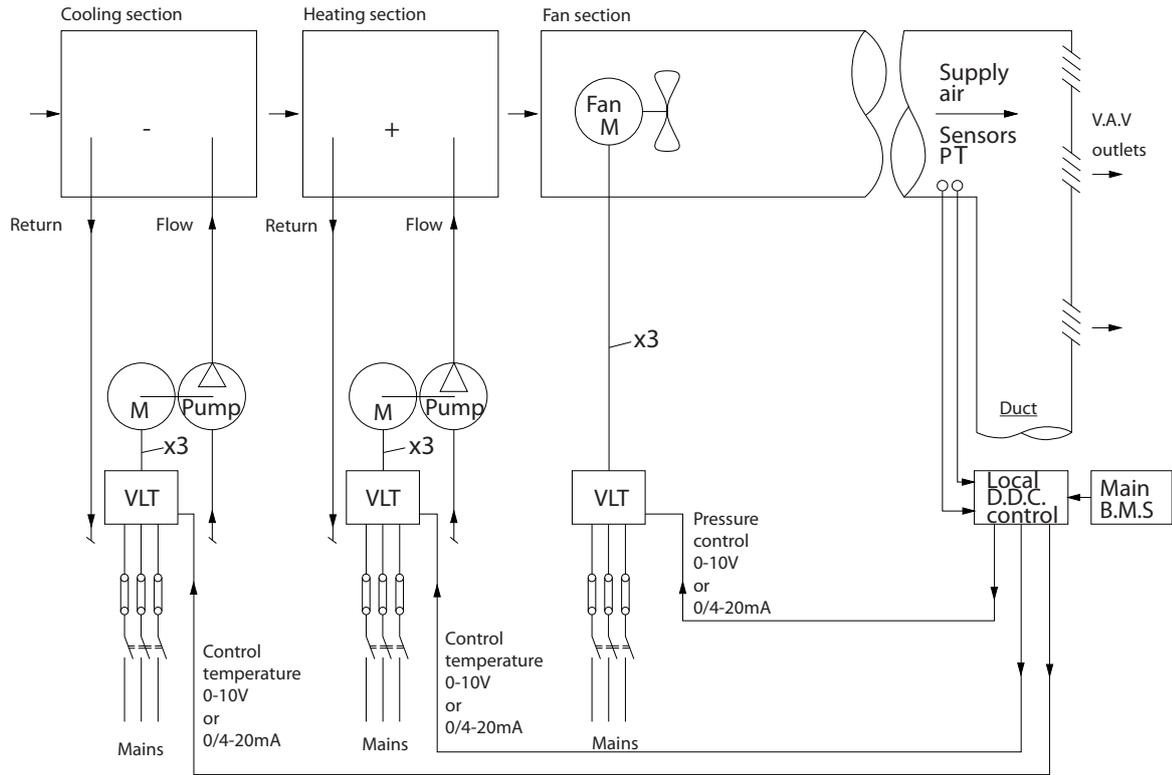
#### Kosten ohne Frequenzumrichter



DDC	Direkte digitale Regelung
VVS	Variabler Luftvolumenstrom
Sensor P	Druck
EMS	Energiemanagementsystem
Sensor T	Temperatur

Abbildung 5.14 Traditionelles Lüftersystem

Kosten mit Frequenzumrichter



175HA206.11

5

DDC	Direkte digitale Regelung
VVS	Variabler Luftvolumenstrom
GMS	Gebäudemanagementsystem

Abbildung 5.15 Durch Frequenzumrichter geregeltes Lüftungssystem

### 5.3.4 VLT® HVAC Drive FC 102 – Lösungen

#### 5.3.4.1 Variabler Luftvolumenstrom

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. Zentrale Systeme sind effizienter als dezentrale Systeme.

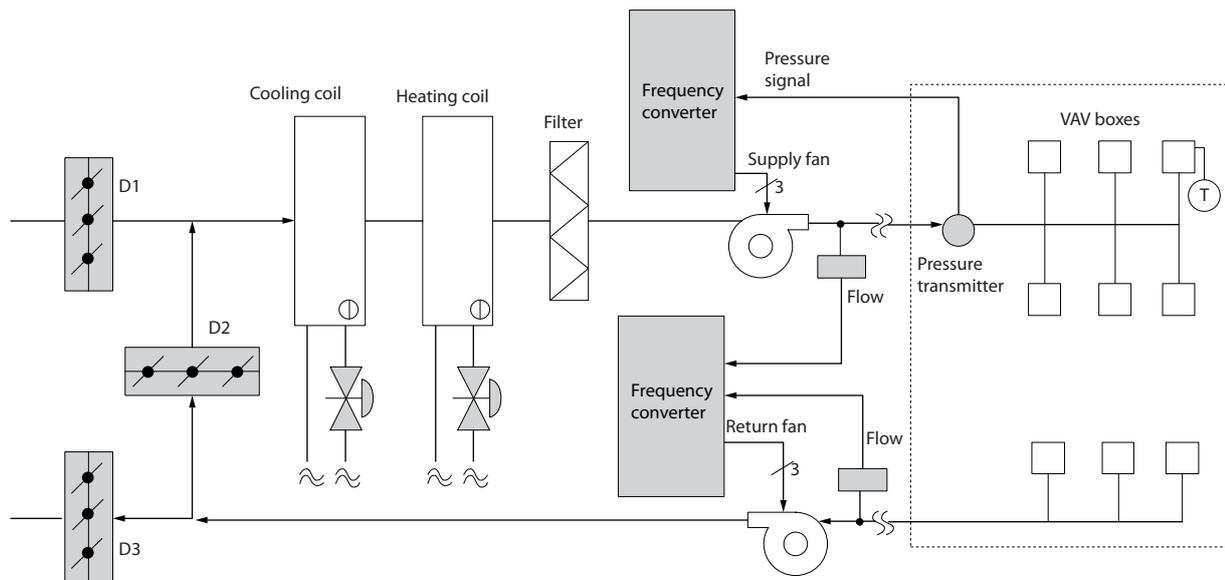
Der höhere Wirkungsgrad ergibt sich aus der Nutzung größerer Kühllüfter und Kälteanlagen, die einen sehr viel höheren Wirkungsgrad haben als kleine Motoren und verzweigte luftgekühlte Kälteanlagen. Außerdem trägt der geringere Wartungsaufwand zur Kostensenkung bei.

#### VLT® Lösung

Während Dämpfer und IGVs (Dralldrosseln) dafür sorgen, dass der Druck im Leitungssystem konstant bleibt, kann eine Frequenzumrichter-Lösung viel mehr Energie einsparen und die Installation vereinfachen. Statt einen künstlichen Druckabfall zu erzeugen oder den Wirkungsgrad des Lüfters zu senken, senkt der Frequenzumrichter die Lüfterdrehzahl, um den vom System geforderten Fluss und Druck zur Verfügung zu stellen.

Zentrifugalgeräte wie Lüfter senken den von ihnen produzierten Druck und Fluss, während ihre Drehzahl sinkt. Die Leistungsaufnahme wird gesenkt.

Der Abluftventilator wird laufend überwacht bzw. geregelt, um eine gleichbleibende Strömungsdifferenz zwischen Zu- und Rückstrom aufrechtzuerhalten. Bei Einsatz des hochmodernen PID-Reglers des HVAC-Frequenzumrichters kann auf weitere Regler verzichtet werden.



1.30BB455.10

Abbildung 5.16 Frequenzumrichter in einem System mit variablem Luftvolumenstrom

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum *variablen Luftvolumenstrom: Anwendungshinweis zur Verbesserung von VVS-Lüftungsanlagen*.

### 5.3.4.2 Konstanter Luftvolumenstrom

Systeme für konstanten Luftvolumenstrom (KVS) sind zentrale Lüftungsanlagen, die zur Belüftung großer Gemeinschaftsbe- reiche mit geringen Mengen temperierter Frischluft eingesetzt werden. Sie waren die Vorläufer der variablen Luftsysteme und sind auch in älteren, gewerblich genutzten Mehrzonengebäuden zu finden. Diese Systeme heizen Frischluft mit Klimageräten vor, die mit Heizspulen ausgestattet sind. Viele werden auch zur Klimatisierung von Gebäuden eingesetzt und verfügen daher auch über eine Kühlspule. Gebläsekonvektoren werden häufig verwendet, um die Heiz- und Kühlanforde- rungen in den einzelnen Zonen zu unterstützen.

#### VLT® Lösung

Mit einem Frequenzumrichter sind erhebliche Energieeinsparungen bei gleichzeitiger angemessener Regelung des Gebäudes möglich. Temperatur- oder CO<sub>2</sub>-Sensoren können dabei als Istwertsignale für den Frequenzumrichter dienen. Ganz gleich, ob Temperatur, Luftqualität oder beides gesteuert werden soll – bei einem konstanten Luftvolumenstromsystem kann der Regelbetrieb den jeweiligen Verhältnissen im Gebäude angepasst werden. Je weniger Menschen sich im geregelten Bereich befinden, desto weniger Frischluft wird benötigt. Der CO<sub>2</sub>-Sensor misst niedrigere Werte und senkt die Drehzahl der Versor- gungslüfter. Der Abluftventilator moduliert zur Aufrechterhaltung eines statischen Drucksollwerts oder einer festgelegten Differenz zwischen der Stromversorgung und Abluftströmen.

Die Anforderungen zur Temperaturregelung variieren je nach Außentemperatur und der Personenzahl im geregelten Bereich. Wenn die Temperatur unter den Sollwert absinkt, kann der Versorgungslüfter die Drehzahl verringern. Der Rückführungs- lüfter moduliert zur Aufrechterhaltung eines statischen Drucksollwerts. Durch Reduzierung der Luftströmung wird auch die zur Beheizung oder Kühlung der Luft aufgewendete Energie verringert, was weitere Einsparungen zur Folge hat.

Verschiedene Funktionen des dedizierten Danfoss HLK-Frequenzumrichters können zur Verbesserung der Leistung eines Konstant-Luftvolumenstromsystems verwendet werden. Ein Problem bei der Regelung eines Lüftungssystems ist schlechte Luftqualität. Die programmierbare Mindestfrequenz kann zur Aufrechterhaltung einer Mindestmenge an Zuluft unabhängig vom Ist- oder Sollwertsignal eingestellt werden. Der Frequenzumrichter enthält zudem einen PID-Regler mit 3 Zonen und 3 Sollwerten, der eine Überwachung von Temperatur und 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 kann 2 Istwertsignale zur Regelung des Rückführungslüfters überwachen und vergleichen und gleichzeitig einen festgelegten Differenzialluftstrom zwischen der Versorgung und der Rückführungsleitung aufrechter- halten.

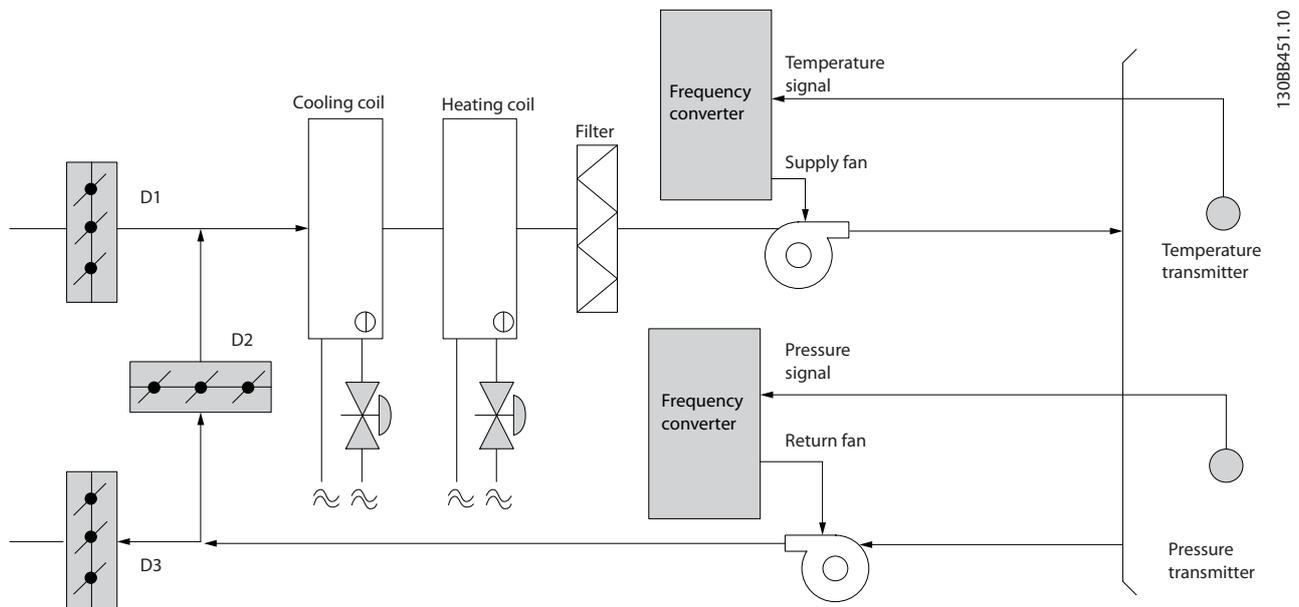


Abbildung 5.17 Frequenzumrichter in einem System mit konstantem Luftvolumenstrom

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Konstanter Luftvolumenstrom: Verbes- serung von VVS-Lüftungsanlagen*.

### 5.3.4.3 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.

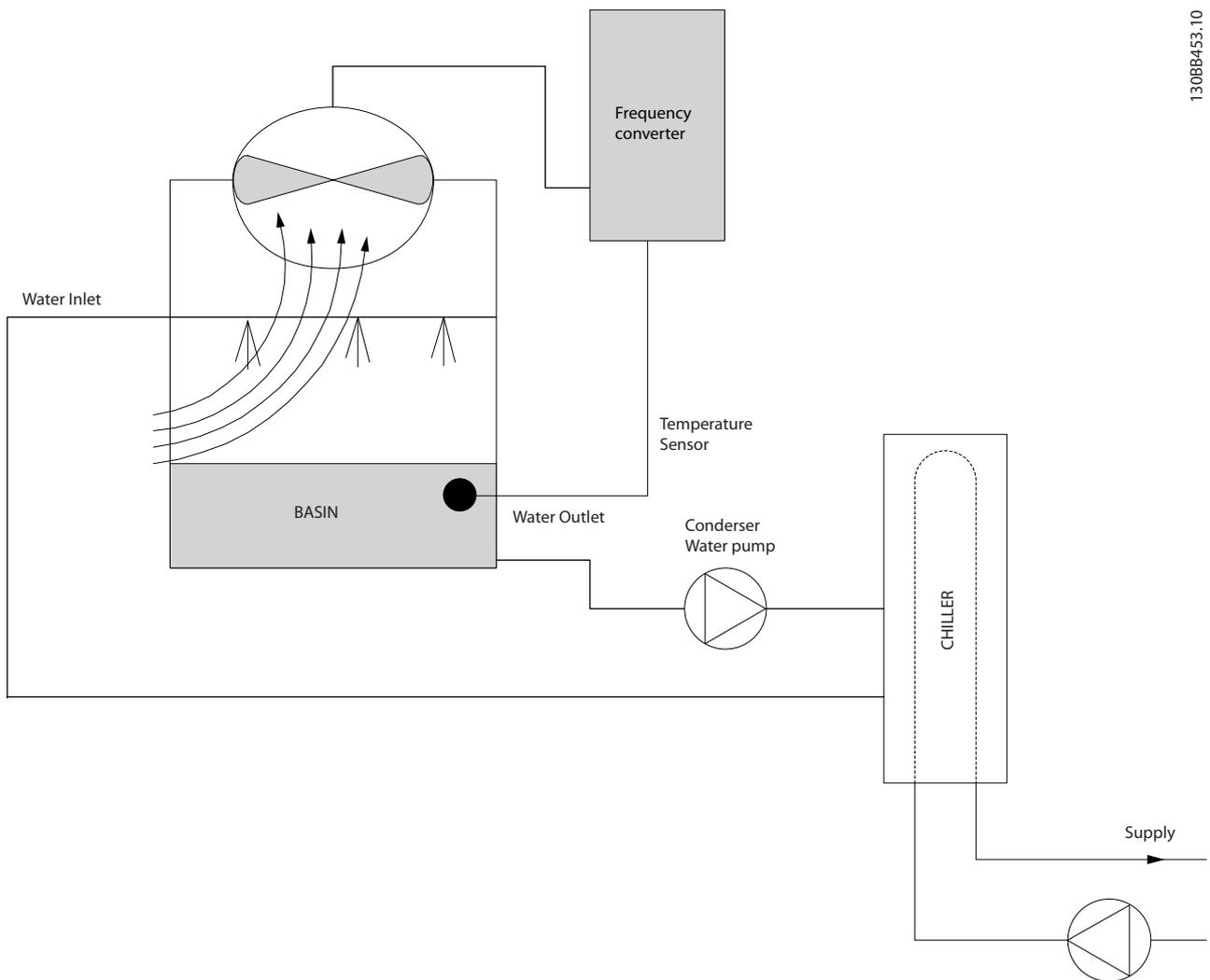
Kühltürme kühlen das Kondenswasser durch Verdunstung. Um die Oberfläche des Kondensatorwassers zu vergrößern, wird dieses in den Kühlturm gesprüht. Das Kühlturmgebläse führt Luft durch den Füllbereich und unterstützt damit die Verdunstung des Wassers. Durch die Verdunstung wird dem Wasser Energie entzogen, 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.

## 5

#### VLT® Lösung

Mit einem Frequenzumrichter können die Kühlturmlüfter auf die erforderliche Drehzahl zur Aufrechterhaltung der Kondensatorwassertemperatur geregelt werden. Die Frequenzumrichter können auch zum Ein- und Ausschalten des Lüfters nach Bedarf verwendet werden. Wenn die Drehzahl der Kühlturmlüfter bei einem Danfoss VLT® HVAC Drive unter einen bestimmten Wert absinkt, reduziert sich der Kühleffekt. Bei Verwendung eines Getriebes zum Antrieb des Turmlüfters kann eine Mindestdrehzahl von 40 bis 50 % erforderlich sein. Die kundenseitig programmierbare Mindestfrequenz ermöglicht die Aufrechterhaltung der Mindestdrehzahl auch dann, wenn der Istwert oder der Drehzahlsollwert eigentlich niedrigere Drehzahlen bewirken sollten.

Der Frequenzumrichter kann als Standardfunktion so programmiert werden, dass er in einen Energiesparmodus wechselt und der Lüfter stoppt, bevor eine höhere Drehzahl erforderlich ist. Außerdem haben einige Kühlturmlüfter unerwünschte Frequenzen, die zu Schwingungen führen können. Diese Frequenzen lassen sich durch Frequenzabblendung im Frequenzumrichter leicht vermeiden.



13.08B453.10

5

Abbildung 5.18 Bei einem Kühlturmgebläse eingesetzte Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Kühlturmgebläse: Verbesserung der Lüftersteuerung an Kühltürme*.

### 5.3.4.4 Kondenswasserpumpen

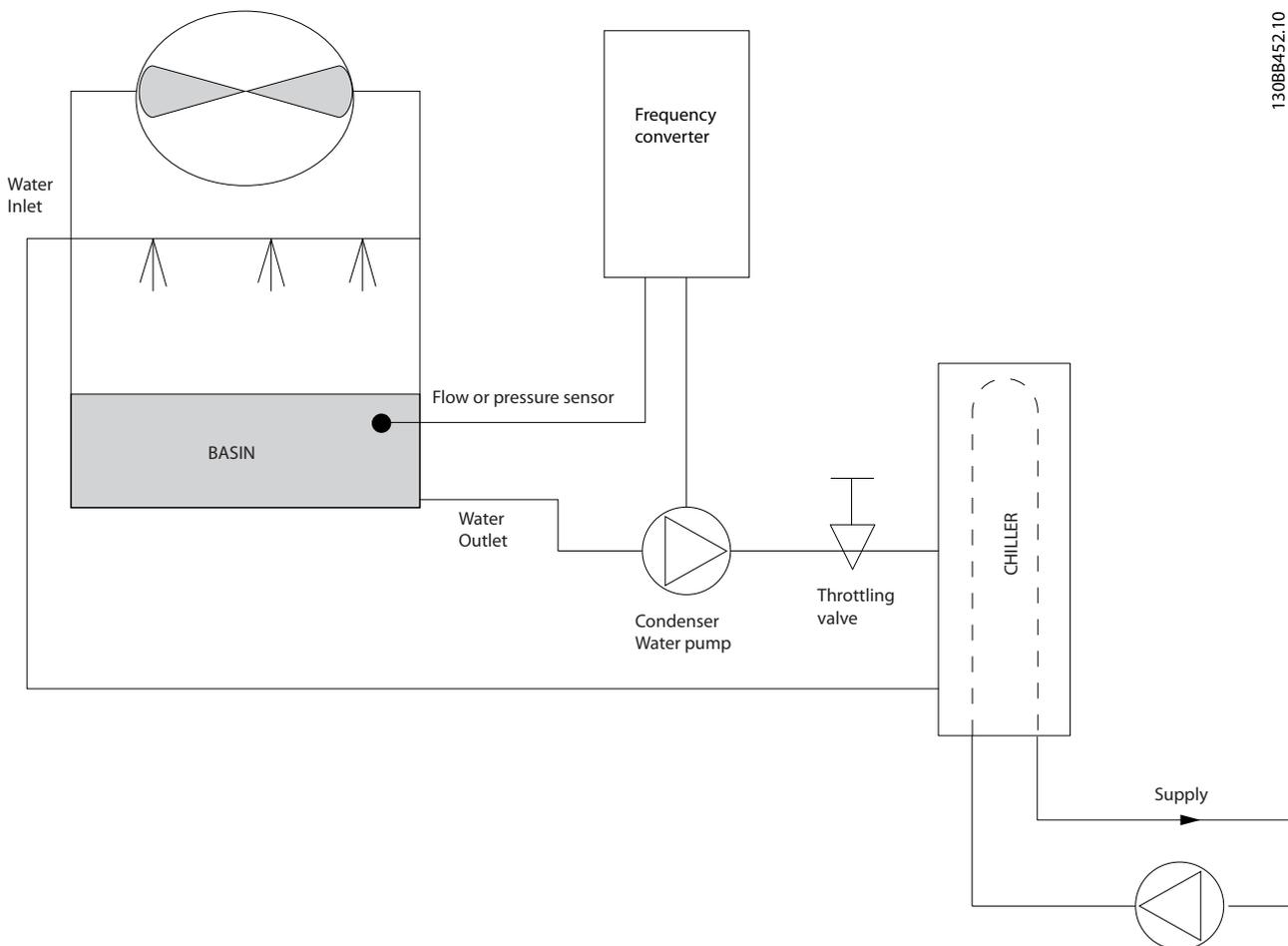
Kondenswasserpumpen werden hauptsächlich zur Wasserzirkulation durch den Kondensatorteil wassergekühlter Kühlanlagen und den dazugehörigen Kühlturm eingesetzt. Das Kondenswasser nimmt die Wärme aus dem Kondensator in sich auf und gibt sie im Kühlturm wieder ab. Diese sind am effizientesten, wenn es um die Kaltwasserbereitung geht Sie sind bis zu 20 % effizienter als luftgekühlte Anlagen.

#### VLT® Lösung

Ein Frequenzumrichter kann als Ergänzung zu Kondenswasserpumpen eingesetzt werden, um das Drosselventil und/oder eine Trimmung der Pumpenlaufräder zu ersetzen.

Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters anstelle eines Drosselventils wird die Energie eingespart, die ansonsten durch das Ventil aufgenommen würde. Das Einsparpotenzial kann dabei mindestens 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.

5



13088452.10

Abbildung 5.19 Mit einer Kondenswasserpumpe eingesetzter Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Kondenswasserpumpen: Verbesserung von Kondenswasserpumpensystemen*.

### 5.3.4.5 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 Pumpsystem bietet eine Trennung von „primärem“ Produktionskreis und „sekundärem“ Verteilerkreis. Durch die Trennung 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 im Wasser eine Überkühlung ein. Wenn das Wasser überkühlt wird, 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 durch die geringere Verdampfungstemperatur des Kühlers wird der Kühler sicherheitshalber abgeschaltet; ein manueller Reset 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.

#### VLT® Lösung

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:

- Am Auslass jedes Kühlers kann ein Durchflussmesser installiert und zur direkten Steuerung der Pumpe eingesetzt werden, da die gewünschte Strömungsgeschwindigkeit bekannt und konstant ist. Mithilfe des PID-Reglers erhält der Frequenzumrichter stets die passende Strömungsgeschwindigkeit aufrecht und gleicht sogar den sich ändernden Widerstand im Primärrohrkreislauf aus, wenn Kühler und ihre Pumpen zu- und abgeschaltet werden.
- Mithilfe der örtlichen Drehzahlbestimmung setzt der Bediener einfach die Ausgangsfrequenz herab, bis der Auslegungsdurchfluss erreicht ist. Das Benutzen eines Frequenzumrichters zur Senkung der Pumpendrehzahl ähnelt dem Trimmen der Pumpenlaufräder, der Pumpenwirkungsgrad bleibt dabei jedoch höher. 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 geringfügig sind, ist eine solche konstante Drehzahl angemessen. Falls die Strömungsgeschwindigkeit im System später erhöht werden muss, kann der Frequenzumrichter einfach die Pumpendrehzahl erhöhen, sodass kein neues Pumpenlaufrad erforderlich ist.

5

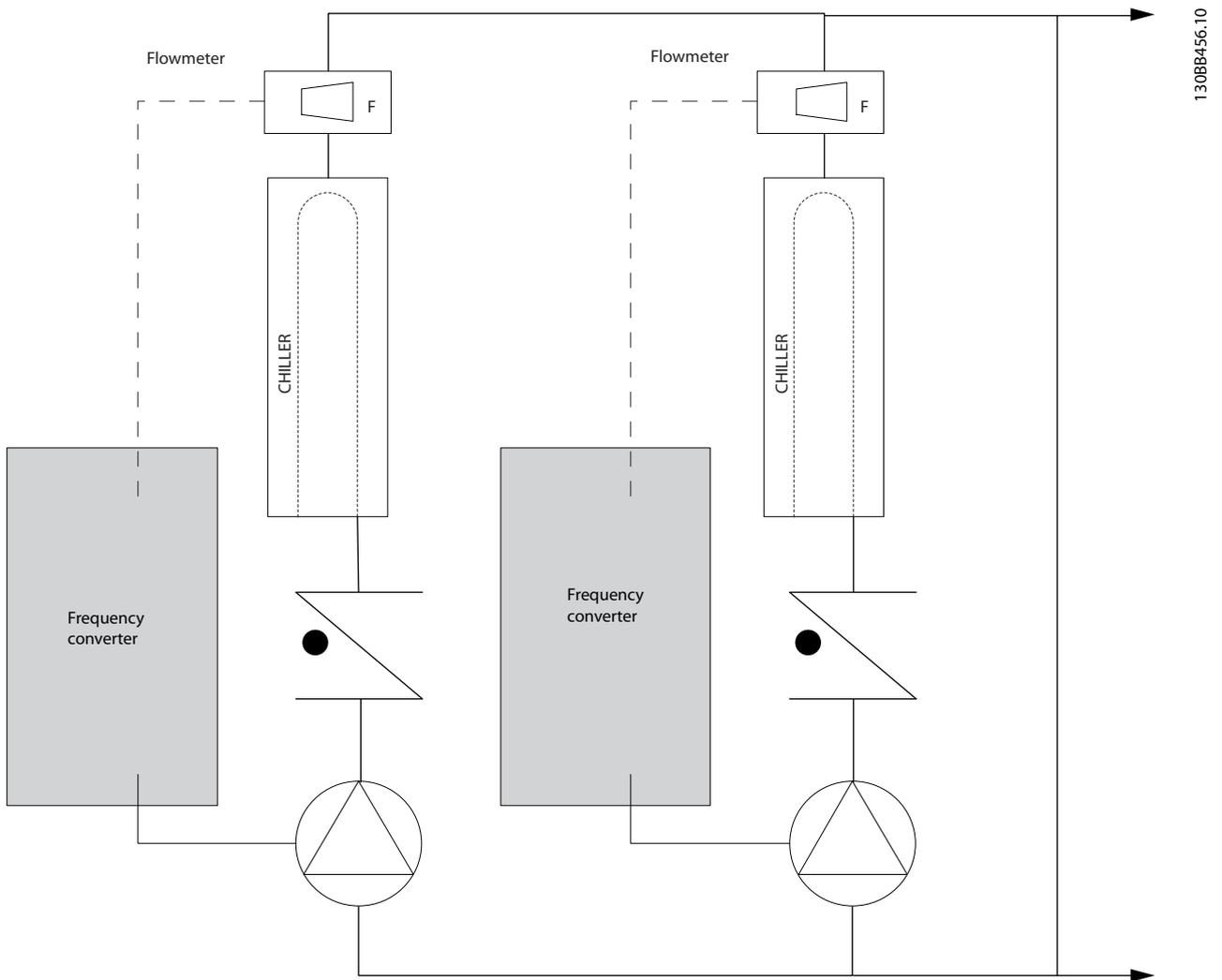


Abbildung 5.20 Mit Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpensystem eingesetzte Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Primärpumpen: Verbesserung von Primärpumpen in Primär-/Sekundärsystemen*.

### 5.3.4.6 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 Abkopplung eines Rohrkreislaufs 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. Dies hat zur Folge, dass die bei zu niedriger Verdampfertemperatur ansprechende Sicherheitsvorrichtung den Kühler abschaltet, worauf 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.

#### VLT® Lösung

Zwar hilft ein Primär-/Sekundärsystem mit 2-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 anzupassen und sie der Systemkurve statt der Pumpenkurve folgen zu lassen. Dadurch werden Energieverschwendung und die meisten Überdrucksituationen verhindert, mit denen Zwei-Wege-Ventile konfrontiert werden können.

Mit Erreichen der vorgegebenen Last schalten die Zwei-Wege-Ventile ab, wodurch der an der Last und dem Zwei-Wege-Ventil gemessene Differenzdruck erhöht wird. 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.

#### HINWEIS

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

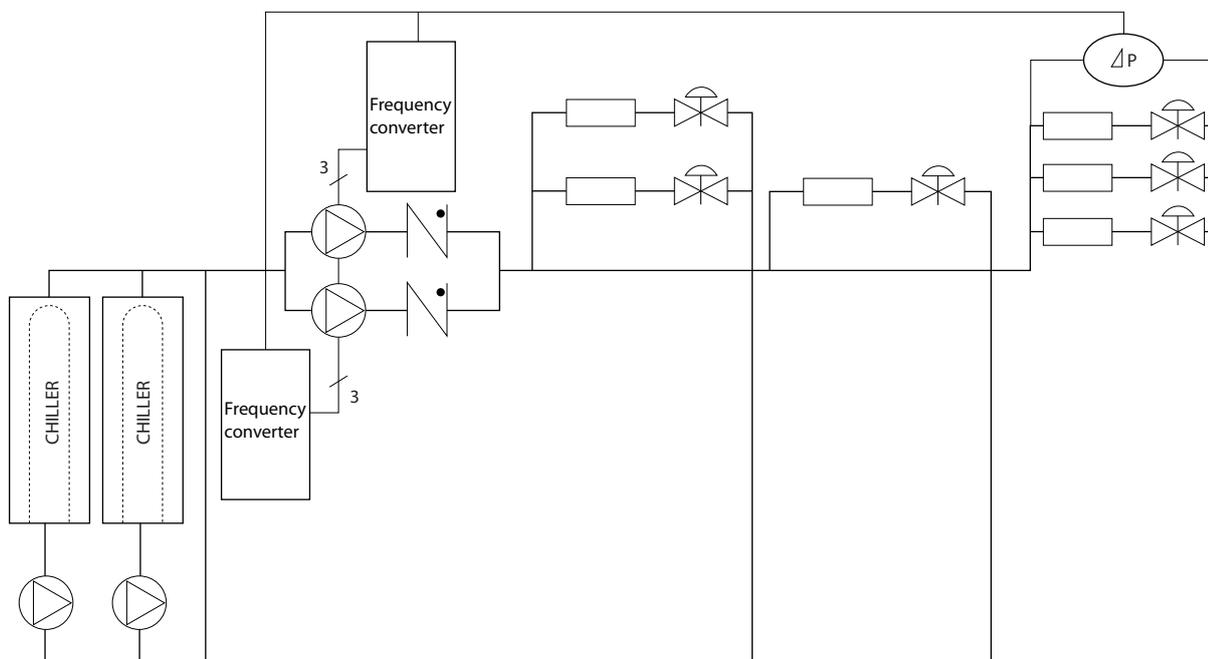


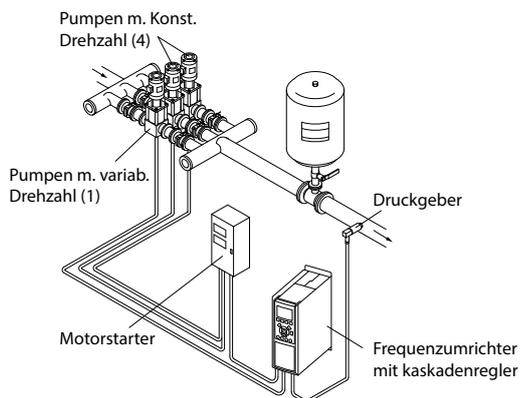
Abbildung 5.21 Mit Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpensystem eingesetzte Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Sekundärpumpen: Verbesserung von Sekundärpumpen in Primär-/Sekundärsystemen*.

## 5.4 Einfacher Kaskadenregler

Der einfache Kaskadenregler wird für Pumpenanwendungen eingesetzt, in denen ein bestimmter Druck (Förderhöhe) oder eine bestimmte Druckstufe über einen weiten dynamischen Bereich beibehalten werden muss. Der Betrieb einer großen Pumpe mit variabler Drehzahl über einen weiten Bereich ist aufgrund eines geringen Pumpenwirkungsgrads bei geringerer Drehzahl keine ideale Lösung. Es liegt eine praktische Grenze von etwa 25 % der Nenndrehzahl bei Volllast für den Betrieb einer Pumpe vor.

Beim einfachen Kaskadenregler regelt der Frequenzumrichter einen Motor mit variabler Drehzahl (Führungspumpe) als die Pumpe mit variabler Drehzahl und kann bis zu 2 zusätzliche Pumpen mit konstanter Drehzahl ein- und ausschalten. Schließen Sie die zusätzlichen Pumpen mit konstanter Drehzahl direkt oder über einen Softstarter an das Netz an. Die Drehzahlregelung des Systems erfolgt durch Änderung der Drehzahl der ursprünglichen Pumpe. Die Drehzahlregelung behält einen konstanten Druck bei, was eine geringere Systembelastung und einen ruhigeren Betrieb ermöglicht.



130BA362.10

Abbildung 5.22 Einfacher Kaskadenregler

### Feste Führungspumpe

Die Motorleistungen müssen übereinstimmen. Mit dem einfachen Kaskadenregler kann der Frequenzumrichter bis zu 3 Pumpen gleicher Größe über die beiden integrierten Relais steuern. Ist die variable Pumpe (Führungspumpe) direkt an den Frequenzumrichter angeschlossen, werden die beiden anderen Pumpen von den beiden integrierten Relais gesteuert. Ist Führungspumpen-Wechsel aktiviert, sind die Pumpen mit den integrierten Relais verbunden und der Frequenzumrichter kann zwei Pumpen betätigen.

### Führungspumpen-Wechsel

Die Motorleistungen müssen übereinstimmen. Die Funktion ermöglicht es, den Frequenzumrichter zwischen den Pumpen im System (max. zwei Pumpen) wechseln zu lassen. Bei diesem Betrieb wird die Laufzeit gleichmäßig unter den verfügbaren 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. Zu den Auswahloptionen zählen:

- Bei Ablauf eines Wechselzeitgebers.
- Zu einer festgelegten Tageszeit.
- Wenn die Führungspumpe in den Energiesparmodus wechselt.

Die Zuschaltung wird von der aktuellen Systemlast bestimmt.

Ein gesonderter 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.

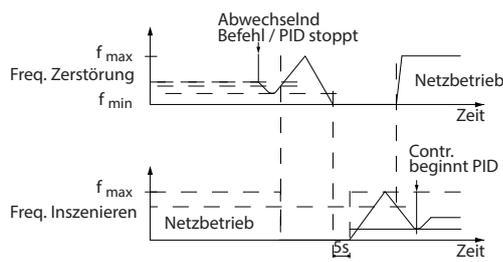
### Bandbreitenverwaltung

In Kaskadenregelsystemen wird der gewünschte Systemdruck zur Vermeidung häufiger Schaltvorgänge der Pumpen mit konstanter Drehzahl in der Regel eher innerhalb einer gewissen Bandbreite als 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 des Kaskadenreglers wird die Systemdruckhöhe durch Zu- und Abschalten von Pumpen mit konstanter Drehzahl aufrecht erhalten, wenn der Frequenzumrichter mit einem Alarm abschaltet. Um häufiges Zu- und Abschalten zu verhindern und Druckschwankungen zu minimieren, wird eine breitere Konstantdrehzahlbandbreite statt der Schaltbandbreite verwendet.

#### 5.4.1.1 Pumpenzuschaltung mit Führungspumpen-Wechsel

Bei aktiviertem Führungspumpen-Wechsel werden maximal 2 Pumpen geregelt. Bei Wechselbefehl stoppt der PID und die Führungspumpe fährt 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 beiden Relais trennen.



130BA364.10

Abbildung 5.23 Führungspumpen-Wechsel

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 vorherige 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 Heißwasserproblem vermieden.

### 5.4.1.2 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 zeigt das LCP den Betriebszustand für jede Pumpe und den Kaskadenregler an. Angezeigte Informationen:

- Pumpenstatus, die Anzeige des Status für die jeder Pumpe zugeordneten Relais. Das Display zeigt Pumpen, die deaktiviert oder ausgeschaltet sind, am Frequenzumrichter laufen oder am Netz/ Motorstarter laufen.
- Kaskadenstatus, die Anzeige des Status für den Kaskadenregler. Das Display zeigt Folgendes an:
  - Kaskadenregler ist deaktiviert.
  - Alle Pumpen sind ausgeschaltet.
  - Ein Notfall hat zum Stopp aller Pumpen geführt.
  - Alle Pumpen in Betrieb.
  - Pumpen mit konstanter Drehzahl werden zugeschaltet/abgeschaltet.
  - Führungspumpen-Wechsel tritt auf.

- Abschaltung bei fehlendem Durchfluss stellt sicher, dass alle Pumpen mit konstanter Drehzahl einzeln gestoppt werden, bis der Zustand „kein Durchfluss“ nicht mehr zutrifft.

## 5.5 Dynamisches Bremsen – Übersicht

Dynamisches Bremsen verzögert den Motor mit einer der folgenden Methoden:

- AC-Bremse  
Durch Ändern der Verlustbedingungen im Motor wird die Bremsenergie im Motor verteilt (*Parameter 2-10 Brake Function = [2]*). Sie dürfen die AC-Bremsfunktion nicht in Anwendungen mit einer hohen Ein-/Ausschaltzyklen verwenden, da dies zu einer Überhitzung des Motors führen würde.
- DC-Bremse  
Ein übermodulierter Gleichstrom verstärkt den Wechselstrom und funktioniert als Wirbelstrombremse (*Parameter 2-02 DC Braking Time ≠ 0 s*).
- Bremswiderstand  
Ein Brems-IGBT leitet die Bremsenergie vom Motor an den angeschlossenen Bremswiderstand (*Parameter 2-10 Brake Function = [1]*) und verhindert so, dass die Überspannung einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Weitere Informationen zur Auswahl eines Bremswiderstands finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Bei Frequenzumrichtern mit der Bremsoption ist ein Brems-IGBT zusammen mit den Klemmen 81(R-) und 82(R+) zum Anschluss eines externen Bremswiderstands vorgesehen.

Die Funktion des Brems-IGBT ist die Begrenzung der Spannung im Zwischenkreis, wenn die maximal erlaubte Spannungsgrenze überschritten wird. Dazu schaltet er den externen Widerstand an den Zwischenkreis ein, um die überhöhte Gleichspannung der Zwischenkreiskondensatoren abzuführen.

Die externe Anschaltung eines Bremswiderstands bietet Vorteile. So lässt sich der Widerstand angepasst an die Anforderungen der Anwendung auswählen. Die Energie wird aus dem Schaltschrank abgeleitet und der Frequenzumrichter vor Überhitzung geschützt, sollte die Spannung zu einer Überlastung des Bremswiderstands führen.

Das IGBT-Gate-Signal des Brems-IGBTs wird von der Steuercarte generiert und über Leistungskarte und IGBT-Ansteuerkarte an das Brems-IGBT übermittelt. Zusätzlich überwachen Leistungs- und Steuercarten das Brems-IGBT bzgl. Kurzschluss. Die Leistungskarte überwacht zudem den Bremswiderstand bzgl. Überlasten.

## 5.6 Zwischenkreiskopplung – Übersicht

Die Zwischenkreiskopplung ist eine Funktion, die den Anschluss der DC-Kreise von mehreren Frequenzumrichtern ermöglicht, wodurch ein System aus mehreren Frequenzumrichtern zum Antrieb einer mechanischen Last gebildet werden kann. Eine Zwischenkreiskopplung bietet die folgenden Vorteile:

### Energieeinsparungen

Ein Motor, der generatorisch läuft, kann Antriebe einspeisen die im Fahrbetrieb laufen.

### Weniger Ersatzteilbedarf

In der Regel wird nur ein Bremswiderstand für das gesamte Frequenzumrichtersystem anstatt eines Bremswiderstands pro Frequenzumrichter benötigt.

### Pufferung

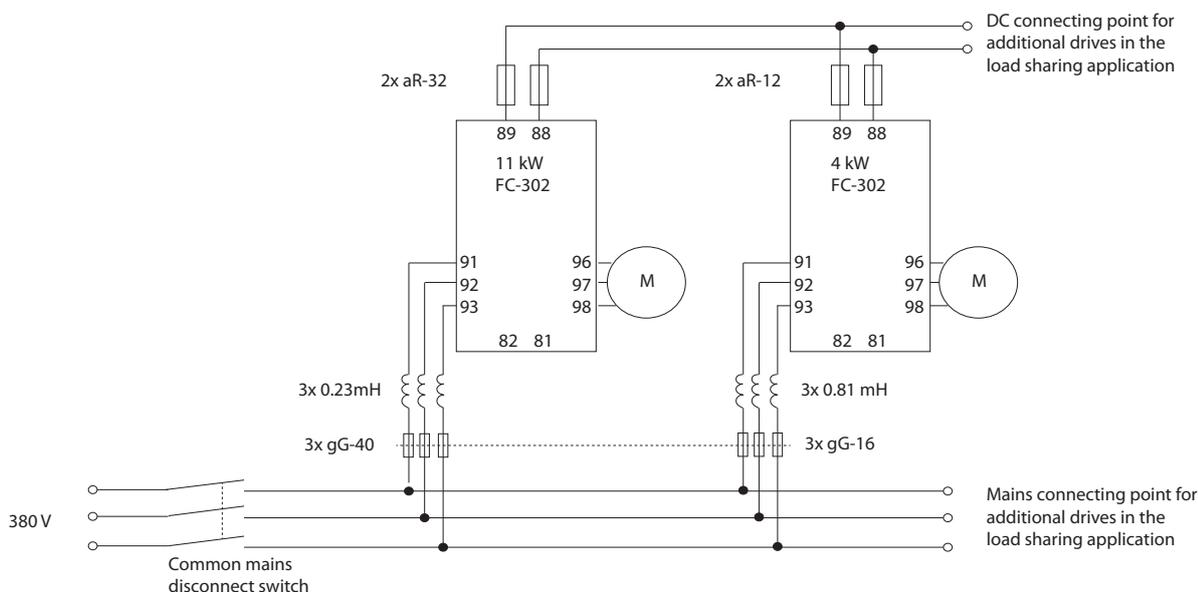
Im Falle eines Netzausfall können alle verbundenen Frequenzumrichter über den Zwischenkreis versorgt werden. Die Anwendung kann ihren Betrieb fortsetzen oder eine kontrollierte Abschaltung durchführen.

### Voraussetzungen

Die folgenden Voraussetzungen müssen erfüllt sein, bevor eine Zwischenkreiskopplung in Betracht gezogen werden kann:

- Der Frequenzumrichter muss über Zwischenkreiskopplungsklemmen verfügen.
- Die Produktserie muss identisch sein. Sie können nur VLT® HVAC Drive FC102-Frequenzumrichter mit anderen VLT® HVAC Drive FC102-Frequenzumrichtern verwenden.
- Die Frequenzumrichter müssen räumlich nah beieinander aufgestellt werden, damit die Verkabelung zwischen ihnen eine Länge von 25 m (82 ft) nicht überschreitet.
- Die Frequenzumrichter müssen dieselbe Nennspannung aufweisen.
- Falls ein Bremswiderstand zu einer Zwischenkreiskopplungskonfiguration hinzugefügt wird, müssen alle Frequenzumrichter mit einem Bremschopper ausgestattet sein.
- An den Anschlüssen der Zwischenkreiskopplung müssen Sicherungen installiert werden.

Ein Schaltbeispiel für eine Zwischenkreiskopplung, finden Sie unter *Abbildung 5.24*.



130BF758.10

Abbildung 5.24 Diagramm einer Zwischenkreiskopplungsanwendung, in der bewährte Verfahren angewendet werden

### Zwischenkreiskopplung

Geräte mit eingebauter Zwischenkreiskopplung enthalten die Klemmen (+) 89 DC und (-) 88 DC. Innerhalb des Frequenzumrichters sind diese Klemmen mit dem DC-Bus an der Eingangsseite der DC-Zwischenkreisdrossel und den Zwischenkreiskondensatoren verbunden.

Für die Verwendung der Zwischenkreiskopplungsklemmen stehen 2 Konfigurationen zur Verfügung.

- Die Klemmen dienen dazu, die DC-Buskreise mehrerer Frequenzumrichter miteinander zu verbinden. In dieser Konfiguration kann ein im generatorischen Betrieb befindliches Gerät überschüssige DC-Busspannung an ein anderes Gerät weitergeben, das den Motor antreibt. Diese Zwischenkreiskopplung reduziert den Bedarf an externen dynamischen Bremswiderständen und spart Energie. Theoretisch ist die Anzahl der Geräte, die Sie auf diese Weise miteinander verbinden können, unendlich, sofern alle Geräte die gleiche Nennspannung aufweisen. Darüber hinaus kann es je nach Größe und Anzahl der Geräte erforderlich sein, DC-Zwischenkreisdrosseln und DC-Sicherungen am Zwischenkreis sowie AC- Netzdrosseln eingangsseitig zu installieren. Für eine derartige Konfiguration sind besondere Überlegungen erforderlich.
- Der Frequenzumrichter wird ausschließlich von einer DC-Quelle gespeist. Diese Konfiguration erfordert Folgendes:
  - Eine DC-Quelle.
  - Eine Vorrichtung zum Vorladen des DC-Busses bei Netz-Einschaltung.

## 5.7 Rückspeiseeinheit – Übersicht

Rückspeisung geschieht üblicherweise in Anwendungen mit kontinuierlichem Bremsen, wie z. B. Krane/Hubwerke, Abwärtsförderer und Zentrifugen, bei denen die Energie aus einem abgebremsten Motor gewonnen wird.

Eine der folgenden Optionen sorgt für die Ableitung der überschüssigen Energie aus dem Frequenzumrichter:

- Der Bremschopper ermöglicht die Ableitung der überschüssigen Energie in Form von Wärme in den Bremswiderstandspulen.
- Rückspeiseklemmen ermöglichen den Anschluss einer Rückspeiseeinheit eines Drittanbieters an einen Frequenzumrichter, sodass überschüssige Energie an das Stromnetz abgegeben wird.

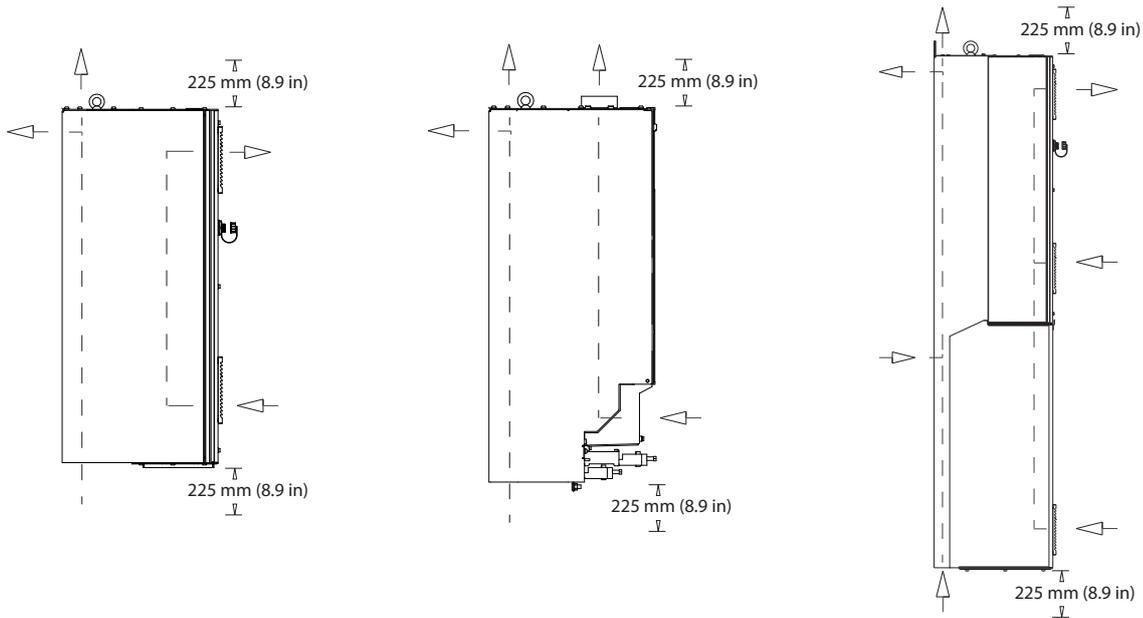
Die Rückspeisung überschüssiger Energie in das Stromnetz ist bei Anwendungen mit kontinuierlichem Bremsen die effizienteste Nutzung dieser Energie.

## 5.8 Rückwandkühlkanal – Übersicht

Dank eines einzigartigen rückseitigen Kanals wird Kühlluft über Kühlkörper geleitet, wobei nur äußerst wenig Luft über die Steuerelektronik strömt. Es gibt eine IP54-/Typ-12-Dichtung zwischen dem Rückwandkühlkanal und dem Elektronikbereich des VLT® Frequenzumrichters. Diese Rückwandkühlung ermöglicht die direkte Abführung von 90 % der Wärmeverluste aus dem Gehäuse. Dieses Design verbessert die Zuverlässigkeit und verlängert die Komponentenlebensdauer, indem es die Innentemperaturen und die Verunreinigung der elektronischen Komponenten drastisch reduziert. Unterschiedliche Rückwandkühlungssätze sind verfügbar, die die Luftzirkulation je nach den individuellen Bedürfnissen umleiten.

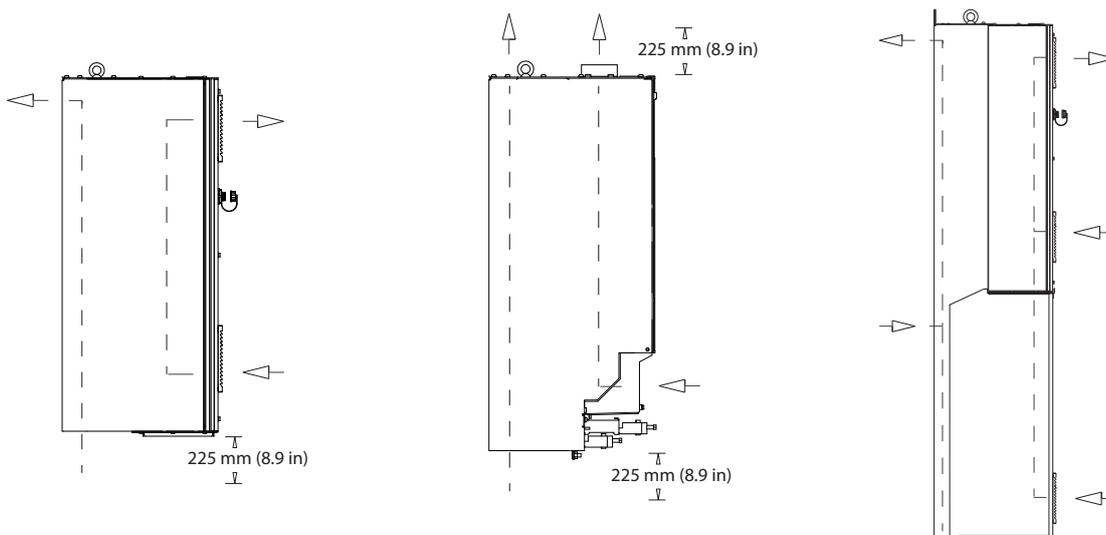
### 5.8.1 Luftzirkulation für Gehäuse D1h–D8h

5



130BG068.10

Abbildung 5.25 Standard-Luftzirkulationskonfiguration für die Bauformen D1h/D2h (Links), D3h/D4h (Mitte), and D5h–D8h (Rechts).



130BG069.10

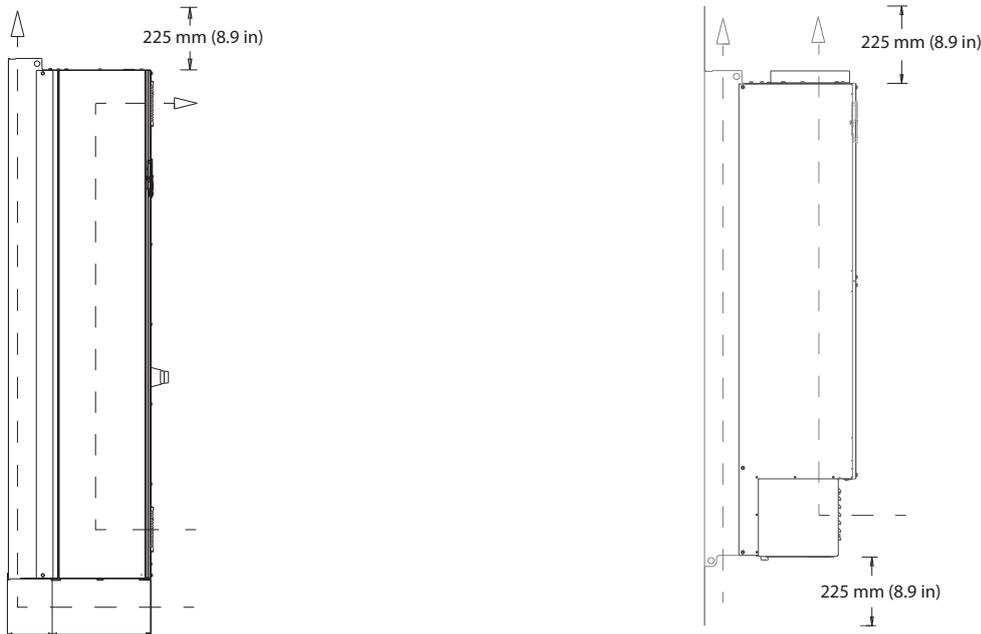
Abbildung 5.26 Optionale Luftstromkonfiguration mit Bausätzen für die Rückwandkühlung für die Bauformen D1h–D8h.

(Links) Kühlbausatz mit Belüftungseingang im unteren und Belüftungsausgang im hinteren Bereich für die Bauformen D1h/D2h.

(Mitte) Kühlbausatz mit Belüftungseingang im unteren und Belüftungsausgang im oberen Bereich für die Bauformen D3h/D4h.

(Rechts) Kühlbausatz mit Belüftungseingang im hinteren und Belüftungsausgang im hinteren Bereich für die Bauformen D5h–D8h.

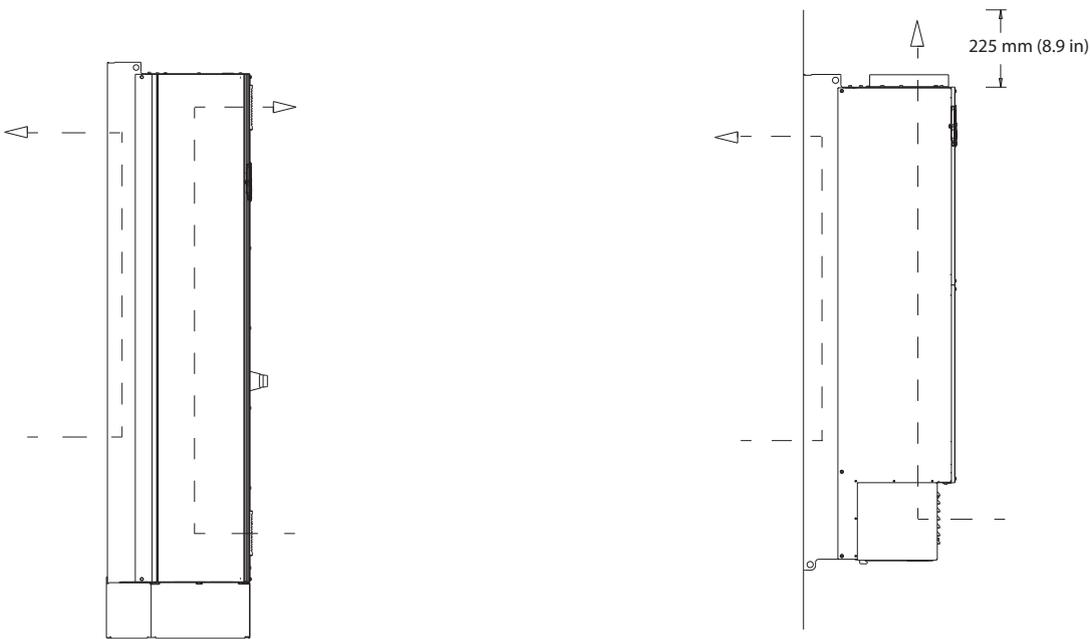
5.8.2 Luftzirkulation für Gehäuse E1h–E4h



130BF699.10

5

Abbildung 5.27 Standard-Luftzirkulationskonfiguration für E1h/E2h (links) und E3h/E4h (rechts)



130BF700.10

Abbildung 5.28 Optionale Luftzirkulationskonfiguration durch die Rückwand für E1h/E2h (links) und E3h/E4h (rechts)

## 6 Optionen und Zubehör

### 6.1 Feldbusgeräte

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Feldbusgeräte, die mit der VLT® HVAC Drive FC102-Serie erhältlich sind. Durch die Verwendung eines Feldbusgerätes werden Kosten reduziert, eine schnellere und effizientere Kommunikation gewährleistet und eine benutzerfreundlichere Serviceschnittstelle bereitgestellt. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

#### 6.1.1 VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101

Der VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101 bietet:

- Umfassende Kompatibilität, hohe Verfügbarkeit, Unterstützung aller führenden SPS-Anbieter und Kompatibilität mit künftigen Ausführungen.
- Schnelle, effiziente Kommunikation, transparente Installation, erweiterte Diagnose und Parametrierung sowie Autokonfiguration von Prozessdaten per GSD-Datei.
- Azyklische Parametrierung mittels PROFIBUS DP-V1, PROFIdrive oder Danfoss FC-Profil.

#### 6.1.2 VLT® DeviceNet MCA 104

Der VLT® DeviceNet MCA 104 bietet:

- Unterstützung des ODVA-Frequenzumrichterprofils mittels I/O-Instanz 20/70 und 21/71 gewährleistet Kompatibilität mit bestehenden Systemen.
- Vorteile ergeben sich aus den strengen ODVA-Konformitätsprüfungsrichtlinien, die die Interoperabilität der Produkte gewährleisten.

#### 6.1.3 VLT® LonWorks MCA 108

LonWorks ist ein für die Gebäudeautomation entwickeltes Feldbus-System. Es ermöglicht die Kommunikation zwischen einzelnen Geräten im selben System (P2P) und unterstützt die Dezentralisierung der Steuerung.

- Keine große Hauptstation erforderlich (Master/Follower).
- Einheiten empfangen Signale direkt.
- Unterstützt eine Schnittstellentopologie ohne Befehlsebenen (flexible Verdrahtung und Installation).
- Unterstützt integrierte I/Os und I/O-Optionen (einfache Implementierung dezentraler I/Os).

- Sensorsignale können über Buskabel schnell zu einem anderen Regler übertragen werden.
- Zertifizierte Konformität mit den Spezifikationen von LonMark Ver. 3.4.

#### 6.1.4 VLT® BACnet MCA 109

Das offene Kommunikationsprotokoll für den weltweiten Einsatz in der Gebäudeautomation. Das BACnet-Protokoll ist ein internationales Protokoll, das alle Teile innerhalb der Gebäudeautomation effizient integriert – angefangen beim Stellglied und bis hin zum Gebäudemanagementsystem.

- BACnet ist der weltweite Standard für die Gebäudeautomation.
- Internationale Norm ISO 16484-5.
- Das Protokoll kann ohne anfallende Lizenzgebühren in Gebäudeautomationssystemen jeder Größe eingesetzt werden.
- Die BACnet-Option ermöglicht die Kommunikation des Frequenzumrichters mit Gebäudemanagementsystemen, in denen das BACnet-Protokoll ausgeführt wird.
- BACnet wird in der Regel bei Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen sowie zur Steuerung von Klimageräten eingesetzt.
- Das BACnet-Protokoll lässt sich einfach in vorhandene Netzwerke zur Anlagensteuerung integrieren.

#### 6.1.5 VLT® PROFINET MCA 120

Der VLT® PROFINET MCA 120 kombiniert höchste Leistung mit dem höchsten Grad einer offenen Struktur. Die Option ist so ausgelegt, dass Sie viele Funktionen der VLT® PROFIBUS MCA 101 weiter verwenden können, was den Aufwand für eine Migration zu PROFINET minimiert und die Investition in das SPS-Programm sichert.

- Gleiche PPO-Typen wie bei VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 für eine einfache Migration nach PROFINET.
- Integrierter Web-Server zur Ferndiagnose und zum Auslesen grundlegender Parameter des Frequenzumrichters.
- Unterstützt MRP.

- Unterstützt DP-V1. Die Diagnose ermöglicht eine einfache, schnelle und standardisierte Handhabung von Warnungs- und Fehlerinformationen in der SPS, was die Bandbreite im System verbessert
- Unterstützt PROFIsafe in Verbindung mit VLT® Safety Option MCB 152.
- Implementierung gemäß Konformitätsklasse B.

### 6.1.6 VLT® EtherNet/IP MCA 121

Ethernet ist der kommende Kommunikationsstandard in der Feldebene. Die Option VLT® EtherNet/IP MCA 121 basiert auf der neuesten verfügbaren Technologie für die industrielle Nutzung und ist auch für anspruchsvollste Anforderungen geeignet. EtherNet/IP™ erweitert das handelsübliche Ethernet zum Common Industrial Protocol (CIP™) – dasselbe Upper-Layer-Protokoll und Objektmodell, das auch bei DeviceNet zum Einsatz kommt.

Diese Option bietet erweiterte Funktionen wie z. B.:

- Integrierter Hochleistungsschalter für Leitungstopologie, ohne dass externe Schalter erforderlich sind.
- DLR-Ring (Oktober 2015)
- Erweiterte Schalt- und Diagnosefunktionen
- Integrierter Webserver.
- E-Mail-Client für Service-Mails.
- Unicast- und Multicast-Kommunikation.

### 6.1.7 VLT® Modbus TCP MCA 122

Die VLT® Modbus TCP MCA 122 stellt die Verbindung zu Modbus TCP-basierten Netzwerken her. Die Option bedient Verbindungsintervalle von 5 ms in beiden Richtungen. Damit gehört sie in die Klasse der schnellsten Modbus TCP-Geräte am Markt. Für eine Master-Redundanz bietet sie ein Hot Swapping zwischen zwei Mastern.

Zu den sonstigen Funktionen zählen:

- Integrierter Webserver zur Ferndiagnose und zum Auslesen grundlegender Parameter des Frequenzumrichters.
- Mögliche Einrichtung einer E-Mail-Benachrichtigung zum Versenden einer Mitteilung per E-Mail an einen oder mehrere Adressaten beim Eintreten oder Quittieren von bestimmten Warn- oder Alarmmeldungen.
- Doppelte Master-SPS-Verbindung für Redundanz.

### 6.1.8 VLT® BACnet/IP MCA 125

Die Option VLT® BACnet/IP MCA 125 ermöglicht eine schnelle und einfache Integration des Frequenzumrichters in das Gebäudemanagementsysteme (BMS) mithilfe des BACnet/IP-Protokolls oder durch die Ausführung von BACnet über Ethernet. Sie kann Datenpunkte lesen und teilen sowie tatsächliche und angeforderte Werte auf die Systeme übertragen und aus ihnen auslesen.

Die Option MCA 125 verfügt über 2-Ethernet-Stecker und ermöglicht so eine Konfiguration in Reihe hintereinander, ohne dass externe Schalter benötigt werden. Der eingebettete, gesteuerte 3-Anschluss-Schalter der Option VLT® BACnet/IP MCA 125 beinhaltet 2 externe und einen internen Ethernet-Anschluss. Der Schalter ermöglicht den Einsatz einer Leitungsstruktur für die Ethernet-Verdrahtung. Diese Option ermöglicht die Parallelsteuerung mehrerer hocheffizienter Permanentmagnetmotoren und die Überwachung von Punkten, die in typischen HLK-Anwendungen benötigt werden. Neben der Standardfunktion bietet die Option MCA 125 Folgendes:

- COV (change of value, Wertänderung).
- Mehrfaches Lesen/Schreiben von Eigenschaften.
- Alarm-/Warnungsmittteilungen
- Mögliche Änderung von BACnet-Objektnamen zur Steigerung der Benutzerfreundlichkeit.
- BACnet Loop-Objekt.
- Segmentierte Datenübertragung.
- Trenddarstellung nach Zeit oder Ereignis.

## 6.2 Funktionserweiterungen

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Funktionserweiterungen, die mit der VLT® HVAC Drive FC102-Serie erhältlich sind. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

### 6.2.1 VLT® General Purpose I/O Module MCB 101

Das VLT® General Purpose I/O Module MCB 101 erweitert die Anzahl der frei programmierbaren Steuerein- und -ausgänge um folgende Schnittstellen:

- 3 Digitaleingänge 0-24 V: Logik 0 < 5 V; Logik 1 > 10 V.
- 2 Analogeingänge 0-10 V: Auflösung 10 Bit plus Vorzeichen.
- 2 Digitalausgänge NPN/PNP Gegentakt.
- 1 Analogausgang 0/4-20 mA
- Federzugklemmen

### 6.2.2 VLT®-Relaiskarte MCB 105

Die VLT® Relay Card MCB 105 erweitert die Relaisfunktionen um 3 zusätzliche Relaisausgänge.

- Schützt die Steuerleitungen.
- Federzugklemmen.

#### Maximale Taktfrequenz (Nennlast/min. Last)

6 Minuten<sup>-1</sup>/20 s<sup>-1</sup>.

#### Maximaler Belastungsstrom der Klemme

AC-1 Ohmsche Last: 240 V AC, 2 A.

### 6.2.3 VLT® Analog I/O-Option MCB 109

Die VLT® Analog I/O Option MCB 109 wird problemlos am Frequenzumrichter angebracht. Somit profitieren Sie von einer erweiterten Leistung und Steuerung durch zusätzliche Eingänge/Ausgänge. Diese Option stattet den Frequenzumrichter zusätzlich mit einer externen Batterie aus, die die in den Frequenzumrichter integrierte Uhr puffert. Hierdurch ist eine stabile Nutzung aller Zeitablaufsteuerungen durch den Frequenzumrichter möglich.

- 3 Analogeingänge, jeweils für Spannungs- und Temperatureingänge konfigurierbar
- Anschluss von 0-10-V-Analogsignalen sowie von PT1000- und NI1000-Temperatureingängen
- 3 Analogausgänge, jeweils als 0-10-V-Ausgänge konfigurierbar.

### 6.2.4 VLT® PTC-Thermistorkarte MCB 112

Die VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 bietet eine zusätzliche Motorüberwachung im Vergleich zur integrierten ETR-Funktion und zur Thermistorklemme.

- Schützt den Motor vor Überhitzung
- Nach ATEX für eine Verwendung mit Ex-d-Motoren zugelassen
- Verwendet die gemäß SIL 2 IEC 61508 zugelassene Funktion „Safe Torque Off“.

### 6.2.5 VLT® Sensoreingangsoption MCB 114

Die VLT® Sensor Input Option MCB 114 schützt den Motor durch Überwachung der Temperatur von Lagern und Wicklungen vor Überhitzung.

- Drei selbsterkennende Sensoreingänge für 2- oder 3-adrige PT100/PT1000-Sensoren.
- Ein zusätzlicher Analogeingang 4-20 mA.

## 6.3 Bewegungssteuerungs- und Relaiskarten

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Bewegungssteuerungs- und Relaiskartenooptionen, die in der VLT® HVAC Drive FC102-Serie erhältlich sind. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

### 6.3.1 VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113

Die VLT® Extended Relay Card MCB 113 sorgt mit zusätzlichen Ein-/Ausgängen für mehr Flexibilität.

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

## 6.4 Bremswiderstände

In Anwendungen mit motorischem Bremsen wird Energie im Motor erzeugt und in den Frequenzumrichter zurückgespeist. Ist eine Energierückspeisung zum Motor nicht möglich, erhöht sich die Spannung im Zwischenkreis des Frequenzumrichters. In Anwendungen mit häufigem Bremsen oder hoher Trägheitsmasse kann diese Erhöhung zur Abschaltung des Frequenzumrichters aufgrund von Überspannung führen. Bremswiderstände dienen zur Ableitung der bei generatorischer Bremsung erzeugten Energie. Die Auswahl des Bremswiderstands erfolgt anhand seines ohmschen Widerstands, seines Leistungsverlusts und seiner Größe. Danfoss bietet eine große Auswahl an unterschiedlichen Bremswiderständen, die speziell auf Danfoss-Frequenzumrichter abgestimmt sind. Bestellnummern und weitere Informationen zur Dimensionierung von Bremswiderständen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101*.

## 6.5 Sinusfilter

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

Danfoss bietet einen Sinusfilter zur Dämpfung der akustischen Motorgeräusche an. Der Filter verändert die Spannungsanstiegszeit, die Spitzenlastspannung ( $U_{PEAK}$ ) und den Rippel-Strom ( $\Delta I$ ) zum Motor. Das heißt, dass Strom und Spannung beinahe sinusförmig werden. Die Motorgeräusche werden auf ein Minimum reduziert.

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

Bestellnummern und nähere Informationen über Sinusfilter finden Sie im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

## 6.6 du/dt-Filter

Danfoss bietet dU/dt-Filter. Hierbei handelt es sich um Gegentakt-Tiefpassfilter, die Spannungsspitzen an den Motorklemmen verringern und die Anstiegszeit bis auf ein Niveau senken, auf dem die Belastung der Motorwicklungsisolierung reduziert wird. Dies ist ein typisches Problem für Konfigurationen mit kurzen Motorkabeln.

Im Vergleich zu Sinusfiltern haben die du/dt-Filter eine Trennfrequenz über der Taktfrequenz.

Bestellnummern und nähere Informationen über dU/dt-Filter finden Sie im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

## 6.7 Gleichtaktfilter

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

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

Bestellnummern finden Sie im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

## 6.8 Oberschwingungsfilter

Die VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005 & AHF 010 sollten nicht mit herkömmlichen Oberschwingungsfiltern verglichen werden. Die Danfoss-Oberschwingungsfilter sind speziell an die Danfoss-Frequenzumrichter angepasst.

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

Bestellnummern und weitere Informationen zur Dimensionierung von Bremswiderständen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010*.

## 6.9 High-Power-Nachrüstätze

High-Power-Nachrüstätze, wie z. B. Rückwand-Kühlung, Heizgerät, Netzabschirmung, sind für diese Gehäuse erhältlich. Eine kurze Beschreibung und die Bestellnummern für alle verfügbaren Bausätze finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

## 7 Spezifikationen

### 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V

VLT® HVAC Drive FC102	N110K	N132	N160
<b>Normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	110	132	160
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	150	200	250
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	132	160	200
<b>Baugröße</b>	<b>D1h/D3h/D5h/D6h</b>		
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	212	260	315
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	233	286	347
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	190	240	302
Überlast (60 s) (bei 460/480 V) [kVA]	209	264	332
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	147	180	218
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	151	191	241
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	165	208	262
<b>Max. Eingangsstrom</b>			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	204	251	304
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	183	231	291
<b>Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase</b>			
- Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreis Kopplung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2x95 (2x3/0)	2x95 (2x3/0)	2x95 (2x3/0)
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	315	350	400
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W] <sup>2), 3)</sup>	2559	2954	3770
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] <sup>2), 3)</sup>	2261	2724	3628
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0-590	0-590	0-590
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	75 (167)	75 (167)	75 (167)

**Tabelle 7.1 Elektrische Daten für Gehäuse D1h/D3h/D5h/D6h, Netzversorgung 3 x 380-500 V AC**

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von  $\pm 15\%$  liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/). Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

VLT® HVAC Drive FC102	N200	N250	N315
<b>Normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	200	250	315
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	300	350	450
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	250	315	355
<b>Baugröße</b>	<b>D2h/D4h/D7h/D8h</b>		
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	395	480	588
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	435	528	647
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	361	443	535
Überlast (60 s) (bei 460/480 V) [kVA]	397	487	589
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	274	333	407
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	288	353	426
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	313	384	463
<b>Max. Eingangsstrom</b>			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	381	463	567
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	348	427	516
<b>Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase</b>			
- Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	550	630	800
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W] <sup>2), 3)</sup>	4116	5137	6674
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] <sup>2), 3)</sup>	3569	4566	5714
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590	0–590
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)

**Tabelle 7.2 Elektrische Daten für Gehäuse D2h/D4h/D7h/D8h, Netzversorgung 3 x 380–480 V AC**

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von  $\pm 15\%$  liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/). Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

VLT® HVAC Drive FC102	N355	N400	N450
<b>Normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	355	400	450
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	500	600	600
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	400	500	530
<b>Baugröße</b>	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	658	745	800
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	724	820	880
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	590	678	730
Überlast (60 s) (bei 460/480 V) [A]	649	746	803
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	456	516	554
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	470	540	582
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	511	587	632
<b>Max. Eingangsstrom</b>			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	634	718	771
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	569	653	704
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E1h)</b>			
- Netz und Motor ohne Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)
- Netz und Motor mit Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)
- Bremse oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E3h)</b>			
- Netz und Motor [mm <sup>2</sup> (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
- Zwischenkreis- oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)	4 x 185 (4 x 350 mcm)	4 x 185 (4 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	800	800	800
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W] <sup>2), 3)</sup>	6928	8036	8783
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] <sup>2), 3)</sup>	5910	6933	7969
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz	0–590 Hz	0–590 Hz	0–590 Hz
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

**Tabelle 7.3 Elektrische Daten für Gehäuse E1h/E3h, Netzversorgung 3 x 380–480 V AC**

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von ±15 % liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/). Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

VLT® HVAC Drive FC102	N500	N560
<b>Normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	<b>NO</b>	<b>NO</b>
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	500	560
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	650	750
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	560	630
<b>Baugröße</b>	E2h/E4h	E2h/E4h
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	880	990
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	968	1089
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	780	890
Überlast (60 s) (bei 460/480 V) [A]	858	979
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	610	686
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	621	709
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	675	771
<b>Max. Eingangsstrom</b>		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	848	954
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	752	848
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E2h)</b>		
- Netz und Motor ohne Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- Netz und Motor mit Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)
- Bremse oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E4h)</b>		
- Netz und Motor [mm <sup>2</sup> (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
- Zwischenkreiskopplung oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)	4 x 185 (4 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	1200	1200
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W] <sup>2), 3)</sup>	9473	11102
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] <sup>2), 3)</sup>	7809	9236
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz	0–590 Hz	0–590 Hz
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	100 (212)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)

7

**Tabelle 7.4 Elektrische Daten für Gehäuse E2h/E4h, Netzversorgung 3 x 380–480 V AC**

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von  $\pm 15\%$  liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/). Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

## 7.2 Elektrische Daten, 525-690 V

VLT® HVAC Drive FC102	N75K	N90K	N110K	N132	N160
<b>Normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
Typische Wellenleistung bei 525 V [kW]	55	75	90	110	132
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	75	100	125	150	200
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	75	90	110	132	160
<b>Baugröße</b>	<b>D1h/D3h/D5h/D6h</b>				
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>					
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	90	113	137	162	201
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 525 V) [A]	99	124	151	178	221
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	86	108	131	155	192
Überlast (60 s)(bei 575/690 V) [A]	95	119	144	171	211
Dauerbetrieb kVA (bei 525 V) [kVA]	82	103	125	147	183
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	86	108	131	154	191
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	103	129	157	185	230
<b>Max. Eingangsstrom</b>					
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	87	109	132	156	193
Dauerbetrieb (bei 575/690 V)	83	104	126	149	185
<b>Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase</b>					
- Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2x95 (2x3/0)	2x95 (2x3/0)	2x95 (2x3/0)	2x95 (2x3/0)	2x95 (2x3/0)
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	160	315	315	315	315
Geschätzte Verlustleistung bei 575 V [W] <sup>2), 3)</sup>	1162	1428	1740	2101	2649
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] <sup>2), 3)</sup>	1204	1477	1798	2167	2740
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590	0–590	0–590	0–590
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	75 (167)	75 (167)	75 (167)	75 (167)	75 (167)

Tabelle 7.5 Elektrische Daten für Gehäuse D1h/D3h/D5h/D6h, Netzversorgung 3 x 525–690 V AC

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von  $\pm 15\%$  liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/). Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

VLT® HVAC Drive FC102	N200	N250	N315	N400
<b>Hohe/normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	NO	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung bei 525 V [kW]	160	200	250	315
Typische Wellenleistung bei 575 V [PS]	250	300	350	400
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	200	250	315	400
<b>Baugröße</b>	D2h/D4h/D7h/D8h			
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>				
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	253	303	360	418
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 525 V) [A]	278	333	396	460
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	242	290	344	400
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	266	219	378	440
Dauerbetrieb kVA (bei 525 V) [kVA]	230	276	327	380
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	241	289	343	398
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	289	347	411	478
<b>Max. Eingangsstrom</b>				
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	244	292	347	403
Dauerbetrieb (bei 575/690 V)	233	279	332	385
<b>Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase</b>				
- Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2x185 (2x350)	2x185 (2x350)	2x185 (2x350)	2x185 (2x350)
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	550	550	550	550
Geschätzte Verlustleistung bei 575 V [W] <sup>2), 3)</sup>	3074	3723	4465	5028
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] <sup>2), 3)</sup>	3175	3851	4614	5155
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0-590	0-590	0-590	0-590
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)	80 (176)

**Tabelle 7.6 Elektrische Daten für GehäuseD2h/D4h/D7h/D8h, Netzversorgung 3 x 525-690 V AC**

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von  $\pm 15\%$  liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/). Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

VLT® HVAC Drive FC102	N450	N500	N560	N630
<b>Normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
Typische Wellenleistung bei 525 V [kW]	355	400	450	500
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	450	500	600	650
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	450	500	560	630
<b>Baugröße</b>	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>				
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	470	523	596	630
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 525 V) [A]	517	575	656	693
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	450	500	570	630
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	495	550	627	693
Dauerbetrieb kVA (bei 525 V) [kVA]	448	498	568	600
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	448	498	568	627
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	538	598	681	753
<b>Max. Eingangsstrom</b>				
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	453	504	574	607
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	434	482	549	607
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E1h)</b>				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- Netz und Motor mit Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)
- Bremse oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)			
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E3h)</b>				
- Netz und Motor [mm <sup>2</sup> (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)			
- Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)			
- Zwischenkreiskopplung oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)			
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	800	800	800	800
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W] <sup>2), 3)</sup>	6062	6879	8076	9208
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] <sup>2), 3)</sup>	5939	6715	7852	8921
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500	0–500	0–500
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)	80 (176)
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

**Tabelle 7.7 Elektrische Daten für Gehäuse E1h/E3h, Netzversorgung 3 x 525–690 V AC**

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von ±15 % liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/)

energy-efficiency-directive/#/. Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

VLT® HVAC Drive FC102	N710	N800
<b>Normale Überlast</b> (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	<b>NO</b>	<b>NO</b>
Typische Wellenleistung bei 525 V [kW]	560	670
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	750	950
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	710	800
<b>Baugröße</b>	E2h/E4h	E2h/E4h
<b>Ausgangsstrom (3-phasig)</b>		
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	763	889
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 525 V) [A]	839	978
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	730	850
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	803	935
Dauerbetrieb kVA (bei 525 V) [kVA]	727	847
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	727	847
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	872	1016
<b>Max. Eingangsstrom</b>		
Dauerbetrieb (bei 525 V) [A]	735	857
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	704	819
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E2h)</b>		
- Netz und Motor ohne Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- Netz und Motor mit Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)
- Bremse oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
<b>Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E4h)</b>		
- Netz und Motor [mm <sup>2</sup> (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- Bremse [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
- Zwischenkreiskopplung oder Rückspeisung [mm <sup>2</sup> (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)	4 x 185 (4 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A] <sup>1)</sup>	1200	1200
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W] <sup>2), 3)</sup>	10346	12723
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] <sup>2), 3)</sup>	10066	12321
Wirkungsgrad <sup>3)</sup>	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)

**Tabelle 7.8 Elektrische Daten für Gehäuse E2h/E4h, Netzversorgung 3 x 525–690 V AC**

1) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter.

2) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von ±15 % liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme der Bedieneinheit und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/). Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

3) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe [drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/](http://drives.danfoss.de/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/).

## 7.3 Netzversorgung

Netzversorgung (L1, L2, L3)

Versorgungsspannung 380–480 V ±10%, 525–690 V ±10%

*Niedrige Netzspannung/Netzausfall:*

Bei einer niedrigen Netzspannung oder einem Netzausfall arbeitet der Frequenzumrichter weiter, bis die Zwischenkreisspannung unter den minimalen Stoppegel abfällt, der normalerweise 15 % unter der niedrigsten Versorgungsnennspannung des Frequenzumrichters liegt. Bei einer Netzspannung von weniger als 10 % unterhalb der niedrigsten Versorgungsnennspannung des Frequenzumrichters erfolgt keine Netz-Einschaltung und es wird kein volles Drehmoment erreicht.

Netzfrequenz 50/60 Hz ±5 %

Maximale kurzzeitige Asymmetrie zwischen Netzphasen 3,0 % der Versorgungsnennspannung<sup>1)</sup>

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

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

Schalten am Versorgungseingang L1, L2, L3 (Netz-Einschaltungen) Max. 1 Mal alle 2 Minuten

Umgebung nach EN 60664-1 Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2

Der Frequenzumrichter ist für einen Kurzschluss-Nennstrom (SCCR) von maximal 100 kA bei 480/600 V geeignet.

1) Die Berechnungen basieren auf UL/IEC61800-3.

7

## 7.4 Motorausgang und Motordaten

Motorausgang (U, V, W)

Ausgangsspannung 0–100 % der Versorgungsspannung

Ausgangsfrequenz 0–590 Hz<sup>1)</sup>

Ausgangsfrequenz bei Fluxvektorbetrieb 0–300 Hz

Schalten am Ausgang Unbegrenzt

Rampenzeiten 0,01–3600 s

1) Spannungs- und leistungsabhängig.

Drehmomentkennlinie

Startmoment (konstantes Drehmoment) Maximal 150 %/60 s<sup>1), 2)</sup>

Überlastmoment (konstantes Drehmoment) Maximal 150 %/60 s<sup>1), 2)</sup>

1) Prozentzahl bezieht sich auf den Nennstrom des Frequenzumrichters.

2) Einmal alle 10 Minuten.

## 7.5 Umgebungsbedingungen

Umgebung

Gehäuse D1h/D2h/D5h/D6h/D7h/D8h/E1h/E2h IP21/Typ 1, IP54/Typ 12

Gehäuse D3h/D4h/E3h/E4h IP20/Gehäuse

Vibrationstest (Standard/robust) 0,7 g/1,0 g

Luftfeuchtigkeit 5–95 % (IEC 721-3-3; Klasse 3K3 (nicht kondensierend) bei Betrieb)

Aggressive Umgebungsbedingungen (IEC 60068-2-43) H<sub>2</sub>S-Test Klasse kD

Aggressive Gase (IEC 60721-3-3) Klasse 3C3

Prüfverfahren nach IEC 60068-2-43 H2S (10 Tage)

Umgebungstemperatur (bei Schaltmodus SFAVM)

- mit Leistungsreduzierung Maximal 55 °C (131 °F)<sup>1)</sup>

- bei voller Ausgangsleistung typischer EFF2-Motoren (bis zu 90 % Ausgangsstrom) Maximal 50 °C (122 °F)<sup>1)</sup>

- bei vollem FC-Dauerleistungsstrom Maximal 45 °C (113 °F)<sup>1)</sup>

Min. Umgebungstemperatur bei Volllast 0 °C (32 °F)

Min. Umgebungstemperatur bei reduzierter Leistung -10 °C (14 °F)

Temperatur bei Lagerung/Transport -25 bis +65/70 °C (13 bis 149/158 °F)

Max. Höhe über dem Meeresspiegel ohne Leistungsreduzierung 1000 m (3281 ft)

Max. Höhe über dem Meeresspiegel mit Leistungsreduzierung 3000 m (9842 ft)

1) Weitere Informationen zur Leistungsreduzierung finden Sie unter Kapitel 9.6 Leistungsreduzierung.

EMV-Normen, Störaussendung	EN 61800-3
EMV-Normen, Störfestigkeit	EN 61800-3
Energieeffizienzklasse <sup>1)</sup>	IE2

1) Bestimmt gemäß EN 50598-2 bei:

- Nennlast
- 90 % der Nennfrequenz
- Taktfrequenz-Werkseinstellung.
- Schaltmodus-Werkseinstellung

## 7.6 Kabelspezifikationen

Kabellängen und -querschnitte für Steuerleitungen<sup>1)</sup>

Max. Motorkabellänge, abgeschirmt	150 m (492 ft)
Max. Motorkabellänge, nicht abgeschirmt	300 m (984 ft)
Maximaler Querschnitt zu Motor, Netz, Zwischenkreiskopplung und Bremse	Siehe Kapitel 7 Spezifikationen
Max. Querschnitt für Steuerklemmen, starrer Draht	1,5 mm <sup>2</sup> /16 AWG (2x0,75 mm <sup>2</sup> )
Max. Querschnitt für Steuerklemmen, flexibles Kabel	1 mm <sup>2</sup> /18 AWG
Max. Querschnitt für Steuerklemmen, Kabel mit Aderendhülse	0,5 mm <sup>2</sup> /20 AWG
Mindestquerschnitt für Steuerklemmen	0,25 mm <sup>2</sup> /23 AWG

1) Leistungskabel, siehe Kapitel 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V und Kapitel 7.2 Elektrische Daten, 525-690 V.

## 7.7 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten

Digitaleingänge

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

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

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

Analogeingänge

Anzahl der Analogeingänge	2
Klemme Nr.	53, 54
Betriebsarten	Spannung oder Strom
Betriebsartwahl	Schalter A53 und A54
Einstellung Spannung	Schalter A53/A54=(U)
Spannungsniveau	-10 V bis +10 V (skalierbar)
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	Ca. 10 kΩ
Höchstspannung	±20 V
Strom	Schalter A53/A54=(I)
Strombereich	0/4 bis 20 mA (skalierbar)
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	Ca. 200 Ω
Maximaler Strom	30 mA
Auflösung der Analogeingänge	10 Bit (+ Vorzeichen)
Genauigkeit der Analogeingänge	Maximale Abweichung 0,5 % der Gesamtskala

Bandbreite

100 Hz

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

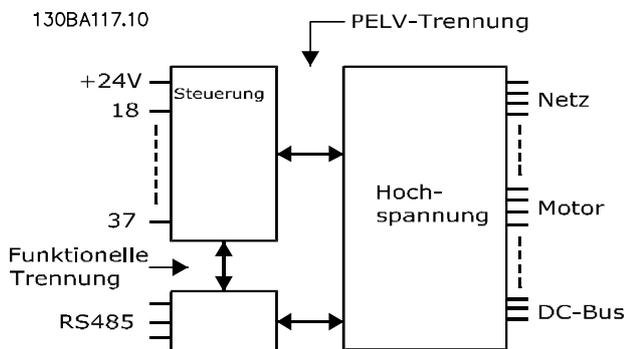


Abbildung 7.1 PELV-Isolierung

7

Pulseingänge

Programmierbare Pulseingänge	2
Klemmennummer Puls	29, 33
Maximalfrequenz an Klemme 29, 33 (Gegentakt)	110 kHz
Maximalfrequenz an Klemme 29, 33 (offener Kollektor)	5 kHz
Minimale Frequenz an Klemme 29, 33	4 Hz
Spannungsniveau	Siehe Kapitel 7.7.1 Digitaleingänge
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R <sub>i</sub>	Ca. 4 kΩ
Pulseingangsgenauigkeit (0,1-1 kHz)	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala

Analogausgang

Anzahl programmierbarer Analogausgänge	1
Klemme Nr.	42
Strombereich am Analogausgang	0/4–20 mA
Maximale Widerstandslast zum Bezugspotential am Analogausgang	500 Ω
Genauigkeit am Analogausgang	Maximale Abweichung: 0,8 % der Gesamtskala
Auflösung am Analogausgang	8 Bit

Der Analogausgang ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV – Schutzkleinspannung, Protective extra low voltage) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

Steuerkarte, RS485 serielle Schnittstelle

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

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

Digitalausgang

Programmierbare Digital-/Pulsausgänge	2
Klemme Nr.	27, 29 <sup>1)</sup>
Spannungsniveau am Digital-/Pulsausgang	0–24 V
Maximaler Ausgangsstrom (Körper oder Quelle)	40 mA
Maximale Last am Pulsausgang	1 kΩ
Maximale kapazitive Last am Pulsausgang	10 nF
Min. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	0 Hz
Max. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	32 kHz
Genauigkeit am Pulsausgang	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala
Auflösung der Pulsausgänge	12 Bit

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

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

**Steuerkarte, 24 V DC-Ausgang**

Klemme Nr.	12, 13
Maximale Last	200 mA

Die 24-V-DC-Versorgung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) getrennt, hat jedoch das gleiche Potenzial wie die analogen und digitalen Ein- und Ausgänge.

**Relaisausgang**

Programmierbare Relaisausgänge	2
Maximaler Querschnitt an Relaisklemmen	2,5 mm <sup>2</sup> (12 AWG)
Minimaler Querschnitt an Relaisklemmen	0,2 mm <sup>2</sup> (30 AWG)
Abzuisolierende Kabellänge	8 mm (0,3 Zoll)
<b>Klemmennummer Relais 01</b>	1-3 (öffnen), 1-2 (schließen))
Maximale Last an Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> auf 1-2 (NO/Schließer) (ohmsche Last) <sup>2), 3)</sup>	400 V AC, 2 A
Maximale Last an Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> auf 1-2 (NO/Schließer) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> auf 1-2 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	80 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> auf 1-2 (NO/Schließer) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> auf 1-3 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> auf 1-3 (NC/Öffner) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> auf 1-3 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	50 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> an 1-3 (NC/Öffner) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Minimaler Belastungsstrom der Klemme an 1-3 (NC/Öffner), 1-2 (NO/Schließer)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
Umgebung nach EN 60664-1	Überspannungskategorie III/sVerschmutzungsgrad 2
<b>Klemmennummer Relais 02</b>	4-6 (öffnen), 4-5 (schließen)
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> auf 4-5 (NO/Schließer) (ohmsche Last) <sup>2), 3)</sup>	400 V AC, 2 A
Maximale Last an Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> auf 4-5 (NO/Schließer) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> auf 4-5 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	80 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> auf 4-5 (NO/Schließer) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) <sup>1)</sup> auf 4-6 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) <sup>1)</sup> auf 4-6 (NC/Öffner) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) <sup>1)</sup> auf 4-6 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	50 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) <sup>1)</sup> an 4-6 (NC/Öffner) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Minimaler Belastungsstrom der Klemme an 4-6 (NC/Öffner), 4-5 (NO/Schließer)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
Umgebung nach EN 60664-1	Überspannungskategorie III/sVerschmutzungsgrad 2

Die Relaiskontakte sind durch verstärkte Isolierung (PELV – Protective extra low voltage/Schutzkleinspannung) vom Rest der Schaltung galvanisch getrennt.

1) IEC 60947 Teile 4 und 5

2) Überspannungskategorie II

3) UL-Anwendungen 300 V AC 2 A.

**Steuerkarte, +10-V-DC-Ausgang**

Klemme Nr.	50
Ausgangsspannung	10,5 V ±0,5 V
Maximale Last	25 mA

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

**Steuerungseigenschaften**

Auflösung der Ausgangsfrequenz bei 0-1000 Hz	±0,003 Hz
System-Reaktionszeit (Klemmen 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤2 m/s
Drehzahlregelbereich (ohne Rückführung)	1:100 der Synchrondrehzahl
Drehzahlgenauigkeit (ohne Rückführung)	30–4000 UPM: Maximale Abweichung von ±8 UPM

Alle Angaben zu Steuerungseigenschaften basieren auf einem vierpoligen Asynchronmotor.

## Steuerkartenleistung

Abtastintervall 5 M/S

## Steuerkarte, serielle USB-Schnittstelle

USB-Standard 1,1 (Full Speed)

USB-Buchse USB-Stecker Typ B

**HINWEIS**

Der Anschluss an einen PC erfolgt über ein standardmäßiges USB-Kabel.

Die USB-Verbindung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV, Schutzkleinspannung) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

Der USB-Anschluss ist nicht galvanisch von der Masse getrennt. Verwenden Sie ausschließlich einen isolierten Laptop/PC für die Verbindung zum USB-Anschluss am Frequenzumrichter oder ein isoliertes USB-Kabel bzw. einen isolierten USB-Konverter.

## 7.8 Gehäusegewichte

7

Gehäuse	380–480/500 V	525–690 V
D1h	62 (137)	62 (137)
D2h	125 (276)	125 (276)
D3h	62 (137) 108 (238) <sup>1)</sup>	62 (137) 108 (238) <sup>1)</sup>
D4h	125 (276) 179 (395) <sup>1)</sup>	125 (276) 179 (395) <sup>1)</sup>
D5h	99 (218)	99 (218)
D6h	128 (282)	128 (282)
D7h	185 (408)	185 (408)
D8h	232 (512)	232 (512)

Tabelle 7.9 Gewichte der Bauformen D1h–D8h, kg (lb)

1) Mit optionalen Anschlussklemmen für Zwischenkreiskopplung oder Rückspeiseeinheit.

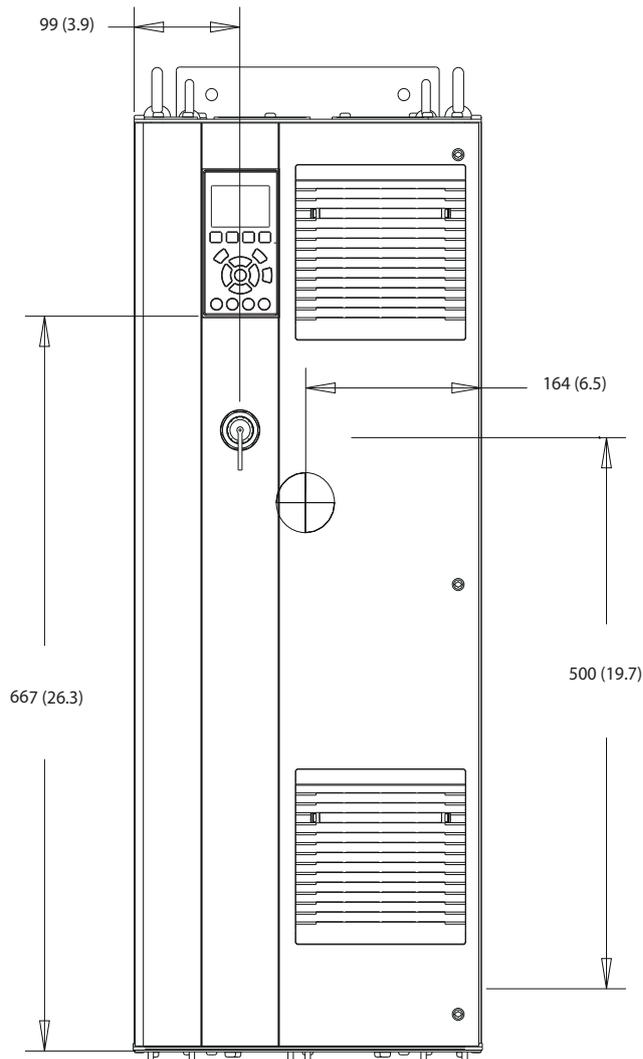
Gehäuse	380–480/500 V	525–690 V
E1h	295 (650)	295 (650)
E2h	318 (700)	318 (700)
E3h	272 (600)	272 (600)
E4h	295 (650)	295 (650)

Tabelle 7.10 Gewichte der Bauformen E1h–E4h, kg (lb)

## 8 Außen- und Klemmenabmessungen

### 8.1 D1h – Außen- und Klemmenabmessungen

#### 8.1.1 D1h – Außenabmessungen



130BE982.10

Abbildung 8.1 Frontansicht der Bauform D1h

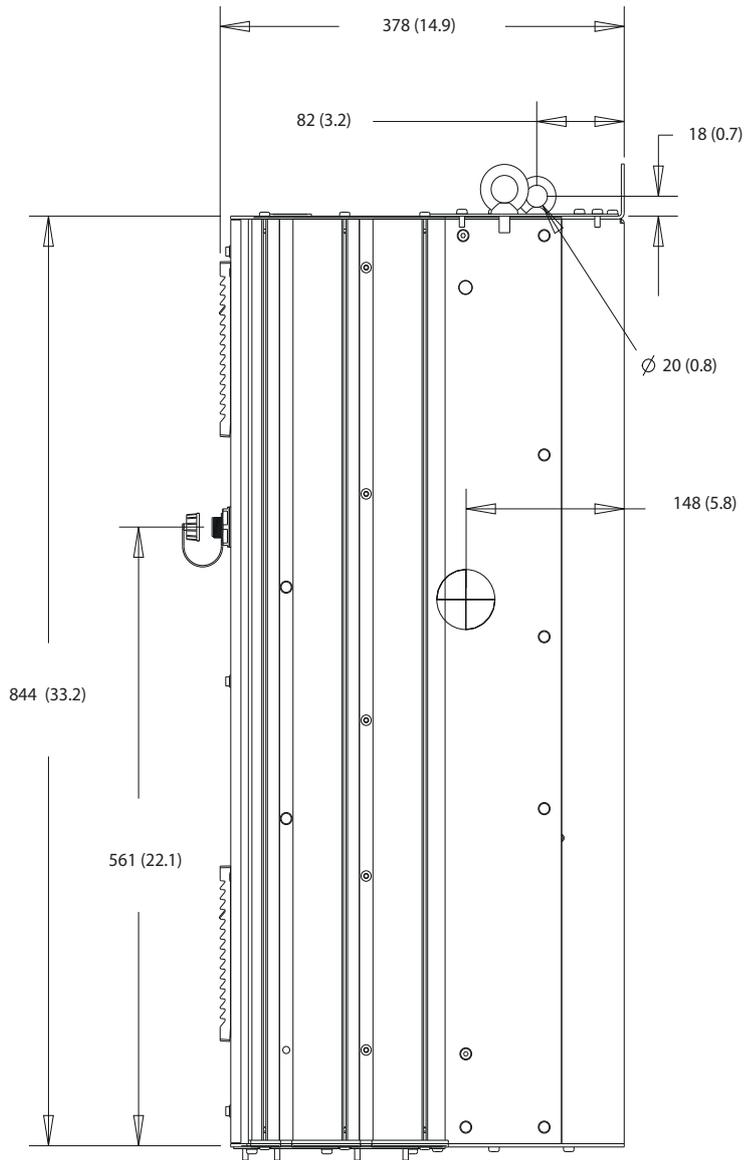
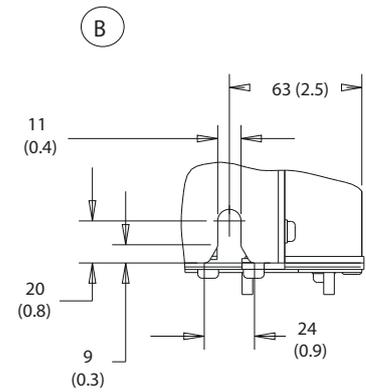
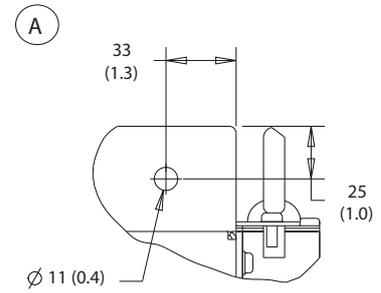
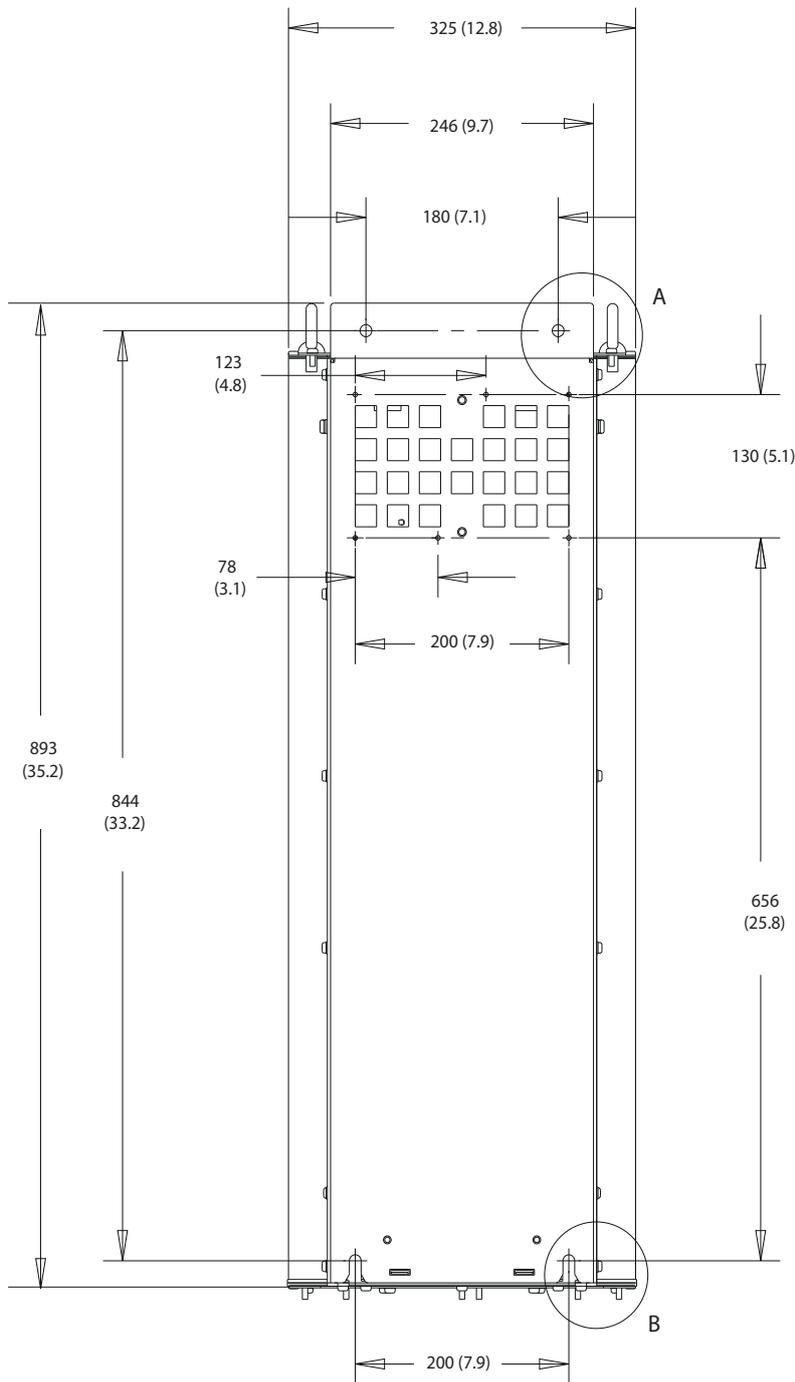


Abbildung 8.2 Seitenansicht der Bauform D1h



130BF798.10

Abbildung 8.3 Rückansicht der Bauform D1h

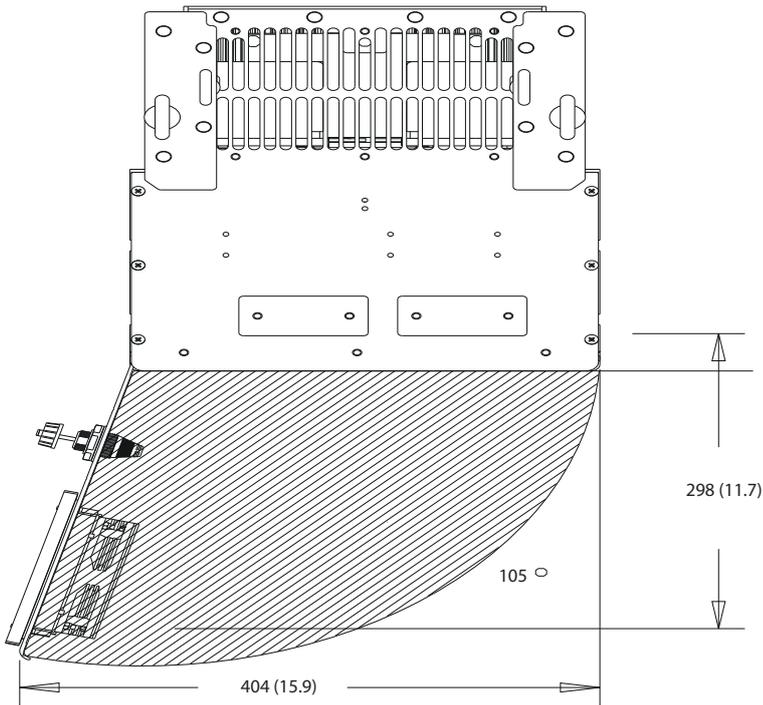
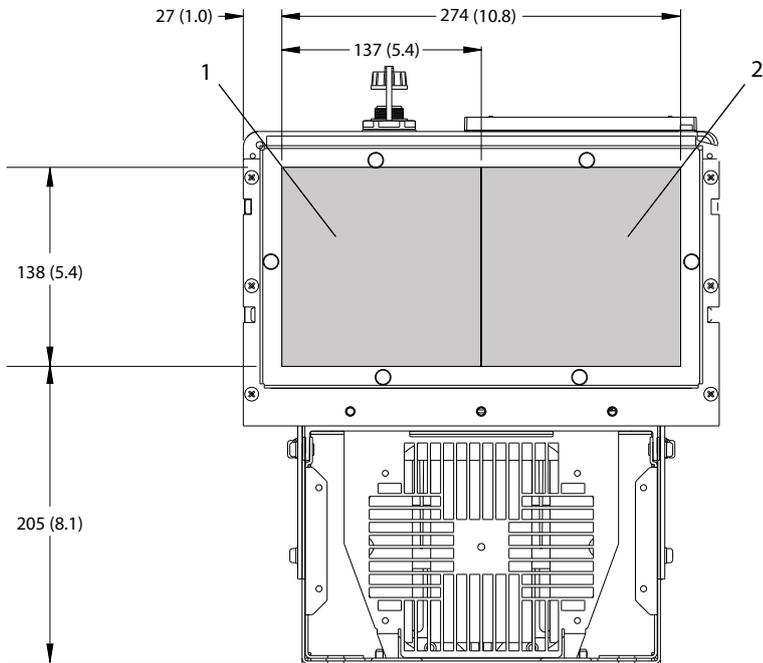


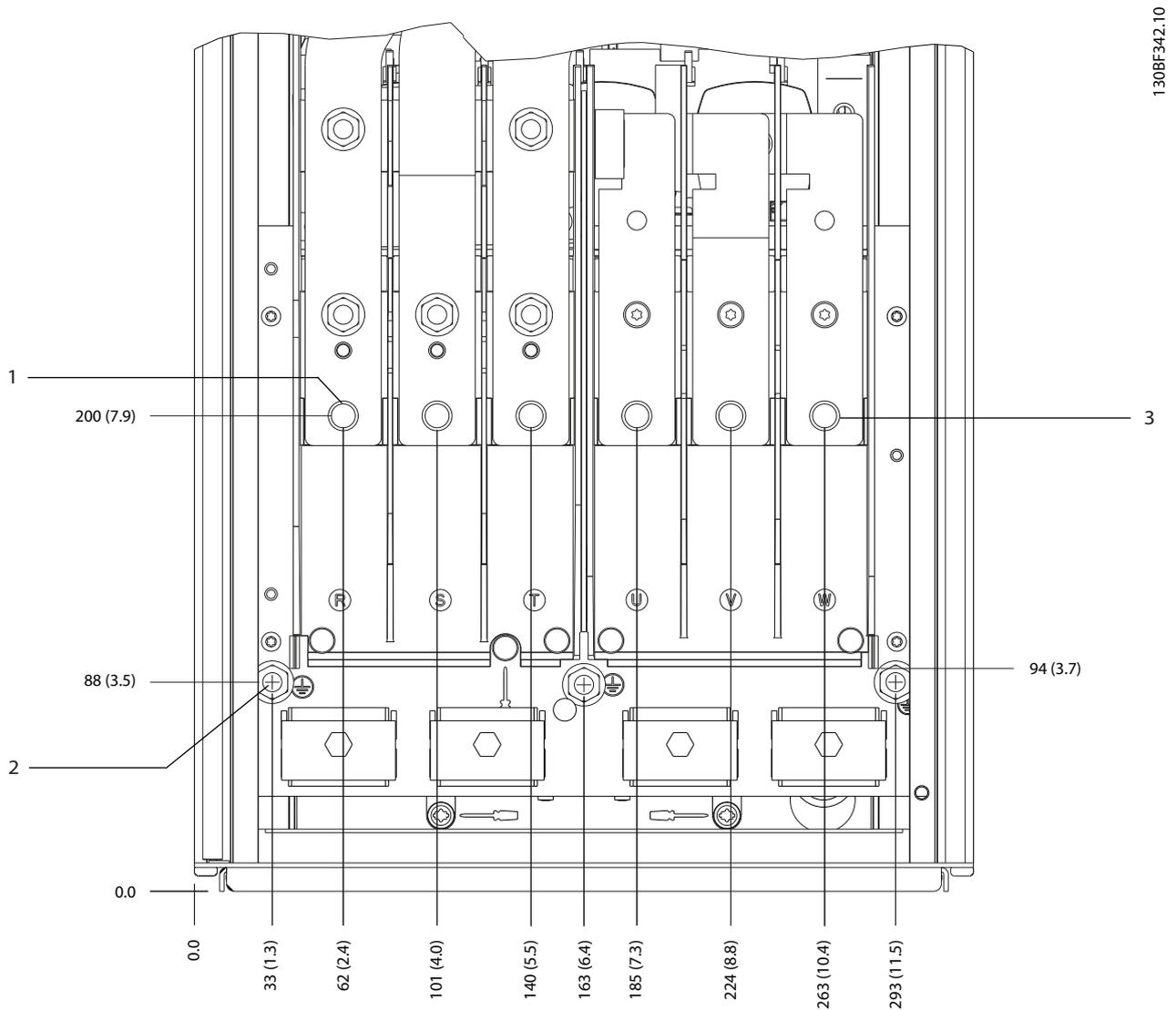
Abbildung 8.4 Türabstand der Bauform D1h



1	Netzseite	2	Motorseite
---	-----------	---	------------

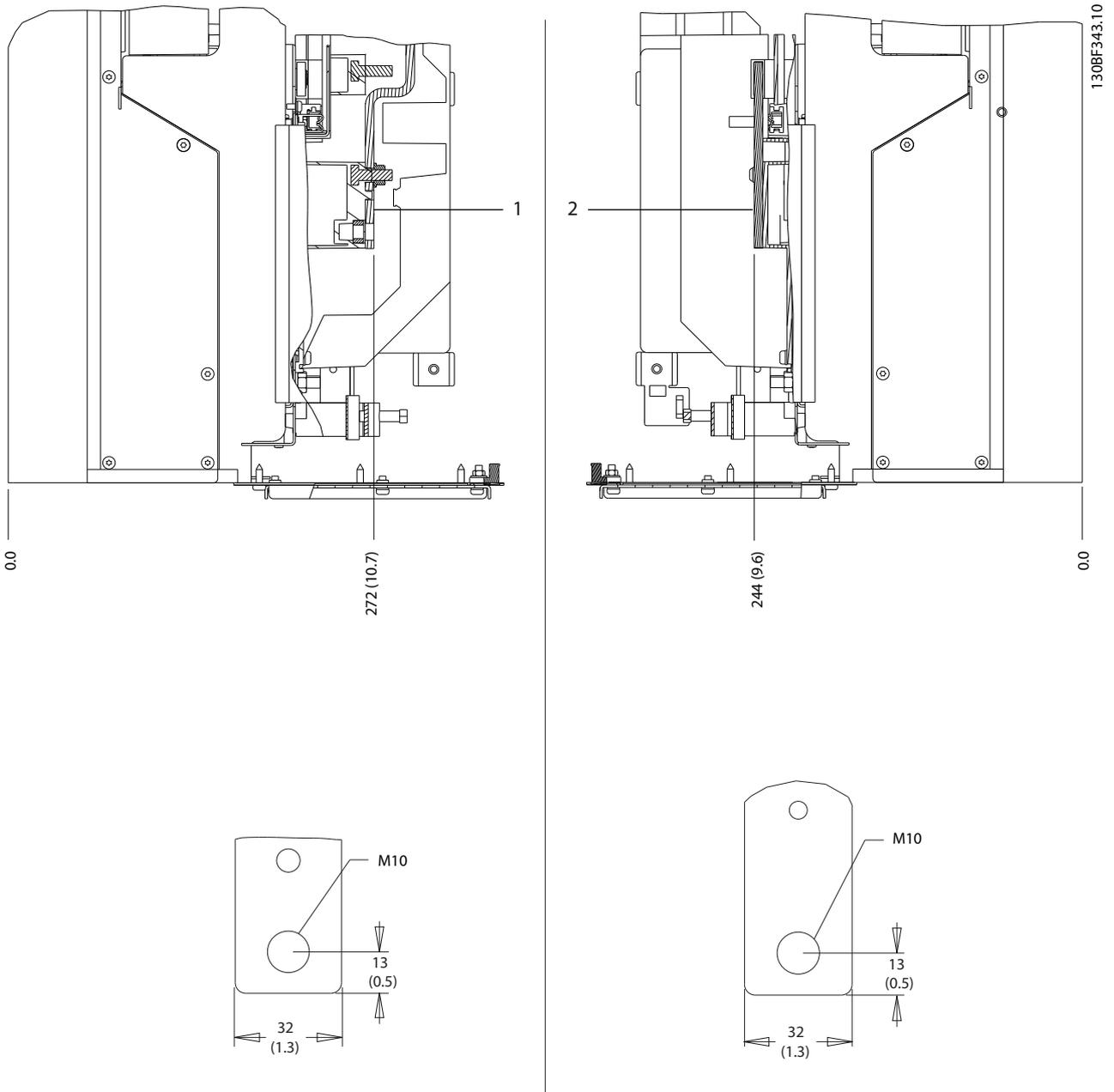
Abbildung 8.5 Bodenplattenabmessungen der Bauform D1h

8.1.2 D1h – Klemmenabmessungen



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Erdungsklemmen	1	-

Abbildung 8.6 D1h – Klemmenabmessungen (Frontansicht)

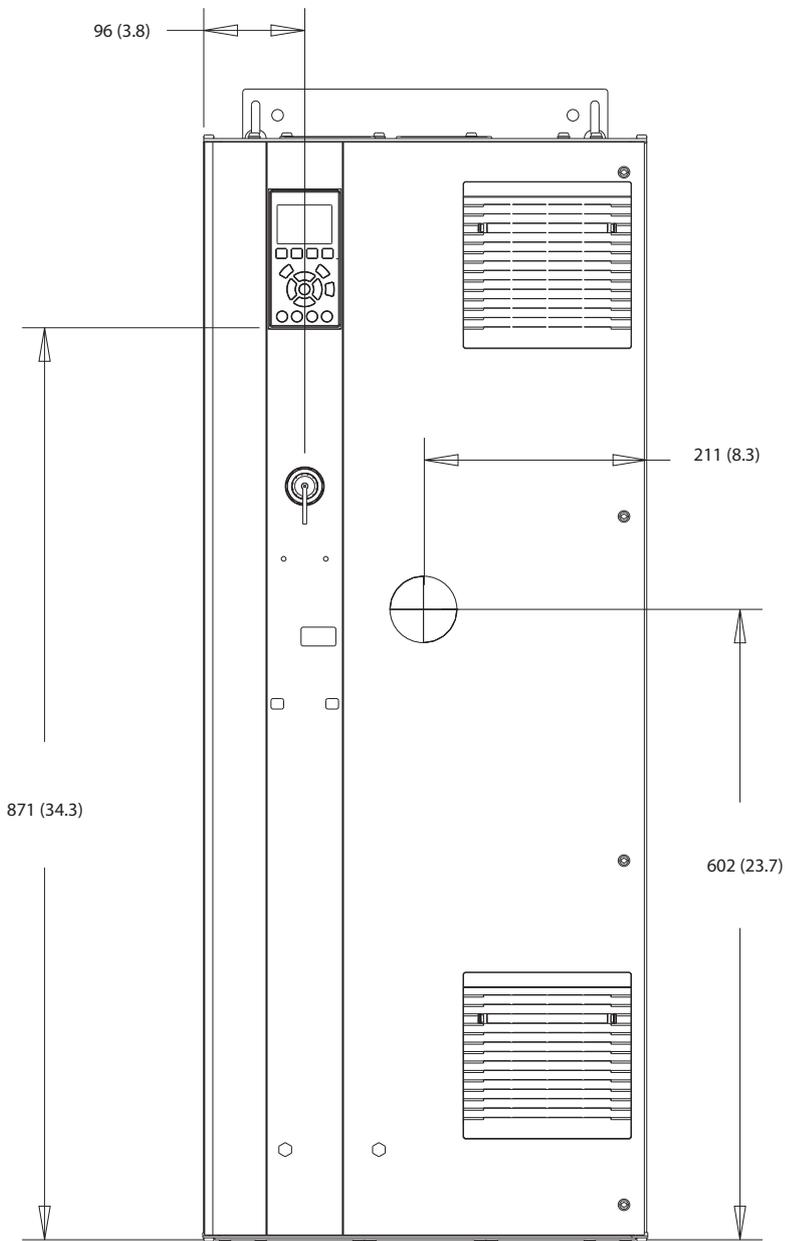


1	Netzklemmen	2	Motorklemmen
---	-------------	---	--------------

Abbildung 8.7 Klemmenabmessungen der Bauform D1h (Seitenansichten)

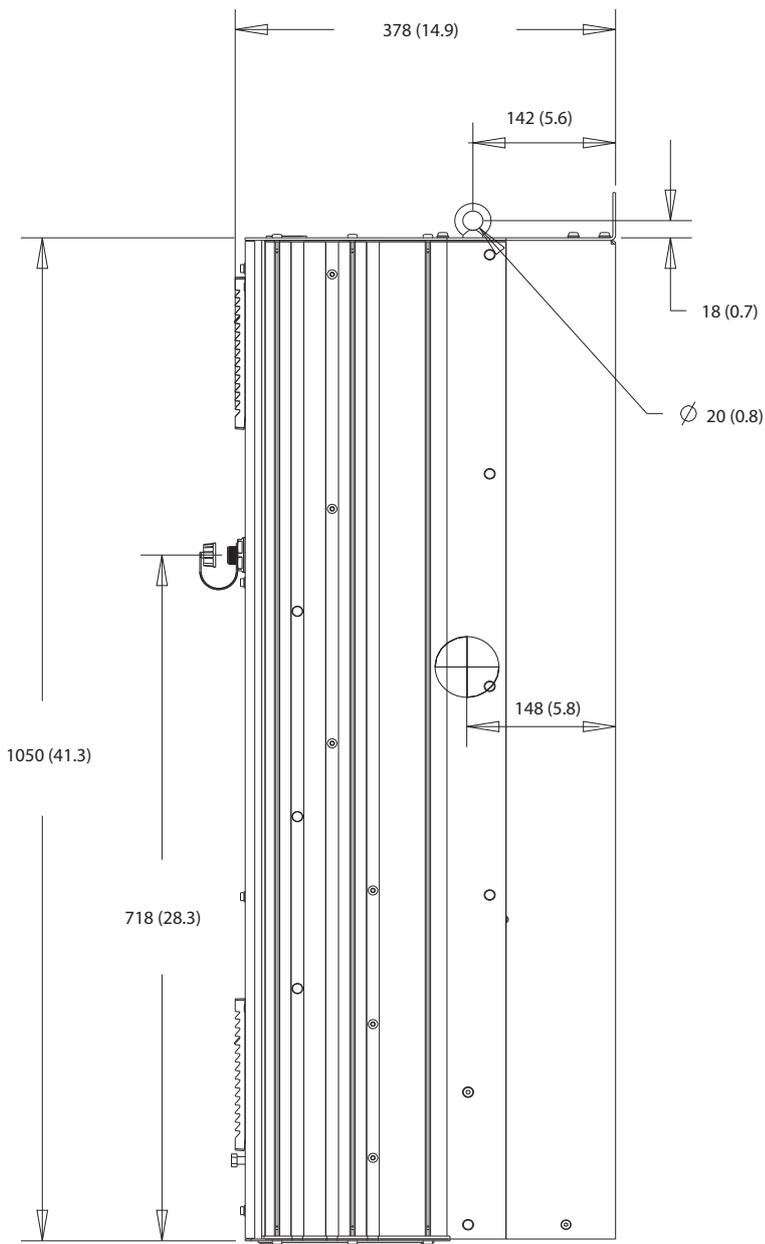
8.2 D2h – Außen- und Klemmenabmessungen

8.2.1 D2h – Außenabmessungen



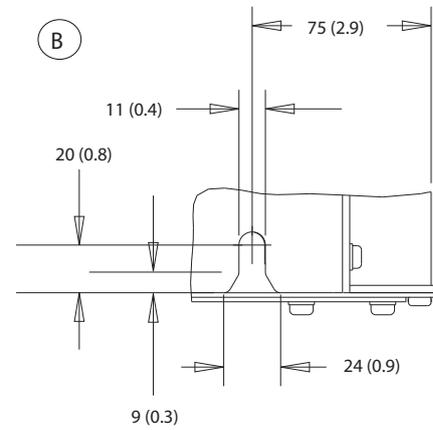
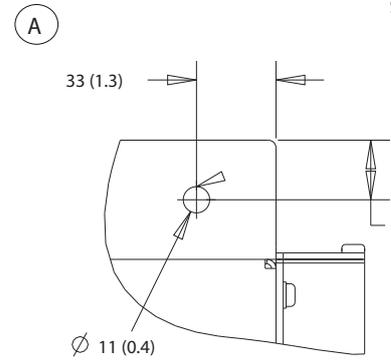
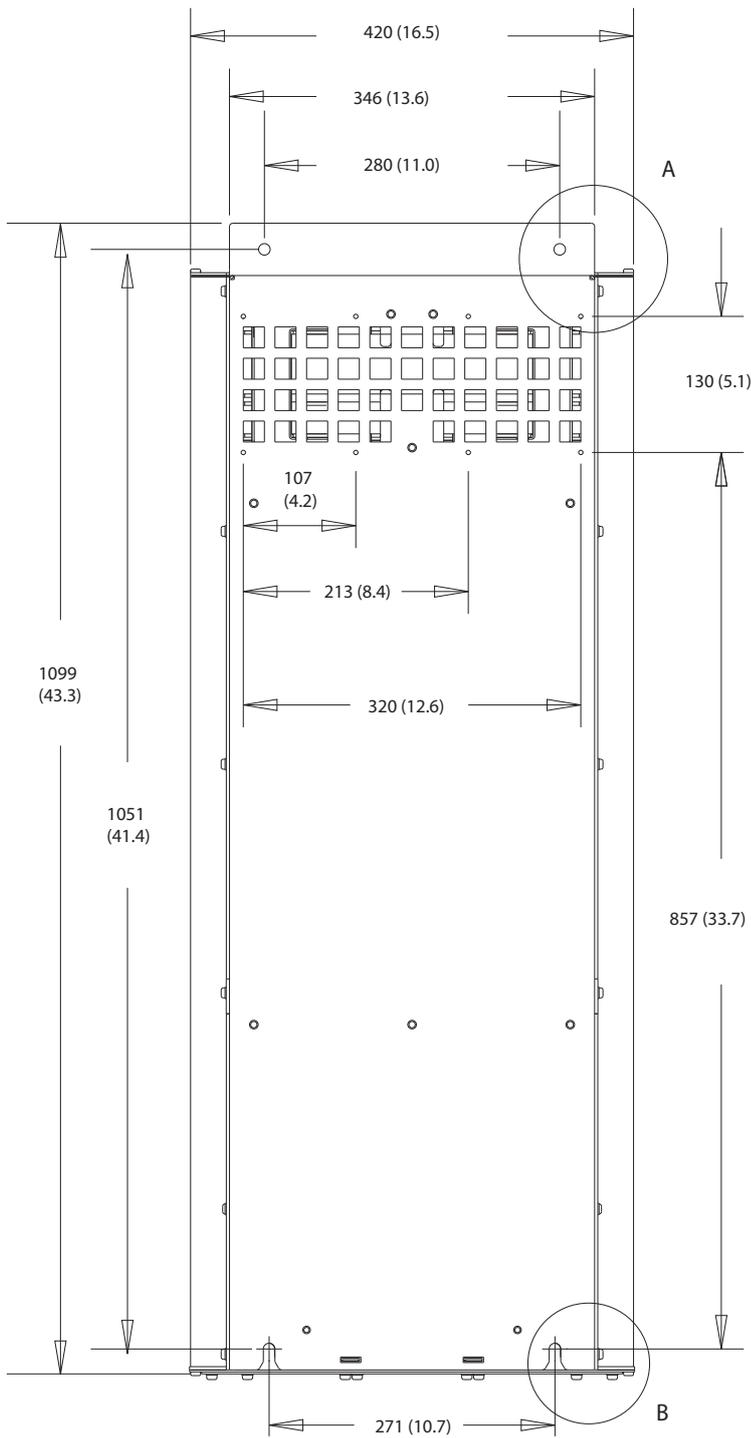
130BF321.10

Abbildung 8.8 Frontansicht der Bauform D2



8

Abbildung 8.9 Seitenansicht der Bauform D2



130BF800.10

Abbildung 8.10 Rückansicht der Bauform D2

130BF670.10

8

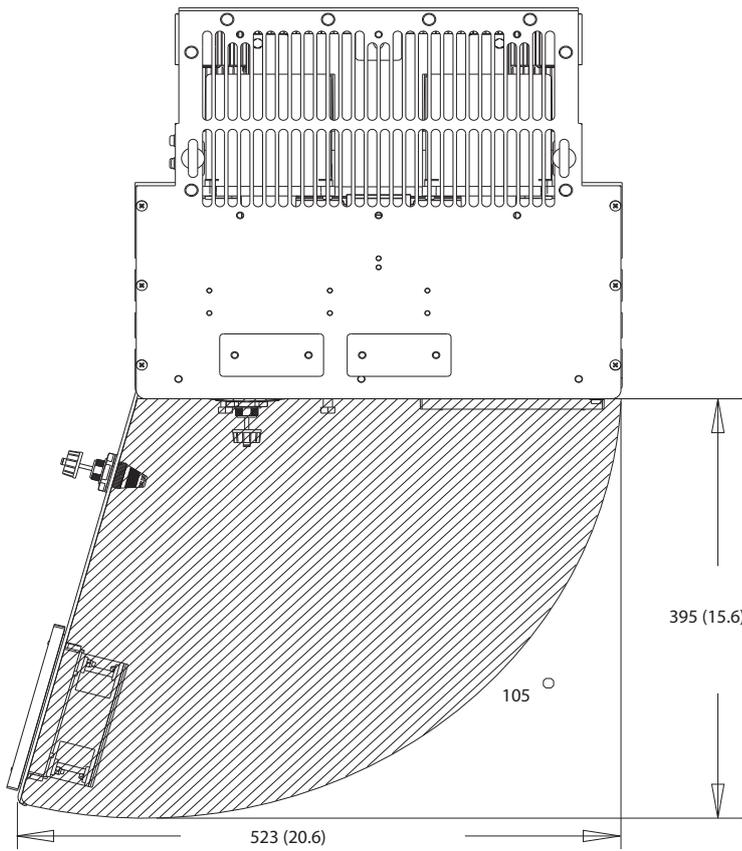
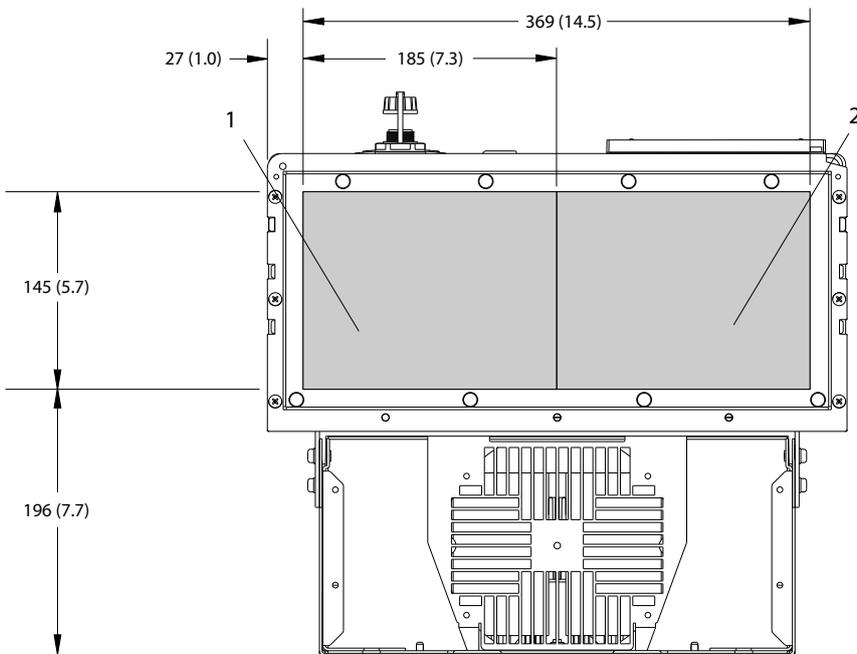


Abbildung 8.11 Türabstand der Bauform D2

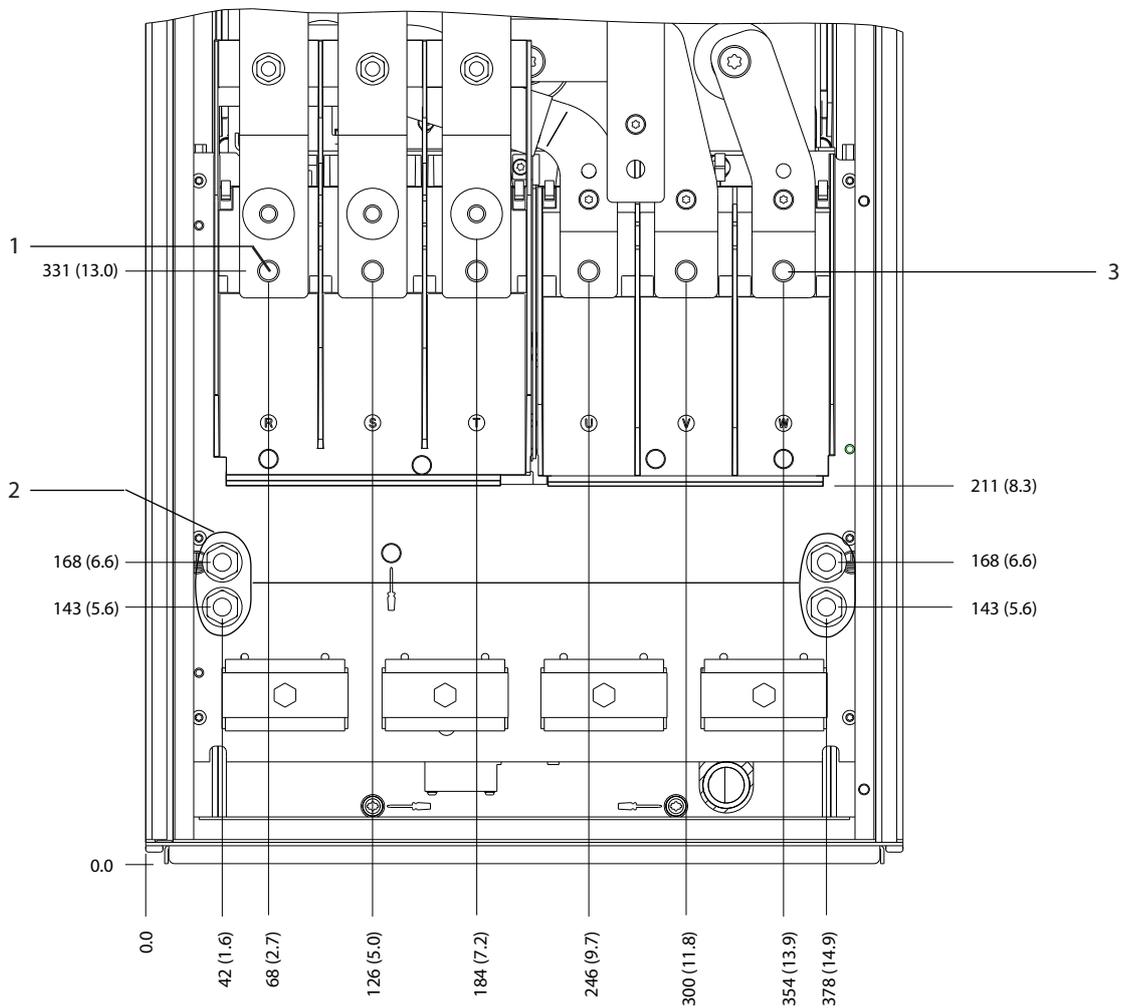


130BF608.10

1	Netzseite	2	Motorseite
---	-----------	---	------------

Abbildung 8.12 Bodenplattenabmessungen der Bauform D2

8.2.2 D2h – Klemmenabmessungen

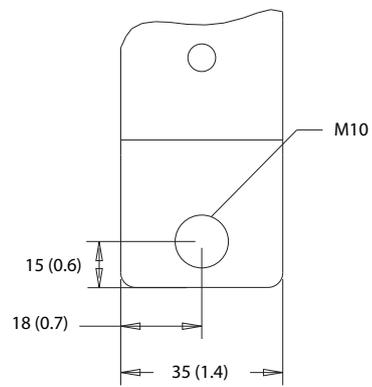
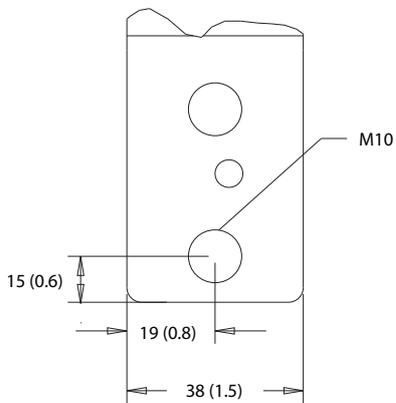
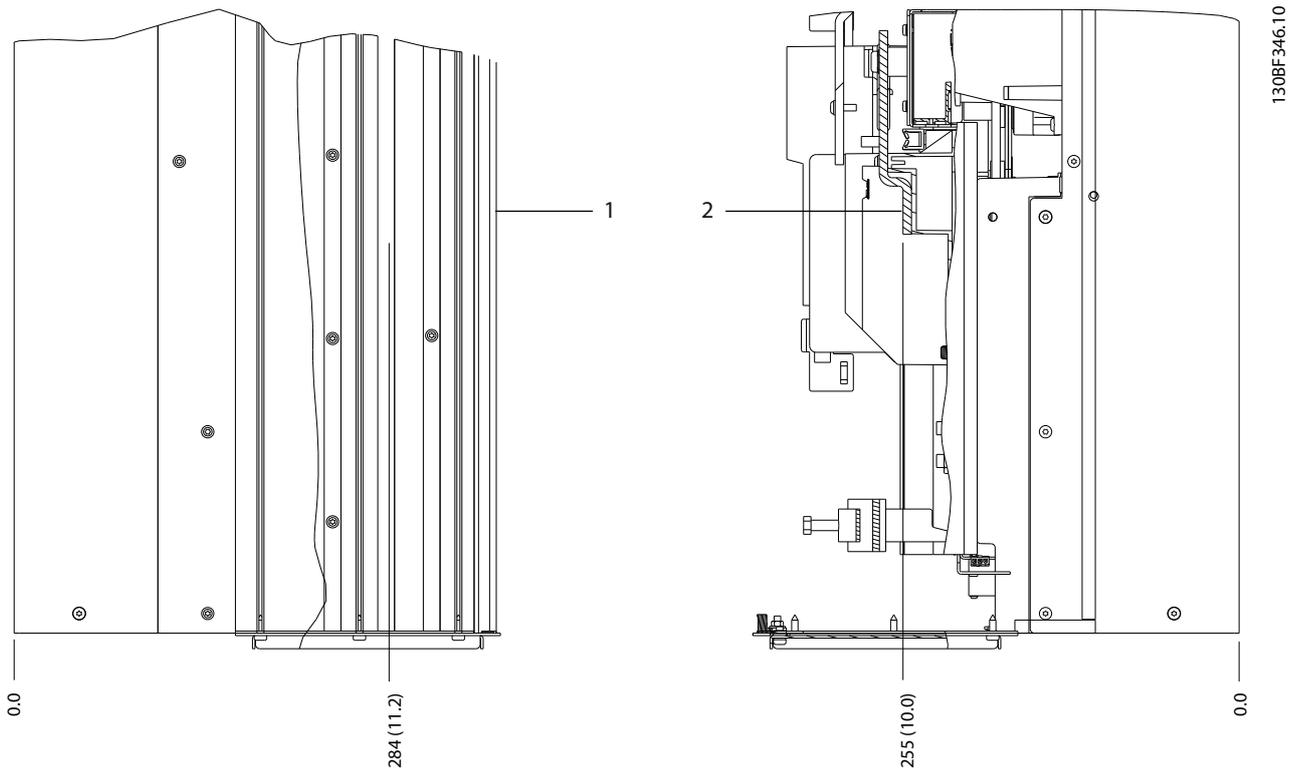


130BF345.10

8

1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Erdungsklemmen	-	-

Abbildung 8.13 D2h – Klemmenabmessungen (Frontansicht)

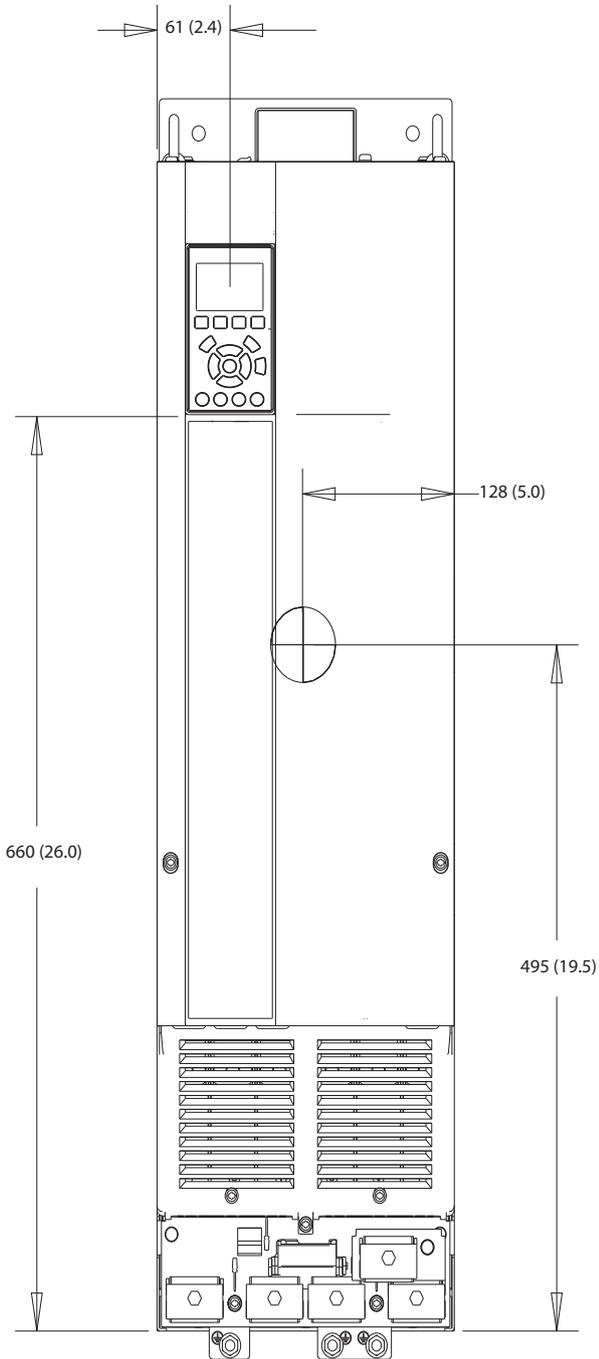


1	Netzklemmen	2	Motorklemmen
---	-------------	---	--------------

Abbildung 8.14 D2h – Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

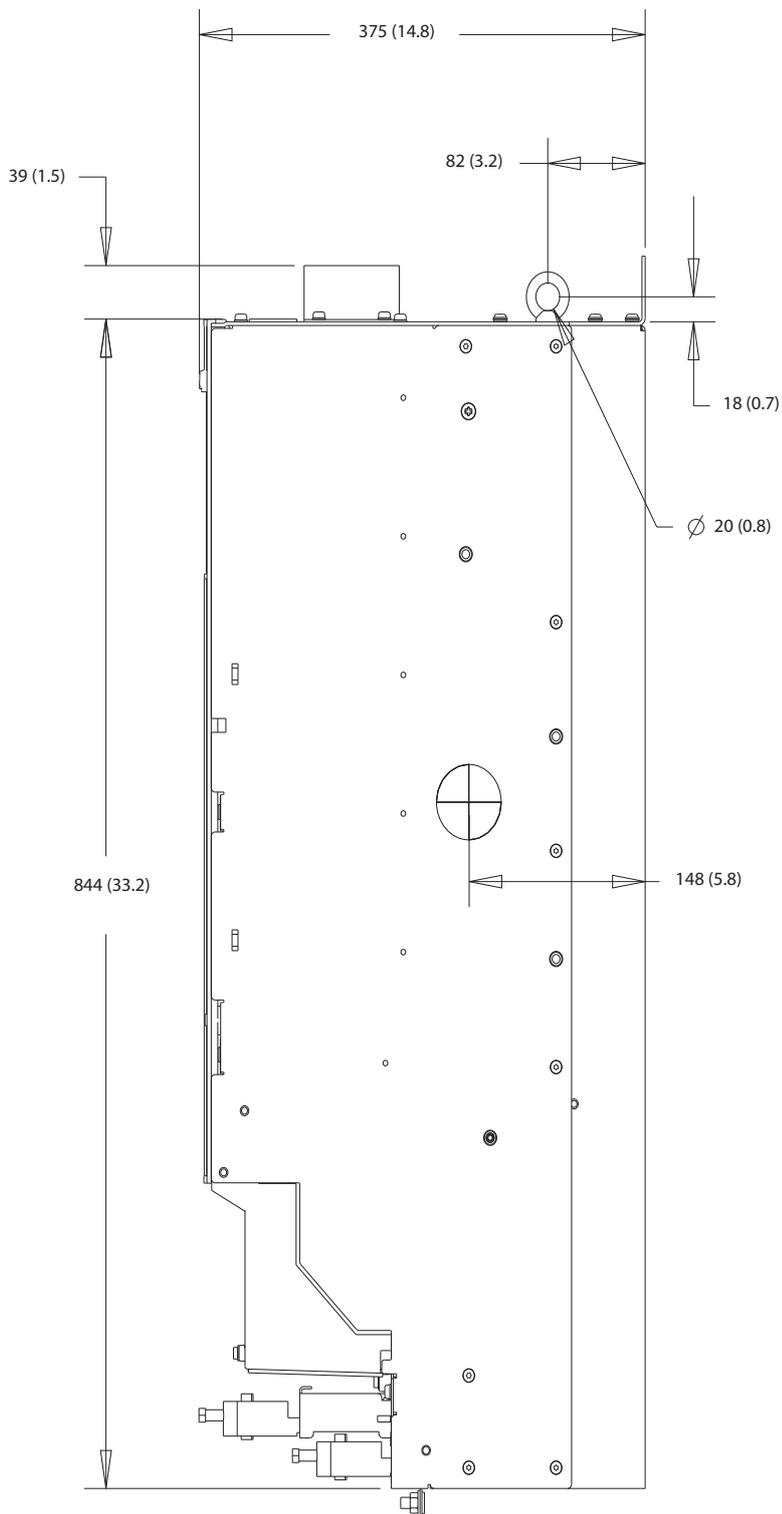
### 8.3 D3h – Außen- und Klemmenabmessungen

#### 8.3.1 D3h – Außenabmessungen



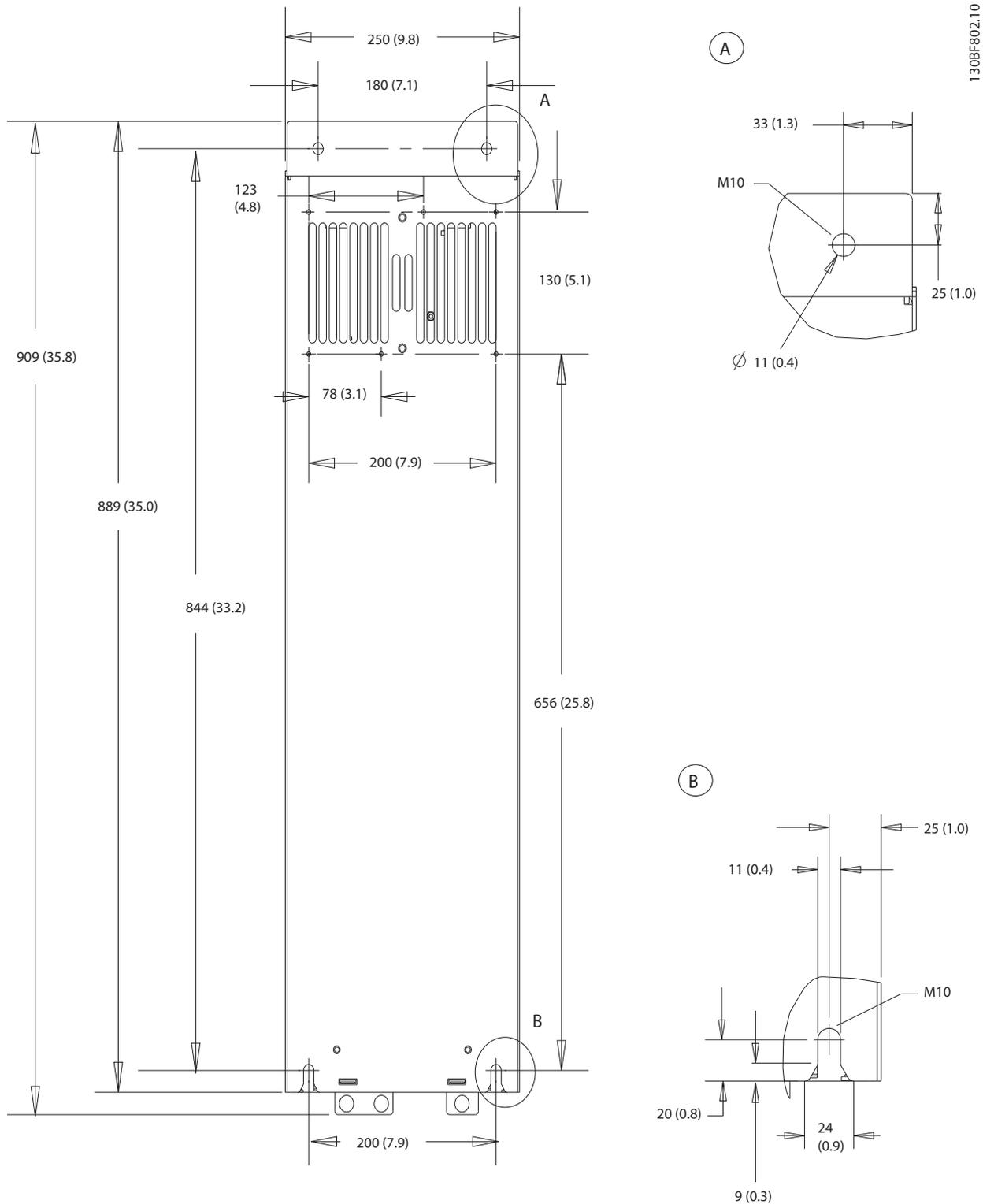
130BF322.10

Abbildung 8.15 Frontansicht der Bauform D3



8

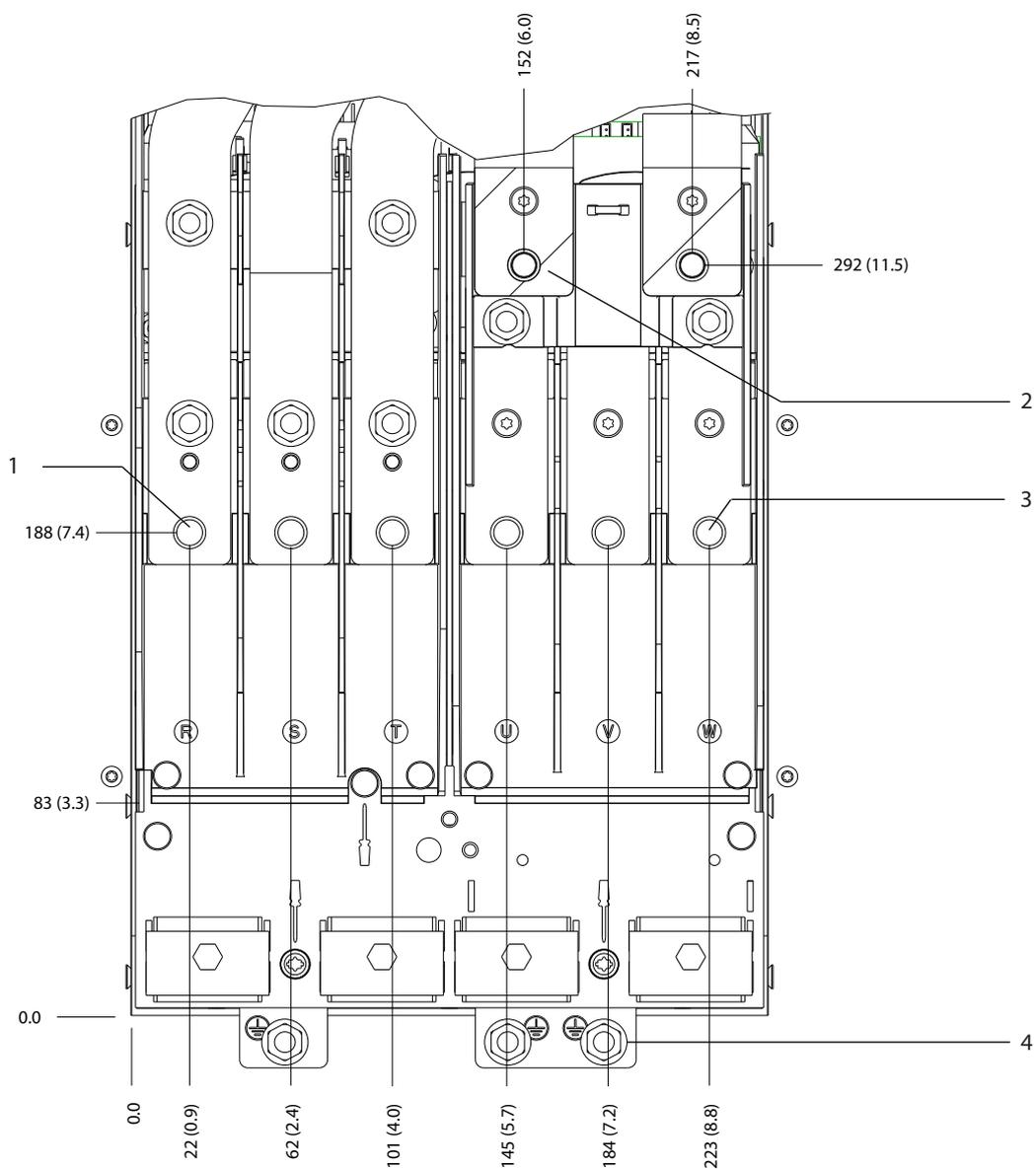
Abbildung 8.16 Seitenansicht der Bauform D3



130BF802.10

Abbildung 8.17 Rückansicht der Bauform D3

8.3.2 D3h – Klemmenabmessungen

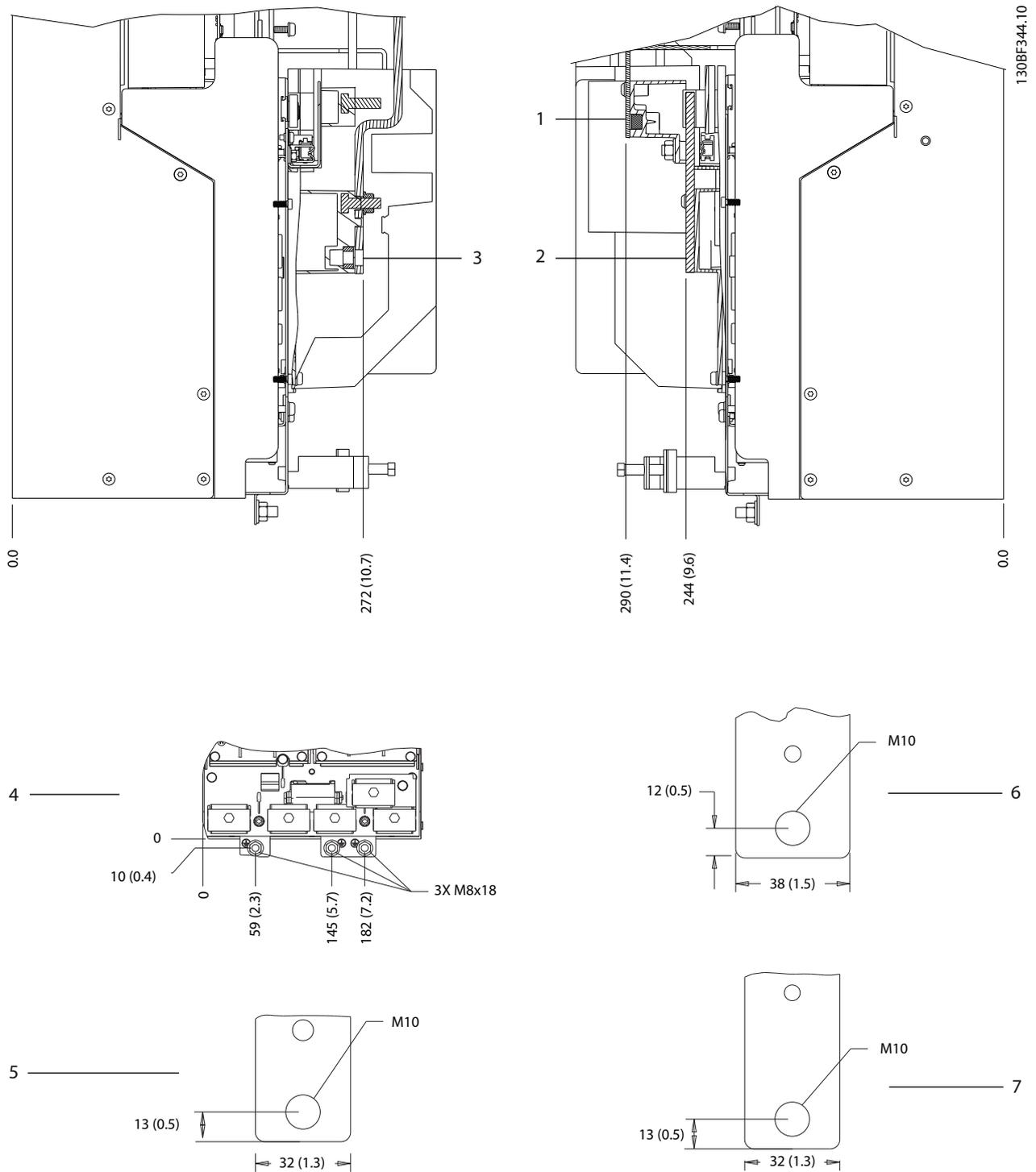


130BF341.10

8

1	Netzklappen	3	Motorklappen
2	Bremsklappen	4	Erdungsklappen

Abbildung 8.18 D3h – Klemmenabmessungen (Frontansicht)

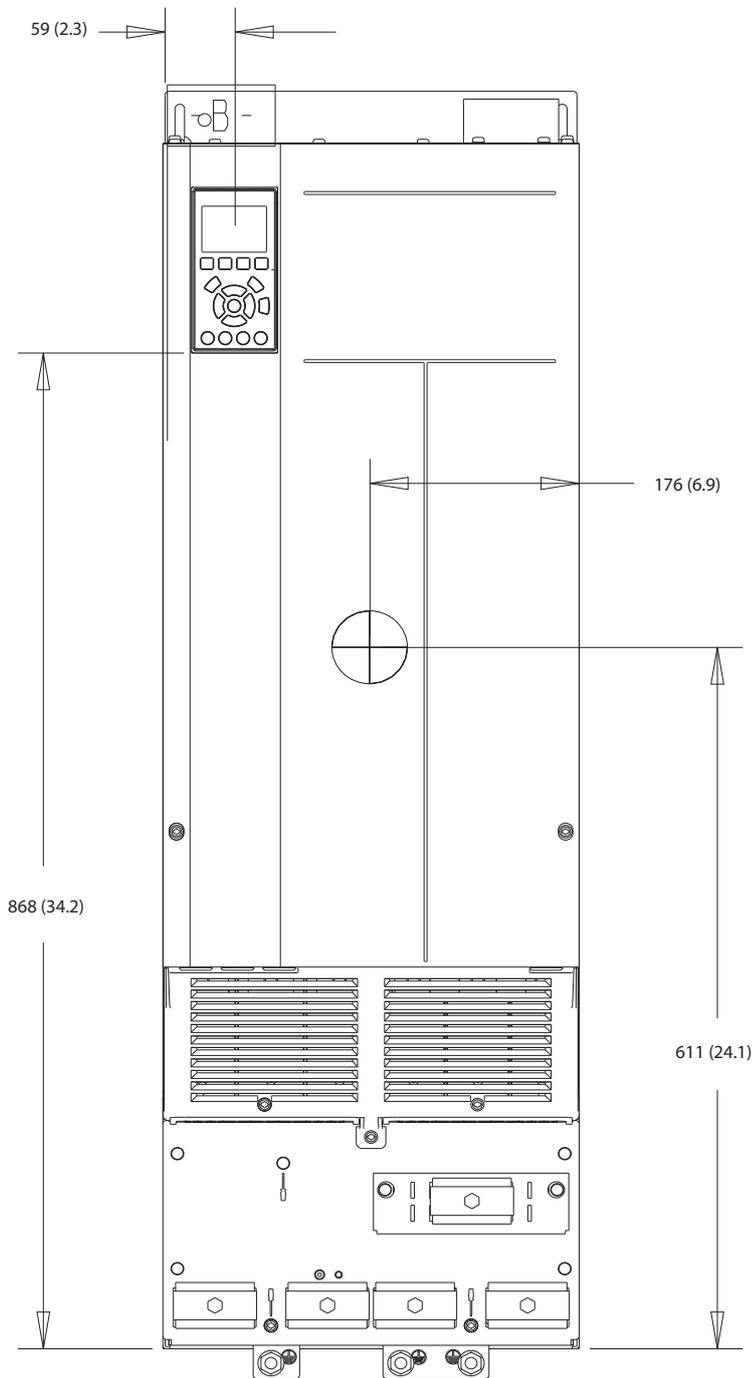


1 und 6	Untere Bremsen-/Rückspeiseklemmen	3 und 5	Netzklemmen
2 und 7	Motorklemmen	4	Erdungsklemmen

Abbildung 8.19 D3h – Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

## 8.4 D4h – Außen- und Klemmenabmessungen

### 8.4.1 D4h – Gehäuseabmessungen



130BF323.10

8

Abbildung 8.20 Frontansicht der Bauform D4

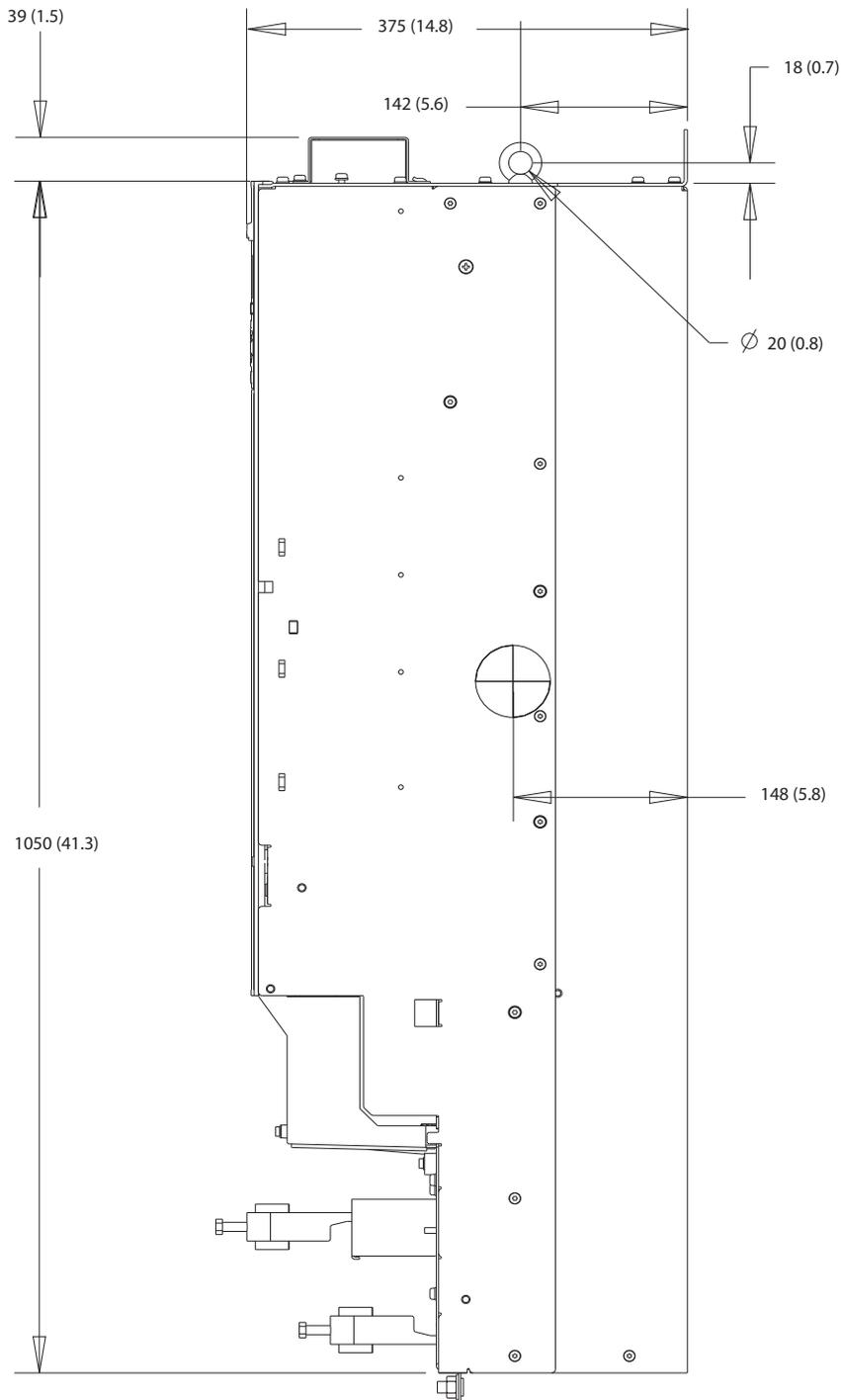


Abbildung 8.21 Seitenabmessungen für die Bauform D4h

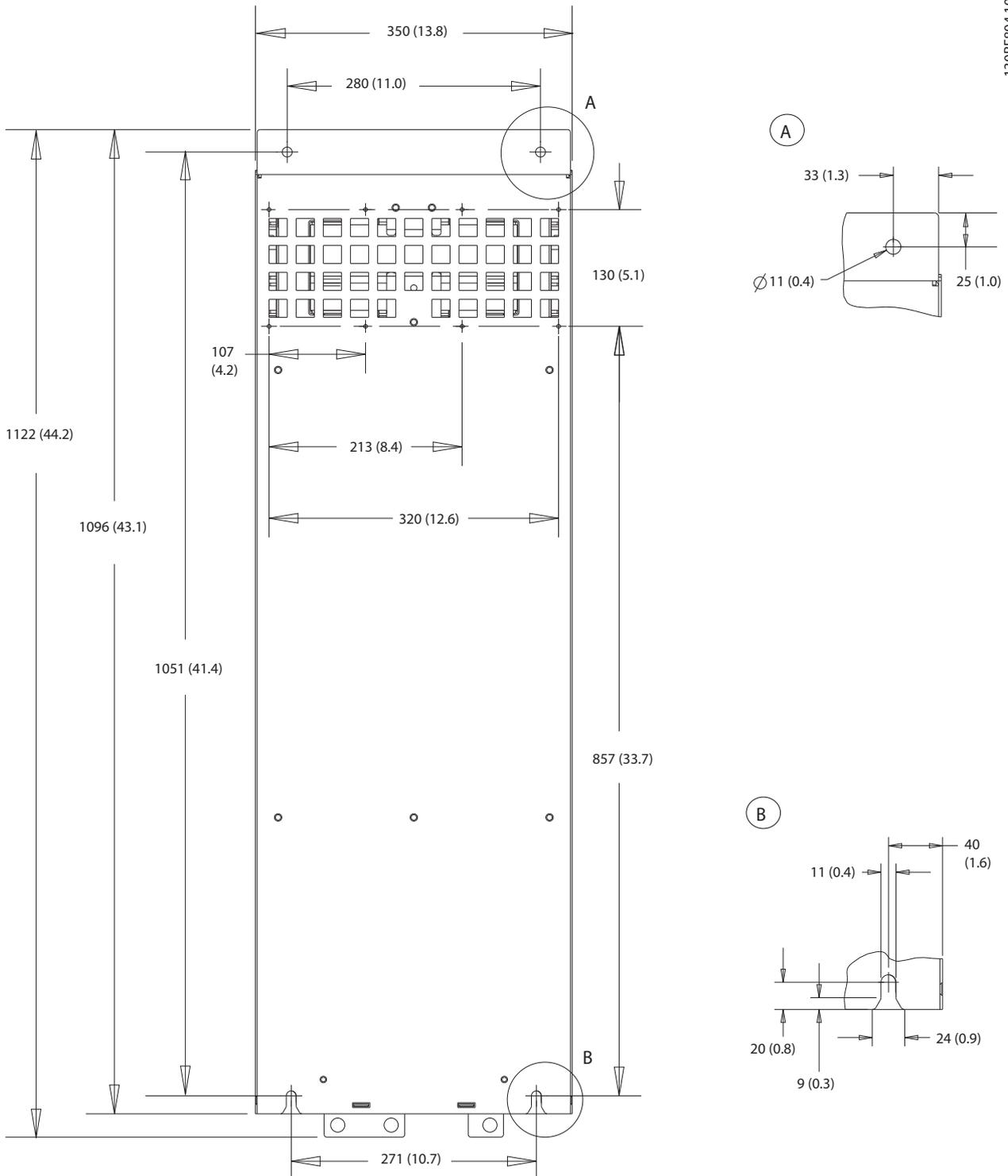
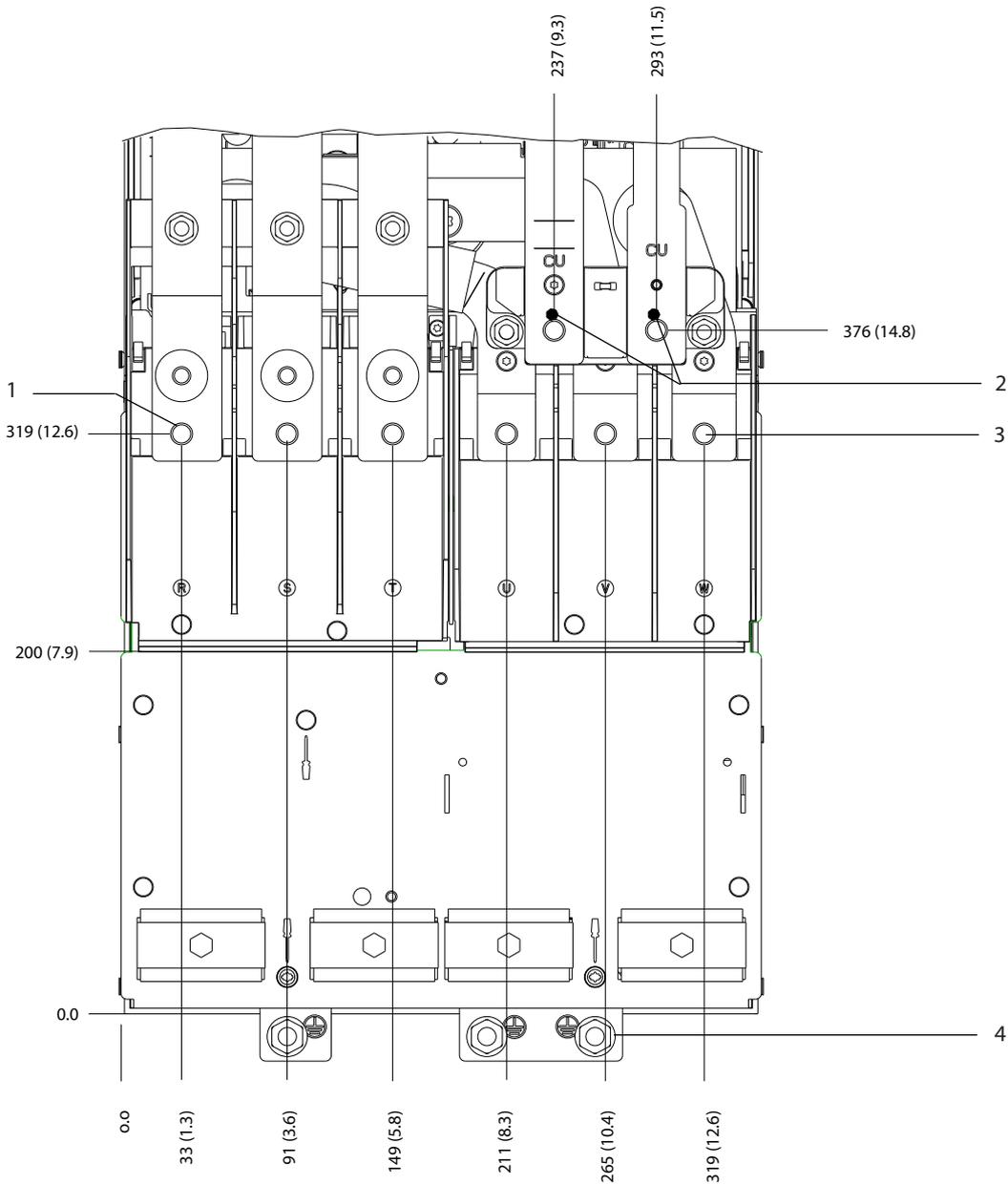


Abbildung 8.22 Rückseitige Abmessungen für die Bauform D4h

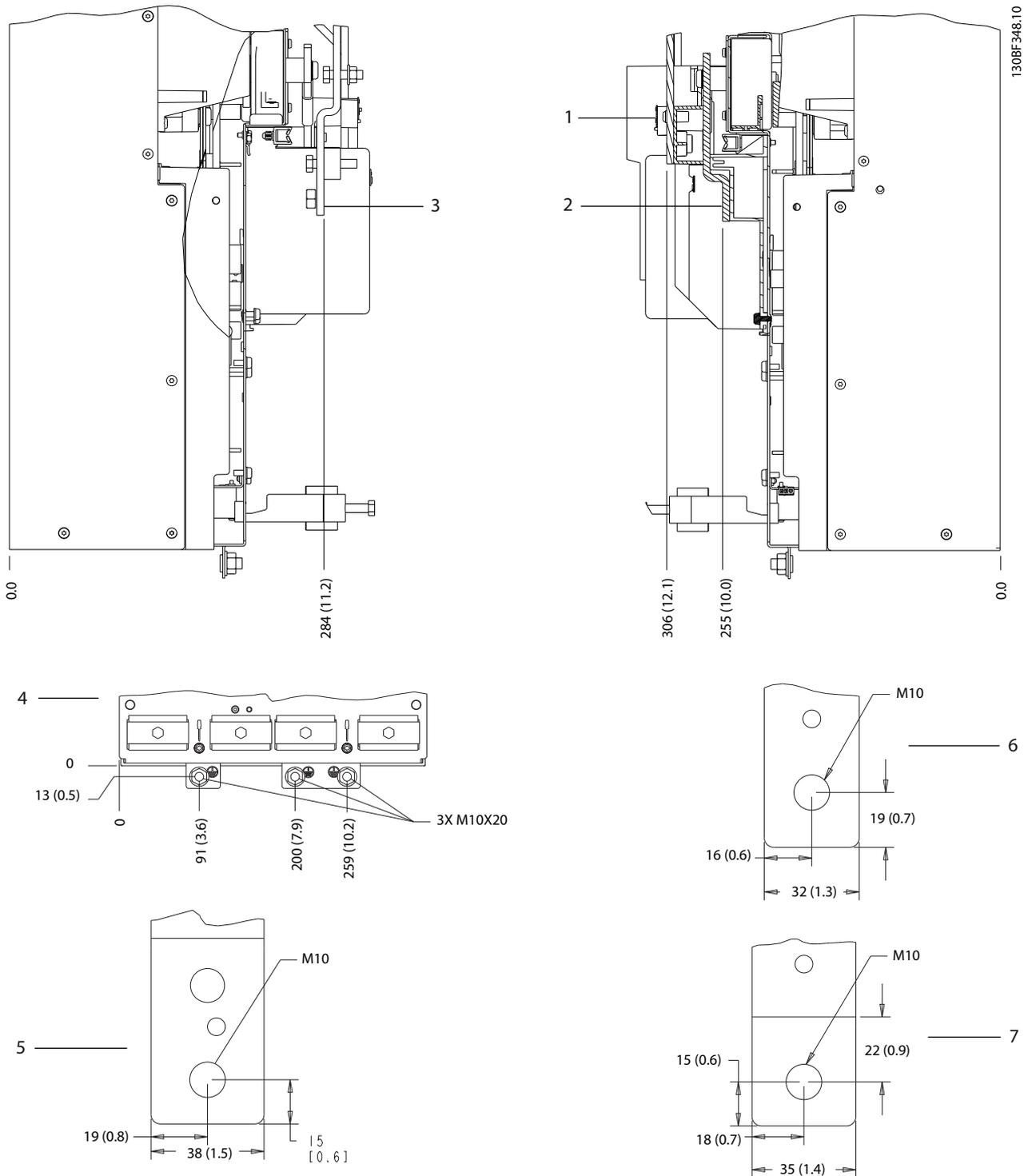
8.4.2 D4h – Klemmenabmessungen



130BF347.10

1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	4	Erdungsklemmen

Abbildung 8.23 D4h – Klemmenabmessungen (Frontansicht)

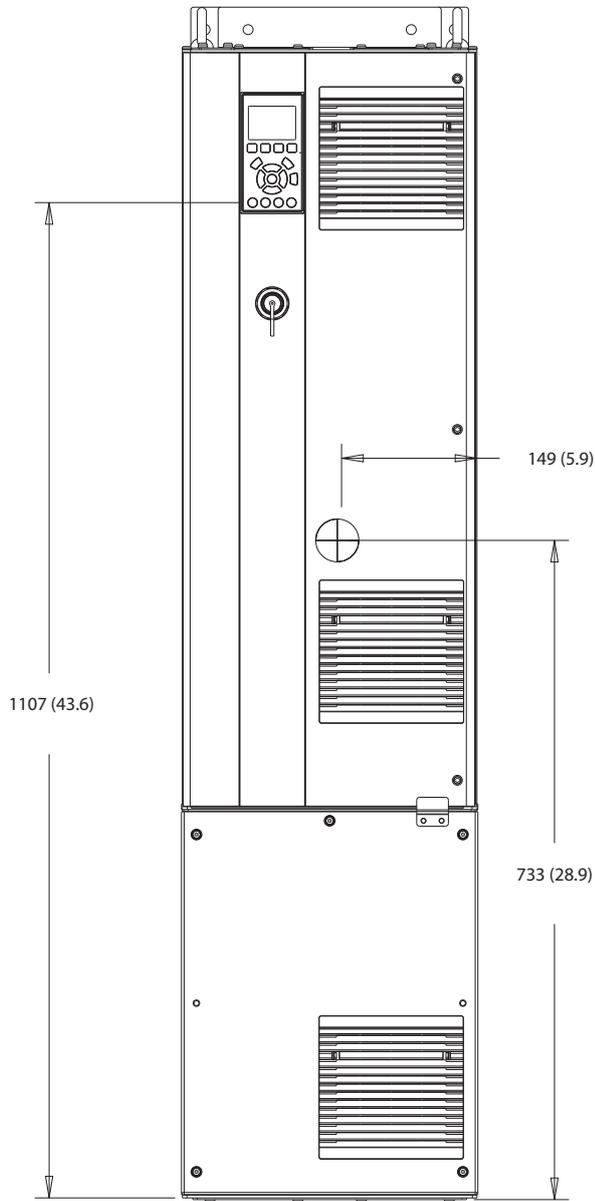


1 und 6	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	3 und 5	Netzklemmen
2 und 7	Motorklemmen	4	Erdungsklemmen

Abbildung 8.24 D4h – Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

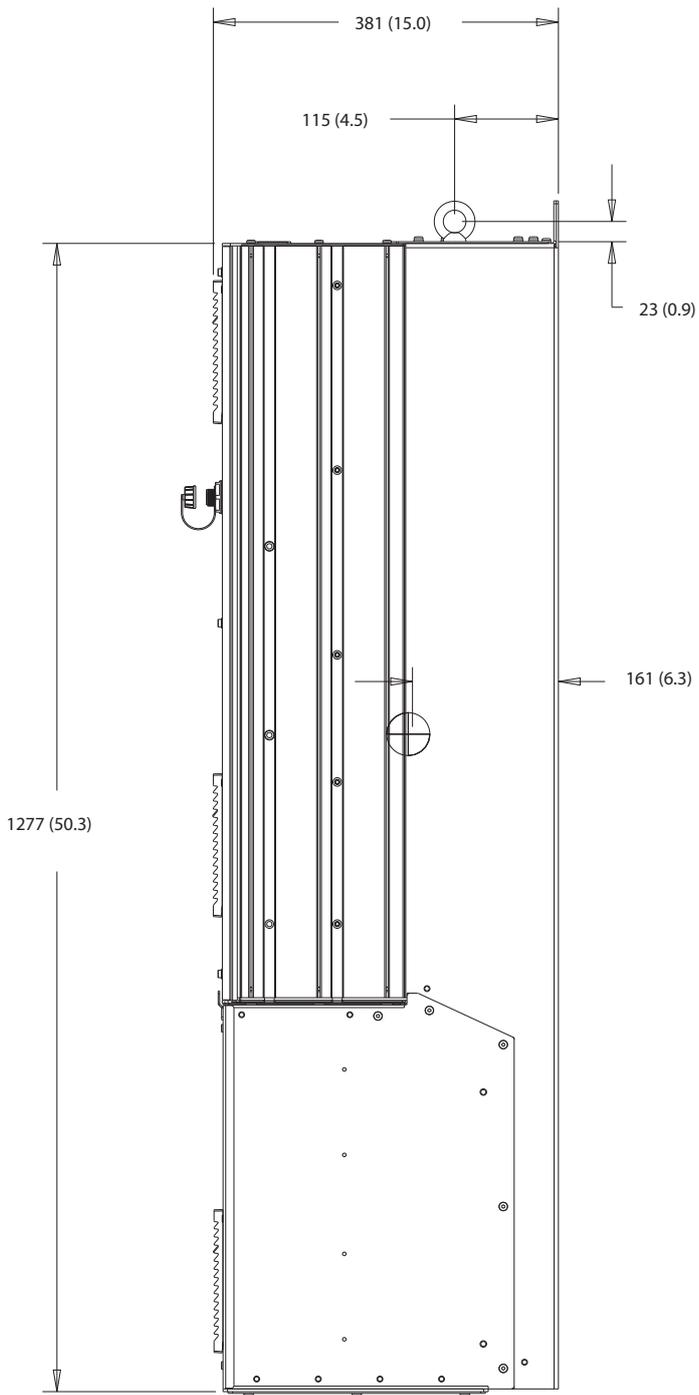
## 8.5 D5h – Außen- und Klemmenabmessungen

### 8.5.1 D5h Außenabmessungen



130BF324.10

Abbildung 8.25 Frontansicht D5h



8

Abbildung 8.26 Seitenansicht D5h

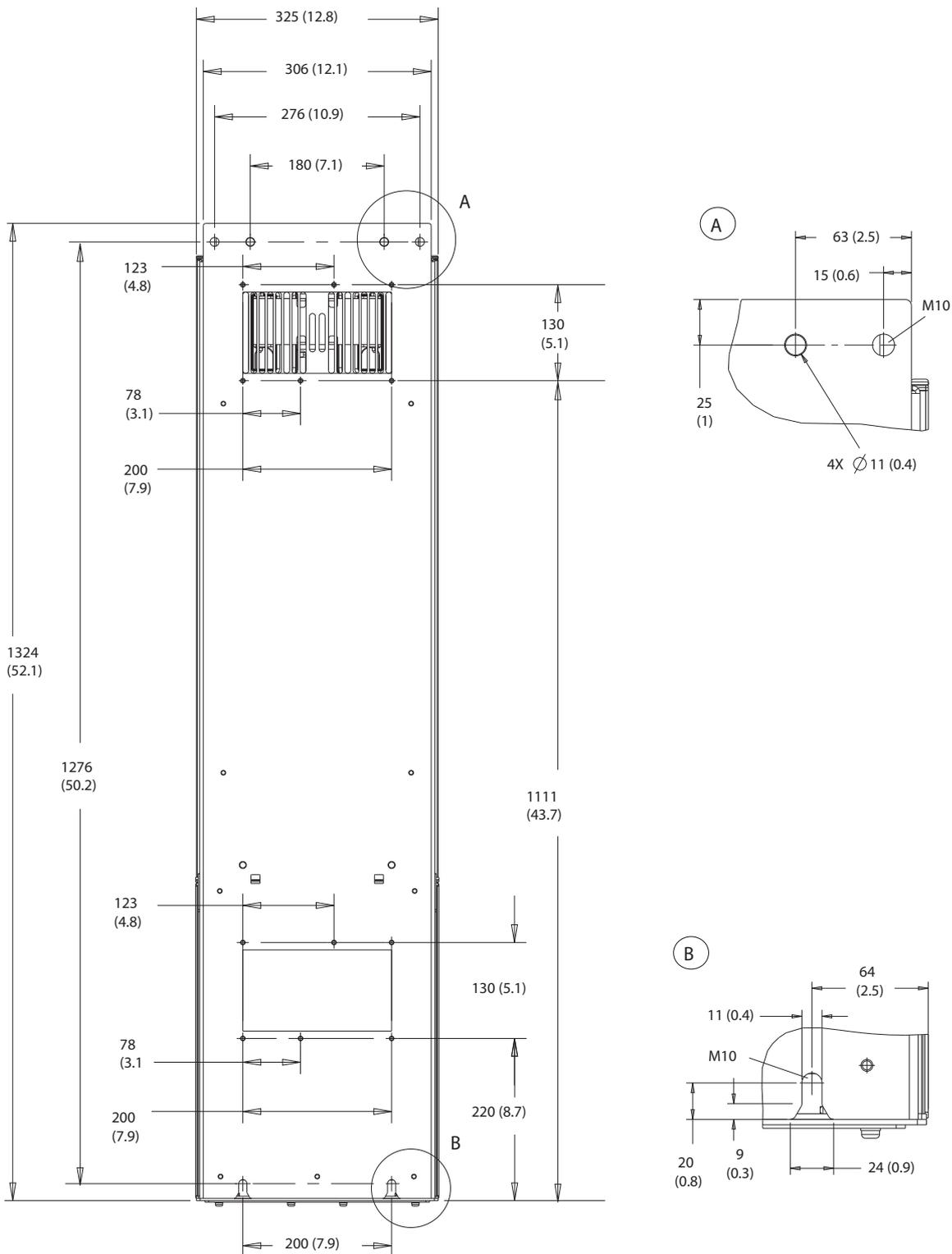
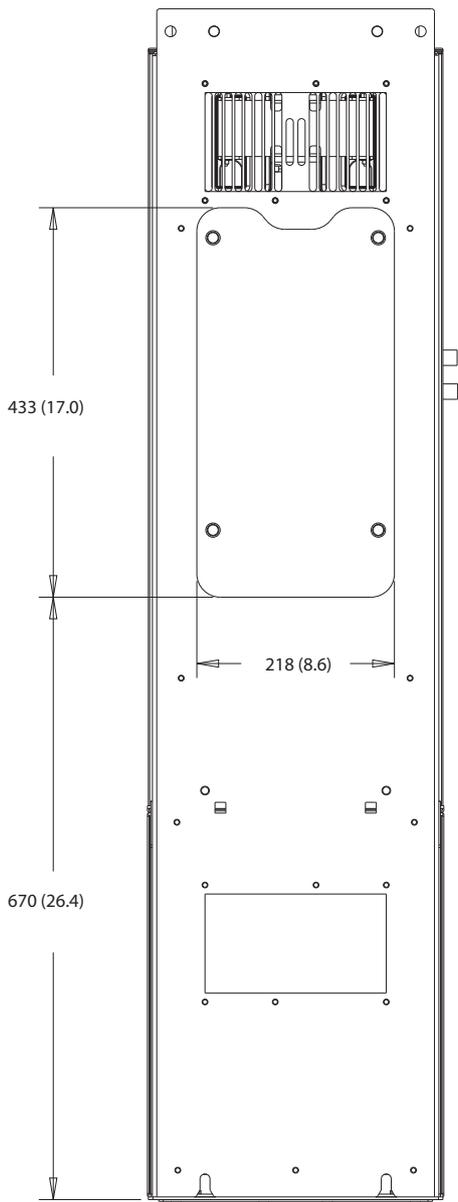
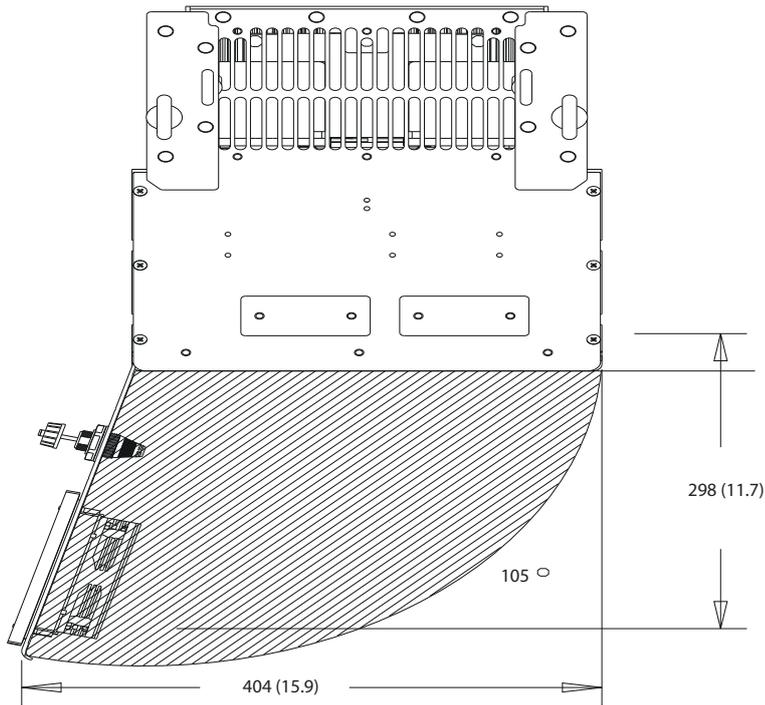


Abbildung 8.27 Rückansicht D5h



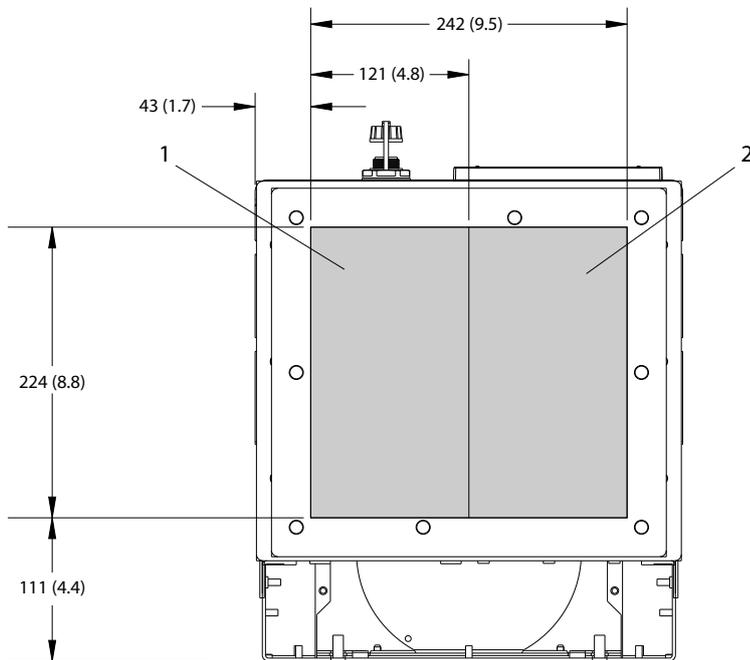
8

Abbildung 8.28 Kühlkörperzugang Abmessungen für D5h



130BF669.10

Abbildung 8.29 Türabstand für D5h

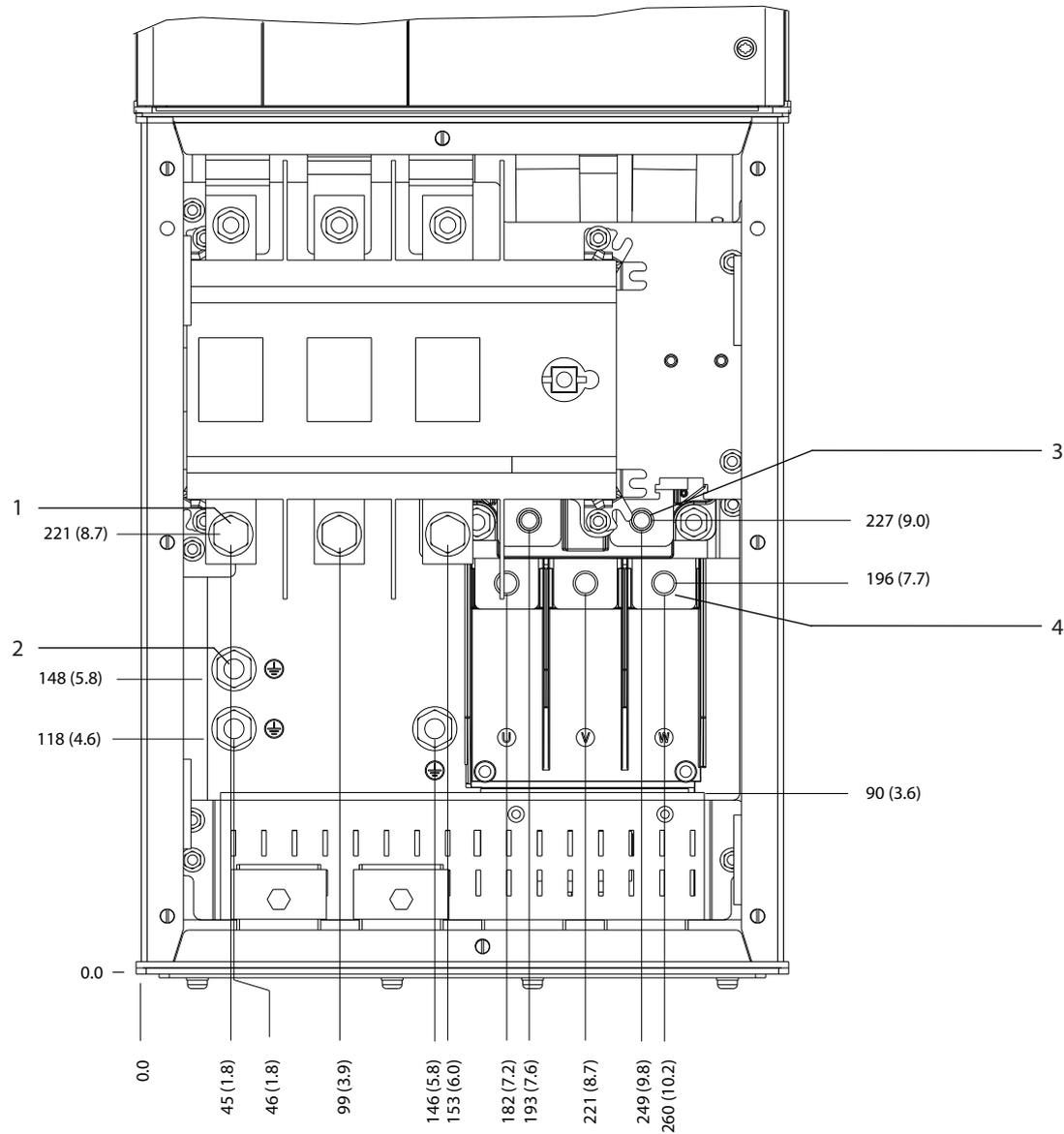


130BF609.10

1	Netzseite	2	Motorseite
---	-----------	---	------------

Abbildung 8.30 Abmessungen der Bodenplatte für D5h

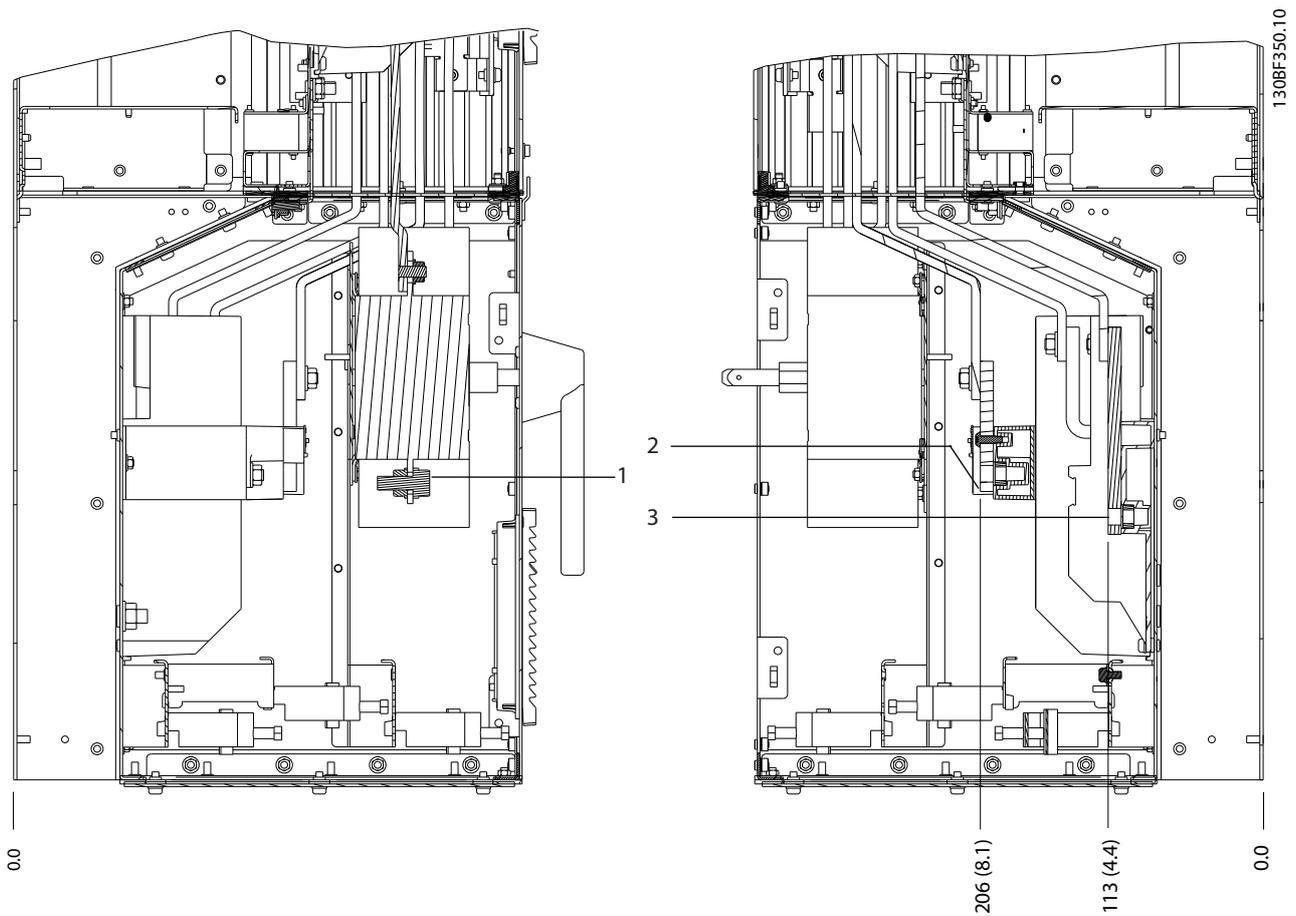
8.5.2 D5h – Klemmenabmessungen



130BF349.10

1	Netzklemmen	3	Bremsklemmen
2	Erdungsklemmen	4	Motorklemmen

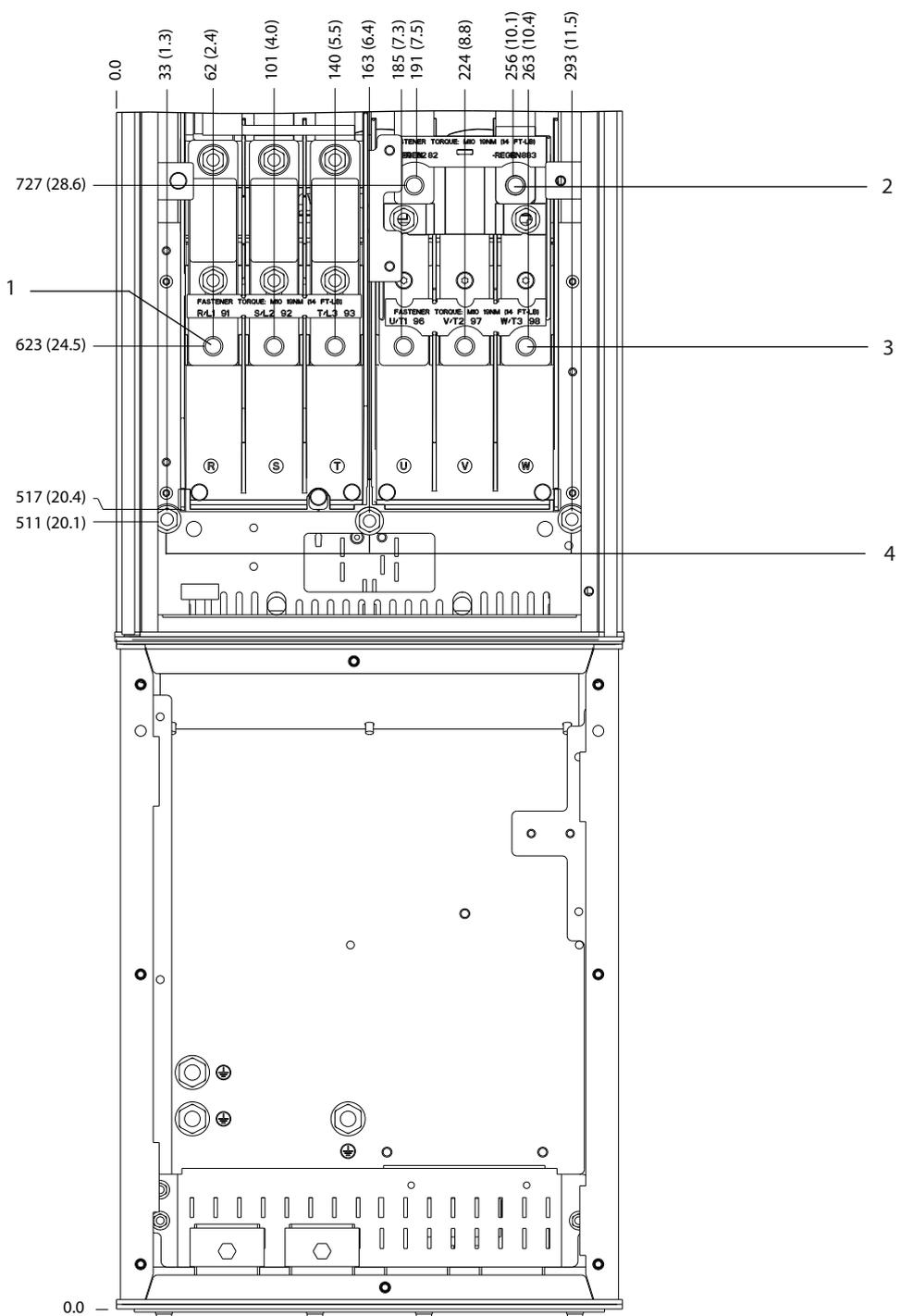
Abbildung 8.31 D5h – Klemmenabmessungen mit Trennschalteoption (Frontansicht)



8

1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

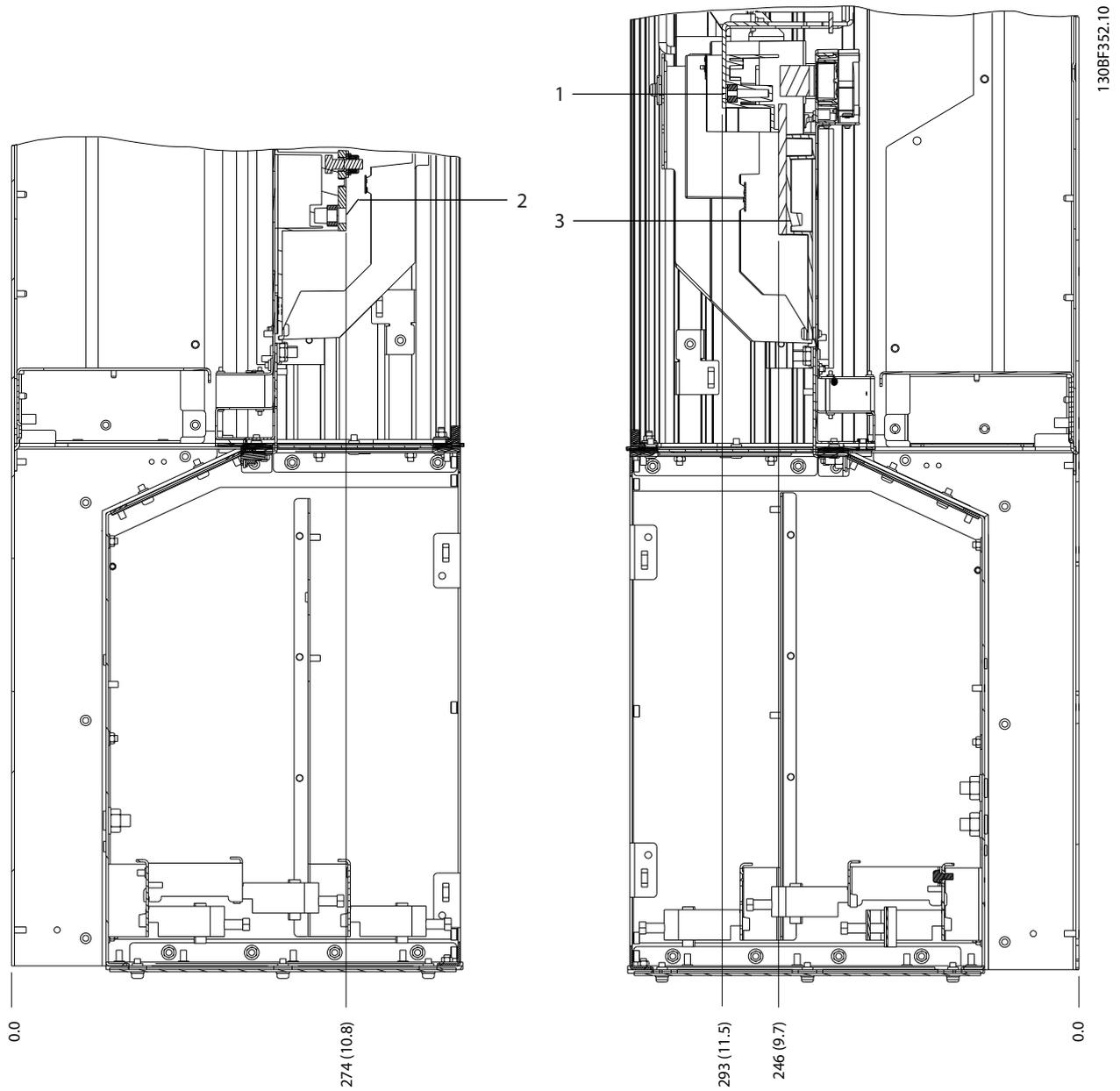
Abbildung 8.32 D5h – Klemmenabmessungen mit Trennschalteroption (Seitenansichten)



8

1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	4	Erdungsklemmen

Abbildung 8.33 D5h – Klemmenabmessungen mit Bremsoption (Frontansicht)



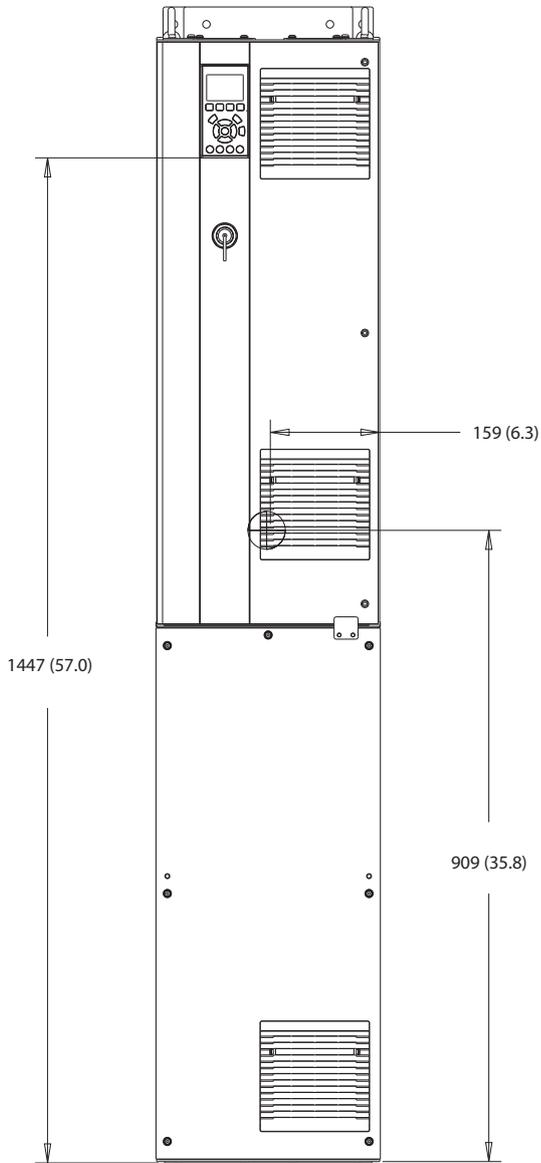
8

1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

Abbildung 8.34 D5h – Klemmenabmessungen mit Bremsoption (Seitenansichten)

## 8.6 D6h – Außen- und Klemmenabmessungen

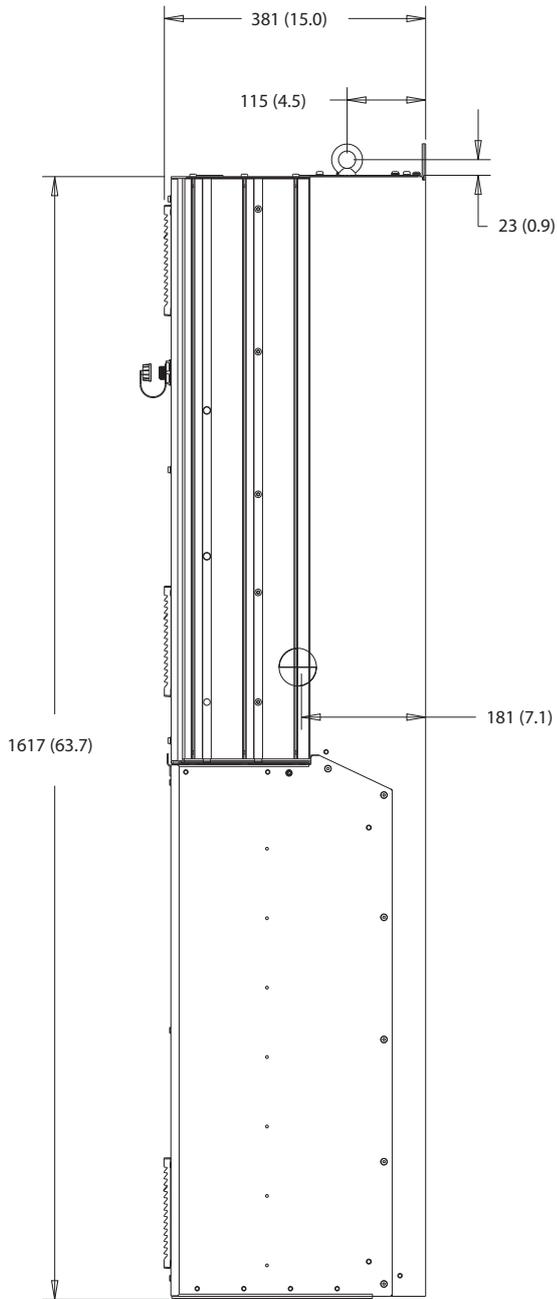
### 8.6.1 D6h Außenabmessungen



130BF325.10

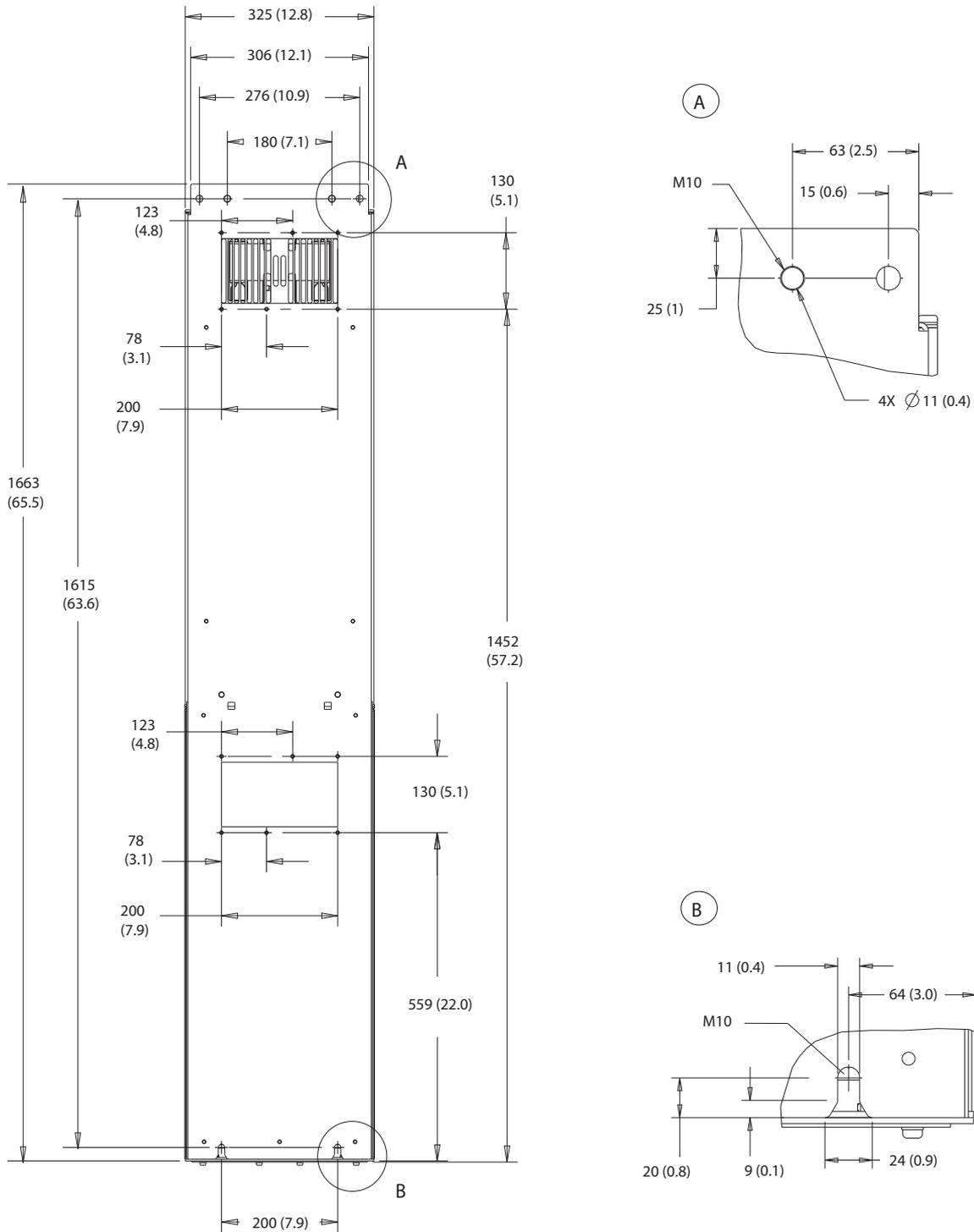
Abbildung 8.35 Frontansicht D6h

130BF807.10



8

Abbildung 8.36 Seitenansicht D6h



8

Abbildung 8.37 Rückansicht D6h

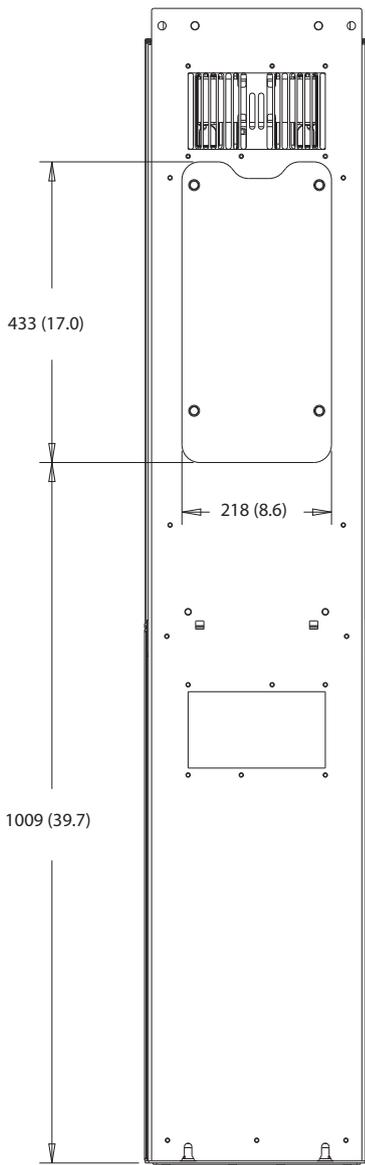
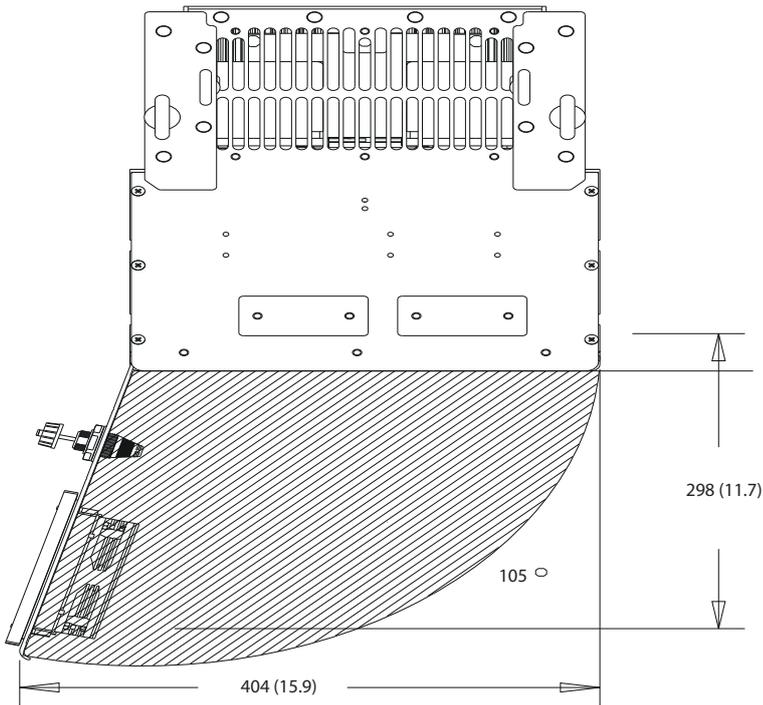
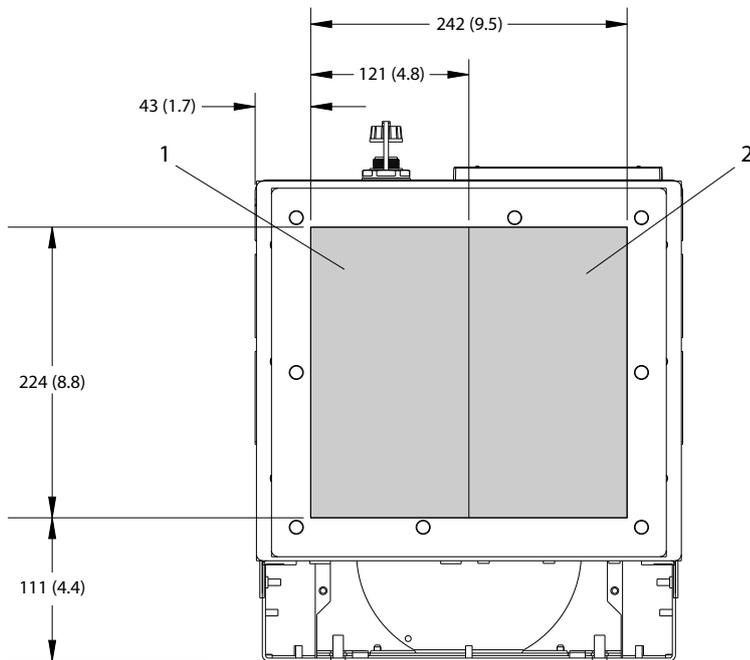


Abbildung 8.38 Kühlkörperzugang Abmessungen für D6h



8

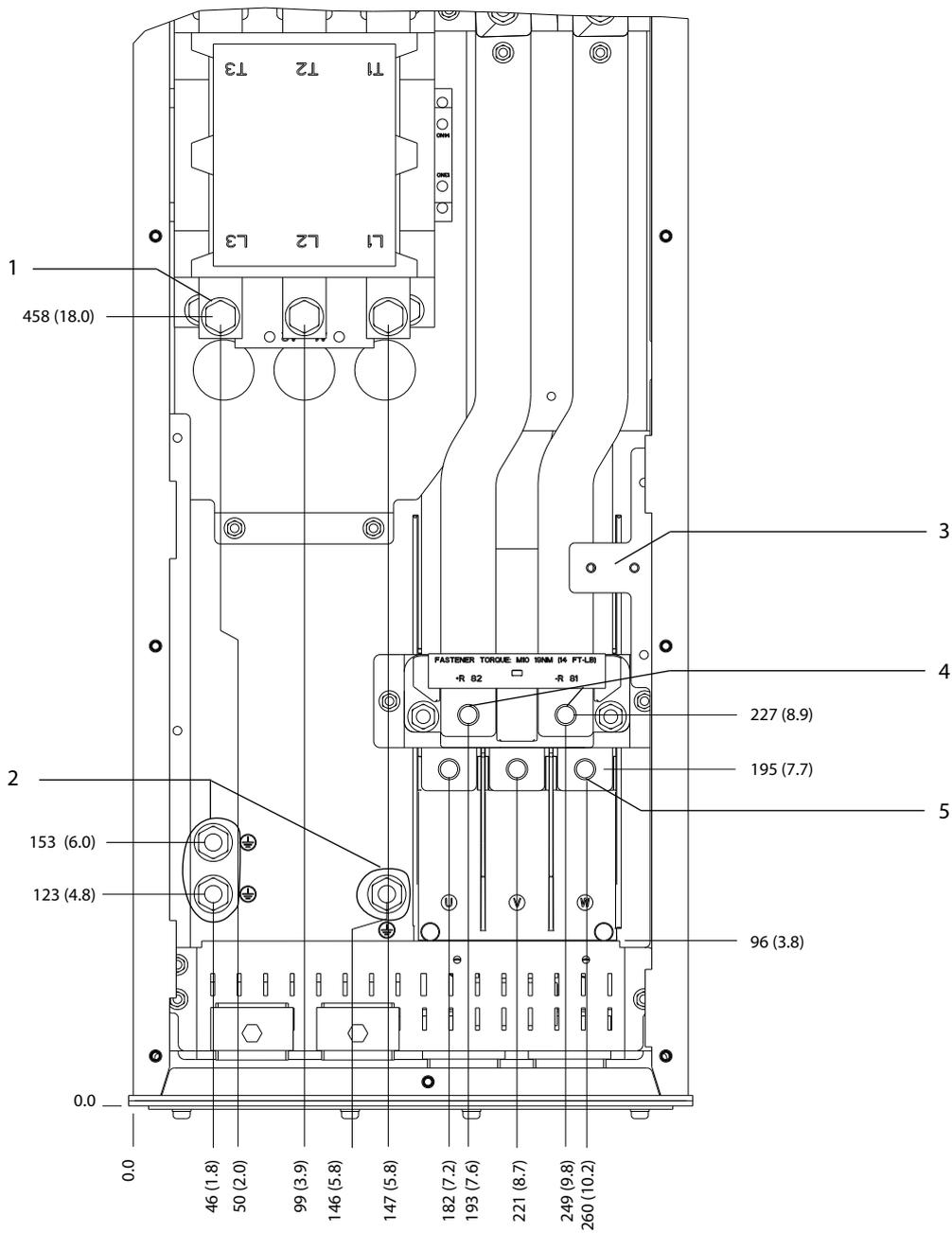
Abbildung 8.39 Türabstand für D6h



1	Netzseite	2	Motorseite
---	-----------	---	------------

Abbildung 8.40 Abmessungen der Bodenplatte für D6h

8.6.2 D6h – Klemmenabmessungen

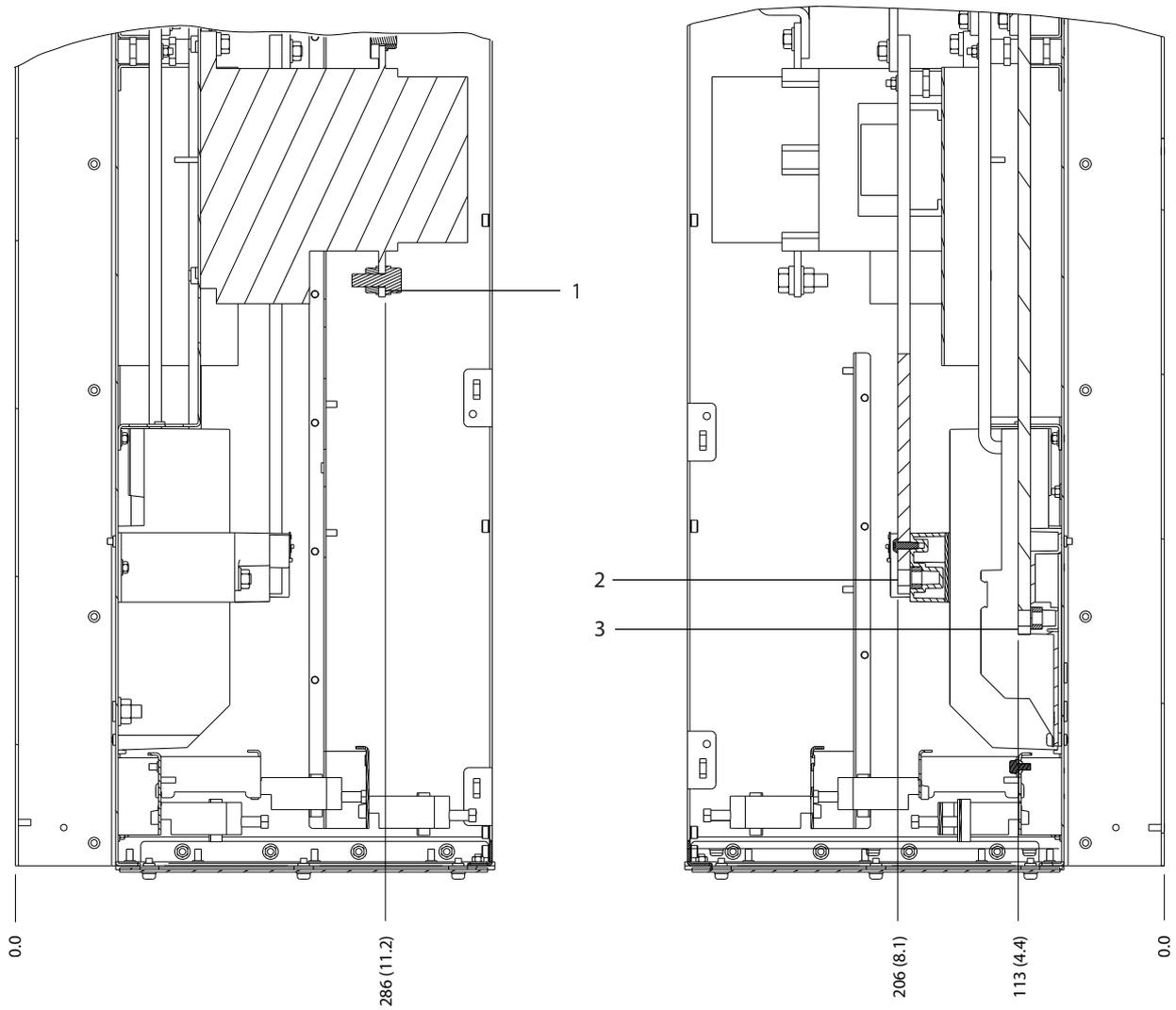


130BF353.10

1	Netzklemmen	4	Bremsklemmen
2	Erdungsklemmen	5	Motorklemmen
3	TB6 Klemmenblock für Schütz	-	-

Abbildung 8.41 D6h – Klemmenabmessungen mit Schützoption (Frontansicht)

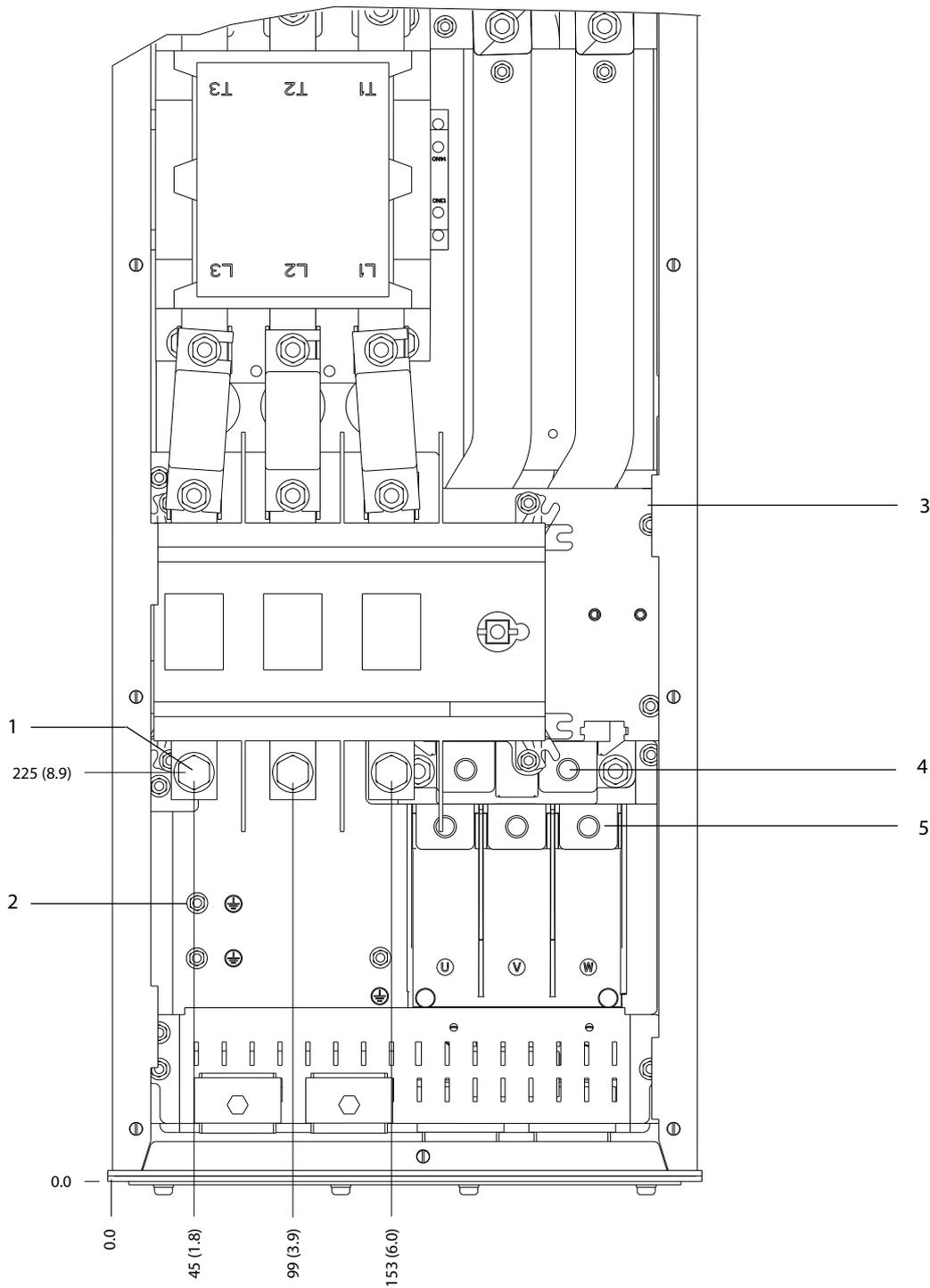
8



e30bf354.10

1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

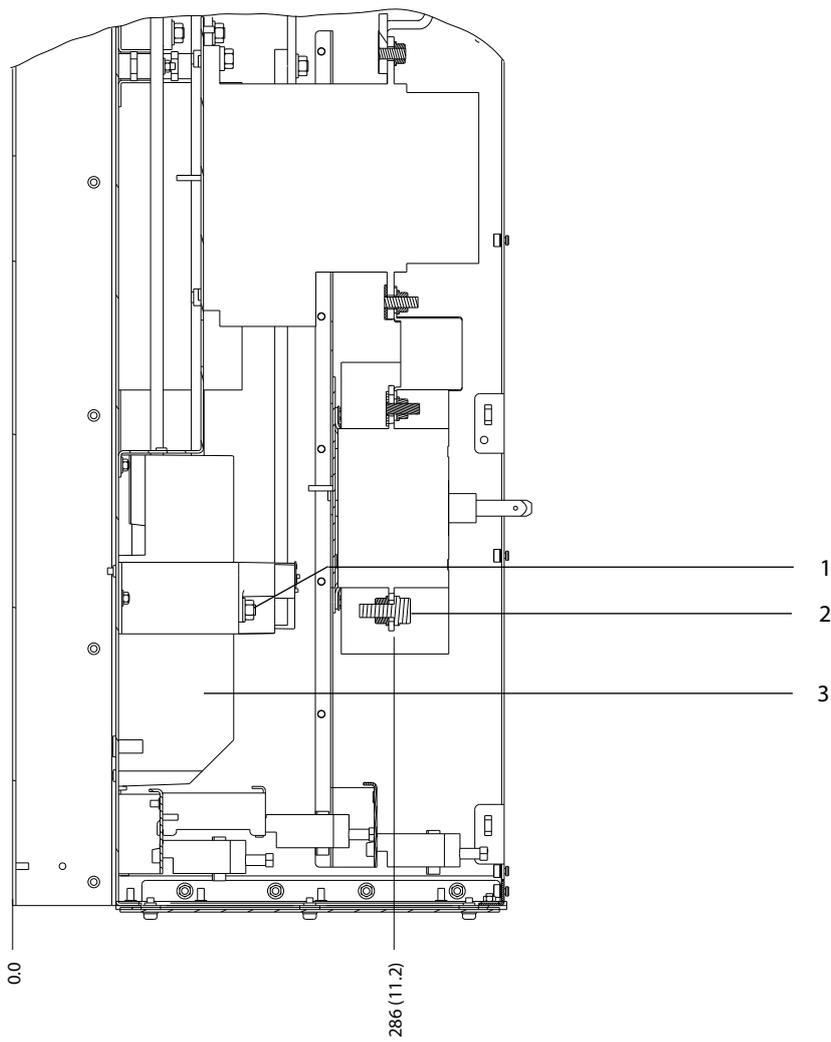
Abbildung 8.42 D6h – Klemmenabmessungen mit Schützooption (Seitenansichten)



1	Netzklemmen	4	Bremsklemmen
2	Erdungsklemmen	5	Motorklemmen
3	TB6 Klemmenblock für Schütz	-	-

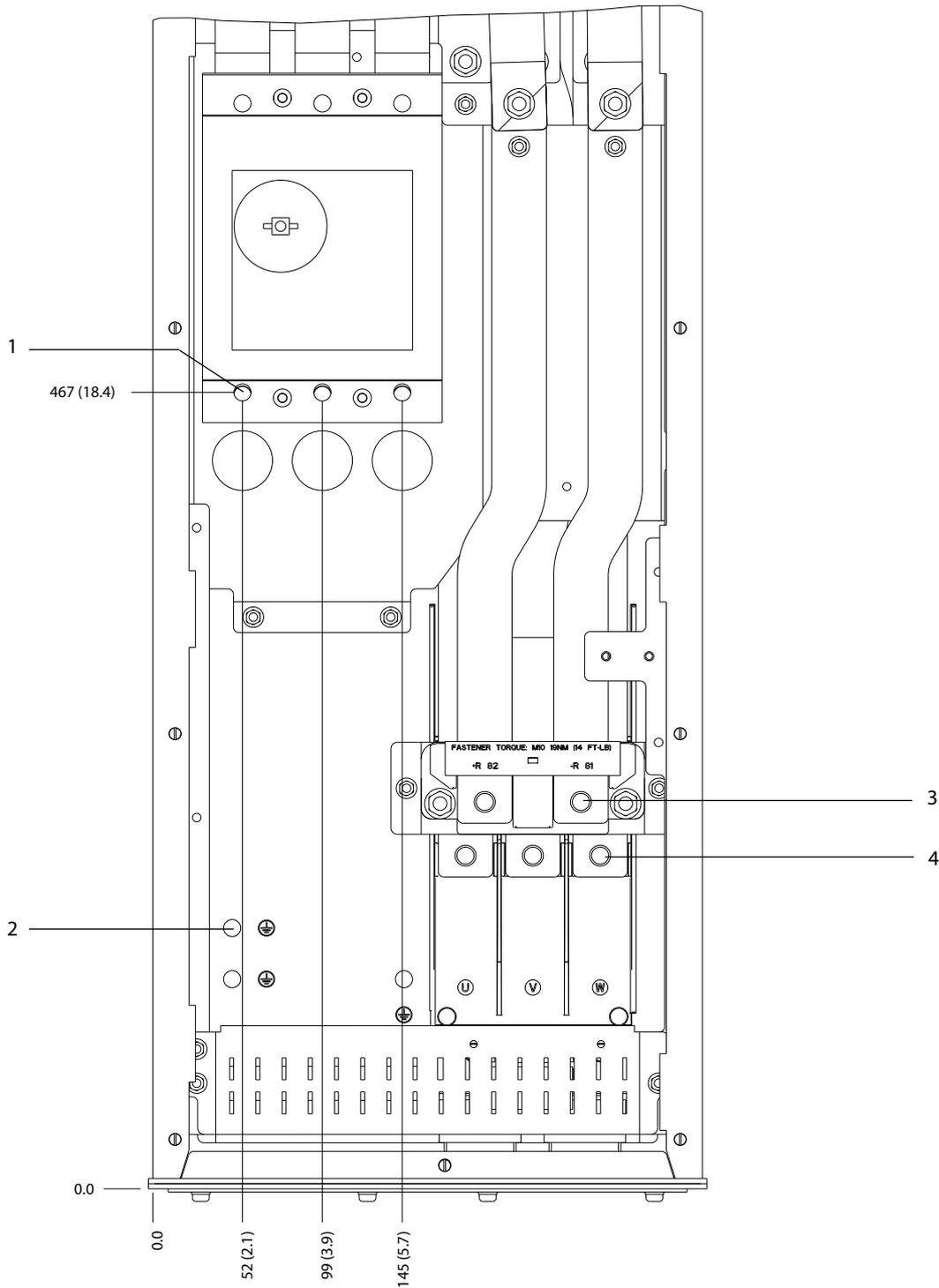
Abbildung 8.43 D6h – Klemmenabmessungen mit Schütz- und Trennschalteroptionen (Frontansicht)

8



1	Bremsklemmen	3	Motorklemmen
2	Netzklemmen	-	-

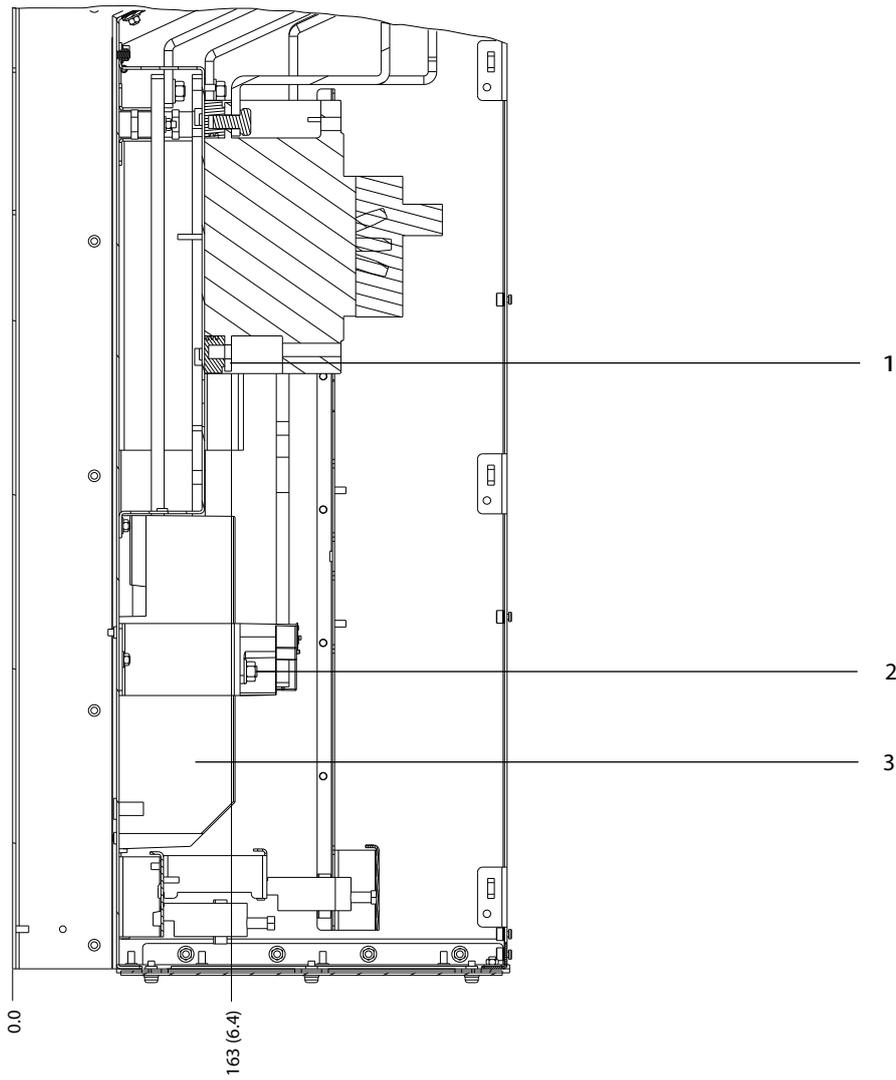
Abbildung 8.44 D6h – Klemmenabmessungen mit Schütz- und Trennschaleroptionen (Seitenansichten)



1	Netzklemmen	3	Bremsklemmen
2	Erdungsklemmen	4	Motorklemmen

Abbildung 8.45 D6h – Klemmenabmessungen mit Hauptschalteroption (Frontansicht)

8

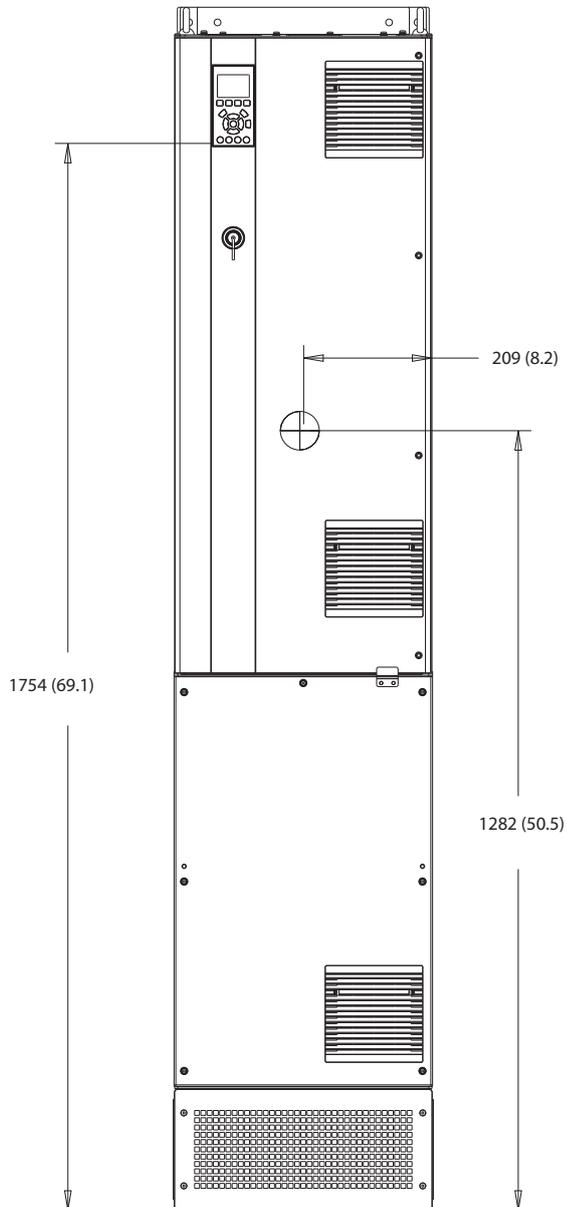


1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

Abbildung 8.46 D6h – Klemmenabmessungen mit Hauptschalteroption (Seitenansichten)

## 8.7 D7h – Außen- und Klemmenabmessungen

### 8.7.1 D7h – Außenabmessungen



130BF326.10

Abbildung 8.47 Frontansicht der Bauform D7h

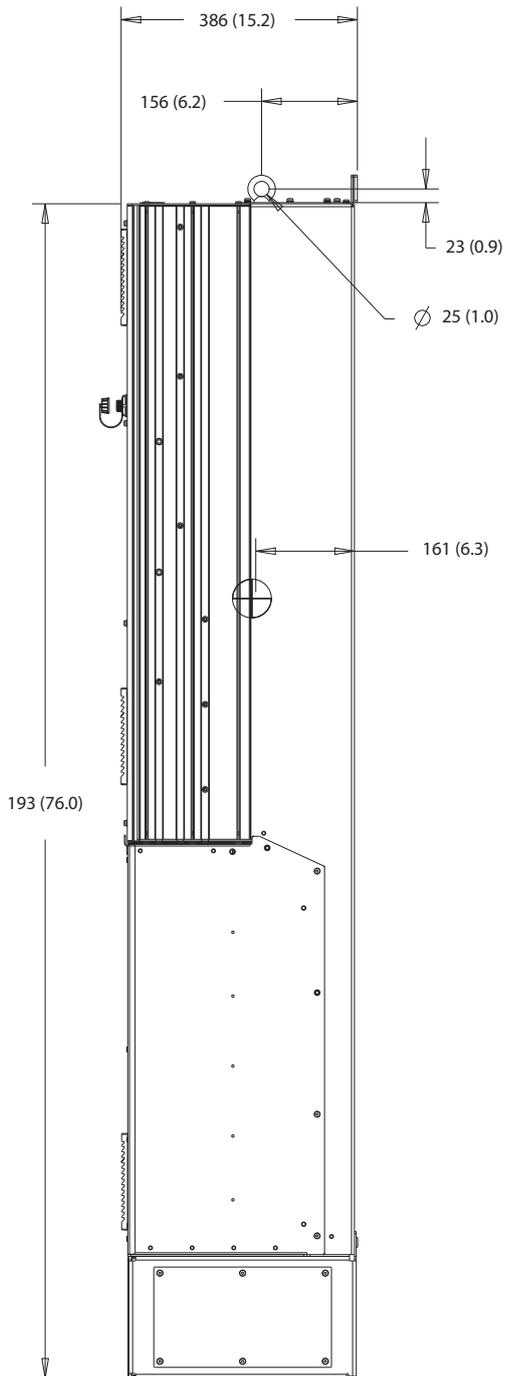
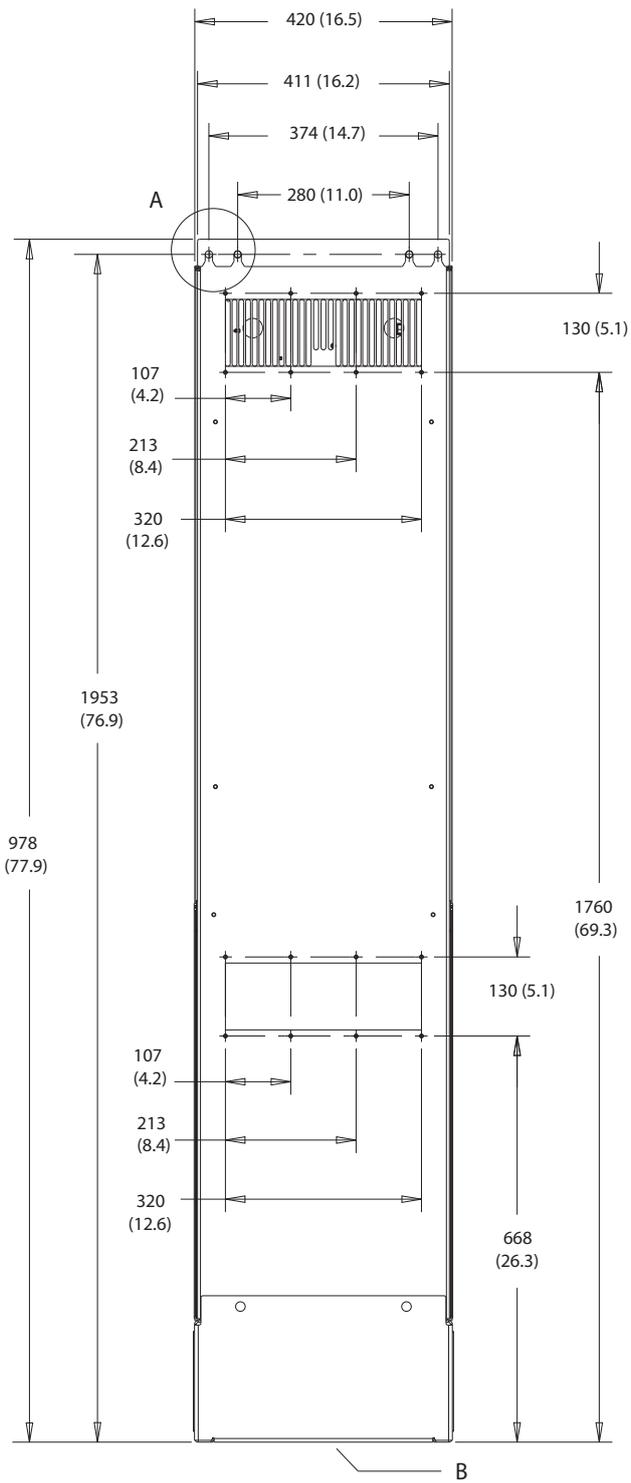
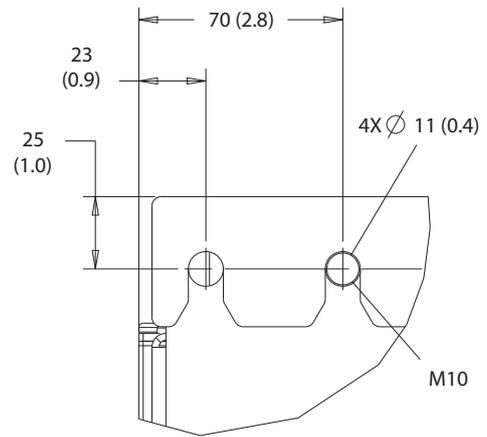


Abbildung 8.48 Seitenansicht der Bauform D7h

130BF810.10



A



B

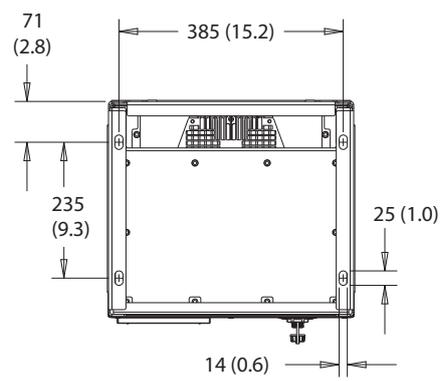
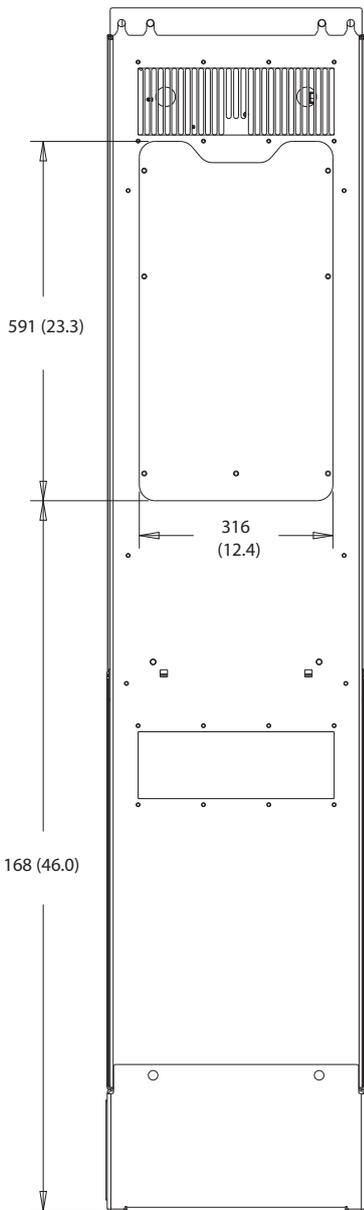


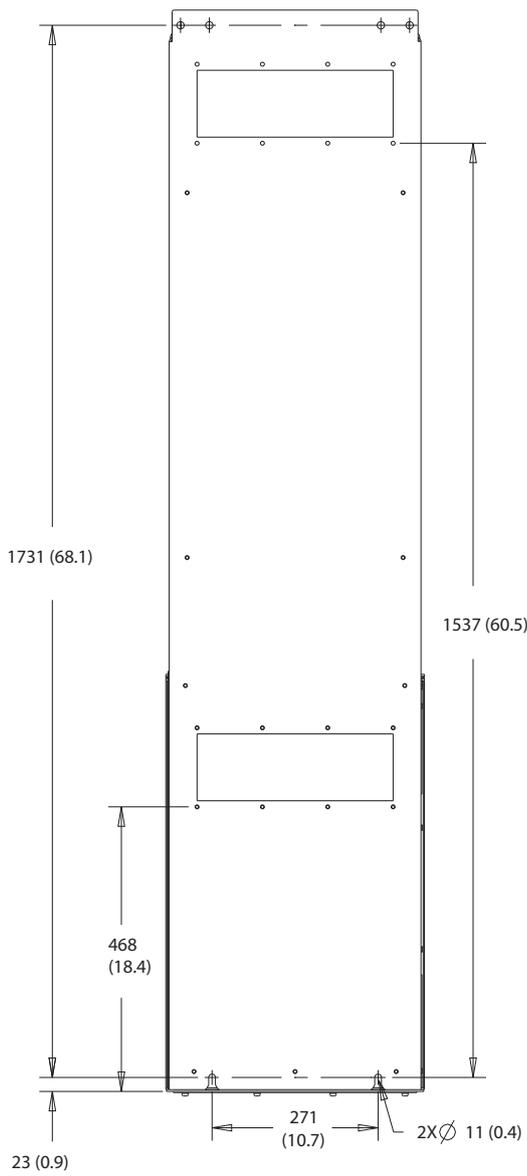
Abbildung 8.49 Rückansicht der Bauform D7h



8

Abbildung 8.50 Kühlkörper-Zugangsabmessungen für D7h

130BF832.10



8

Abbildung 8.51 Wandmontageabmessungen für D7h

130BF670.10

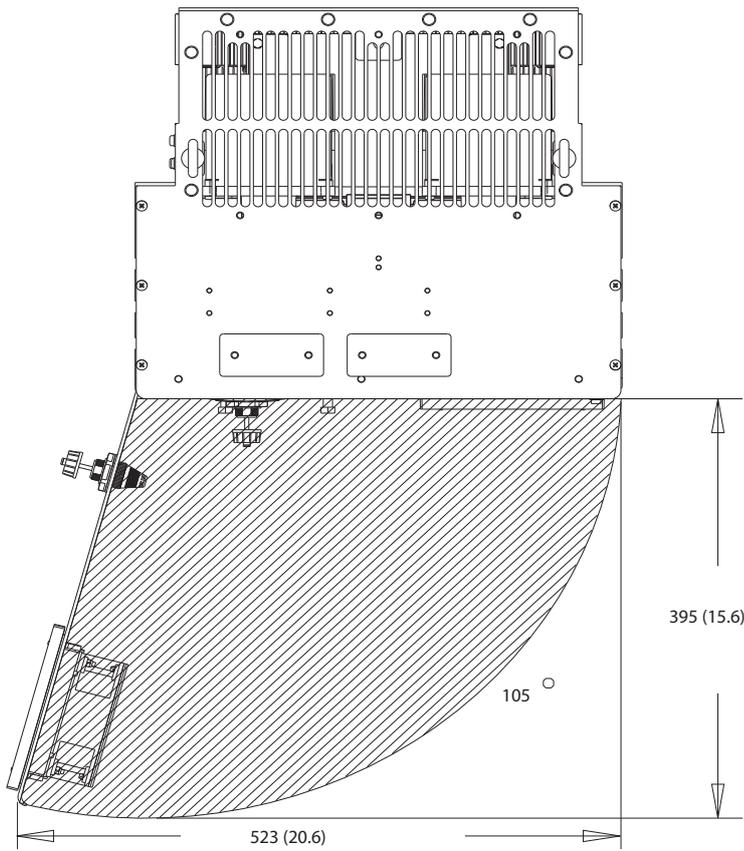
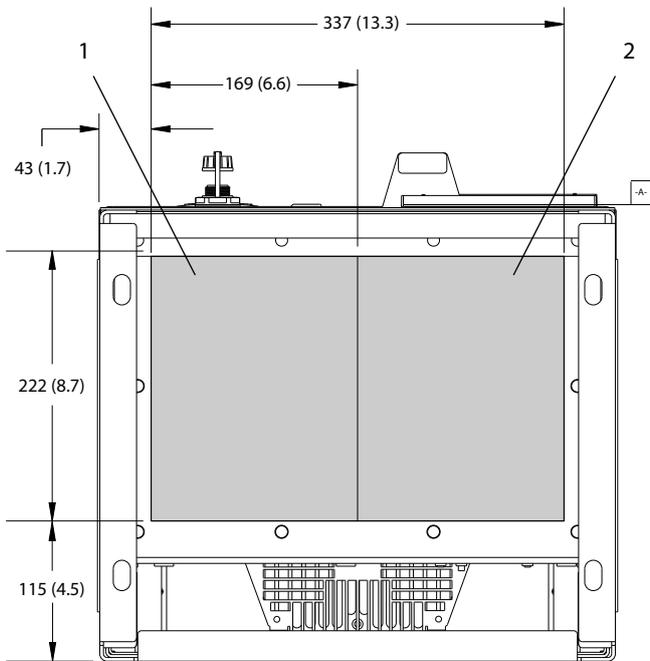


Abbildung 8.52 Türabstand der Bauform D7h

8

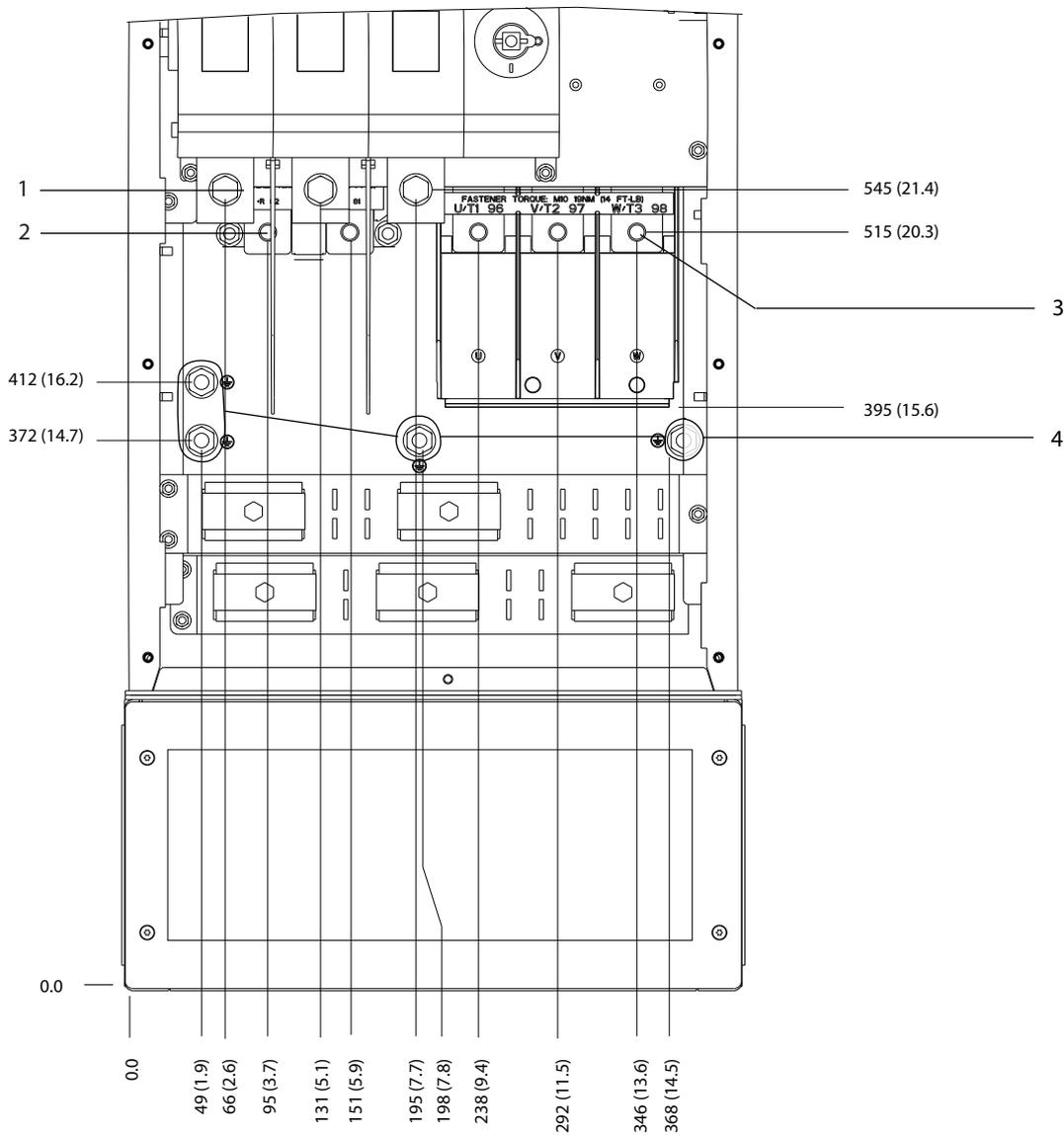
130BF610.10



1	Netzseite	2	Motorseite
---	-----------	---	------------

Abbildung 8.53 Bodenplattenabmessungen der Bauform D7h

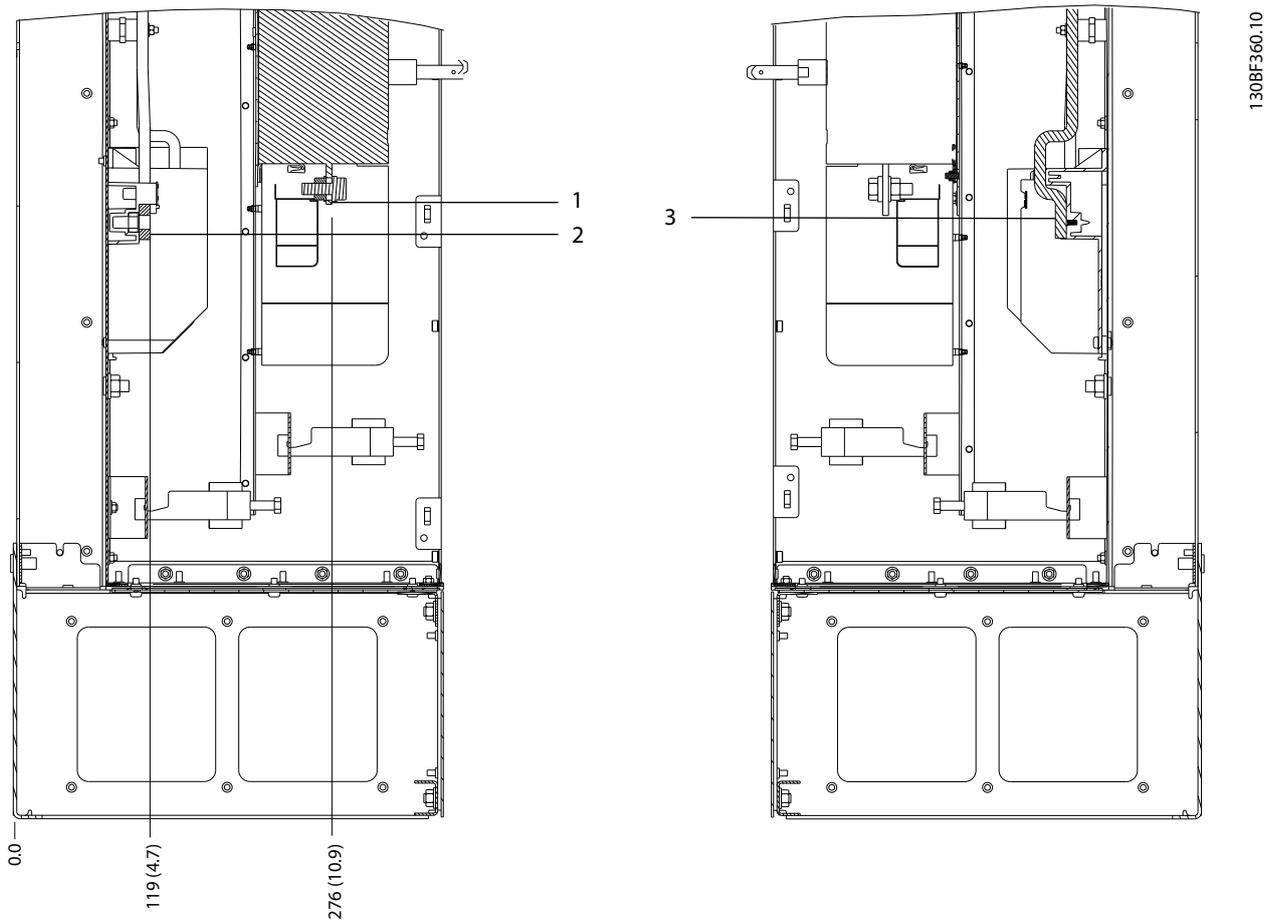
8.7.2 D7h – Klemmenabmessungen



130BF359;10

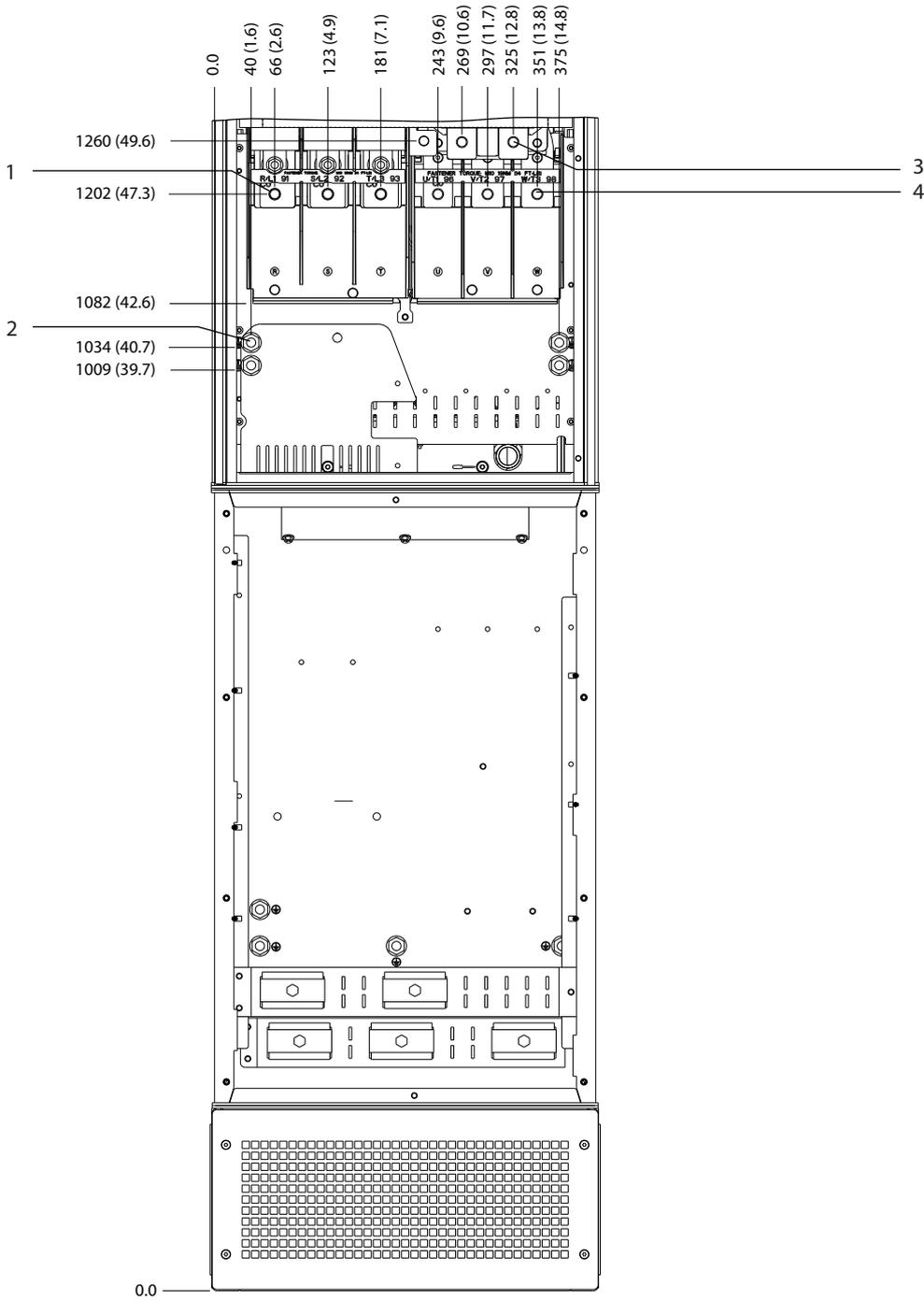
1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	4	Erdungsklemmen

Abbildung 8.54 D7h – Klemmenabmessungen mit Trennschaltoption (Frontansicht)



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

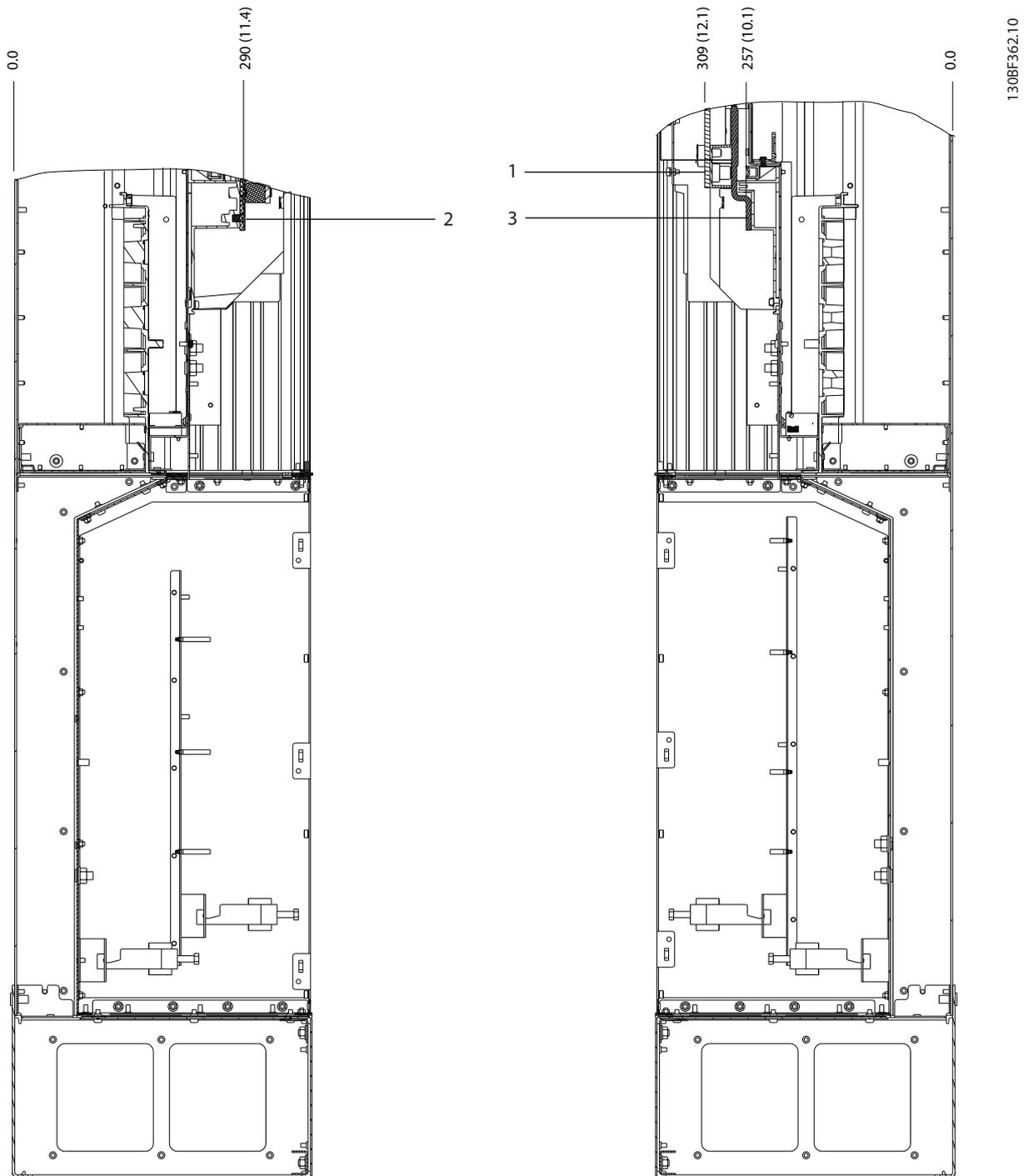
Abbildung 8.55 D7h – Klemmenabmessungen mit Trennschalterooption (Seitenansichten)



1	Netzklemmen	3	Bremsklemmen
2	Erdungsklemmen	4	Motorklemmen

Abbildung 8.56 D7h – Klemmenabmessungen mit Bremsoption (Frontansicht)

8

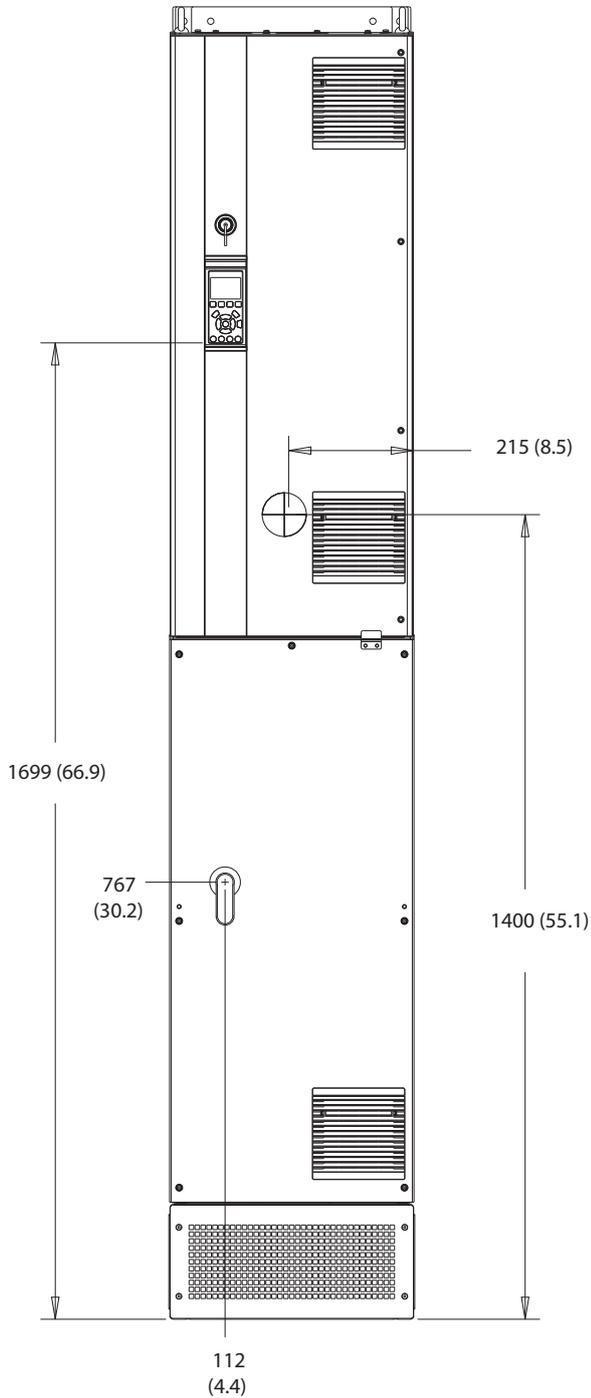


1	Bremsklemmen	3	Motorklemmen
2	Netzklemmen	-	-

Abbildung 8.57 D7h – Klemmenabmessungen mit Bremsoption (Seitenansichten)

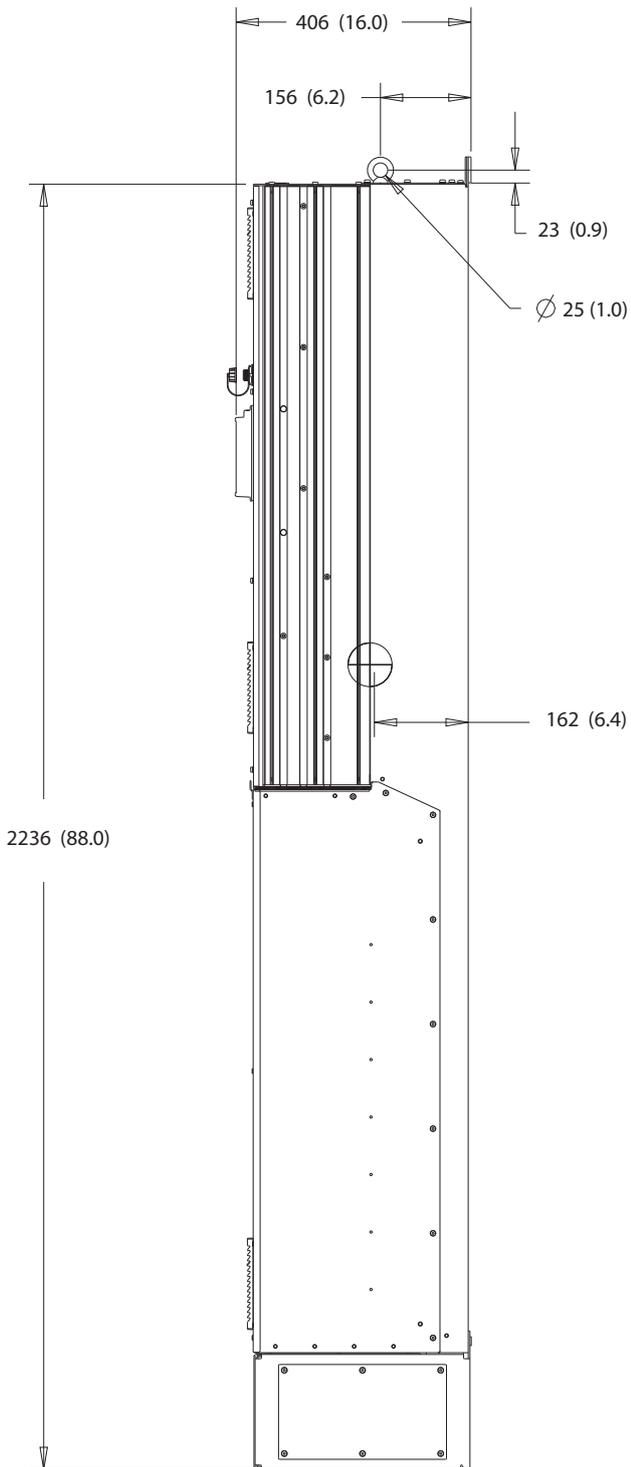
8.8 D8h – Außen- und Klemmenabmessungen

8.8.1 D8h – Außenabmessungen



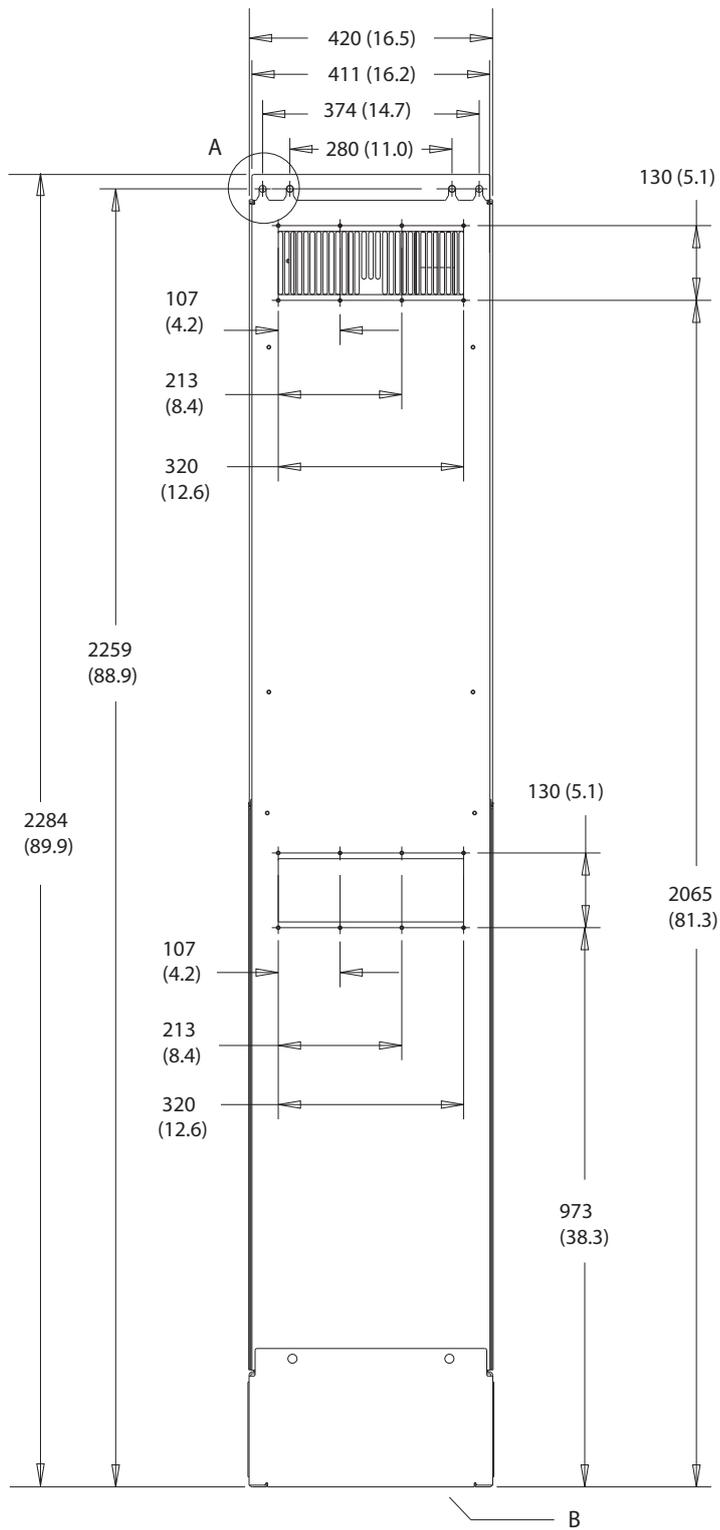
1308F327.10

Abbildung 8.58 Frontansicht der Bauform D8

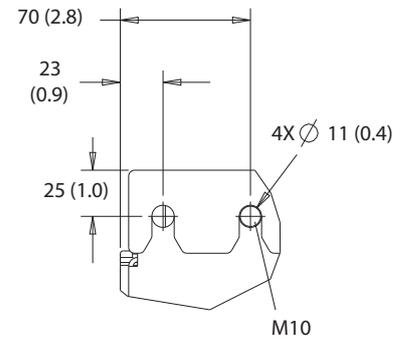


8

Abbildung 8.59 Seitenansicht der Bauform D8h



A



B

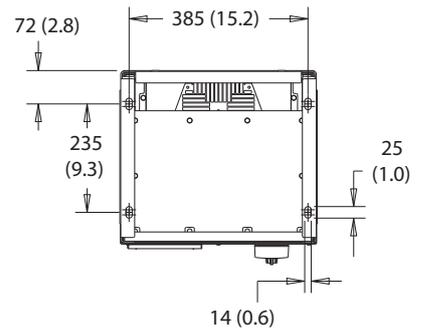
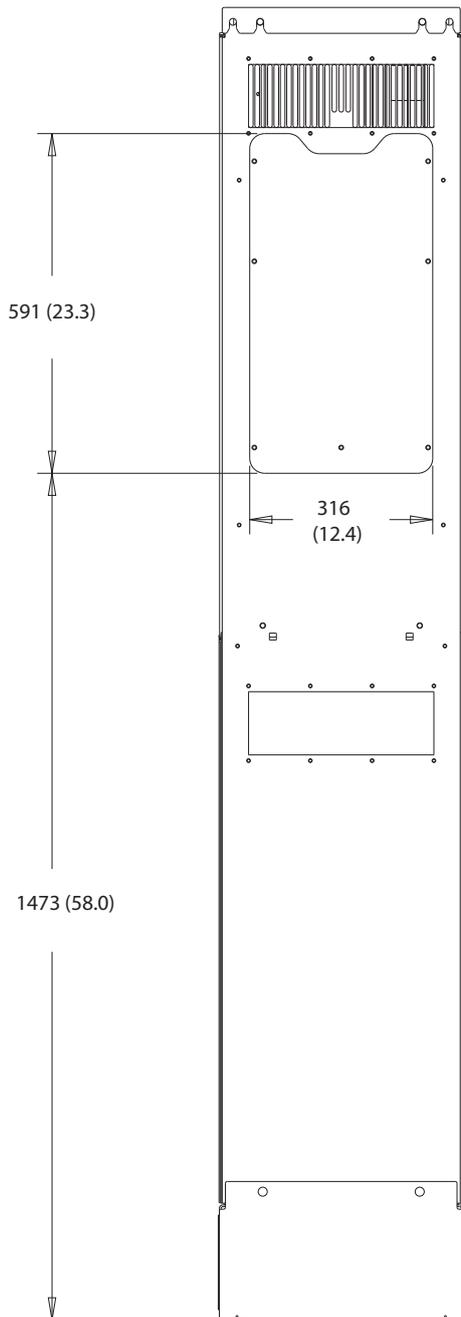


Abbildung 8.60 Rückansicht der Bauform D8h



8

Abbildung 8.61 Kühlkörper-Zugangsabmessungen für D8h

130BF670.10

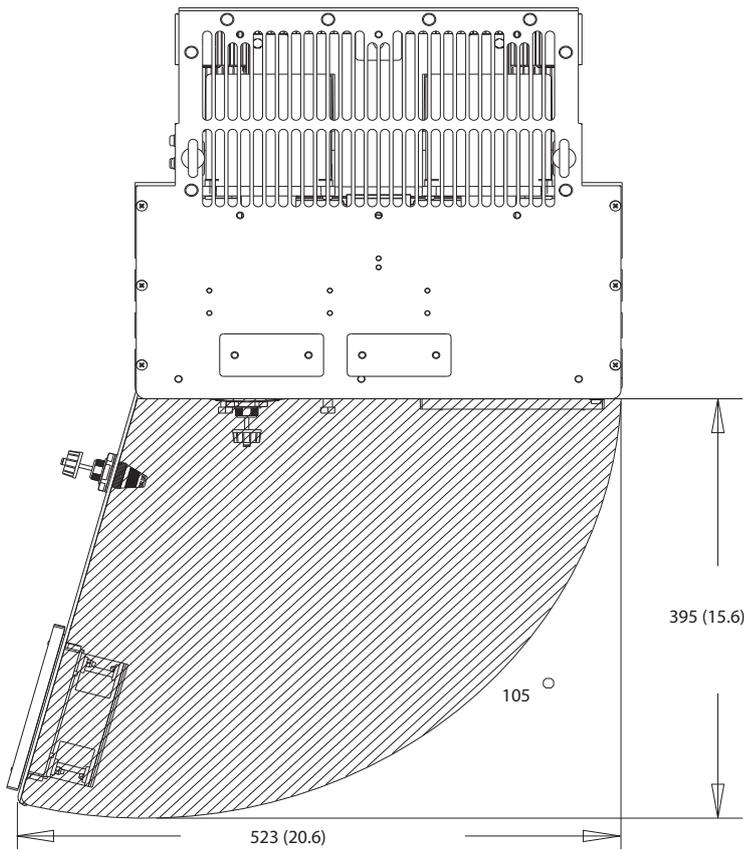
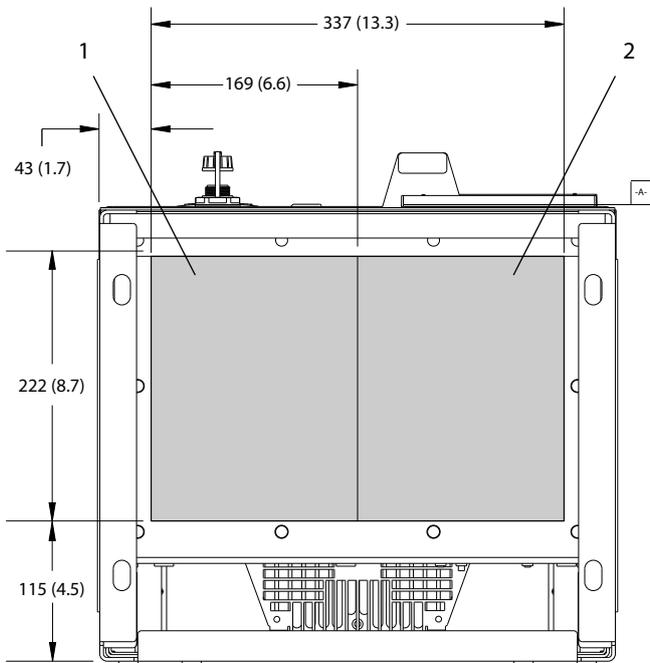


Abbildung 8.62 Türabstand der Bauform D8h

8

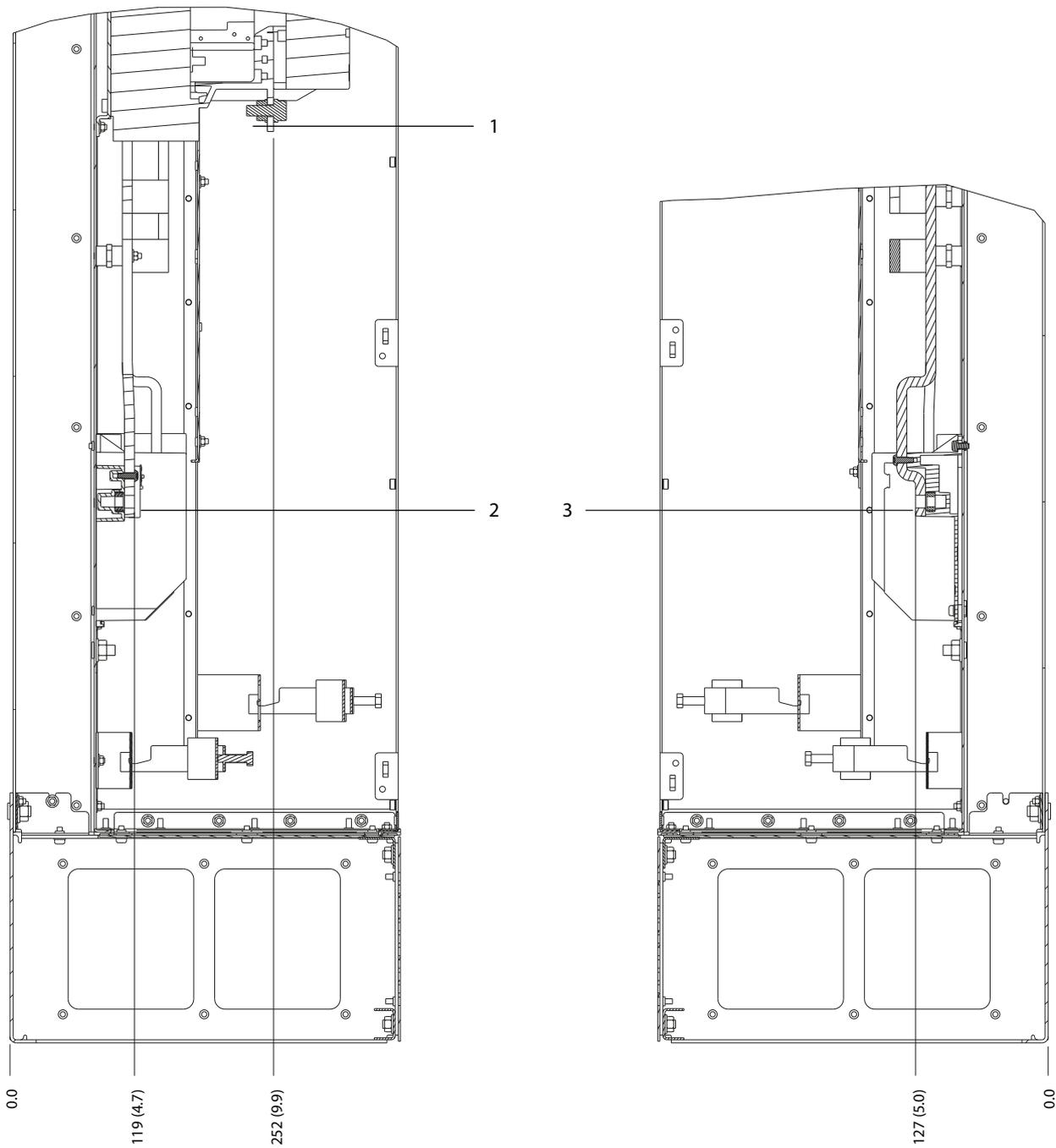
130BF610.10



1	Netzseite	2	Motorseite
---	-----------	---	------------

Abbildung 8.63 Bodenplattenabmessungen der Bauform D8h



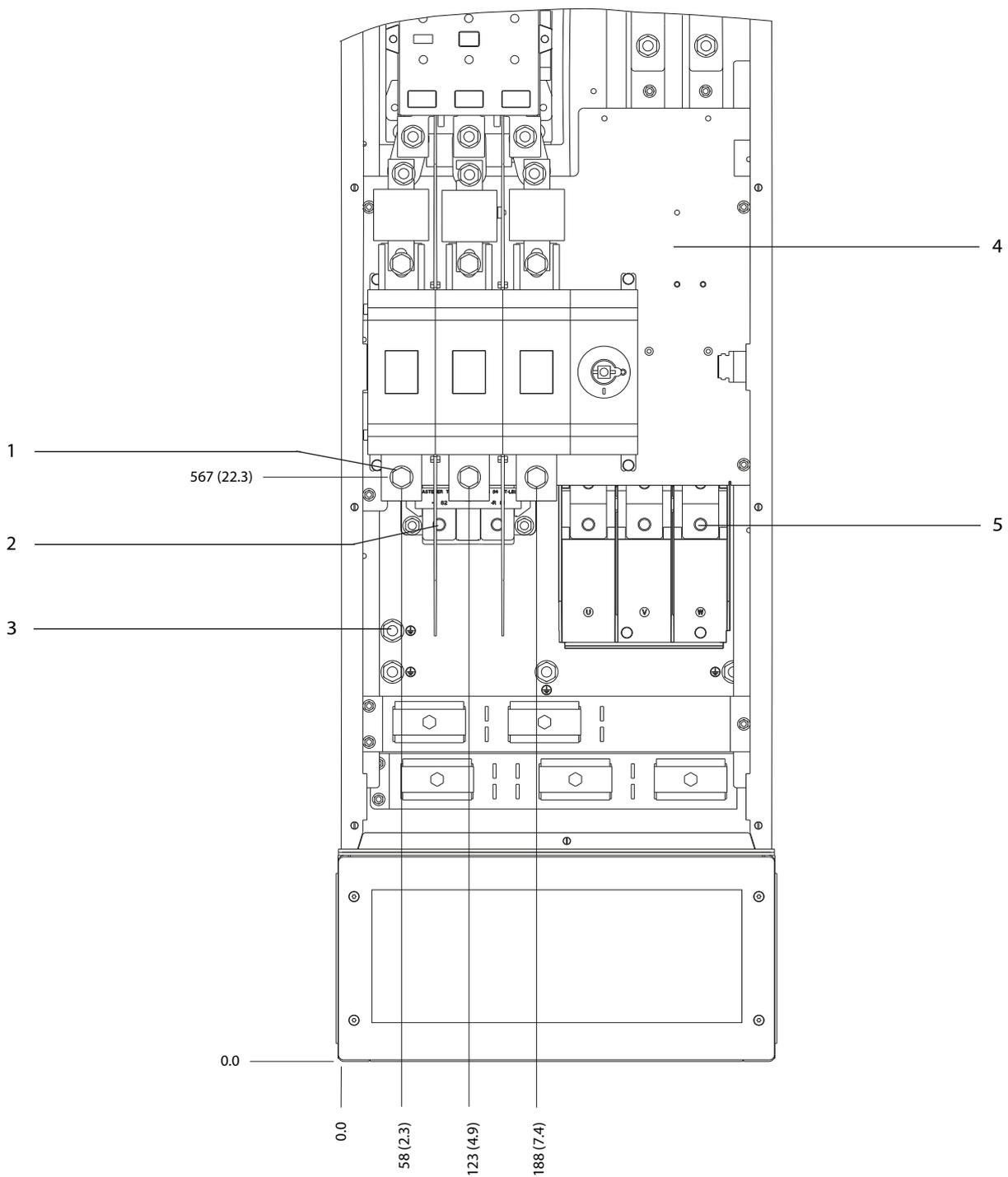


130BF368.10

8

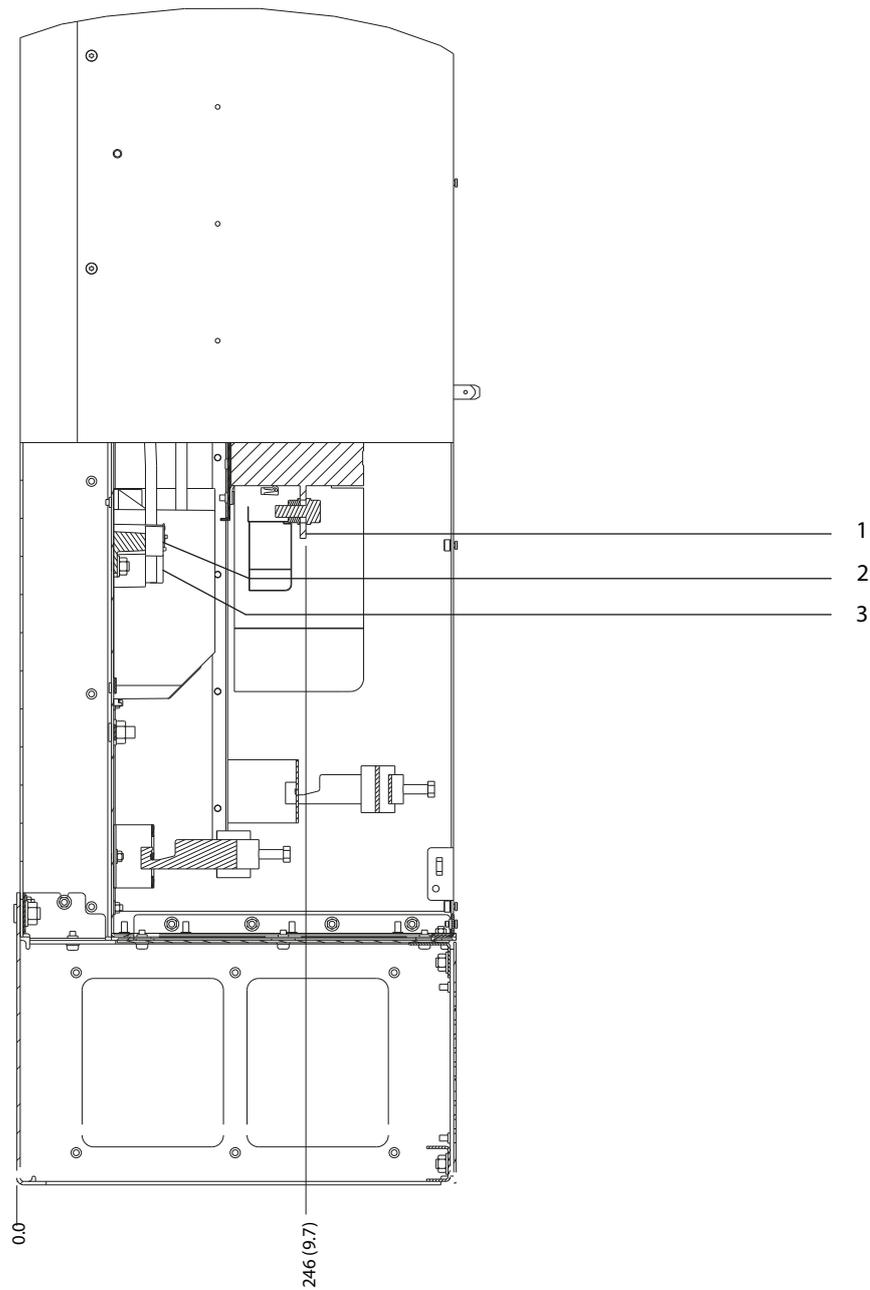
1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

Abbildung 8.65 D8h-Klemmenabmessungen mit Schützoption (Seitenansicht)



1	Netzklammen	4	TB6 Klemmenblock für Schütz
2	Bremsklammen	5	Motorklammen
3	Erdungsklammen	-	-

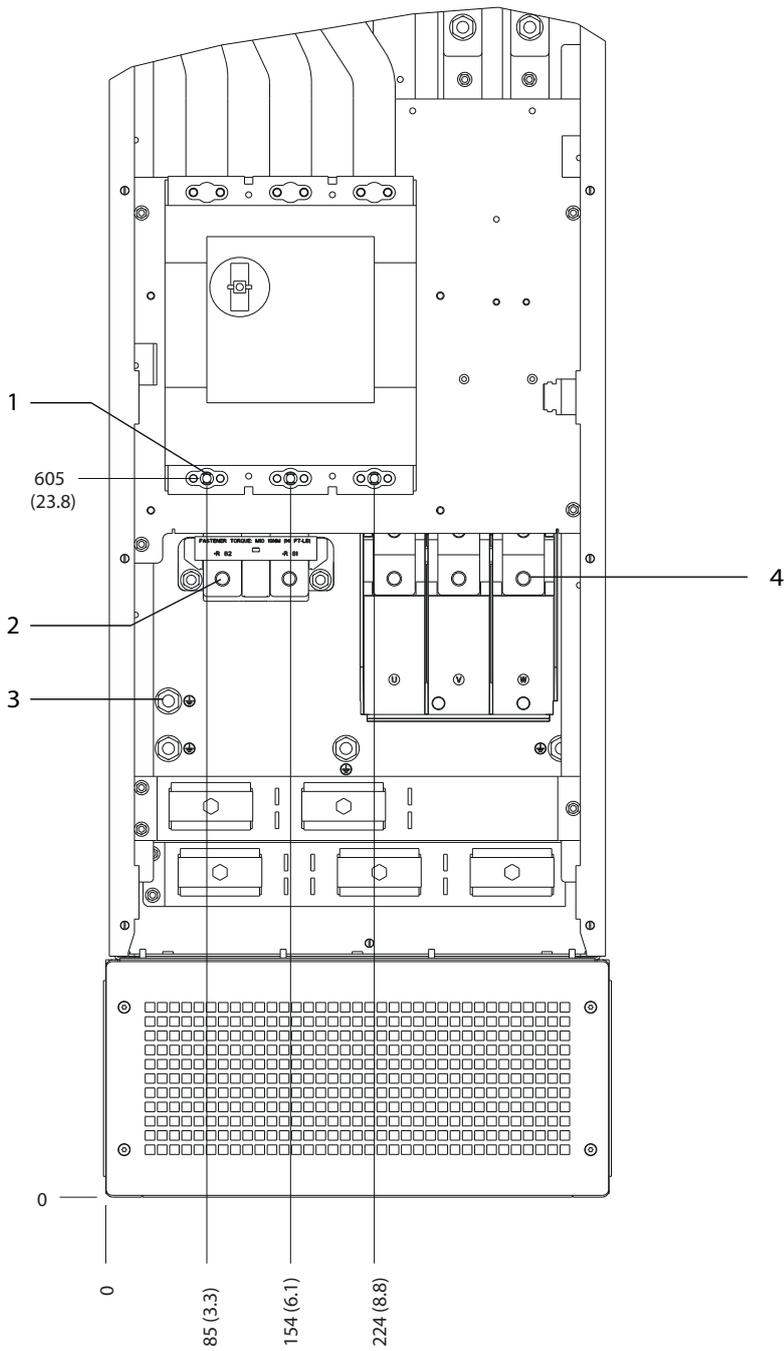
Abbildung 8.66 D8h-Klemmenabmessungen mit Schütz- und Schalteroptionen (Frontansicht)



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

Abbildung 8.67 D8h-Klemmenabmessungen mit Schütz- und Schalteroptionen (Seitenansicht)

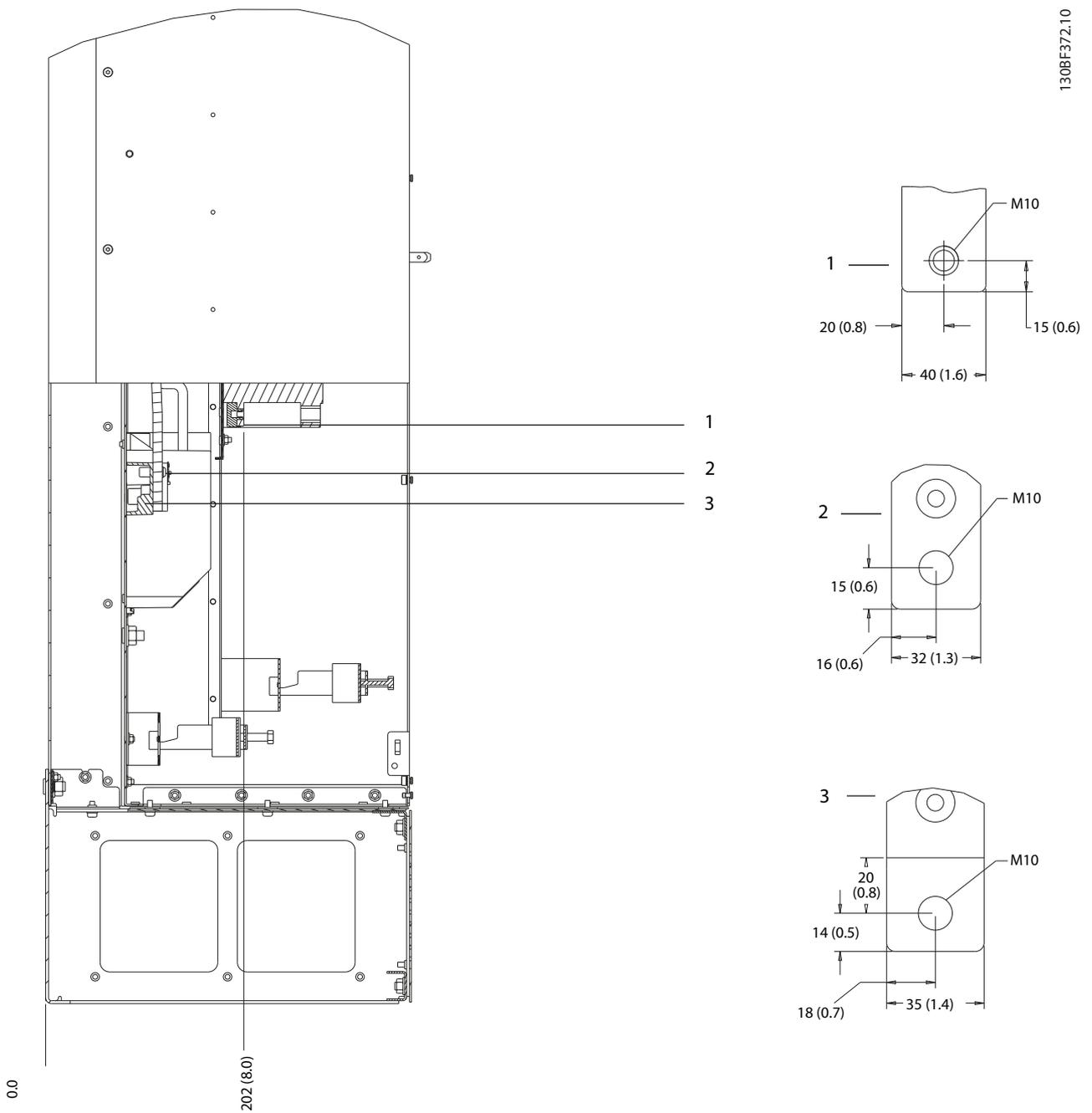
8



1	Netzklemmen	3	Erdungsklemmen
2	Bremsklemmen	4	Motorklemmen

Abbildung 8.68 D8h-Klemmenabmessungen mit Trennschalteroption (Frontansicht)

130BF372.10



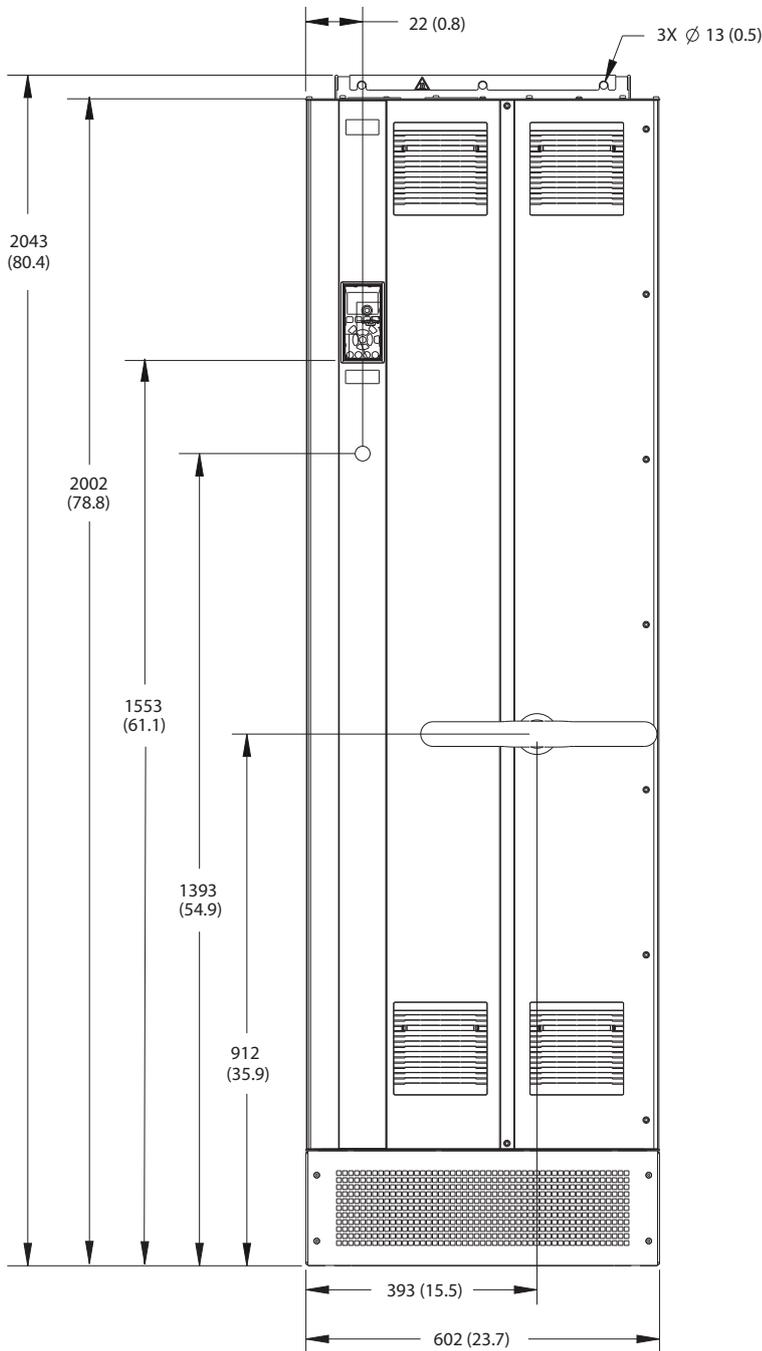
8

1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	-	-

Abbildung 8.69 D8h-Klemmenabmessungen mit Trennschalteroption (Seitenansicht)

## 8.9 E1h – Außen- und Klemmenabmessungen

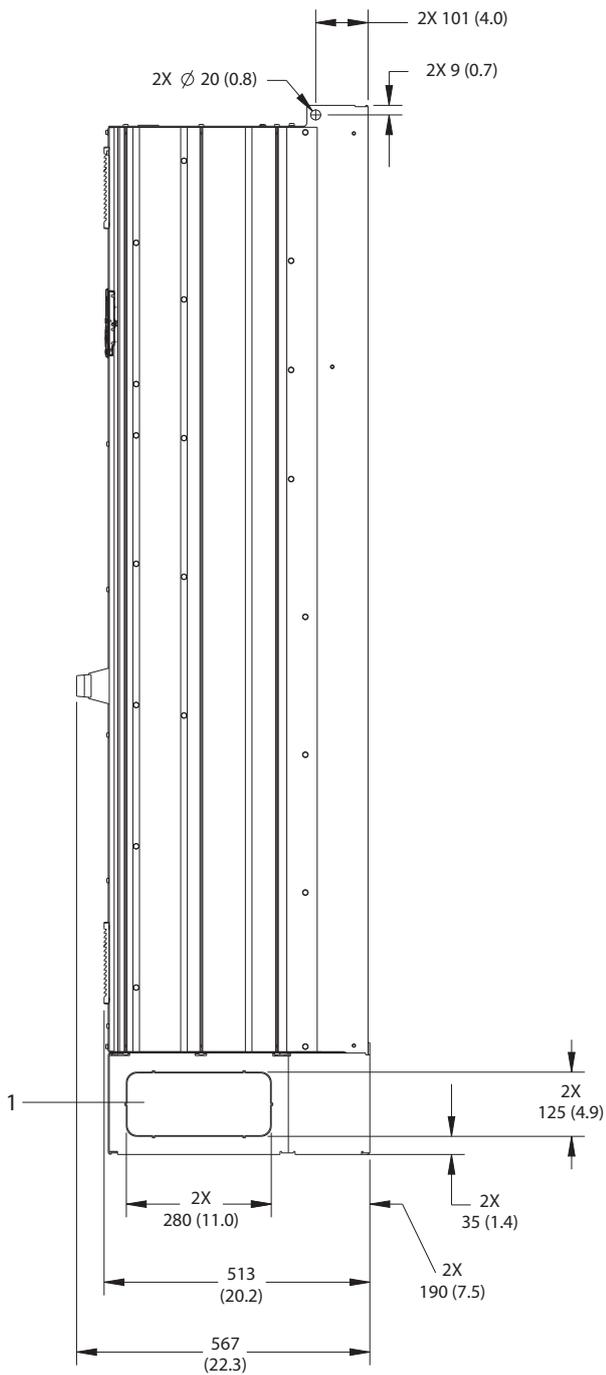
### 8.9.1 Außenabmessungen E1h



130BF648.10

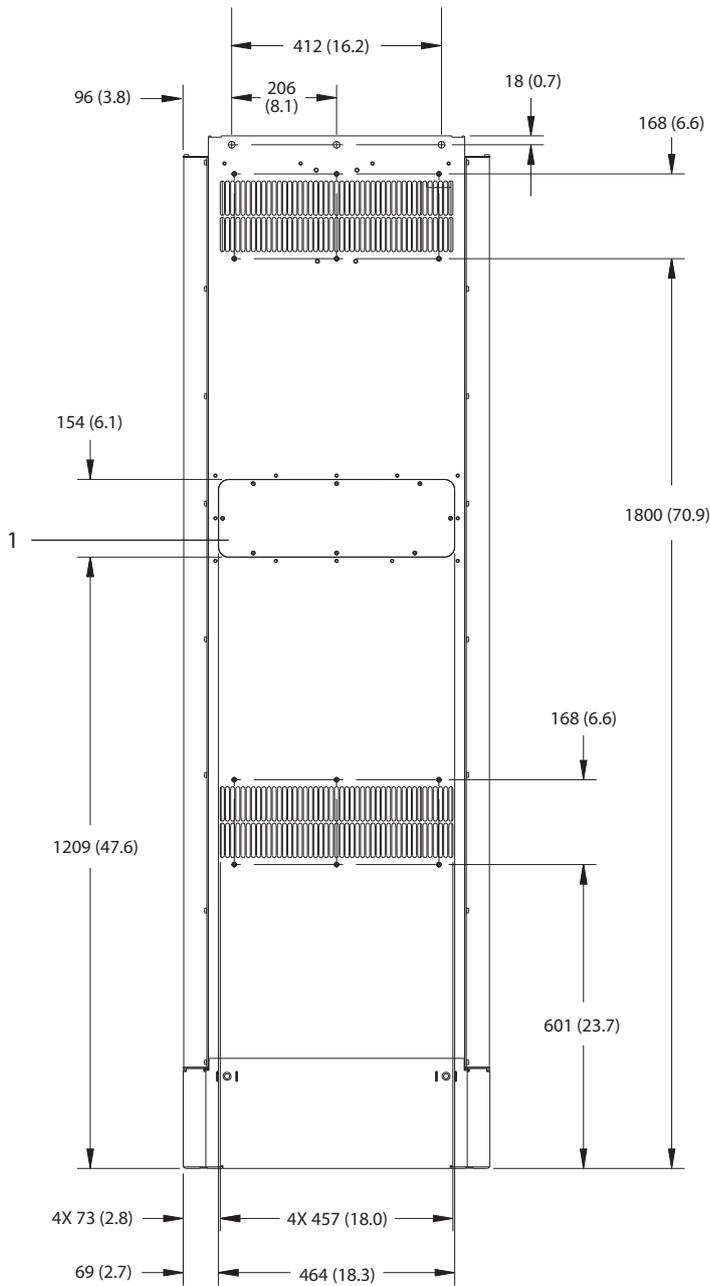
8

Abbildung 8.70 Frontansicht E1h



1	Ausbrechplatte
---	----------------

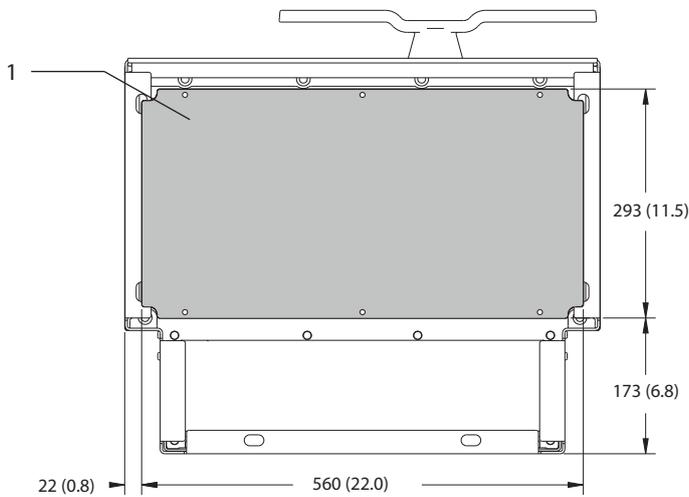
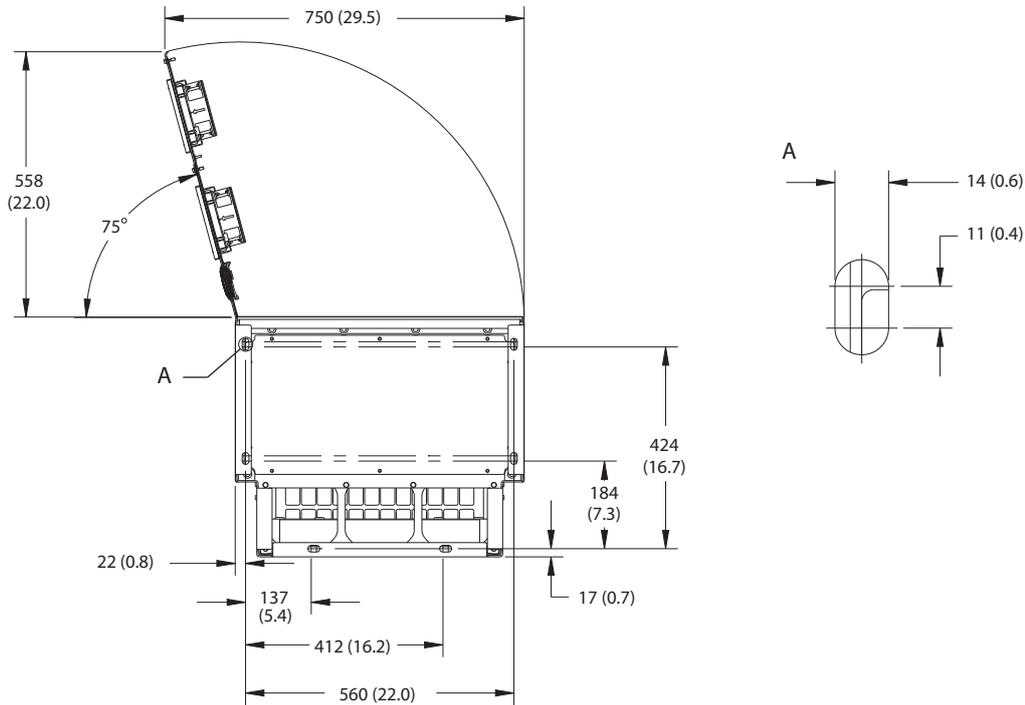
Abbildung 8.71 Seitenansicht E1h



8

1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

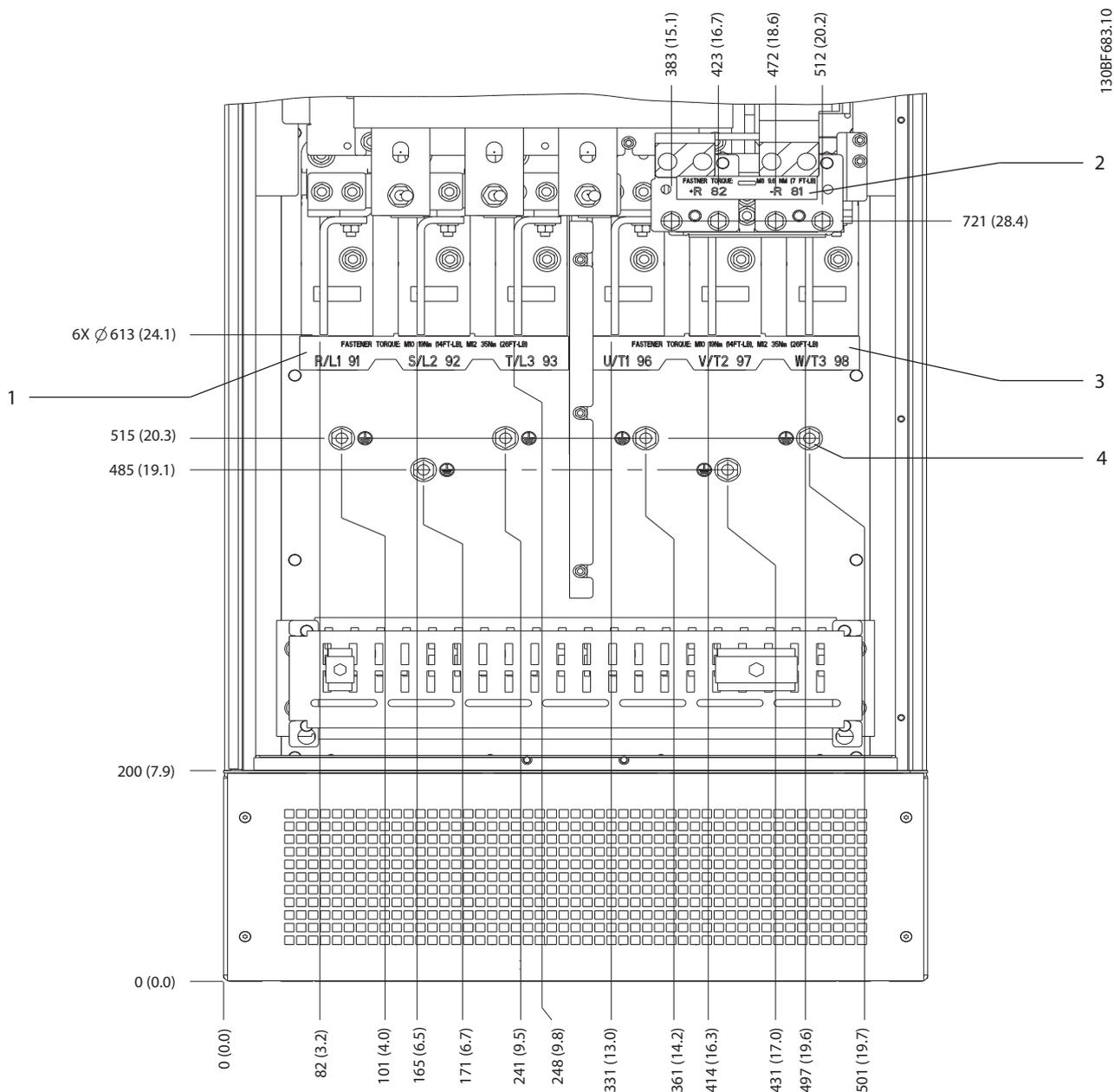
Abbildung 8.72 Rückansicht E1h



1	Bodenplatte zur Kabeleinführung
---	---------------------------------

Abbildung 8.73 Abmessungen Türabstand und Bodenplatte für E1h

8.9.2 E1h-Klemmenabmessungen



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M10-Sechskantmutter

Abbildung 8.74 E1h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

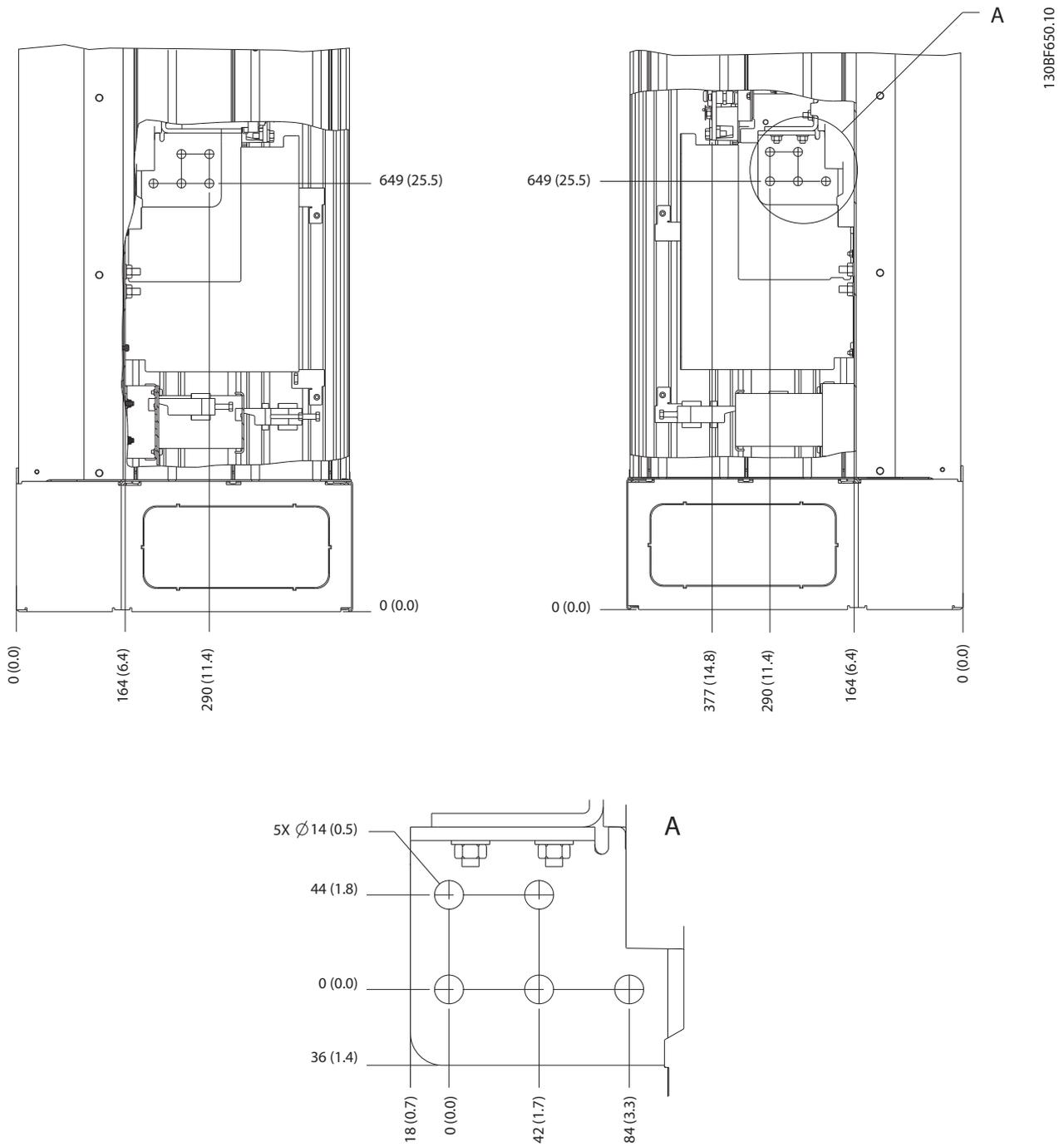
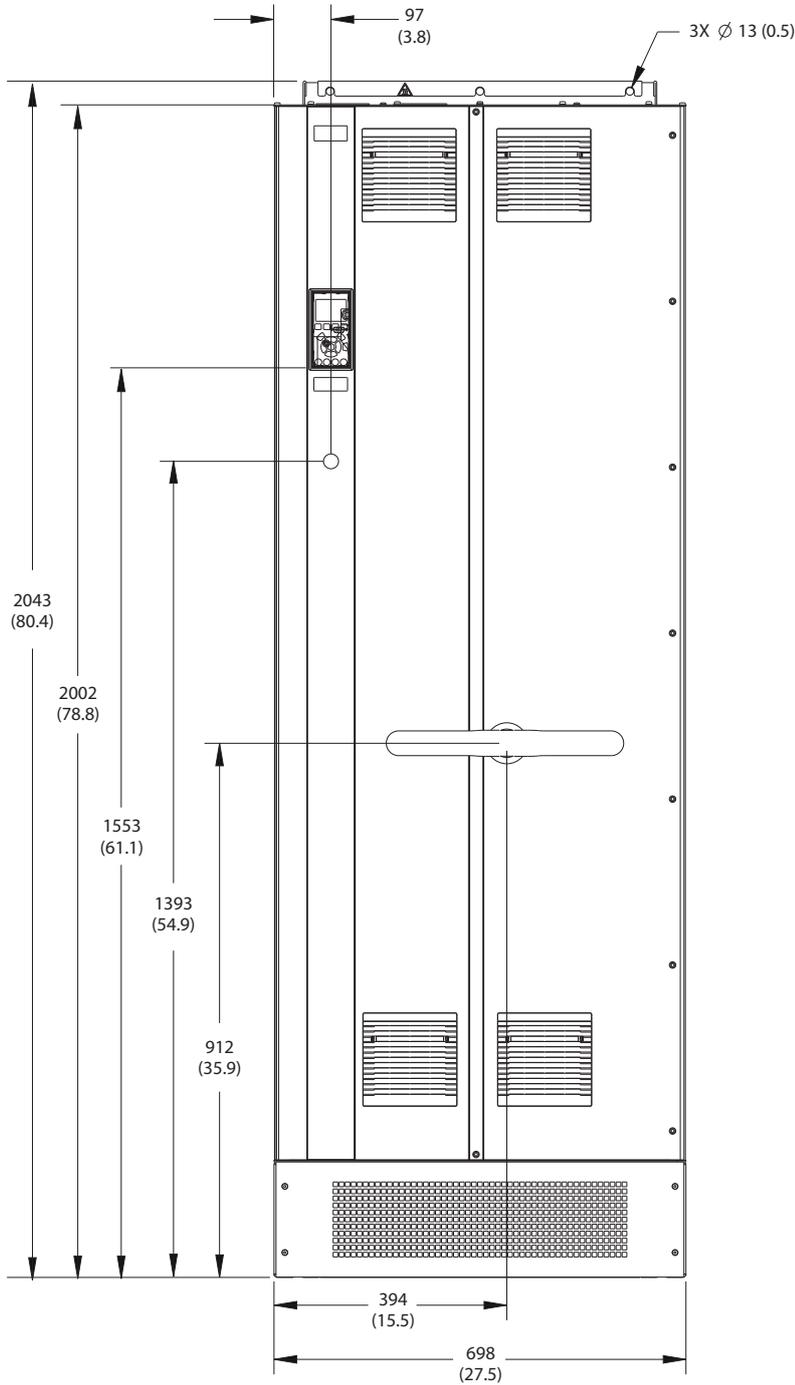


Abbildung 8.75 E1h-Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

8.10 E2h-Außen- und Klemmenabmessungen

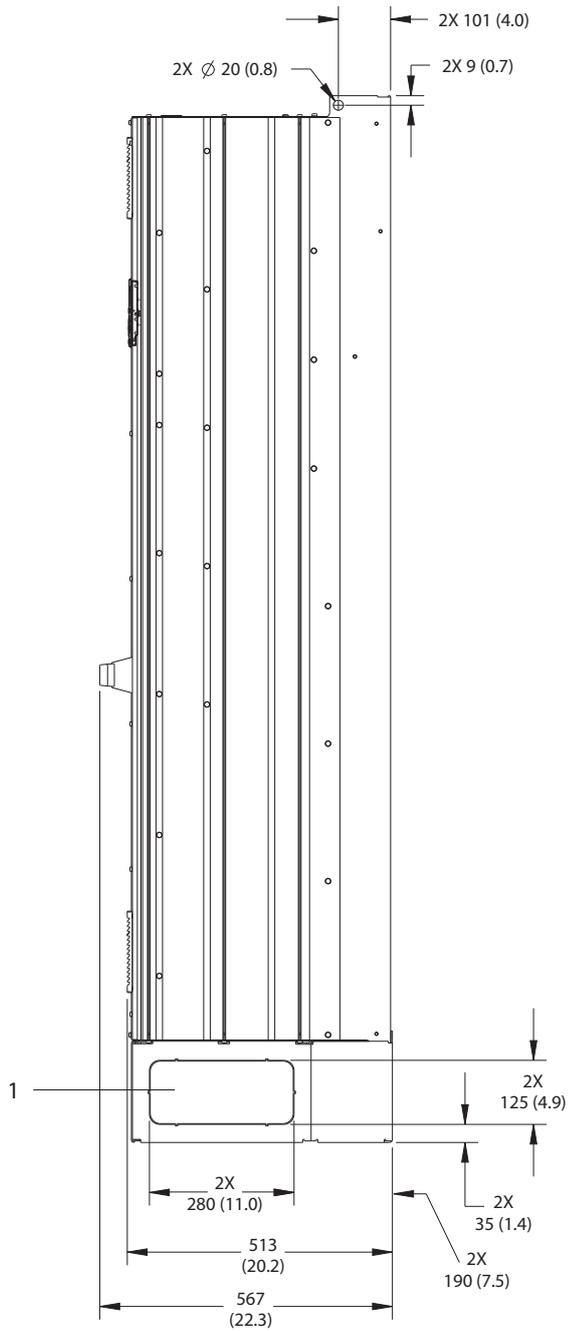
8.10.1 Außenabmessungen E2h



130BF654.10

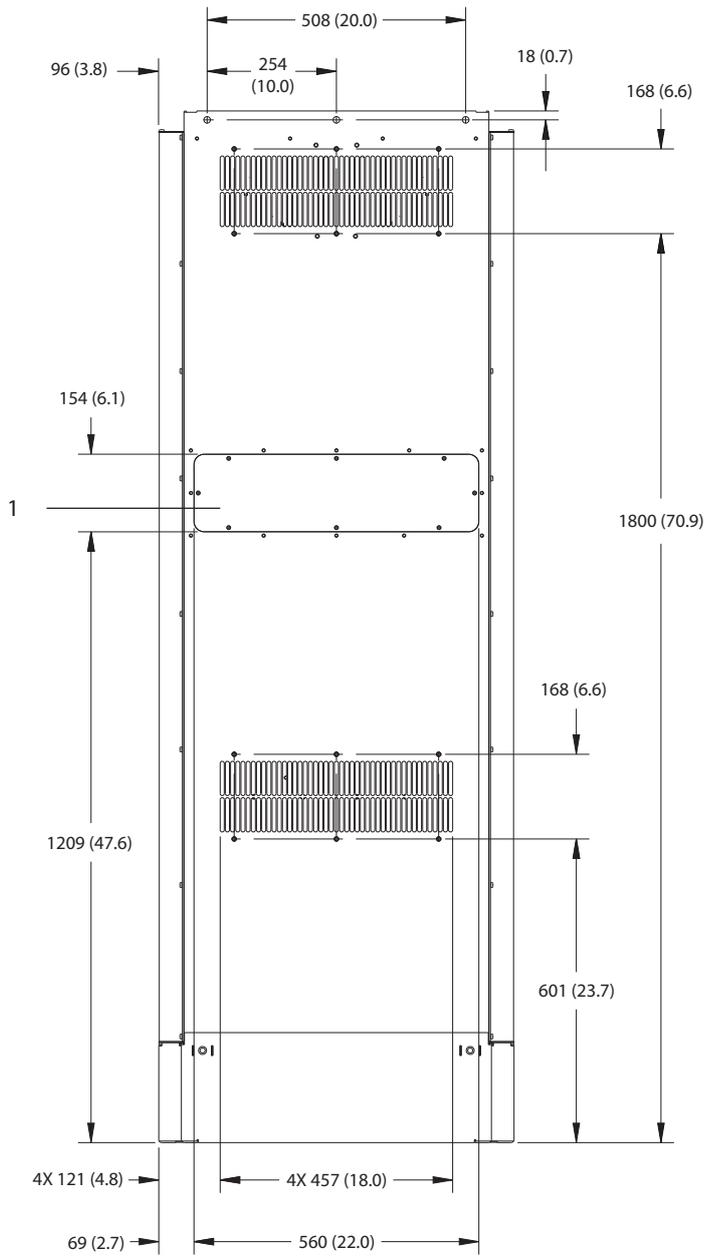
8

Abbildung 8.76 Frontansicht E2h



1	Ausbrechplatte
---	----------------

Abbildung 8.77 Seitenansicht E2h

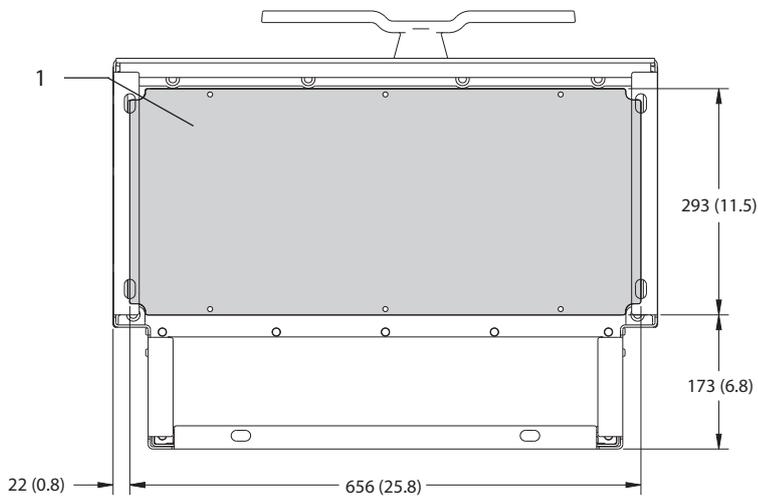
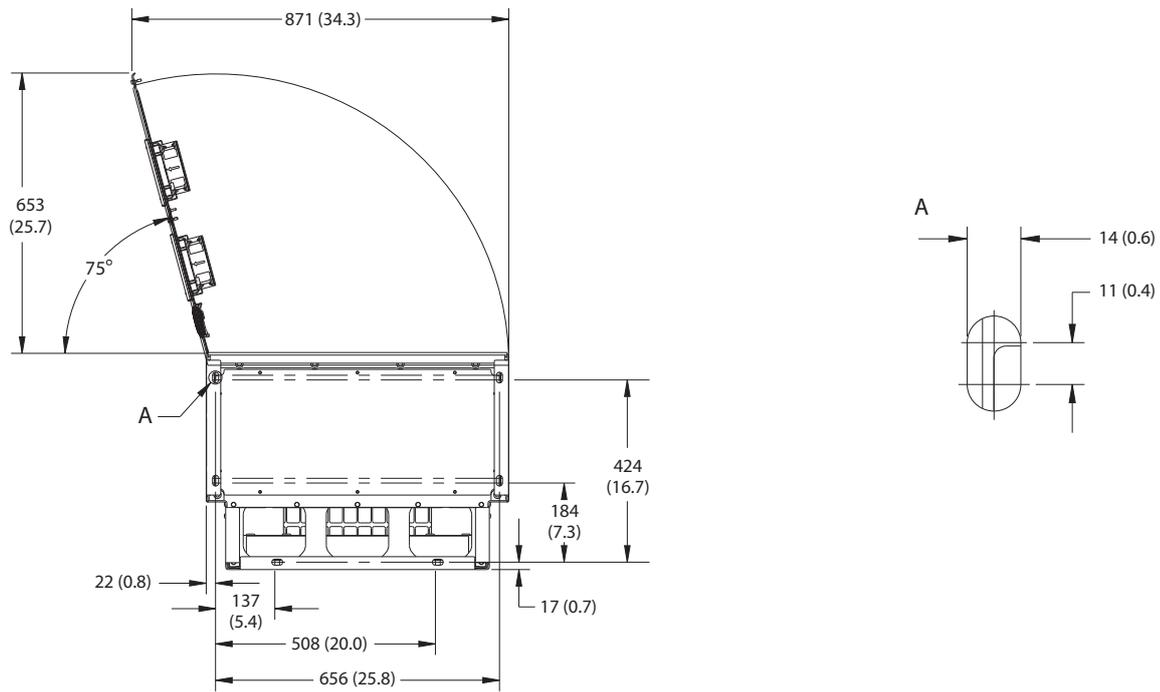


8

1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

Abbildung 8.78 Rückansicht E2h

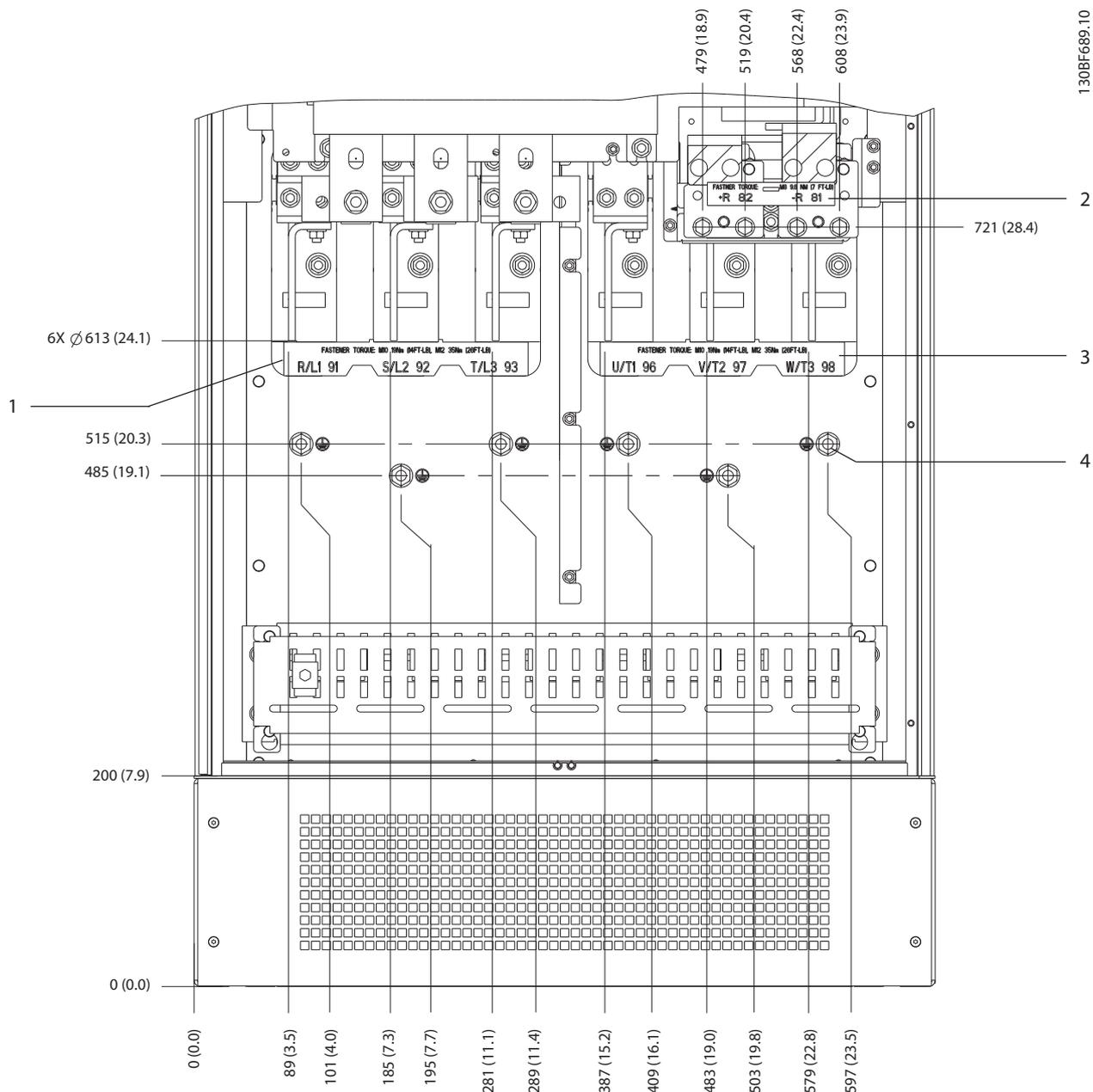
1308F652.10



1	Bodenplatte zur Kabeleinführung
---	---------------------------------

Abbildung 8.79 Abmessungen Türabstand und Bodenplatte für E2h

8.10.2 E2h-Klemmenabmessungen



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M10-Sechskantmutter

Abbildung 8.80 E2h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

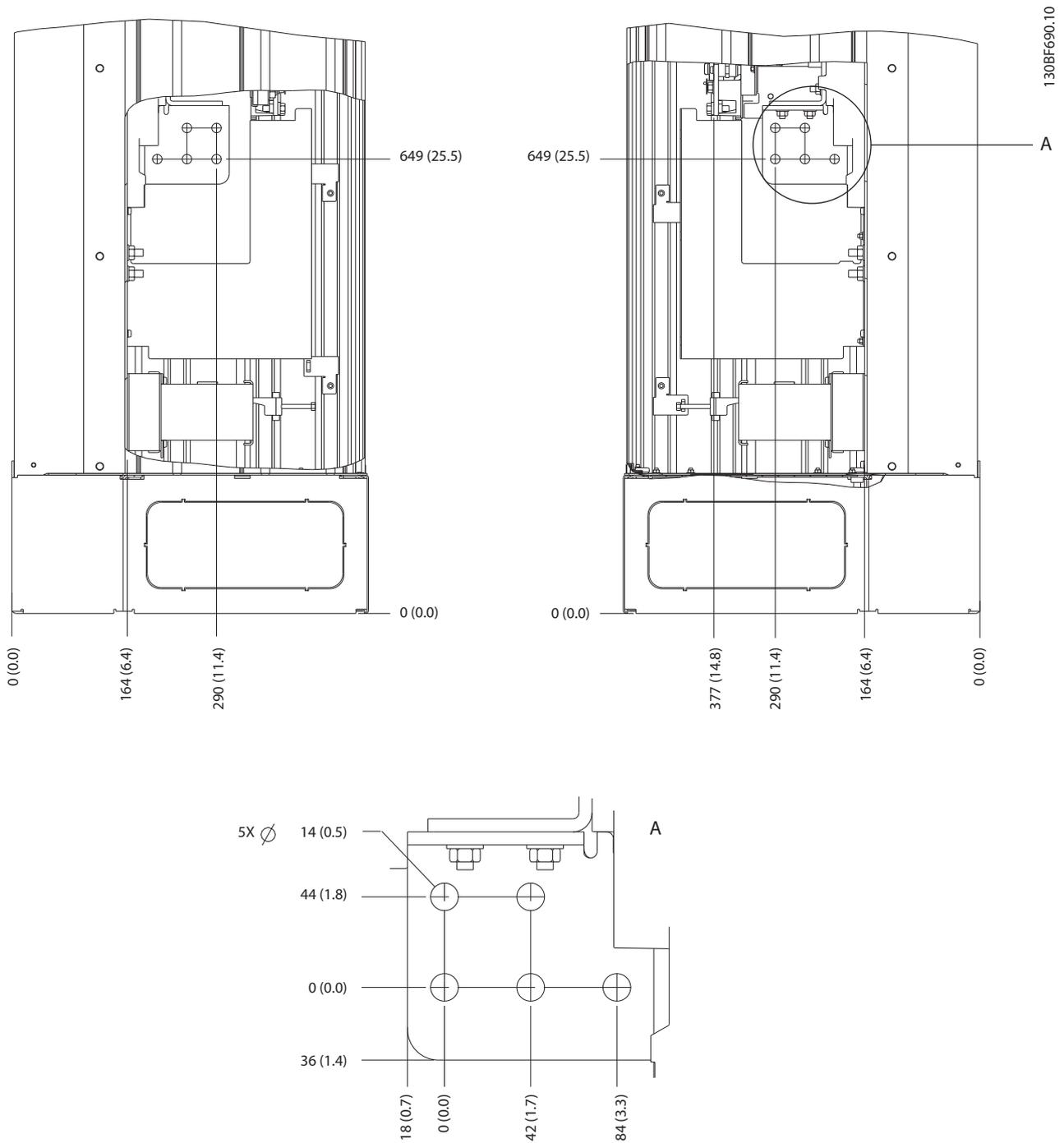
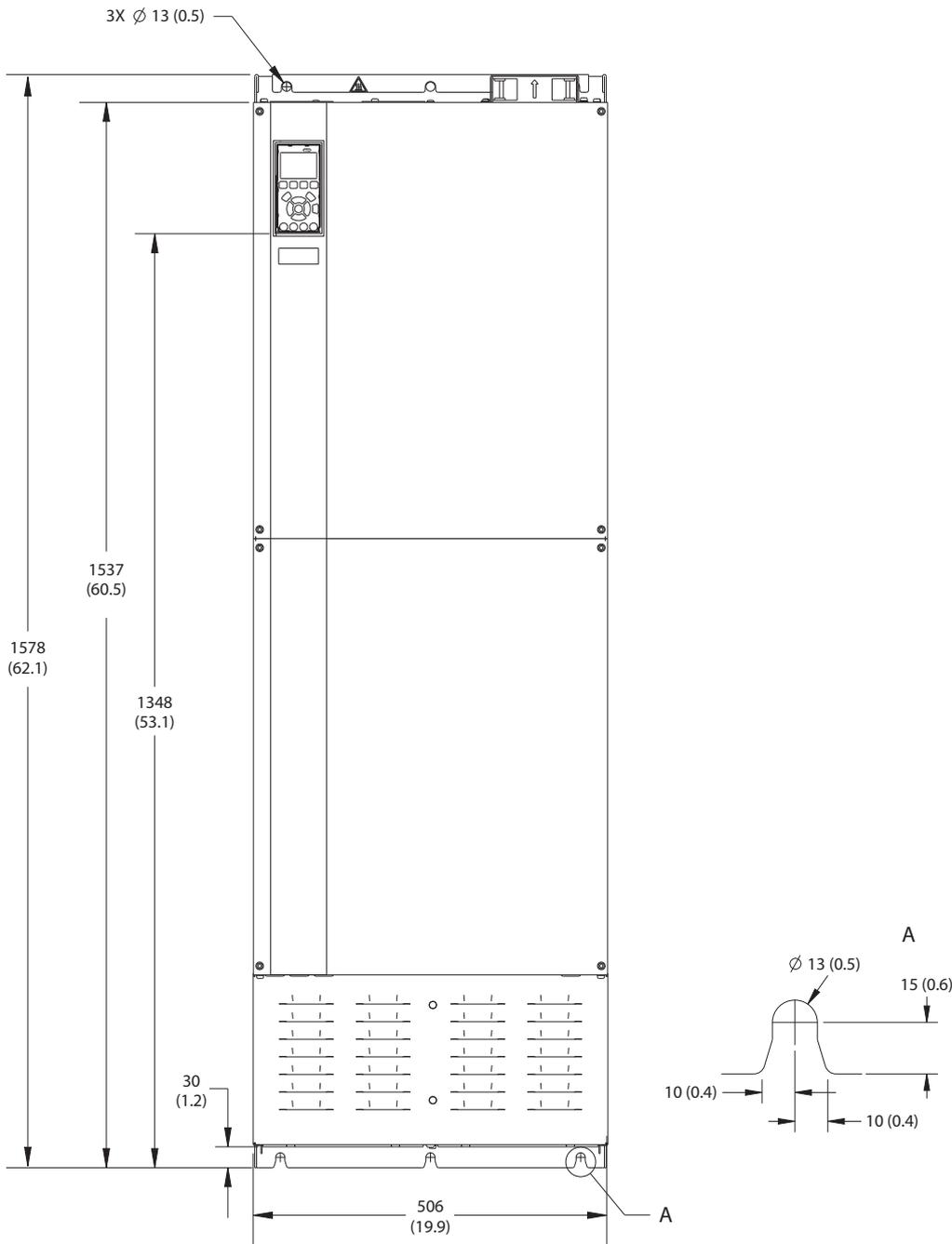


Abbildung 8.81 E2h-Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

## 8.11 E3h-Außen- und Klemmenabmessungen

### 8.11.1 Außenabmessungen E3h



130BF656.10

8

Abbildung 8.82 Frontansicht E3h

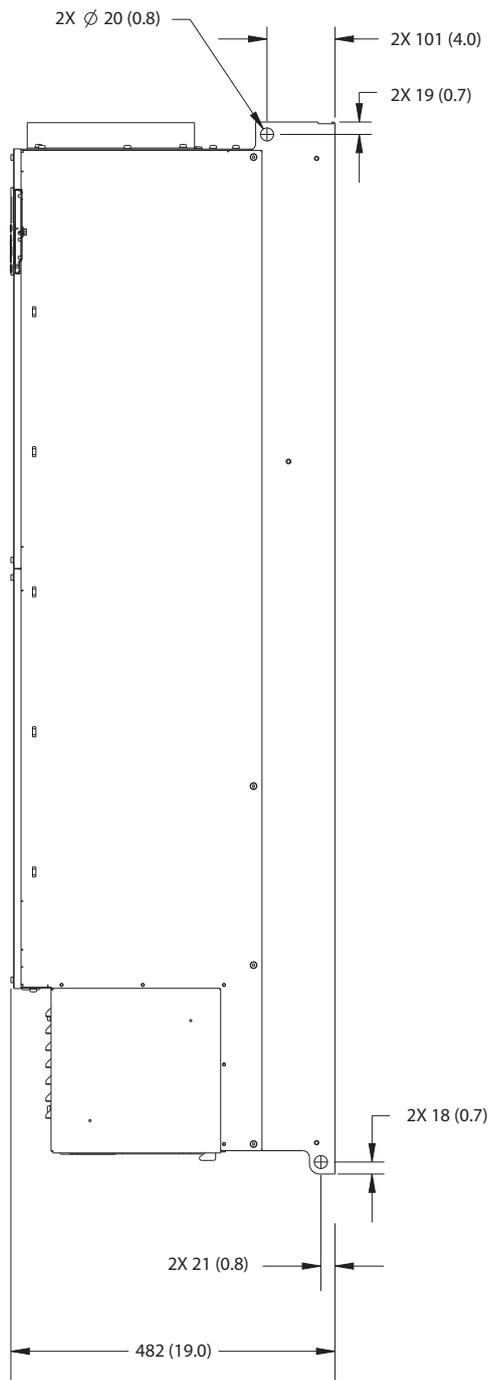
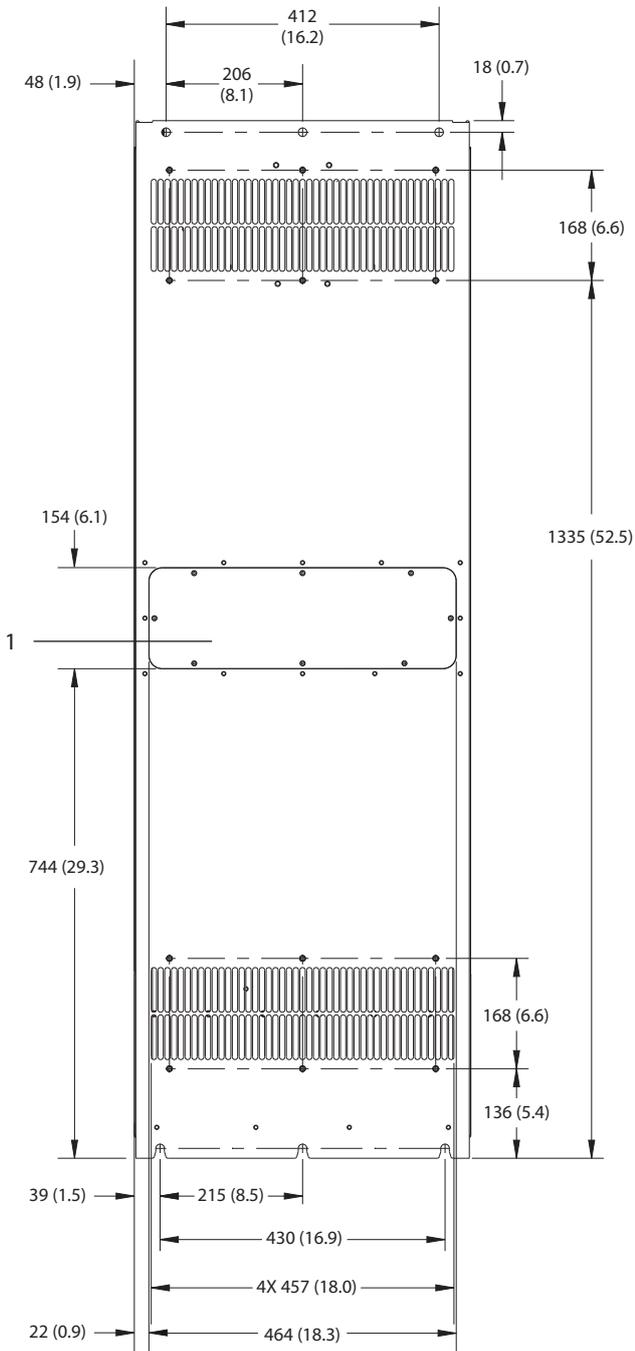


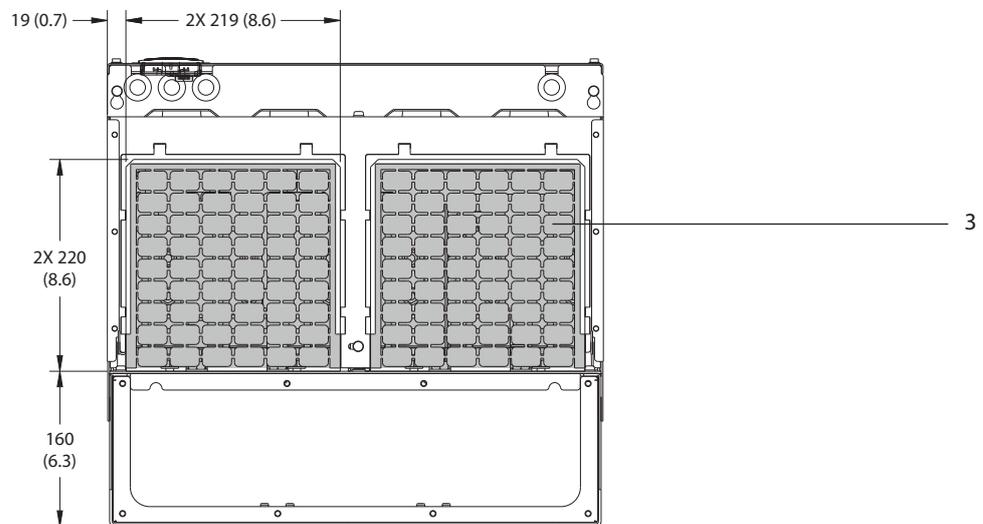
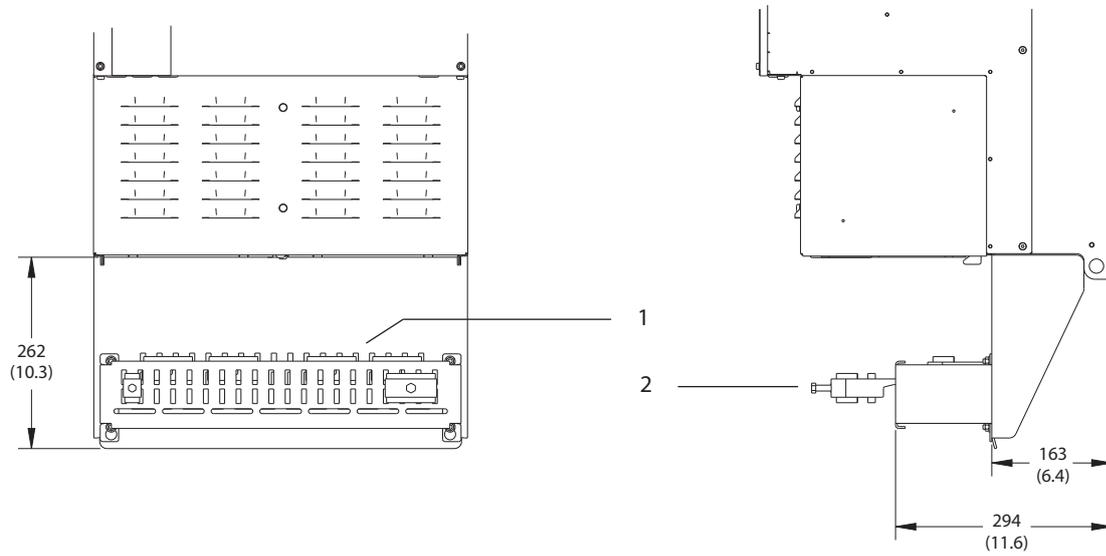
Abbildung 8.83 Seitenansicht E3h

8



1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

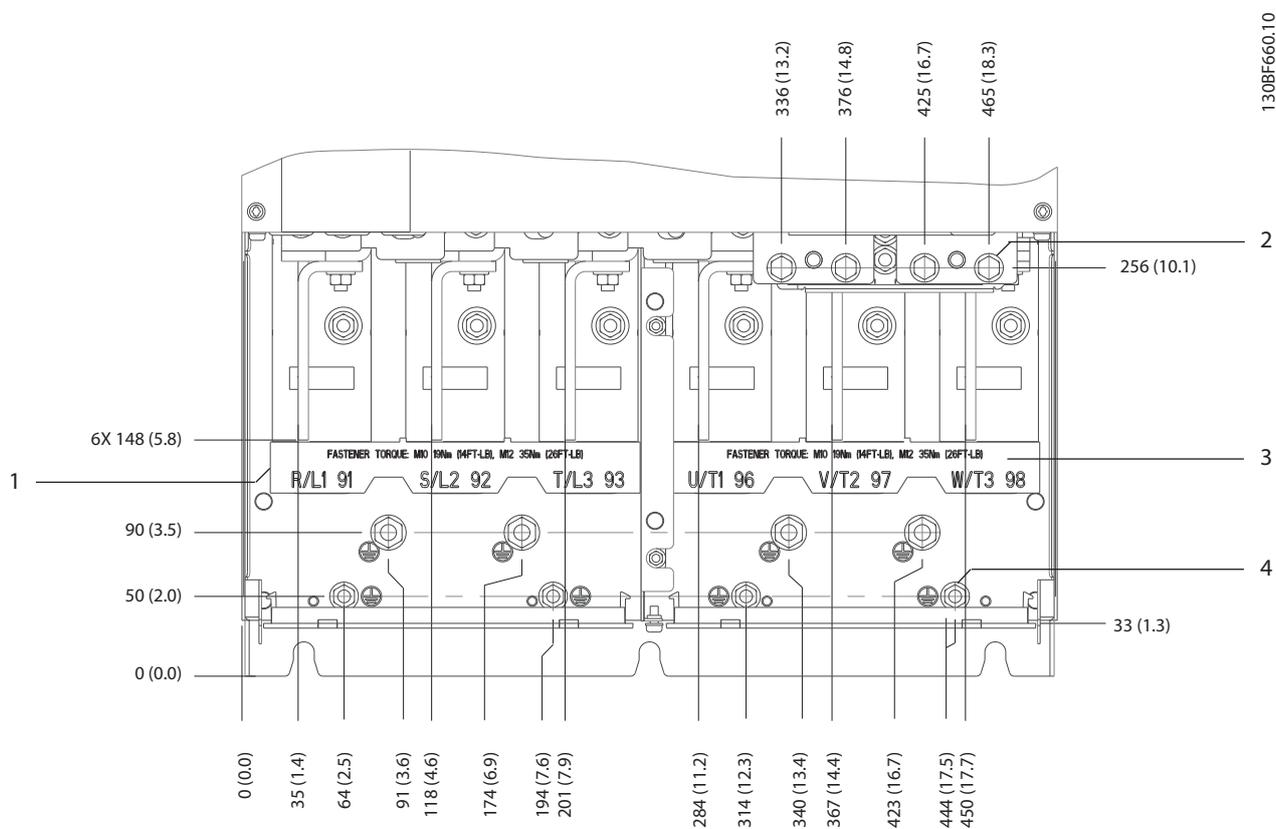
Abbildung 8.84 Rückansicht E3h



1	EMV-Schirmanschluss (Standard bei EMV-Option)
2	Kabel/EMV-Schelle
3	Bodenplatte zur Kabeleinführung

Abbildung 8.85 Abmessungen EMV-Schirmanschluss und Bodenplatte zur Kabeleinführung für E3h

8.11.2 E3h-Klemmenabmessungen



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M8- und M10-Sechskantmuttern

Abbildung 8.86 E3h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

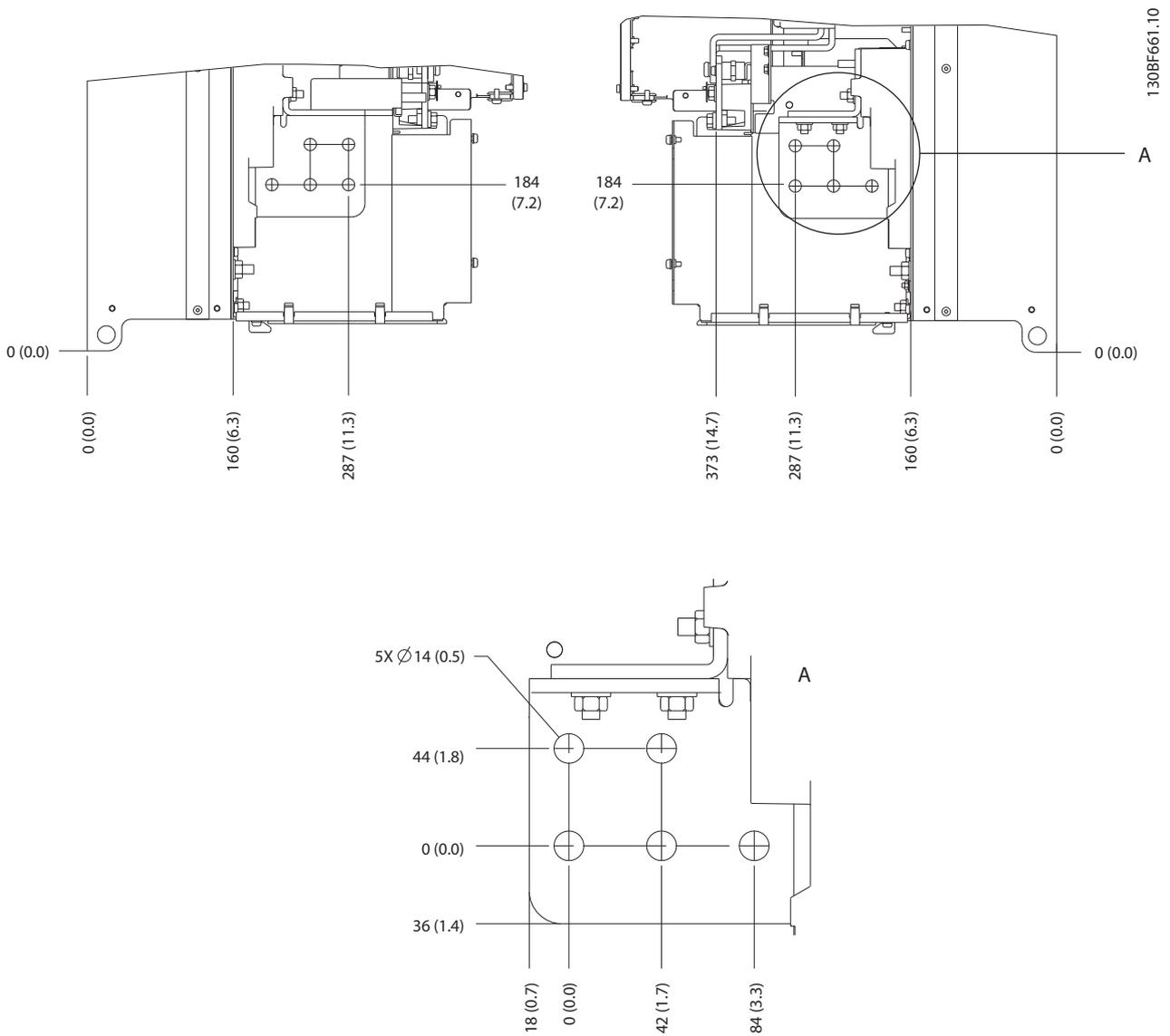
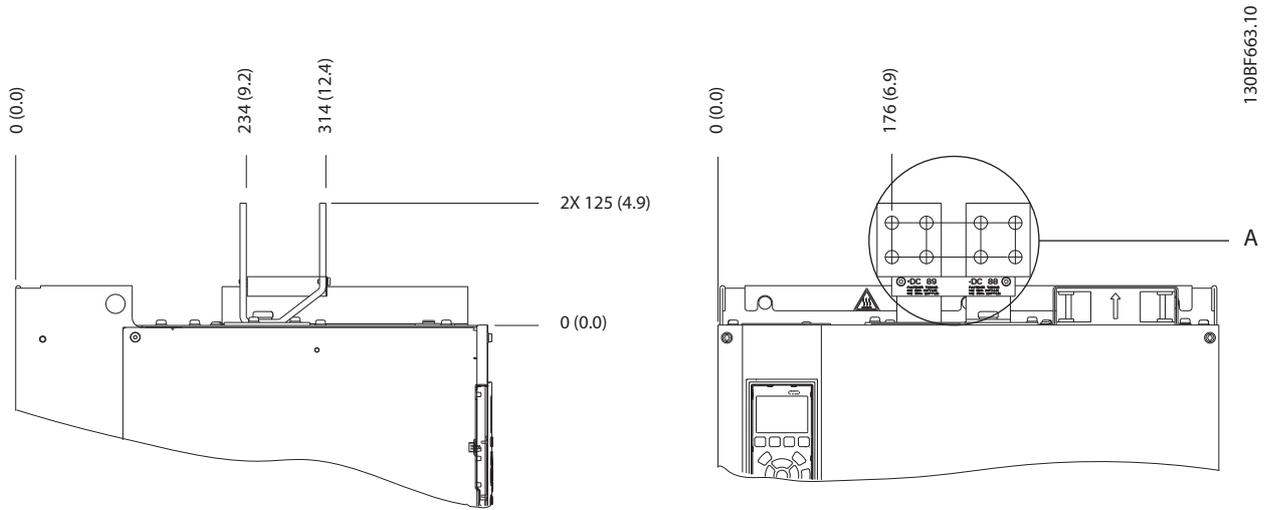


Abbildung 8.87 Abmessungen der Motor-, Netz- und Erdungsanschlussklemmen für E3h (Seitenansichten)



8

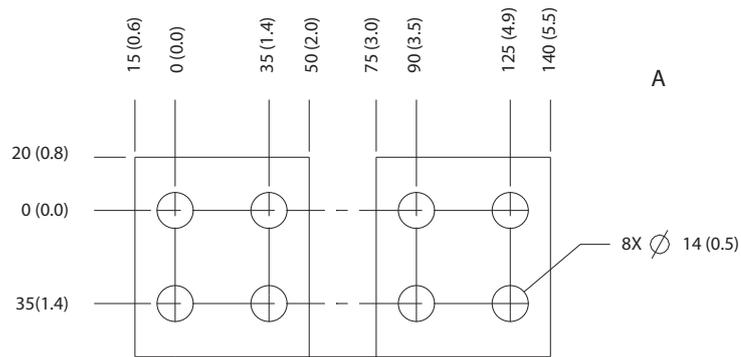
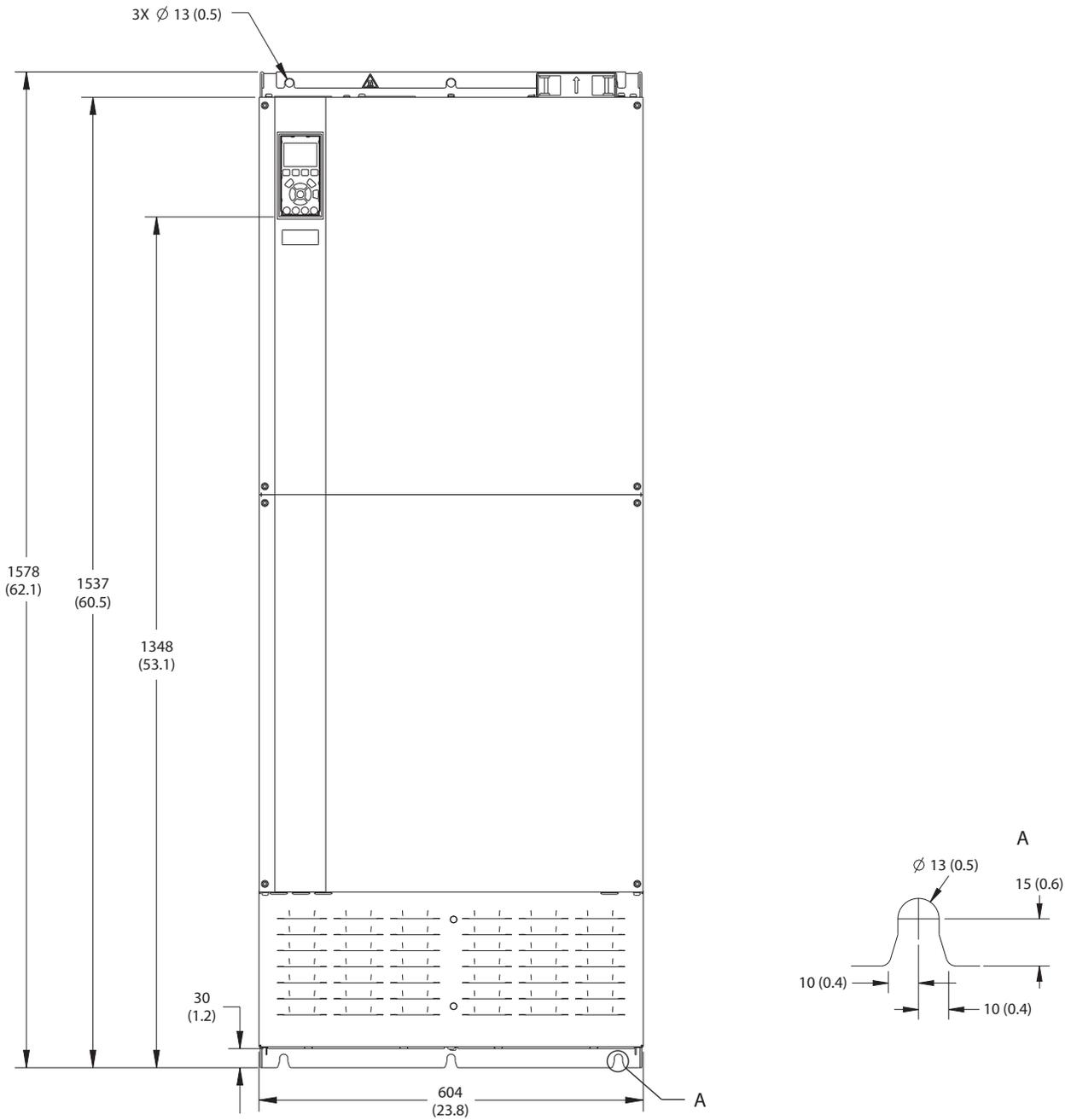


Abbildung 8.88 Abmessungen der Zwischenkreiskopplungsklemmen/Anschlüsse für Rückspeiseeinheiten für E3h

## 8.12 E4h-Außen- und Klemmenabmessungen

### 8.12.1 Außenabmessungen E4h



130BF664.10

Abbildung 8.89 Frontansicht E4h

8

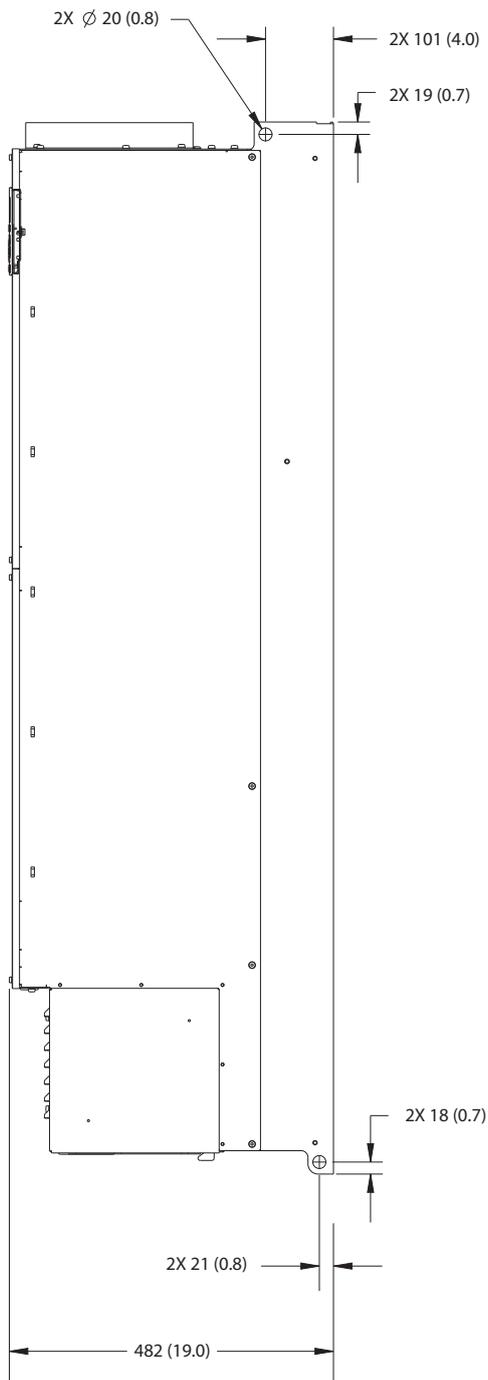
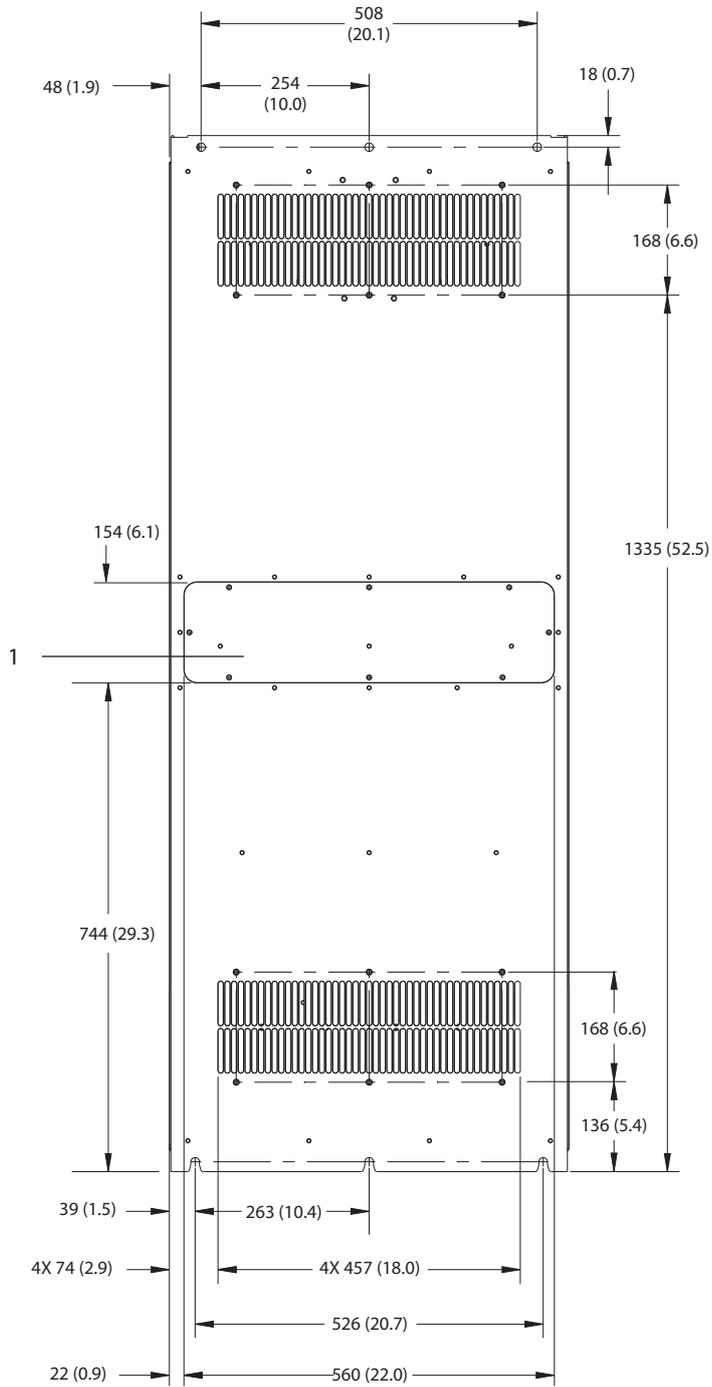
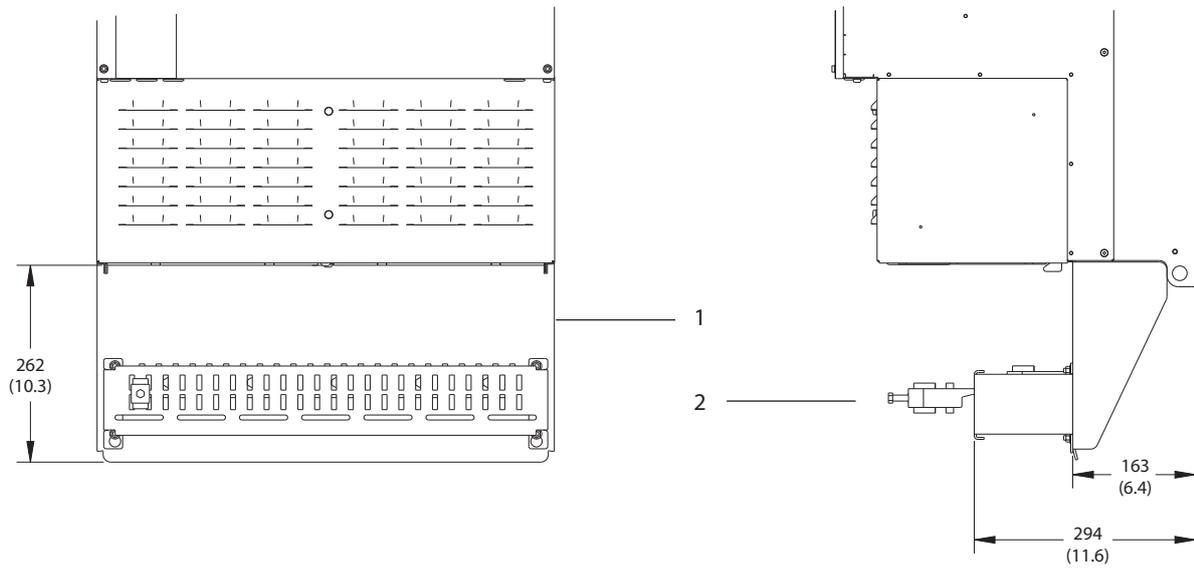


Abbildung 8.90 Seitenansicht E4h

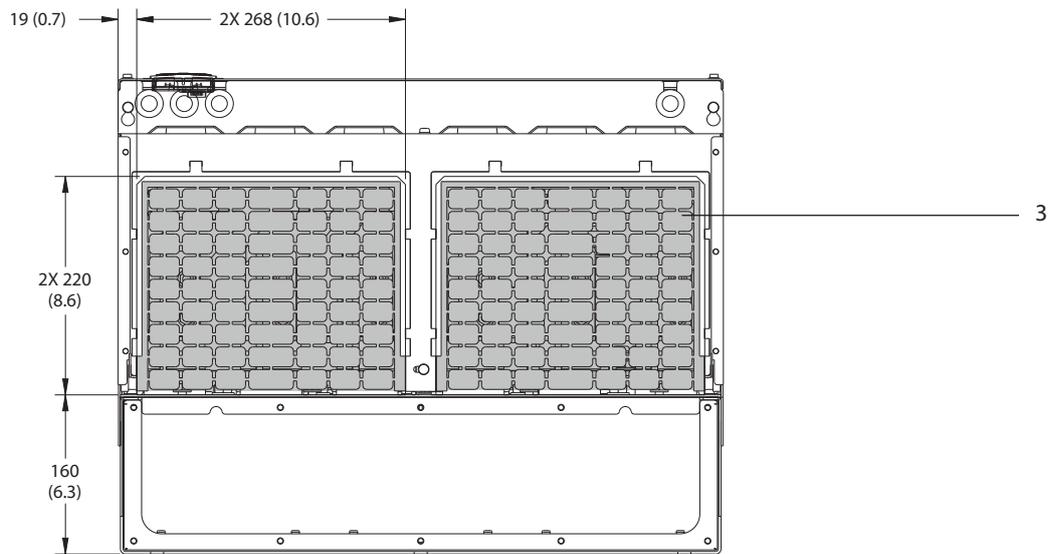


1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

Abbildung 8.91 Rückansicht E4h



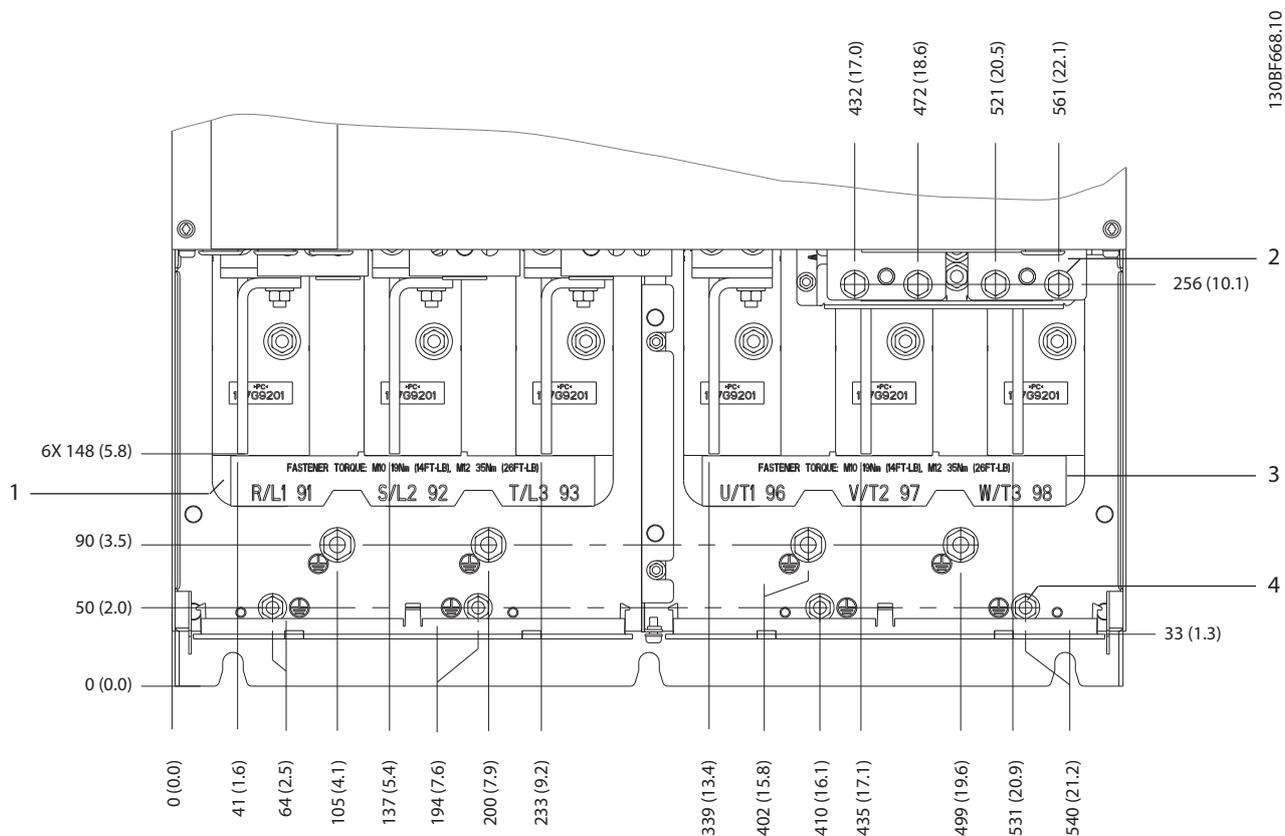
8



1	EMV-Schirmanschluss (Standard bei EMV-Option)
2	Kabel/EMV-Schelle
3	Bodenplatte zur Kabeleinführung

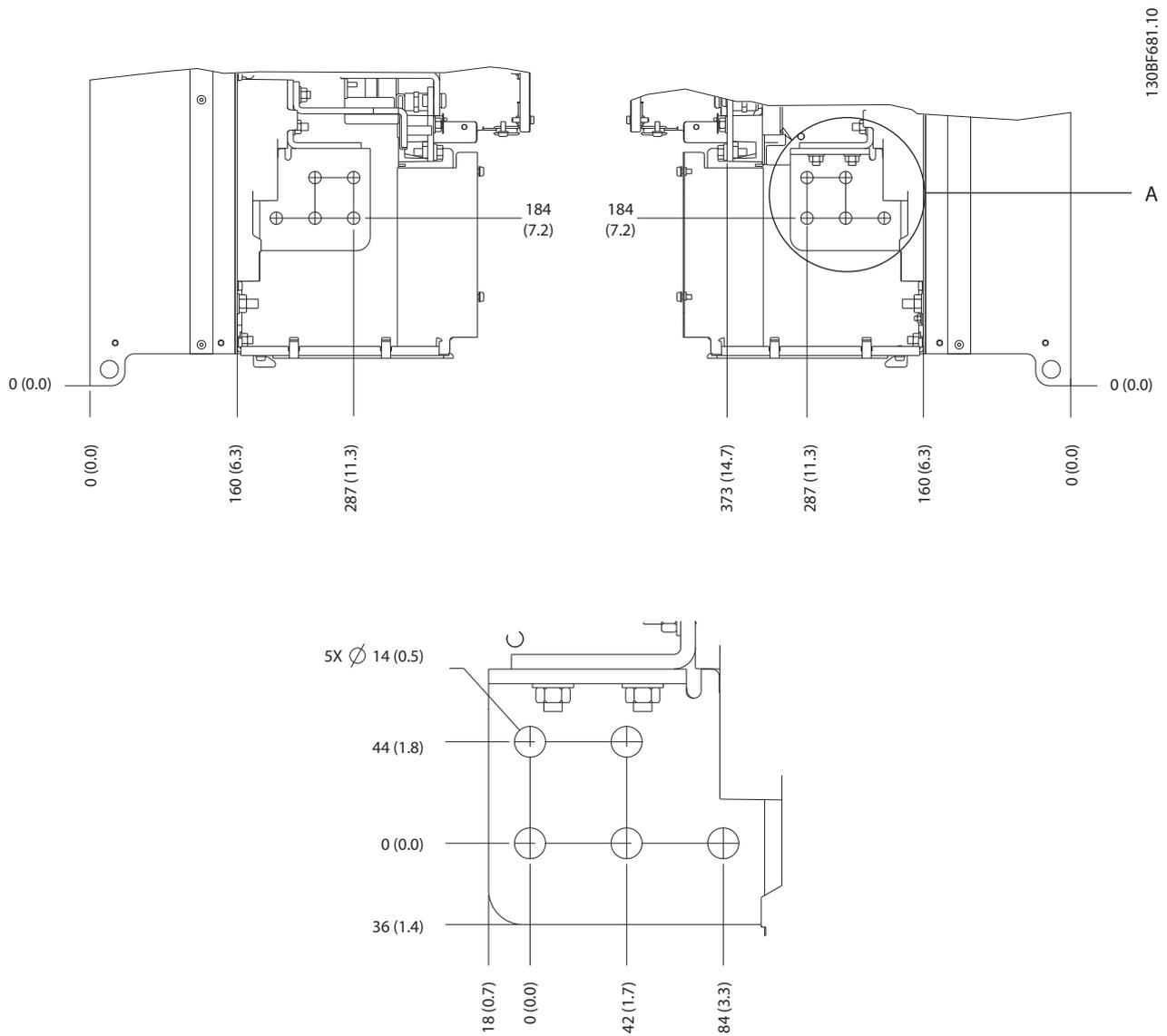
Abbildung 8.92 Abmessungen EMV-Schirmanschluss und Bodenplatte zur Kabeleinführung für E4h

8.12.2 E4h-Klemmenabmessungen



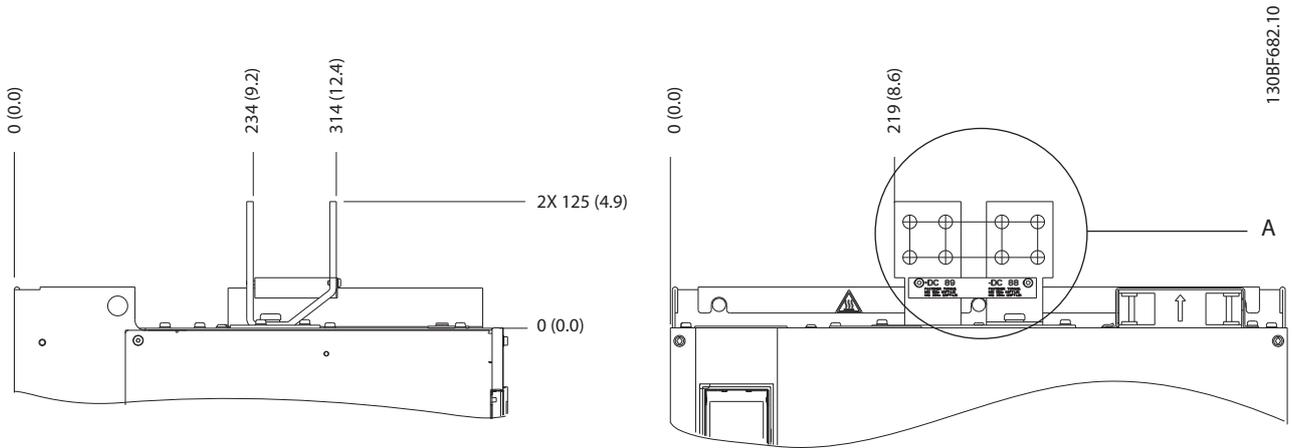
1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M8- und M10-Sechskantmuttern

Abbildung 8.93 E4h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)



8

Abbildung 8.94 Abmessungen der Motor-, Netz- und Erdungsanschlussklemmen für E4h (Seitenansichten)



130BF682.10

8

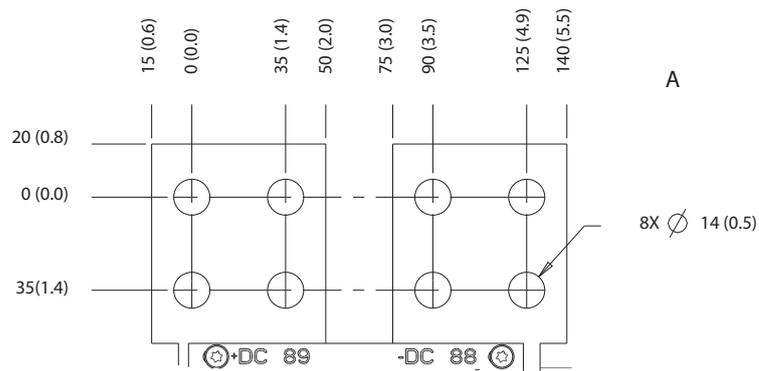


Abbildung 8.95 Abmessungen der Zwischenkreiskopplungsklemmen/Anschlüsse für Rückspeiseeinheiten für E4h

## 9 Überlegungen zur mechanischen Installation

### 9.1 Lagerung

Lagern Sie den Frequenzumrichter an einem trockenen Ort. Es wird empfohlen, das Gerät bis zur Installation verschlossen in der Verpackung zu belassen. Hinweise zur empfohlenen Umgebungstemperatur finden Sie in *Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen*.

Während der Lagerung ist ein regelmäßiges Formieren (Laden der Kondensatoren) nicht erforderlich, sofern ein Zeitraum von 12 Monate nicht überschritten wird.

### 9.2 Anheben des Gerätes

Heben Sie den Frequenzumrichter immer an den dafür vorgesehenen Hebeösen an. Um ein Verbiegen der Hebeösen zu vermeiden, verwenden Sie eine Traverse.

## **⚠️ WARNUNG**

### VERLETZUNGS- BZW. LEBENSGEFAHR

Beachten Sie die geltenden Sicherheitsvorschriften für das Heben schwerer Gewichte. Das Nichtbeachten der Empfehlungen könnte zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Stellen Sie sicher, dass die Hebeanlage in einem ordnungsgemäßen Zustand ist.
- Siehe *Kapitel 4 Produktübersicht* für das Gewicht der verschiedenen Baugrößen.
- Maximaler Durchmesser der Stange: 20 mm (0,8 in).
- Winkel zwischen FU-Oberkante und Hubseil: mindestens 60°.

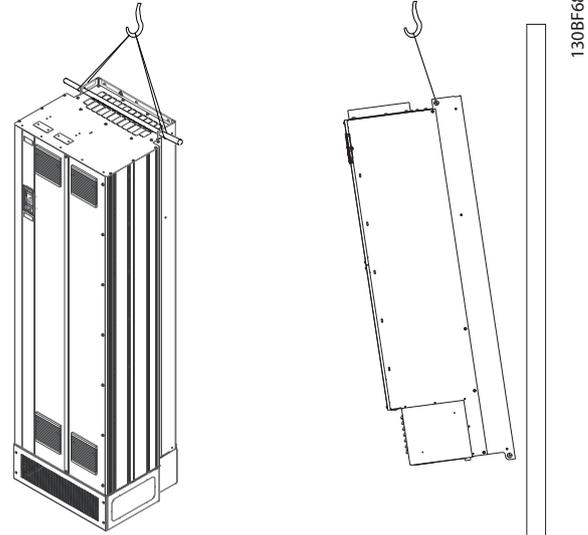


Abbildung 9.1 Empfohlenes Hebeverfahren

### 9.3 Betriebsumgebung

Stellen Sie in Umgebungen mit Aerosol-Flüssigkeiten, Partikeln oder korrosionsfördernden Gasen sicher, dass die Schutzart der Geräte der Installationsumgebung entspricht. Spezifikationen zu den Umgebungsbedingungen finden Sie in *Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen*.

## **HINWEIS**

### KONDENSATION

Feuchtigkeit kann an den elektronischen Komponenten kondensieren und Kurzschlüsse verursachen. Vermeiden Sie eine Installation in Bereichen, in denen Frost auftritt. Installieren Sie eine optionale Schaltschrankheizung, wenn der Frequenzumrichter kühler als die Umgebungsluft ist. Im Standby-Betrieb wird die Kondensation reduziert, solange der Leistungsverlust die Schaltung frei von Feuchtigkeit hält.

**HINWEIS****EXTREME UMGEBUNGSBEDINGUNGEN**

Heiße oder kalte Temperaturen beeinträchtigen Leistung und Langlebigkeit von Geräten.

- Das Gerät darf nicht in Umgebungen mit einer Umgebungstemperatur von über 55 °C (131 °F) betrieben werden.
- Der Frequenzumrichter kann bei Temperaturen bis zu -10 °C (14 °F) betrieben werden. Ein ordnungsgemäßer Betrieb bei Nennlast ist jedoch erst bei Temperaturen ab 0 °C (32 °F) oder höher garantiert.
- Wenn die Grenzwerte für die Umgebungstemperatur überschritten werden, ist eine zusätzliche Klimatisierung des Schaltschranks oder des Installationsorts erforderlich

**9.3.1 Gase**

Aggressive Gase wie Schwefelwasserstoff, Chlor oder Ammoniak können die elektrischen und mechanischen Komponenten beschädigen. Das Gerät verwendet schutzbeschichtete Leiterplatten zur Reduzierung der Auswirkungen von aggressiven Gasen. Spezifikationen und Nennwerte der Schutzbeschichtungsklassen sind in Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen zu finden.

**9.3.2 Staub**

Beachten Sie bei der Installation des Frequenzumrichters in staubigen Umgebungen Folgendes:

**Regelmäßige Wartung**

Wenn sich Staub an elektronischen Bauteilen ansammelt, wirkt er als Isolierungsschicht. Diese Schicht reduziert die Kühlleistung der Komponenten, sodass sich die Komponenten erwärmen. Die heißere Umgebung führt zu einer Reduzierung der Lebensdauer der elektronischen Komponenten.

Halten Sie den Kühlkörper und die Lüfter frei von Staub. Weitere Wartungs- und Instandhaltungsinformationen finden Sie in der *Bedienungsanleitung*.

**Kühllüfter**

Lüfter liefern einen Luftstrom zur Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Lüfter staubigen Umgebungen ausgesetzt sind, kann der Staub die Lüfterlager beschädigen und frühzeitigen Ausfall der Lüfter verursachen. Staub kann sich auch auf den Lüfterflügeln ansammeln und zu einer Unwucht führen, welche eine ordnungsgemäße Kühlung des Geräts durch den Lüfter verhindert.

**9.3.3 Explosionsgefährdete Bereiche****⚠️ WARNUNG****EXPLOSIONSGEFÄHRDETE BEREICHE**

Installieren Sie keine Frequenzumrichter in explosionsgefährdeten Bereichen. Installieren Sie das Gerät in einem Schaltschrank außerhalb dieses Bereichs. Eine Nichtbeachtung dieser Richtlinie kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

In explosionsgefährdeten Bereichen betriebene Anlagen müssen bestimmte Bedingungen erfüllen. Die EU-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) beschreibt den Betrieb elektronischer Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen.

- Die Zündschutzart d sieht vor, dass eine etwaige Funkenbildung ausschließlich in einem geschützten Bereich stattfindet.
- Die Zündschutzart e verbietet jegliche Funkenbildung.

**Motoren mit der Zündschutzart d**

Erfordert keine Zulassung. Spezielle Verdrahtung und Eindämmung sind erforderlich.

**Motoren mit der Zündschutzart e**

In Kombination mit einer ATEX-zugelassenen PTC-Überwachungsvorrichtung wie der VLT® PTC-Thermistorkarte MCB 112 ist für die Installation keine separate Zulassung einer ausgewiesenen Zertifizierungsstelle erforderlich.

**Motoren mit der Zündschutzart d/e**

Der Motor ist von der Zündschutzart e, während die Motorverkabelung und die Anschlussumgebung in Übereinstimmung mit der Klassifizierung d ist. Verwenden Sie zur Dämpfung einer hohen Spitzenspannung einen Sinusfilter am Ausgang.

**Verwenden Sie beim Einsatz in einem explosionsgefährdeten Bereich Folgendes:**

- Motoren der Zündschutzart d oder e.
- PTC-Temperatursensor zur Überwachung der Motortemperatur.
- Kurze Motorkabel.
- Sinus-Ausgangsfilter, wenn abgeschirmte Motorkabel nicht verwendet werden.

**HINWEIS****ÜBERWACHUNG DES MOTORTHERMISTORSENSORS**

Frequenzumrichter mit der Option VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 sind PTB-zertifiziert für explosionsgefährdete Bereiche.

## 9.4 Montagekonfigurationen

Tabelle 9.1 listet die verfügbaren Montagekonfigurationen für jedes Gehäuse auf. Spezifische Installationsanweisungen für die Wand- oder Sockelmontage finden Sie in der *Bedienungsanleitung*. Nähere Angaben finden Sie auch in *Kapitel 8 Außen- und Klemmenabmessungen*.

### HINWEIS

Eine unsachgemäße Montage kann zu Überhitzung und einer reduzierten Leistung führen.

Gehäuse	Wand-/Schalt- schrankbefestigung	Sockelmontage (eigenständig)
D1h	X	X
D2h	X	X
D3h	X <sup>1)</sup>	–
D4h	X <sup>1)</sup>	–
D5h	–	X
D6h	–	X
D7h	–	X
D8h	–	X
E1h	–	X
E2h	–	X
E3h	X <sup>2)</sup>	–
E4h	X <sup>2)</sup>	–

Tabelle 9.1 Montagehinweis

1) Wandmontage möglich, jedoch empfiehlt Danfoss, dass der Frequenzumrichter aufgrund seiner Schutzart per Schalttafeleinbau in einem Gehäuse untergebracht wird.

2) Für die Frequenzumrichter montage sind folgende Konfigurationen möglich:

- Senkrecht an der Rückwand des Schaltschranks.
- Senkrecht über Kopf an der Rückwand des Schaltschranks. Hersteller kontaktieren.
- Horizontal auf dem Rücken liegend, montiert an der Rückseite des Schaltschranks Hersteller kontaktieren.
- Horizontal auf der Seite liegend, montiert an der Rückwand. Hersteller kontaktieren.

### Montageüberlegungen:

- Stellen Sie das Gerät so nah wie möglich am Motor auf. Informationen zur Maximallänge für Motorkabel sind in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegeben.
- Sorgen Sie durch Montage des Geräts auf einer festen Oberfläche dafür, dass das Gerät stabil steht.
- Achten Sie darauf, dass der Montageort stabil genug ist, um das Gewicht des Geräts zu tragen.

- Achten Sie darauf, dass rund um das Gerät ausreichend Platz für eine ordnungsgemäße Kühlung vorhanden ist. Siehe *Kapitel 5.8 Rückwandkühlkanal – Übersicht*.
- Achten Sie darauf, dass ausreichend Platz zum Öffnen der Tür ist.
- Achten Sie darauf, dass die Kabeleinführung von unten erfolgt.

## 9.5 Kühlung

### HINWEIS

Eine unsachgemäße Montage kann zu Überhitzung und einer reduzierten Leistung führen. Informationen zur ordnungsgemäßen Montage finden Sie unter *Kapitel 9.4 Montagekonfigurationen*.

- Sehen Sie über und unter dem Frequenzumrichter zur Luftzirkulation einen ausreichenden Abstand vor. Abstandsanforderung: 225 mm.
- Achten Sie auf eine ausreichende Luftdurchflussrate. Siehe *Tabelle 9.2*.
- Berücksichtigen Sie eine Leistungsreduzierung aufgrund hoher Temperaturen zwischen 45 °C (113 °F) und 50 °C (122 °F) und einer Höhenlage von 1000 m über dem Meeresspiegel. Detaillierte Informationen zur Leistungsreduzierung finden Sie unter *Kapitel 9.6 Leistungsreduzierung*.

Der Frequenzumrichter nutzt ein Kühlkonzept über eine Rückwandkühlung zur Abführung der Kühlluft. Die Kühlluft führt ca. 90 % der Wärme über die Rückseite des Frequenzumrichters ab. Leiten Sie die vom rückseitigen Kühlkanal abgeführte warme Luft mit Hilfe einer der folgenden Lösungen aus dem Schaltschrank oder Raum ab:

- **Kanalkühlung**  
Ein Einbausatz mit Rückwandkühlkanal steht zur Verfügung, mit dem Sie die Kühlluft aus dem Schaltschrank ableiten können, wenn ein Frequenzumrichter der Schutzart IP20 in einem Rittal-Schaltschrank eingebaut ist. Durch Verwendung dieses Einbausatzes verringern Sie die Wärmeentwicklung im Schaltschrank, sodass Sie kleinere Türkühlkörper verwenden können.
- **Rückwand-Kühlung**  
Die Anbringung von oberen und unteren Abdeckungen am Frequenzumrichter ermöglicht es, die Kühlluft vom Rückwandkühlkanal aus dem Raum abzuleiten.

## HINWEIS

Für die Bauformen E3h und E4h (IP20) ist im Schaltschrank mindestens ein Türlüfter erforderlich, um die nicht im rückseitigen Kühlkanal des Frequenzumrichters gehaltene Wärme anzuleiten. Zudem wird die durch weitere Komponenten im Frequenzumrichter erzeugte Wärme ebenfalls abgeführt. Zur Auswahl der passenden Lüftergröße berechnen Sie den erforderlichen Gesamt-Luftstrom.

Sorgen Sie für die notwendige Luftströmung über den Kühlkörper.

Baugröße	Türlüfter/Dachlüfter [m <sup>3</sup> /h (cfm)]	Kühlkörperlüfter [m <sup>3</sup> /h (cfm)]
D1h	102 (60)	420 (250)
D2h	204 (120)	840 (500)
D3h	102 (60)	420 (250)
D4h	204 (120)	840 (500)
D5h	102 (60)	420 (250)
D6h	102 (60)	420 (250)
D7h	204 (120)	840 (500)
D8h	204 (120)	840 (500)

Tabelle 9.2 D1h–D8h – Luftdurchsatz

Baugröße	Türlüfter/Dachlüfter [m <sup>3</sup> /h (cfm)]	Kühlkörperlüfter [m <sup>3</sup> /h (cfm)]
E1h	510 (300)	994 (585)
E2h	552 (325)	1053–1206 (620–710)
E3h	595 (350)	994 (585)
E4h	629 (370)	1053–1206 (620–710)

Tabelle 9.3 E1h–E4h Luftdurchsatz

## 9.6 Leistungsreduzierung

Die Leistungsreduzierung ist eine Methode zur Reduzierung des Ausgangsstroms, wodurch vermieden wird, dass der Frequenzumrichter im Schaltschrank bei zu hohen Temperaturen im Gehäuse abschaltet. Wenn bestimmte extreme Betriebsbedingungen erwartet werden, können Sie einen Frequenzumrichter mit höherer Leistung auswählen, damit nicht auf die Leistungsreduzierung zurückgegriffen werden muss. Dies wird als manuelle Leistungsreduzierung bezeichnet. Andernfalls reduziert der Frequenzumrichter den Ausgangsstrom, um eine übermäßige Wärmeentwicklung zu verhindern, die durch Extrembedingungen verursacht wird.

### Manuelle Leistungsreduzierung

Wenn folgende Bedingungen vorherrschen, empfiehlt Danfoss die Auswahl eines Frequenzumrichters mit einer höheren Leistungsgröße (z. B. P710 anstelle von P630):

- Niedrige Drehzahl – bei Dauerbetrieb mit niedriger Drehzahl in Anwendungen mit konstantem Drehmoment.
- Niedriger Luftdruck – für Installationen in Höhenlagen über 1000 m (3281 ft).
- Hohe Umgebungstemperatur – Betrieb bei Umgebungstemperaturen von 10 °C (50 °F).
- Hohe Taktfrequenz.
- Lange Motorkabel
- Kabel mit großem Querschnitt

### Automatische Leistungsreduzierung

Wenn folgenden Betriebsbedingungen vorherrschen, ändert der Frequenzumrichter automatisch die Schaltfrequenz oder den Schaltmuster (von PWM zu SFAVM), um übermäßige Wärme innerhalb des Gehäuses zu reduzieren:

- Hohe Temperatur an Steuercarte oder Kühlkörper.
- Hohe Motorlast oder niedrige Motordrehzahl.
- Hohe Zwischenkreisspannung.

## HINWEIS

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

### 9.6.1 Leistungsreduzierung für Betrieb mit niedriger Drehzahl

Wenn ein Motor an den Frequenzumrichter angeschlossen ist, muss für eine ausreichende Motorkühlung gesorgt sein. Der Grad der Kühlung hängt von folgenden Faktoren ab:

- Belastung des Motors.
- Betriebsdrehzahlbereich.
- Länge der Betriebszeit.

#### Anwendungen mit konstantem Drehmoment

In Anwendungen mit konstantem Drehmoment kann im niedrigen Drehzahlbereich ein Problem auftreten. Bei Anwendungen mit konstantem Drehmoment kann es bei niedriger Drehzahl aufgrund einer geringeren Kühlleistung des Motorlüfters zu einer Überhitzung des Motors kommen.

Soll der Motor kontinuierlich mit einer Drehzahl laufen, die weniger als die Hälfte der Nenn Drehzahl beträgt, so muss dem Motor zusätzliche Kühlluft zugeführt werden. Falls keine zusätzliche Kühlluft zugeführt werden kann, können Sie stattdessen einen für Anwendungen mit geringer Drehzahl/konstantem Drehmoment ausgelegten Motor verwenden.

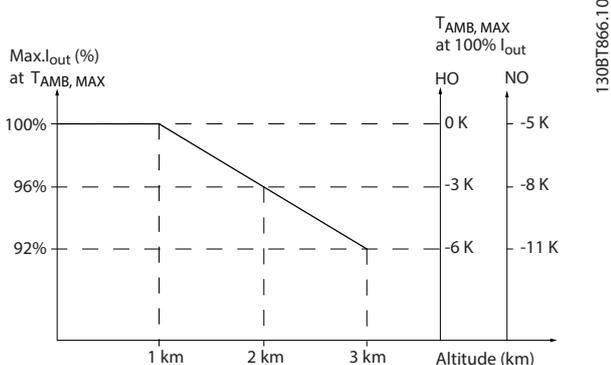
**Anwendungen mit variablem (quadratischem)**

**Drehmoment**

Eine zusätzliche Kühlung oder Leistungsreduzierung des Motors ist in Anwendungen mit variablem Drehmoment nicht erforderlich, bei denen das Drehmoment in quadratischer und die Leistung in kubischer Beziehung zur Drehzahl steht. Zentrifugalpumpen und -lüfter sind gängige Anwendungen mit variablem Drehmoment.

**9.6.2 Leistungsreduzierung aufgrund von niedrigem Luftdruck**

Bei niedrigerem Luftdruck nimmt die Kühlfähigkeit der Luft ab. Bei oder unterhalb einer Höhe von 1000 m (3281 ft) ist keine Leistungsreduzierung erforderlich. Oberhalb von 1000 m (3281 ft) muss die Umgebungstemperatur ( $T_{AMB}$ ) oder der max. Ausgangsstrom ( $I_{MAX}$ ) reduziert werden. Siehe *Abbildung 9.2*.



**Abbildung 9.2 Höhenabhängige Ausgangsstromreduzierung bei  $T_{AMB, MAX}$**

*Abbildung 9.2* zeigt, dass bei 41,7 °C (107 °F) 100 % des Ausgangsnennstroms verfügbar sind. Bei 45 °C (113 °F) ( $T_{AMB, MAX} - 3 K$ ) sind 91 % des Ausgangsnennstroms verfügbar.

### 9.6.3 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur und Taktfrequenz

#### HINWEIS

#### WERKSEITIGE LEISTUNGSREDUZIERUNG

Die Danfoss-Frequenzumrichter sind bereits für die Betriebstemperatur (55 °C (131 °F)  $T_{AMB,MAX}$  und 50 °C (122 °F)  $T_{AMB,AVG}$ ) reduziert.

Die Diagramme in *Tabelle 9.4* bis *Tabelle 9.5* zeigen an, ob der Ausgangsstrom basierend auf der Taktfrequenz und Umgebungstemperatur reduziert werden muss. In den Diagrammen gibt  $I_{out}$  den Prozentwert des Ausgangsnennstroms an, und  $f_{sw}$  gibt die Taktfrequenz an.

Gehäuse	Schaltmodus	Hohe Überlast (HO), 150 %	Normale Überlast (NO), 110 %
D1h–D8h N90 bis N250 380–480 V	60° AVM		
	SFAVM		
E1h–E4h N315 bis N500 380–480 V	60° AVM		
	SFAVM		

Tabelle 9.4 Leistungsreduzierung bei Frequenzumrichtern mit einer Nennspannung von 380–480 V

Gehäuse	Schaltmodus	Hohe Überlast (HO), 150 %	Normale Überlast (NO), 110 %
D1h-D8h N55K bis N315 525-690 V	60° AVM		
	SFAVM		
E1h-E4h N355 bis N710 525-690 V	60° AVM		
	SFAVM		

Tabelle 9.5 Leistungsreduzierung bei Frequenzumrichtern mit einer Nennspannung von 525-690 V

## 10 Überlegungen zur elektrischen Installation

### 10.1 Sicherheitshinweise

Allgemeine Sicherheitshinweise finden Sie unter *Kapitel 2 Sicherheit*.

#### **⚠️ WARNUNG**

##### INDUZIERTER SPANNUNG

Induzierte Spannung von Ausgangsmotorkabeln von verschiedenen Frequenzumrichtern, die nebeneinander verlegt sind, können Gerätekondensatoren auch dann aufladen, wenn die Geräte abgeschaltet und verriegelt sind. Die Nichtbeachtung der Empfehlung zum separaten Verlegen von Motorkabeln oder zur Verwendung von abgeschirmten Kabeln kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Verlegen Sie Motorkabel separat oder verwenden Sie abgeschirmte Kabel.
- Verriegeln Sie alle Frequenzumrichter gleichzeitig.

#### **⚠️ WARNUNG**

##### STROMSCHLAGGEFAHR

Der Frequenzumrichter kann einen Gleichstrom im Schutzleiter verursachen, wodurch es zum Tod oder zu schweren Verletzungen kommen kann!

- Wenn ein Fehlerstromschutzschalter als Schutz vor Stromschlag eingesetzt wird, ist netzseitig nur ein Fehlerstromschutzschalter vom Typ B zulässig.

Eine Nichtbeachtung dieser Empfehlung kann dazu führen, dass der Fehlerstromschutzschalter nicht den gewünschten Schutz bietet.

##### Überspannungsschutz

- Für Anwendungen mit mehreren Motoren benötigen Sie zusätzliche Schutzvorrichtungen wie einen Kurzschlusschutz oder einen thermischen Motorschutz zwischen Frequenzumrichter und den Motoren.
- Der Kurzschluss- und Überspannungsschutz ist durch den Einsatz geeigneter Sicherungen am Eingang zu gewährleisten. Wenn die Sicherungen nicht Bestandteil der Lieferung ab Werk sind, muss sie der Installateur als Teil der Installation bereitstellen. Maximale Sicherungsnennleistungen finden Sie in *Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter*.

##### Leitungstyp und Nennwerte

- Die Querschnitte und Hitzebeständigkeit aller verwendeten Kabel sollten den örtlichen und nationalen Vorschriften entsprechen.
- Empfehlung für die Verdrahtung des Stromanschlusses: Kupferdraht, bemessen für mindestens 75 °C (167 °F).

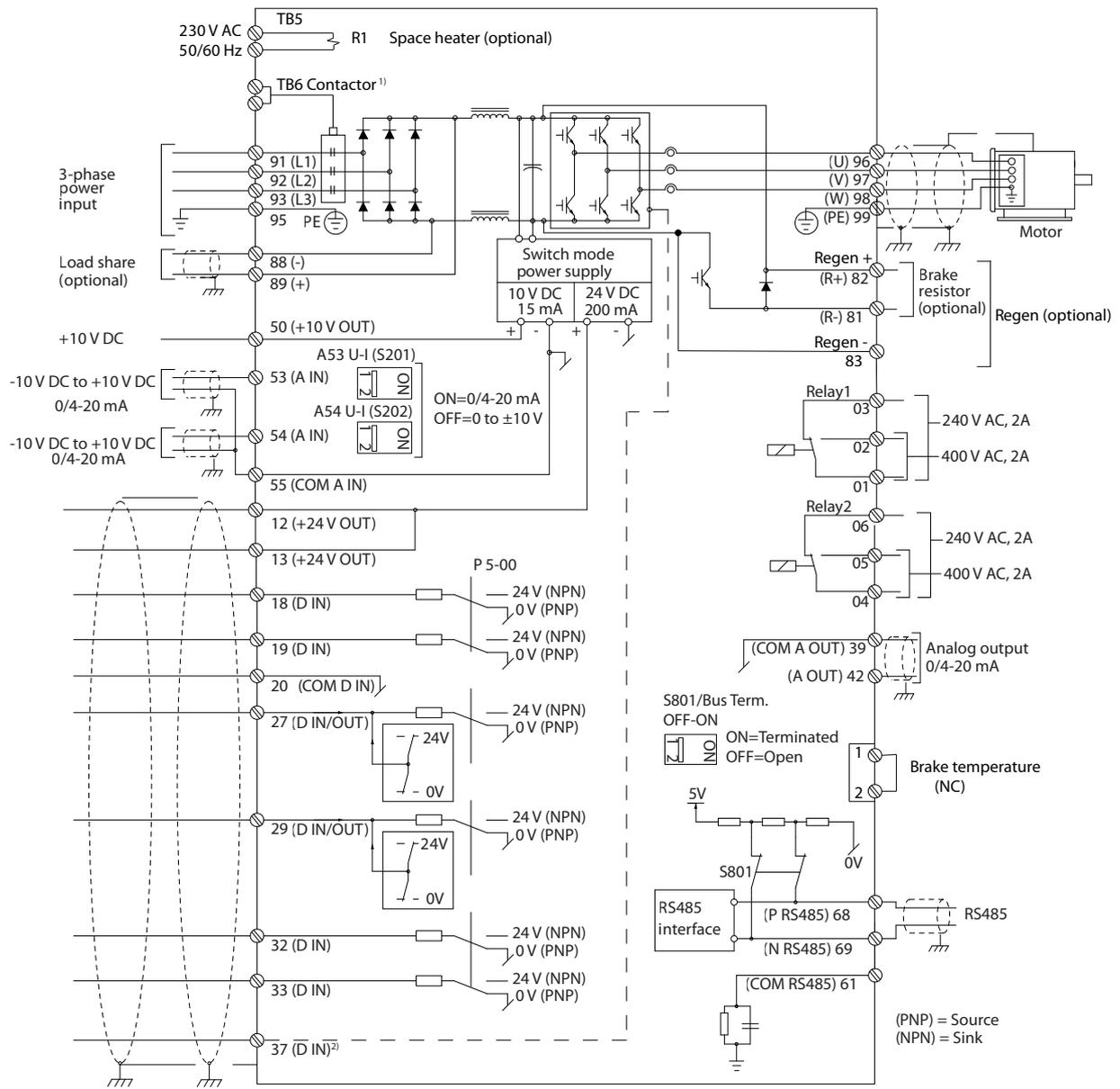
Siehe *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* zu empfohlenen Kabelquerschnitten und -typen.

#### **⚠️ VORSICHT**

##### SACHSCHADEN

Ein Motorüberlastschutz ist in der Werkseinstellung nicht enthalten. Um diese Funktion hinzuzufügen, setzen Sie *Parameter 1-90 Motor Thermal Protection* auf *[ETR Abschalt.]* oder *[ETR Warnung]*. Für den nordamerikanischen Markt bietet die ETR-Funktion einen Motorüberlastschutz der Klasse 20 gemäß NEC. Wird *Parameter 1-90 Motor Thermal Protection* nicht auf *[ETR Abschalt.]* oder *[ETR Warnung]* gesetzt, so ist kein Motorüberlastschutz aktiviert und bei einer Motorüberhitzung kann es zu Sachschäden kommen.

10.2 Anschlussdiagramm



e30bf11.12

10

Abbildung 10.1 Anschlussdiagramm des Grundgeräts

A = Analog, D = Digital

1) Klemme 37 (optional) wird für die Funktion Safe Torque Off (STO) verwendet. Installationsanweisungen zu Safe Torque Off (STO) finden Sie in der Bedienungsanleitung zu Safe Torque Off für die Serie der VLT® Frequenzumrichter.

### 10.3 Anschlüsse

#### 10.3.1 Stromanschlüsse

**HINWEIS**

Alle Verkabelungen müssen national und lokal Vorschriften bezüglich Kabelquerschnitte und Umgebungstemperatur einhalten. Für UL-Anwendungen sind Kupferleiter mit Nenntemperatur von 75 Für UL-Anwendungen sind Kupferleiter mit Nenntemperatur von 75 °C (167 °F) zu verwenden. In Nicht-UL-Anwendungen können 75 °C (167 °F) und 90 °C (194 °F)-Kupferleiter verwendet werden.

Die Anordnung der Leistungskabelanschlüsse ist in *Abbildung 10.2* dargestellt. Zur korrekten Dimensionierung von Motorkabelquerschnitt und -länge siehe *Kapitel 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V* und *Kapitel 7.2 Elektrische Daten, 525-690 V*.

Zum Schutz des Frequenzumrichters müssen entweder die empfohlenen Sicherungen verwendet werden, oder das Gerät muss über eingebaute Sicherungen verfügen. Die empfohlenen Sicherungen finden Sie unter *Kapitel 10.5 Sicherungen und Hauptschalter*. Achten Sie auf eine ordnungsgemäße Sicherung gemäß den lokalen Vorschriften.

Der Netzanschluss ist an den Netzschalter angeschlossen wenn dieser inbegriffen ist.

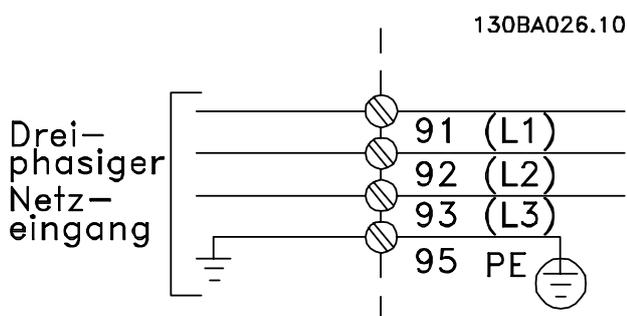


Abbildung 10.2 Leistungskabelanschlüsse

**HINWEIS**

Das Motorkabel muss abgeschirmt sein. Bei Verwendung von ungeschirmten Motorkabeln werden bestimmte EMV-Anforderungen nicht eingehalten. Verwenden Sie ein abgeschirmtes Motorkabel, um die Vorgaben zur EMV-Emission zu erfüllen. Weitere Informationen, siehe *Kapitel 10.15 EMV-gerechte Installation*.

**Abschirmung von Kabeln**

Vermeiden Sie verdrehte Abschirmungsenden (Pigtails), die hochfrequent nicht ausreichend wirksam sind. Wenn Sie den Kabelschirm unterbrechen müssen (z. B. um ein Motorschütz oder einen Reparaturschalter zu installieren), müssen Sie die Abschirmung hinter der Unterbrechung mit der geringstmöglichen HF-Impedanz fortführen.

Schließen Sie den Motorkabelschirm am Abschirmblech des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Motors an.

Stellen Sie die Schirmverbindungen mit einer möglichst großen Kontaktfläche (Kabelschelle) her. Verwenden Sie hierzu das mitgelieferte Installationszubehör.

**Kabellänge und -querschnitt**

Die EMV-Prüfung des Frequenzumrichters wurde mit einer bestimmten Kabellänge durchgeführt. Das Motorkabel muss möglichst kurz sein, um das Geräuschniveau und Ableitströme auf ein Minimum zu beschränken.

**Taktfrequenz**

Wenn der Frequenzumrichter zusammen mit einem Sinusfilter verwendet wird, um die Störgeräusche des Motors zu reduzieren, muss die Taktfrequenz entsprechend den Anweisungen zu dem verwendeten Sinusfilter unter *Parameter 14-01 Switching Frequency* eingestellt werden.

Anschluss	96	97	98	99	
-	U	V	W	PE <sup>1)</sup>	Motorspannung 0-100 % der Netzspannung 3 Leiter vom Motor.
-	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Dreieckschaltung. 6 Leiter vom Motor.
-	W2	U2	V2		
-	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Sternschaltung (U2, V2, W2) U2, V2 und W2 sind miteinander zu verbinden.

Tabelle 10.1

1) Schutzleiteranschluss

**HINWEIS**

Bei Motoren ohne Phasentrennpapier oder einer geeigneten Isolation, welche für den Betrieb an einem Zwischenkreisumrichter benötigt wird, muss ein Sinusfilter am Ausgang des Frequenzumrichters vorgesehen werden.

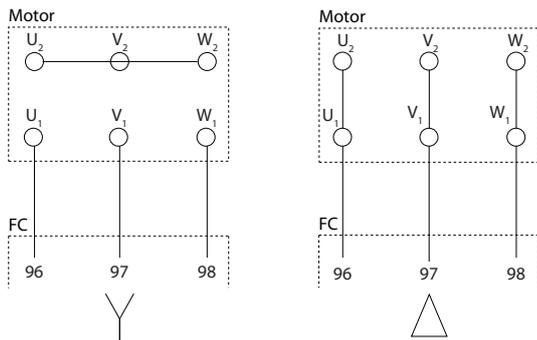


Abbildung 10.3 Motorkabelanschluss

### 10.3.2 DC-Zwischenkreisanschluss

Die DC-Bus-Zwischenkreisklemme dient zum Anschluss einer externen DC-Spannungsversorgung, wobei der Zwischenkreis aus einer externen Quelle versorgt wird.

Anschluss	Funktion
88, 89	DC-Bus

Tabelle 10.2 DC-Bus-Zwischenkreisklemmen

### 10.3.3 Zwischenkreiskopplung

Bei der Zwischenkreiskopplung werden die DC-Zwischenkreise mehrerer Frequenzumrichter zusammengeschaltet. Eine Übersicht finden Sie unter *Kapitel 5.6 Zwischenkreiskopplung – Übersicht*.

Bei Zwischenkreiskopplungen sind zusätzliche Geräte und Sicherheitserwägungen erforderlich. Wenden Sie sich zur Bestellung an Danfoss.

Anschluss	Funktion
88, 89	Zwischenkreiskopplung

Tabelle 10.3 Zwischenkreiskopplungsklemmen

Das Verbindungskabel muss abgeschirmt sein; die Kabellänge zwischen Frequenzumrichter und der DC-Schiene ist auf maximal 25 m (82 ft) begrenzt.

### 10.3.4 Bremskabelanschluss

Das Verbindungskabel zum Bremswiderstand muss abgeschirmt sein; die Kabellänge zwischen Frequenzumrichter und der DC-Schiene ist auf maximal 25 m (82 ft) begrenzt.

- Schließen Sie die Abschirmung mit Kabelschellen an der leitfähigen Rückwand des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Bremswiderstands an.
- Wählen Sie den Querschnitt des Anschlusskabels für die Bremse passend zum Bremsmoment.

Anschluss	Funktion
81, 82	Bremswiderstandsklemmen

Tabelle 10.4 Bremswiderstandsklemmen

Weitere Informationen finden Sie im Projektierungshandbuch *VLT® Brake Resistor MCE 101*.

### HINWEIS

Bei einem Kurzschluss im Bremsmodul können Sie einen eventuellen Leistungsverlust im Bremswiderstand nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) verhindern.

### 10.3.5 PC-Anschluss

Installieren Sie zur Regelung des Frequenzumrichters über einen PC die MCT 10-Konfigurationssoftware. Der PC kann über ein Standard-USB-Kabel (Host/Gerät) oder über die RS485-Schnittstelle angeschlossen werden. Weitere Informationen zu RS485 finden Sie im *Abschnitt RS485 Installation und Inbetriebnahme* im *Projektierungshandbuch VLT® HVAC Drive FC102, 355–1400 kW*.

USB ist eine serielle Schnittstelle, die 4 abgeschirmte Signalleitungen mit geerdetem Stecker 4 zur Abschirmung des USB-Anschlusses am PC verwendet. Alle Standard-PCs werden ohne galvanische Trennung an der USB-Schnittstelle hergestellt.

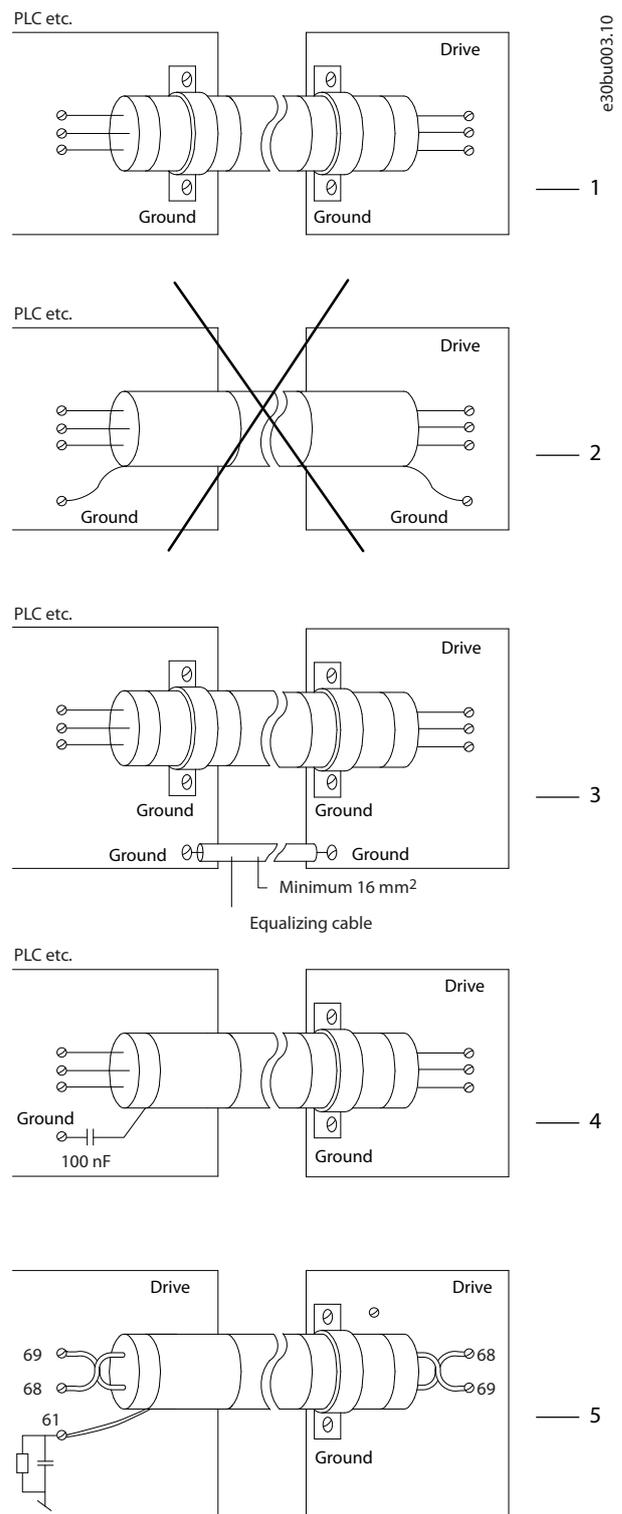
Um Schäden am USB-Host-Controller durch die Abschirmung des USB-Kabels zu vermeiden, befolgen Sie die in der *Bedienungsanleitung* beschriebenen Erdungsempfehlungen.

Wenn der PC per USB-Kabel an den Frequenzumrichter angeschlossen wird, empfiehlt Danfoss die Verwendung eines USB-Reparaturschalters mit galvanischer Trennung, um den PC USB-Hostcontroller vor Erde/Masse-Potentialdifferenz zu schützen. Es wird auch empfohlen, kein PC-Leistungskabel mit geerdetem Stecker zu verwenden, wenn der PC per USB-Kabel an den Frequenzumrichter angeschlossen ist. Diese Empfehlungen verringern die Masse-Potentialdifferenz, beseitigen aber aufgrund der Erdung und Abschirmung, die an der USB-Schnittstelle des PCs angeschlossen sind, nicht alle Potentialdifferenzen.

### 10.4 Steuerkabel und Klemmen

Steuerleitungen müssen abgeschirmt und die Abschirmung muss beidseitig über eine Kabelschelle mit dem Metallgehäuse der Einheit verbunden sein.

Informationen zum richtigen Erden von Steuerleitungen finden Sie unter *Abbildung 10.4*.



1	Steuerleitungen und Kabel für die serielle Kommunikation müssen beidseitig mit Kabelschellen montiert werden, um bestmöglichen elektrischen Kontakt zu gewährleisten.
2	Vermeiden Sie verdrillte Abschirmlitzen. Diese erhöhen die Abschirmimpedanz bei hohen Frequenzen.

3	Besteht zwischen dem Frequenzumrichter und der SPS ein unterschiedliches Erdpotenzial, können Ausgleichsströme auftreten, die das gesamte System stören. Verlegen Sie ein Potenzialausgleichskabel neben der Steuerleitung. Mindestleitungsquerschnitt: 16 mm <sup>2</sup> (6 AWG).
4	Bei Verwendung sehr langer Steuerkabel können 50/60-Hz-Brummschleifen auftreten. Schließen Sie ein Schirmende über einen 100-nF-Kondensator (mit möglichst kurzen Leitungen) an die Masse an.
5	Bei Verwendung von Kabeln für die serielle Kommunikation können Sie niederfrequente Störströme zwischen zwei Frequenzumrichtern eliminieren, indem Sie ein Ende der Abschirmung mit Klemme 61 verbinden. Diese Klemme ist intern über ein RC-Glied mit Erde verbunden. Verwenden Sie verdrehte Leiter (Twisted Pair), um die zwischen den Leitern eingestrahlt Störungen zu reduzieren.

Abbildung 10.4 Erdungsbeispiele

### 10.4.1 Führung von Steuerleitungen

Befestigen und führen Sie alle Steuerleitungen wie in *Abbildung 10.5* dargestellt. Achten Sie auf den ordnungsgemäßen Anschluss der Abschirmungen, um optimale Störsicherheit zu gewährleisten.

- Trennen Sie die Steuerleitung von Hochleistungskabeln.
- Ist der Frequenzumrichter an einen Thermistor angeschlossen, müssen die Thermistorsteuerleitungen abgeschirmt und verstärkt/doppelt isoliert sein. Wir empfehlen eine 24-V-DC-Versorgungsspannung.

### Feldbus-Verbindung

Anschlüsse werden zu den entsprechenden Optionen auf der Steuerkarte hergestellt. Genauere Informationen finden Sie in der entsprechenden Feldbus-Anleitung. Führen Sie das Kabel in die Einheit ein und bündeln Sie dieses dabei mit anderen Steuerleitungen. Siehe *Abbildung 10.5*.

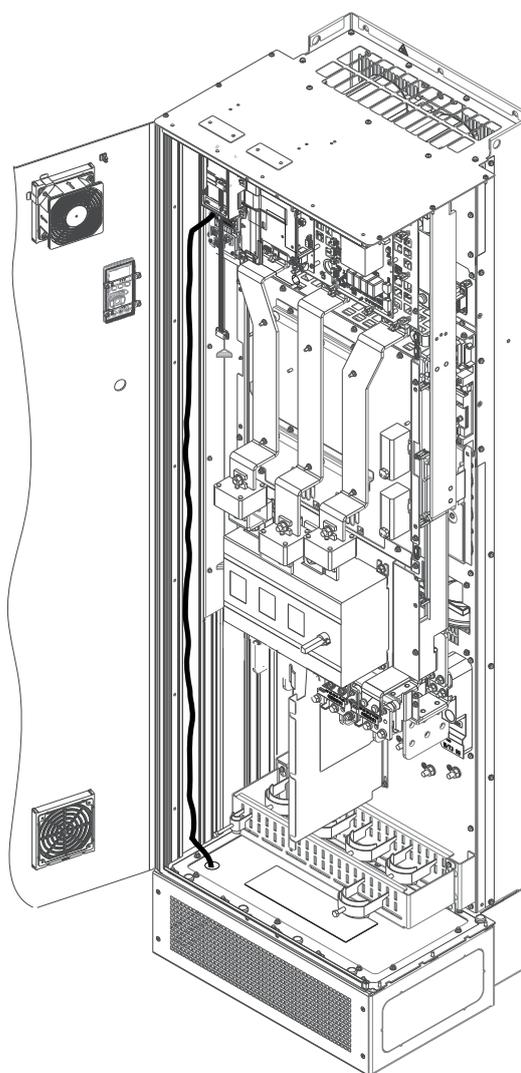
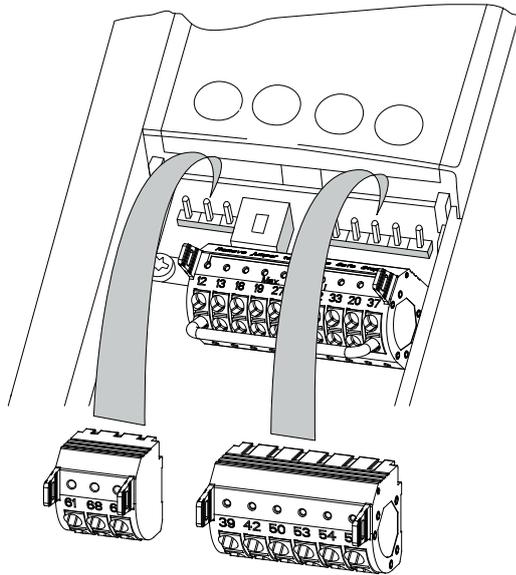


Abbildung 10.5 Steuerkartenverkabelungsweg für E1h. Identischer Verlegungsweg für die Bauformen E2h und D1h-D8h.

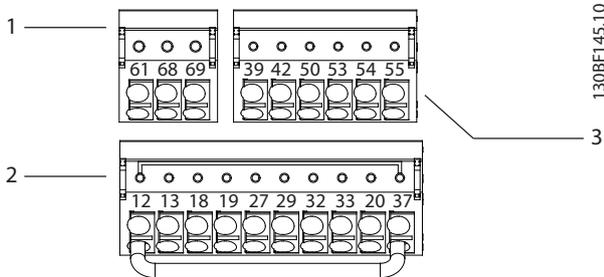
### 10.4.2 Steuerklemmen

Abbildung 10.6 zeigt die steckbaren Anschlüsse des Frequenzumrichters. Die Klemmenfunktionen und Werkseinstellungen sind in Tabelle 10.5 – Tabelle 10.7 zusammengefasst.



130BF144.10

Abbildung 10.6 Anordnung der Steuerklemmen



130BF145.10

1	Klemmen für die serielle Kommunikation
2	Digitaleingangs-/ausgangsklemmen
3	Analogeingangs-/ausgangsklemmen

Abbildung 10.7 Klemmennummern der Steckklemmen

Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
61	-	-	Integrierter RC-Filter zum Anschluss des Kabelschirms bei EMV-Problemen.
68 (+)	Parametergruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.	-	RS485-Schnittstelle. Ein Schalter (BUS TER.) auf der
69 (-)	Parametergruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.	-	Steuerkarte dient zum Zuschalten des Busabschlusswiderstands.

Tabelle 10.5 Klemmenbeschreibungen – Serielle Kommunikation

Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
12, 13	-	+24 V DC	24 V DC-Versorgungsspannung für Digitaleingänge und externe Messwandler. Maximaler Ausgangsstrom von 200 mA für alle 24-V-Lasten.
18	Parameter 5-10 Terminal 18 Digital Input	[8] Start	Digitaleingänge.
19	Parameter 5-11 Terminal 19 Digital Input	[10] Reversierung	
32	Parameter 5-14 Terminal 32 Digital Input	[0] Ohne Funktion	
33	Parameter 5-15 Terminal 33 Digital Input	[0] Ohne Funktion	
27	Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input	[2] Motorfreilauf invers	Für Digitaleingang und -ausgang. In Werkseinstellung als Eingang definiert.
29	Parameter 5-13 Terminal 29 Digital Input	[14] Festdrehzahl JOG	
20	-	-	Bezugspotenzial für Digitaleingänge und 0-V-Potenzial für 24-V-Spannungsversorgung

Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
37	-	STO	Wenn die Funktion Safe Torque Off (STO) nicht verwendet wird, benötigen Sie Drahtbrücken zwischen Klemme 12 (oder 13) und Klemme 37. Diese Einstellungen erlauben, den Frequenzumrichter mit den vorgegebenen Parameterwerten der Werkseinstellung zu betreiben.

Tabelle 10.6 Klemmenbeschreibung Digitalein-/ausgänge

Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
39	-	-	Bezugspotential für Analogausgang.
42	Parameter 6-50 Terminal 42 Output	[0] Ohne Funktion	Programmierbarer Analogausgang. 0-20 mA oder 4-20 mA bei maximal 500 Ω.
50	-	+10 V DC	10 V DC Versorgungsspannung am Analogausgang für Potenziometer oder Thermistor. Maximal 15 mA.
53	Parametergruppe 6-1* Analogeingang 1	Sollwert	Analogeingang. Für Spannung oder Strom. Schalter A53 und A54 dienen zur Auswahl von Strom [mA] oder Spannung [V].
54	Parametergruppe 6-2* Analogeingang 2	Istwert	
55	-	-	Bezugspotenzial für Analogeingang

Tabelle 10.7 Klemmenbeschreibung Analogein-/ausgänge

Relaisklemmen

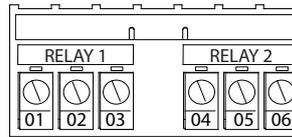


Abbildung 10.8 Klemmen Relais 1 und Relais 2

- Relais 1 und Relais 2. Die Position hängt von der Frequenzumrichterkonfiguration ab. Siehe *Bedienungsanleitung*.
- Weitere Klemmen befinden sich an eingebauten optionalen Erweiterungsmodulen. Näheres finden Sie in der Anleitung der Geräteoptionen.

Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
01, 02, 03	Parameter 5-40 Function Relay [0]	[0] Ohne Funktion	Wechselkontakt-Relaisausgang. Für Wechsel- oder Gleichspannung sowie ohmsche oder induktive Lasten.
04, 05, 06	Parameter 5-40 Function Relay [1]	[0] Ohne Funktion	

Tabelle 10.8 Relaisklemme Beschreibungen

130BF156.10

## 10.5 Sicherungen und Hauptschalter

Durch die Verwendung von Sicherungen stellen Sie sicher, dass mögliche Schäden am Frequenzumrichter auf Schäden innerhalb des Geräts beschränkt werden. Verwenden Sie die empfohlenen Sicherungen als Ersatz, um die Konformität mit EN 50178 sicherzustellen. Die versorgungsseitige Verwendung von Sicherungen ist in Übereinstimmung mit IEC 60364 für CE oder NEC 2009 für UL zwingend erforderlich.

### Empfohlene Sicherungen D1h–D8h

Für die Gehäuse D1h-D8h werden Sicherungen vom Typ aR empfohlen. Siehe *Tabelle 10.9*.

Modell	380–480 V	525–690 V
N75K	–	ar-160
N90K	–	ar-315
N110K	ar-315	ar-315
N132	ar-350	ar-315
N160	ar-400	ar-315
N200	ar-500	ar-550
N250	ar-630	ar-550
N315	ar-800	ar-550
N400	–	ar-550

Tabelle 10.9 D1h-D8h Leistungs-/Halbleiter-Sicherungsgrößen

Modell	Sicherungsoptionen							
	Bussman	Littelfuse	Littelfuse	Bussmann	SIBA	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut (Europa)	Ferraz-Shawmut (Nordamerika)
N110	170M2619	LA50QS300-4	L50S-300	FWH-300A	20 189 20.315	A50QS300-4	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N132	170M2620	LA50QS350-4	L50S-350	FWH-350A	20 189 20.350	A50QS350-4	6,9URD31D08A0350	A070URD31KI0350
N160	170M2621	LA50QS400-4	L50S-400	FWH-400A	20 189 20.400	A50QS400-4	6,9URD31D08A0400	A070URD31KI0400
N200	170M4015	LA50QS500-4	L50S-500	FWH-500A	20 610 31.550	A50QS500-4	6,9URD31D08A0550	A070URD31KI0550
N250	170M4016	LA50QS600-4	L50S-600	FWH-600A	20 610 31.630	A50QS600-4	6,9URD31D08A0630	A070URD31KI0630
N315	170M4017	LA50QS800-4	L50S-800	FWH-800A	20 610 31.800	A50QS800-4	6,9URD32D08A0800	A070URD31KI0800

Tabelle 10.10 D1h–D8h Leistungs-/Halbleiter-Sicherungsgrößen, 380–480 V

Modell	Bussmann	SIBA	Ferraz-Shawmut Europa	Ferraz-Shawmut Nordamerika
N75K	170M2616	20 610 31.160	6,9URD30D08A0160	A070URD30KI0160
N90K	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N110K	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N132	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N160	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N200	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550
N250	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550
N315	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550
N400	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550

Tabelle 10.11 D1h–D8h Leistungs-/Halbleiter-Sicherungsgrößen, 525–690 V

Bussmann	Nennwert
LPJ-21/2SP	2,5 A, 600 V

Tabelle 10.12 D1h-D8h Raumheizgerät Sicherungsempfehlung

Wenn der Frequenzumrichter nicht mit Netztrennschalter, Schütz oder Trennschalter geliefert wird, beträgt der Kurzschluss-Nennstrom (SCCR) des Frequenzumrichters 100.000 A bei allen Spannungen (380-690 V).

Wenn der Frequenzumrichter mit Netztrennschalter geliefert wird, beträgt der SCCR des Frequenzumrichters 100.000 A bei allen Spannungen (380-690 V).

Wenn der Frequenzumrichter mit einem Trennschalter geliefert wird, hängt der Nennkurzschlussstrom von der Spannung ab. Siehe *Tabelle 10.13*.

Gehäuse	415 V	480 V	600 V	690 V
D6h	120000 A	100000 A	65000 A	70000 A
D8h	100000 A	100000 A	42000 A	30000 A

**Tabelle 10.13 D6h und D8h mit Trennschalter ausgerüstet**

Wenn der Frequenzumrichter mit einer Option „Nur Schütz“ geliefert wird und extern gemäß *Tabelle 10.14* abgesichert ist, ist der Nennkurzschlussstrom des Frequenzumrichters wie folgt:

Gehäuse	415 V IEC <sup>1)</sup>	480 V UL <sup>2)</sup>	600 V UL <sup>2)</sup>	690 V IEC <sup>1)</sup>
D6h	100000 A	100000 A	100000 A	100000 A
D8h (ausgenommen Modell N315T4)	100000 A	100000 A	100000 A	100000 A
D8h (nur Modell N315 T4)	100000 A	Wenden Sie sich an das Werk.	Nicht verwendbar	Nicht verwendbar

**Tabelle 10.14 D6h und D8h mit Schütz ausgerüstet**

<sup>1)</sup> Mit Sicherung Bussmann Typ LPJ-SP oder Gould Shawmut Typ AJT. Max. Sicherungsgröße 450 A für D6h und 900 A für D8h.

<sup>2)</sup> Für UL-Zulassung müssen Sicherungen der Klasse J oder L verwendet werden. Max. Sicherungsgröße 450 A für D6h und 600 A für D8h.

### Empfohlene Sicherungen E1h–E4h

Die in *Tabelle 10.15* aufgeführten Sicherungen sind für einen Kurzschlussstrom von max. 100.000 A<sub>eff</sub> (symmetrisch) geeignet, abhängig von der Nennspannung des Frequenzumrichters. Mit der korrekten Sicherung liegt der Nennkurzschlussstrom (SCCR) des Frequenzumrichters bei 100.000 A<sub>eff</sub>. Die Frequenzumrichter E1h und E2h werden mit internen Sicherungen geliefert, die die 100 kA SCCR und die UL 61800-5-1-Anforderungen für geschlossene Frequenzumrichter erfüllen. Die Frequenzumrichter E3h und E4h müssen mit Sicherungen vom Typ aR ausgestattet sein, um die 100 kA SCCR zu erfüllen.

Eingangsspannung (V)	Bussmann-Bestellnummer
380–480	170M7309
525–690	170M7342

**Tabelle 10.15 Sicherungsoptionen E1h–E4h**

Bussmann	Nennwert
LPJ-21/2SP	2,5 A, 600 V

**Tabelle 10.16 Raumheizgerät Sicherungsempfehlung E1h–E2h**

## HINWEIS

### TRENNSCHALTER

Alle mit werkseitig installiertem Trennschalter bestellten und ausgelieferten Geräte benötigen Abzweigkreissicherungen der Klasse L, um die 100 kA SCCR für den Frequenzumrichter zu erfüllen. Wenn ein Trennschalter verwendet wird, ist der Kurzschluss-Nennstrom 42 kA. Die Eingangsspannung und die Nennleistung des Frequenzumrichters bestimmen die spezifische Klasse-L-Sicherung. Die Eingangsspannung und die Nennleistung des Frequenzumrichters sind auf dem Typenschild des Geräts angegeben. Weitere Informationen in Bezug auf das Typenschild finden Sie in der *Bedienungsanleitung*.

Eingangsspannung (V)	Nennleistung [kW (hp)]	Kurzschluss-Nennstrom (A)	Erforderlicher Schutz
380–480	355–450 (500–600)	42000	Hauptschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 800 A
380–480	500–560 (650–750)	42000	Hauptschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 1200 A
525–690	450–630 (450–650)	40000	Hauptschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 800 A
525–690	710–800 (750–950)	42000	Hauptschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 1200 A

## 10.6 Motor

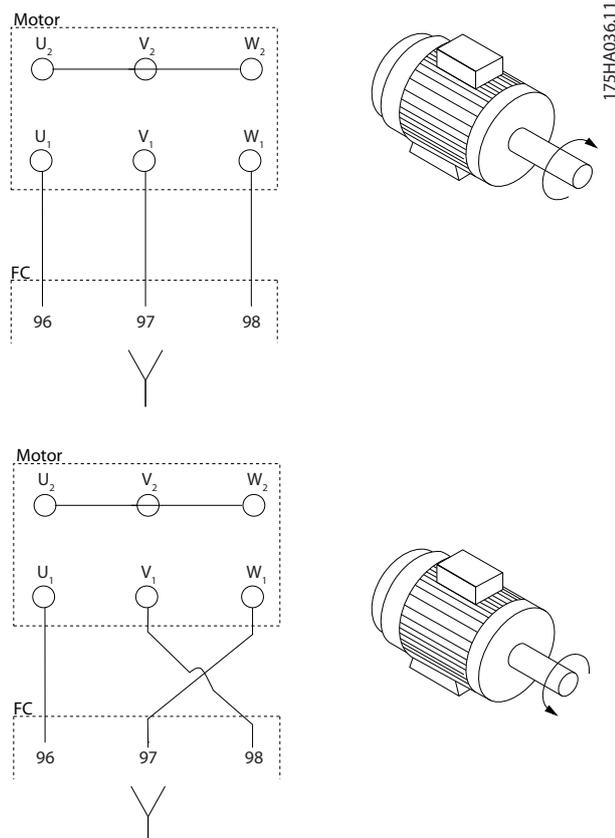
Alle dreiphasigen Standard-Asynchronmotoren können mit einem Frequenzumrichtersystem betrieben werden.

Anschluss	Funktion
96	U/T1
97	V/T2
98	W/T3
99	Masse

**Tabelle 10.17 Motorleitungsklemmen für Rechtslauf Rotation (Werkseinstellung)**

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

Eine Motordrehrichtungsprüfung können Sie über *Parameter 1-28 Motor Rotation Check* und in den in *Abbildung 10.9* gezeigten Schritten durchführen.



**Abbildung 10.9 Änderung der Motordrehung**

### 10.6.1 Thermischer Motorschutz

Das elektronische Thermorelais im Frequenzumrichter hat die UL-Zulassung für einzelnen Motorüberlastschutz, wenn *Parameter 1-90 Motor Thermal Protection* auf *ETR-Abschaltung* und *Parameter 1-24 Motor Current* auf den Motornennstrom (siehe Motor-Typenschild) eingestellt ist. Zum thermischen Motorschutz können Sie auch die VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 verwenden. Diese Karte hat eine ATEX-Zertifizierung, um Motoren in explosionsgefährdeten Bereichen, Zone 1/21 und Zone 2/22, zu schützen. Wenn *Parameter 1-90 Motor Thermal Protection* auf [20] *ATEX ETR* eingestellt ist, wird ETR mit der Verwendung von MCB 112 kombiniert. So kann in explosionsgefährdeten Bereichen ein Ex-e-Motor gesteuert werden. Informationen zur Konfiguration des Frequenzumrichters für einen sicheren Betrieb von Ex-e-Motoren finden Sie im *Programmierhandbuch*.

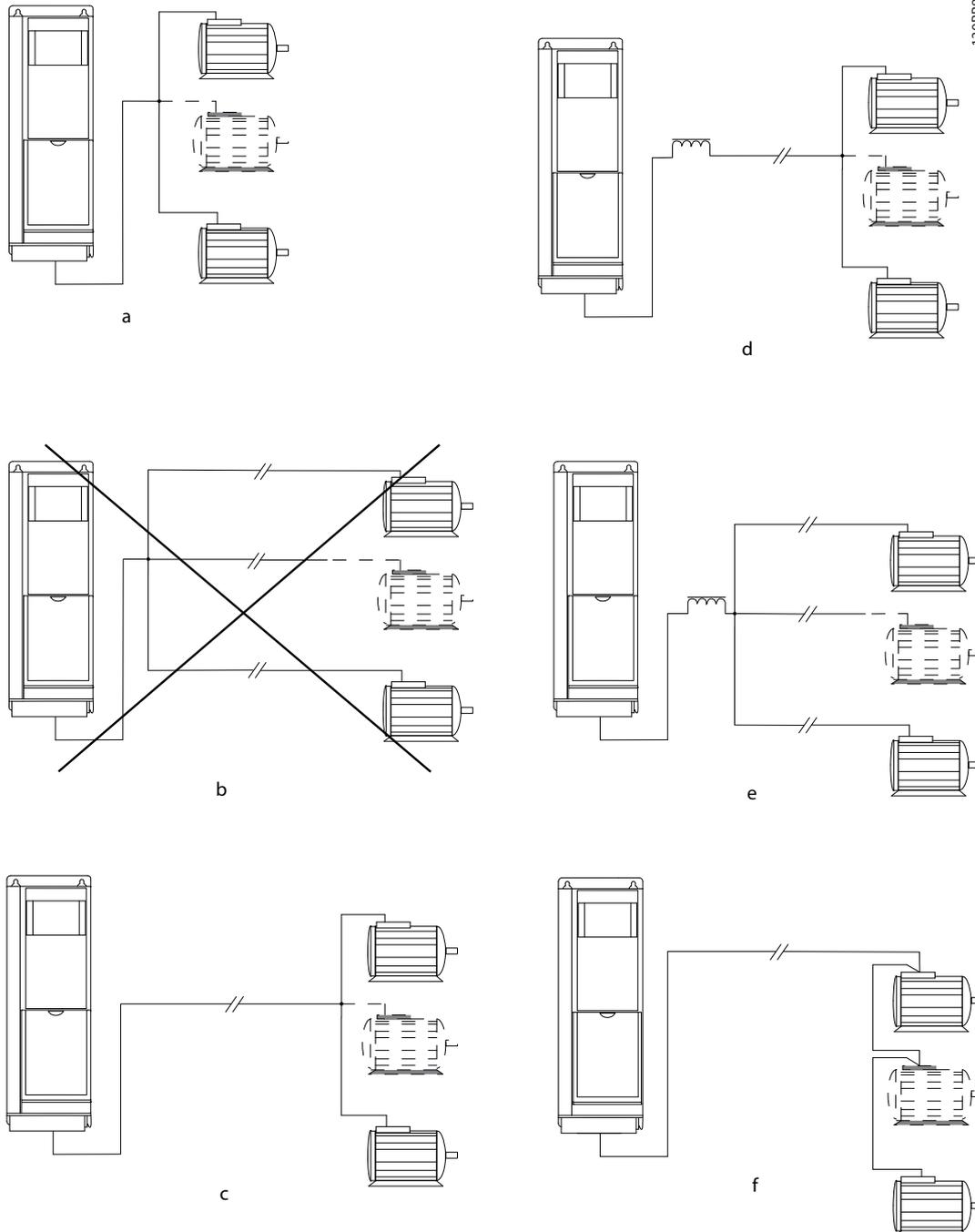
### 10.6.2 Parallelschaltung von Motoren

Der Frequenzumrichter kann mehrere parallel geschaltete Motoren steuern/regeln. Eine Auswahl an Möglichkeiten Motoren parallel zu schalten finden Sie unter *Abbildung 10.10*.

Bei parallelem Motoranschluss müssen die folgenden Punkte beachtet werden:

- Führen Sie Anwendungen mit parallelen Motoren im U/f-Modus (Volt pro Hertz).
- VVC<sup>+</sup>-Modus kann in einigen Anwendungen verwendet werden.
- Der gesamte Stromverbrauch der Motoren darf den maximalen Ausgangsnennstrom I<sub>INV</sub> des Frequenzumrichters nicht übersteigen.
- Wenn sich die Motorgrößen stark unterscheiden, können beim Hochfahren und bei niedrigen Drehzahlen Probleme auftreten, da der relativ hohe Ohm-Widerstand der kleinen Motoren im Stator in solchen Situationen eine höhere Spannung erfordert.
- Das elektronische Thermorelais (ETR) des Frequenzumrichters kann nicht als Motorüberlastschutz verwendet werden. Sehen sie einen weiteren Motorüberschutzvor, einschließlich Thermistoren in jeder Motorwicklung odereinzelne thermische Relais
- Bei parallel geschalteten Motoren können Sie *Parameter 1-02 Flux Motor Feedback Source* nicht verwenden, und *Parameter 1-01 Motor Control Principle* muss auf [0] U/f eingestellt sein.

130BB838.12



10

A	Installationen mit gemeinsamem Anschluss wie in A und B gezeigt werden nur bei kurzen Kabeln empfohlen.
B	Beachten Sie die in Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen angegebene Maximallänge für Motorleitungen.
C	Die in Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen angegebene Gesamtlänge des Motorkabels ist gültig, solange die Parallelkabel kurz gehalten werden und 10 m (32 ft) nicht überschreiten.
D	Berücksichtigen Sie den Spannungsabfall an den Motorleitungen.
E	Berücksichtigen Sie den Spannungsabfall an den Motorleitungen.
F	Die in Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen angegebene Gesamtlänge des Motorkabels ist gültig, solange die Parallelkabel kurz gehalten werden und 10 m (32 ft) nicht überschreiten.

Abbildung 10.10 Unterschiedliche Parallelschaltungen von Motoren

### 10.6.3 Motorisolation

Verwenden Sie im Falle von Motorleitungen, deren Länge geringer oder gleich der in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegebenen Maximallänge ist, die in *Tabelle 10.18* abgebildeten Nennwerte für Motorisolation. Bei einem geringeren Isolationswert eines Motors empfiehlt Danfoss die Verwendung eines dU/dt- oder Sinusfilters.

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

Tabelle 10.18 Nennwerte für Motorisolation

### 10.6.4 Motorlagerströme

Bei allen Motoren, die bei Frequenzumrichtern installiert sind, müssen B-seitig (gegenantriebsseitig) isolierte Lager eingebaut werden, um Lagerströme zu beseitigen. Um A-seitige (antriebsseitige) Lager- und Wellenströme auf ein Minimum zu beschränken, muss richtige Erdung von Frequenzumrichter, Motor, angetriebener Maschine und Motor zur angetriebenen Maschine gewährleistet sein.

Vorbeugende Standardmaßnahmen:

- Verwenden Sie ein isoliertes Lager.
- Gehen Sie ordnungsgemäß nach den Installationsverfahren vor.
  - Stellen Sie sicher, dass Motor und Antriebslast korrekt ausgerichtet sind.
  - Befolgen Sie die EMV-Installationsrichtlinie.
  - Verstärken Sie den Schutzleiter (PE), sodass die hochfrequent wirksame Impedanz im PE niedriger als bei den Versorgungsleitungen ist.
  - Sorgen Sie für eine gute Hochfrequenzverbindung zwischen Motor und Frequenzumrichter. Verwenden Sie ein abgeschirmtes Kabel mit einem 360°-Anschluss im Motor und im Frequenzumrichter.
  - Stellen Sie sicher, dass die Impedanz vom Frequenzumrichter zur Gebäudeerdung niedriger als die Erdungsimpedanz der Maschine ist. Dieses Verfahren kann bei Pumpen schwierig sein.
  - Stellen Sie eine direkte Erdverbindung zwischen Motor und Last her.

- Senken Sie die IGBT-Taktfrequenz.
- Ändern Sie die Wechselrichtersignalform, 60° AVM oder SFAVM.
- Installieren Sie ein Wellenerdungssystem oder verwenden Sie eine Trennkupplung.
- Tragen Sie leitfähiges Schmierfett auf.
- Verwenden Sie, sofern möglich, minimale Drehzahleinstellungen.
- Versuchen Sie sicherzustellen, dass die Netzspannung zur Erde symmetrisch ist. Dieses Verfahren kann bei IT-, TT-, TN-CS-Netzen oder Systemen mit geerdetem Zweig schwierig sein.
- Verwenden Sie ein dU/dt- oder Sinusfilter.

## 10.7 Bremsung

### 10.7.1 Auswahl des Bremswiderstands

Bei bestimmten Anwendungen, z. B. in Lüftungsanlagen für Tunnel oder U-Bahnstationen, ist es vorteilhaft, den Motor schneller anzuhalten, als es durch die Kontrolle per Rampe ab oder durch Freilauf möglich ist. Bei solchen Anwendungen kommt üblicherweise dynamisches Bremsen mit einem Bremswiderstand zum Einsatz. Bei Verwendung eines Bremswiderstands wird sichergestellt, dass die Energie im Widerstand und nicht im Antrieb aufgenommen wird. Weitere Informationen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Ist der Betrag der kinetischen Energie, die in jedem Bremszeitraum zum Widerstand übertragen wird, unbekannt, können Sie die durchschnittliche Leistung auf Basis der Zykluszeit und Bremszeit berechnen (Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb). Der periodische Arbeitszyklus des Bremswiderstands zeigt die Einschaltdauer des Widerstands. *Abbildung 10.11* zeigt einen typischen Bremszyklus.

Motorlieferanten verwenden oft *S5* beider Angabe der erlaubten Last, die ein Ausdruck des Periodischen Aussetzbetriebs ist. Sie können den Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb des Widerstands wie folgt berechnen:

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

T = Zykluszeit in Sekunden

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

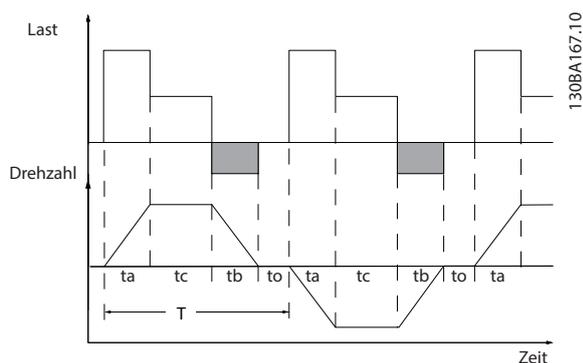


Abbildung 10.11 Typischer Bremszyklus

	Modell					
	N110K	N132	N160	N200	N250	N315
Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600	600
Bremsarbeitszyklus bei 100 % Drehmoment	Dauerlast	Dauerlast	Dauerlast	Dauerlast	Dauerlast	Dauerlast
Bremsarbeitszyklus bei 150/160 % Drehmoment	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Tabelle 10.19 D1h–D8h Bremsvermögen, 380–480 V

		Modell				
		N355	N400	N450	N500	N560
Nennbremsmoment [45 °C(113 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600
	Strom (%)	100	70	62	56	80
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [45 °C(113 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300
	Strom (%)	136	92	81	72	107
	Bremszeit (s)	30	30	30	30	30
Nennbremsmoment [25 °C(77 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600
	Strom (%)	100	92	81	89	80
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [25 °C(77 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300
	Strom (%)	136	113	100	72	107
	Bremszeit (s)	30	10	10	30	30

Tabelle 10.20 E1h–E4h Bremsvermögen, 380–480 V

	Modell								
	N75K	N90K	N110K	N132	N160	N200	N250	N315	N400
Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Bremsarbeitszyklus bei 100 % Drehmoment	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Bremsarbeitszyklus bei 150/160 % Drehmoment	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabelle 10.21 D1h–D8h Bremsvermögen, 525–690 V

		Modell					
		N450	N500	N560	N630	N710	N800
Nennbremsmoment [45 °C(113 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600	600
	Strom (%)	89	79	63	63	71	63
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [45 °C(113 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300	300
	Strom (%)	113	100	80	80	94	84
	Bremszeit (s)	30	30	30	30	30	30
Nennbremsmoment [25 °C(77 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600	60
	Strom (%)	89	79	63	63	71	63
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [25 °C(77 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300	300
	Strom (%)	113	100	80	80	94	84
	Bremszeit (s)	30	30	30	30	30	30

**Tabelle 10.22 E1h–E4h Bremsvermögen, 525–690 V**

Danfoss bietet Bremswiderstände mit Arbeitszyklen von 5 %, 10 % und 40 % an. Bei Anwendung eines Arbeitszyklus von 10 % können die Bremswiderstände die Bremsleistung über 10 % der Zykluszeit aufnehmen. Die übrigen 90 % der Zykluszeit werden zum Abführen überschüssiger Wärme genutzt.

### HINWEIS

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

Die maximal zulässige Last am Bremswiderstand wird als Spitzenleistung bei einem gegebenen Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb ausgedrückt. Der Bremswiderstand wird wie gezeigt berechnet:

$$R_{br} [\Omega] = \frac{U_{dc}^2}{P_{H\ddot{o}chstwert}}$$

wenn

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

Wie gezeigt, hängt der Bremswiderstand von der Zwischenkreisspannung ( $U_{dc}$ ) ab.

Spannung	Bremse aktiv	Warnung vor Abschaltung	Abschaltung (Alarm)
380–480 V <sup>1)</sup>	810 V	828 V	855 V
525–690 V	1084 V	1109 V	1130 V

**Tabelle 10.23 FC102 Grenzwerte**

1) Abhängig von der Leistungsgröße

### HINWEIS

Prüfen Sie, ob Ihr Bremswiderstand für eine Spannung von 410 V, 820 V, 850 V, 975 V oder 1130 V zugelassen ist. Danfoss-Bremswiderstände sind für den Einsatz in allen Danfoss-Frequenzumrichter zugelassen.

Danfoss empfiehlt den Bremswiderstand  $R_{rec}$ . Diese Berechnung gewährleistet, dass der Frequenzumrichter mit dem maximal verfügbaren Bremsmoment ( $M_{br(\%)}$ ) von 150 % bremst. Die entsprechende Formel lässt sich wie folgt schreiben:

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

$\eta_{motor}$  beträgt in der Regel 0,90

$\eta_{VLT}$  beträgt in der Regel 0,98

Für Spannungen von 200 V, 480 V, 500 V und 600 V wird  $R_{rec}$  bei einem Bremsmoment von 160 % wie folgt ausgedrückt:

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

$$500V : R_{rec} = \frac{464923}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$600V : R_{rec} = \frac{630137}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$690V : R_{rec} = \frac{832664}{P_{motor}} [\Omega]$$

### HINWEIS

Der ohmsche Widerstand des gewählten Bremswiderstands darf nicht unter dem von Danfoss empfohlenen Wert liegen, da sonst der Frequenzumrichter beschädigt wird. Die Bauformen E1h–E4h enthalten einen Bremschopper.

**HINWEIS**

Bei einem Kurzschluss im Bremstransistor des Frequenzumrichters oder bei einem Erdschluss im Bremsmodul oder in der Verdrahtung kann ein eventueller Leistungsverlust im Bremswiderstand nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) oder eines Kontakts im Bremskreis verhindert werden. Ein ununterbrochener Leistungsverlust im Bremswiderstand kann Überhitzen, Beschädigungen oder einen Brand verursachen.

**⚠️ WARNUNG****BRANDGEFAHR**

Bremswiderstände werden während oder nach dem Bremsen sehr heiß. Wenn der Bremswiderstand nicht ordnungsgemäß an einem sicheren Ort platziert wird, kann dies zu schweren Verletzungen oder Sachschäden führen.

- Platzieren Sie den Bremswiderstand in einer sicheren Umgebung abseits von brennbaren Gegenständen und unbeabsichtigter Berührung.

**10.7.2 Steuerung mit Bremsfunktion**

Ein Relais/ein Digitalausgang kann den Schutz des Bremswiderstands vor einer Überlastung übernehmen und erzeugt im Bedarfsfall einen Fehler im Frequenzumrichter. Im Falle einer Überlastung oder Überhitzung des Brems-IGBT schaltet das Relais-/Digitalsignal von der Bremse zum Frequenzumrichter das Brems-IGBT aus. Dieses Relais/Digitalsignal schützt nicht vor einem Kurzschluss im Bremsen-IGBT oder einem Erdschluss im Bremsmodul oder in der Verdrahtung. Wenn ein Kurzschluss in der Bremse IGBT auftritt, empfiehlt Danfoss eine Vorrichtung zur Trennung der Bremse.

Außerdem ermöglicht die Bremse ein Auslesen der aktuellen Leistung und der mittleren Leistung der letzten 120 s. Die Bremse kann ebenfalls die Bremsleistung überwachen und sicherstellen, dass sie die in *Parameter 2-12 Brake Power Limit (kW)* gewählte Grenze nicht überschreitet. In *Parameter 2-13 Brake Power Monitoring* wählen Sie aus, welche Funktion ausgeführt wird, wenn die an den Bremswiderstand übertragene Leistung den in *Parameter 2-12 Brake Power Limit (kW)* eingestellten Grenzwert überschreitet.

**HINWEIS**

Überwachen der Bremsleistung ist keine Sicherheitsfunktion; Ein an einen externen Schütz angeschlossener Thermoschalter ist hierfür erforderlich. Der Bremswiderstandskreis ist nicht gegen Erdableitstrom geschützt.

Sie können *Überspannungssteuerung (OVC)* als eine alternative Bremsfunktion in *Parameter 2-17 Over-voltage Control* wählen. Diese Funktion ist für alle Geräte wählbar. Sie stellt sicher, dass bei Anstieg der Zwischenkreisspannung auch die Ausgangsfrequenz angehoben wird, um ein Ansteigen der DC-Zwischenkreisspannung zu verhindern; auf diese Weise kann eine Abschaltung vermieden werden.

**HINWEIS**

Sie können OVC nicht aktivieren, wenn Sie einen PM-Motor betreiben, während *Parameter 1-10 Motor Construction* auf [1] PM, Vollpol SPM eingestellt ist.

**10.8 Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) und Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)**

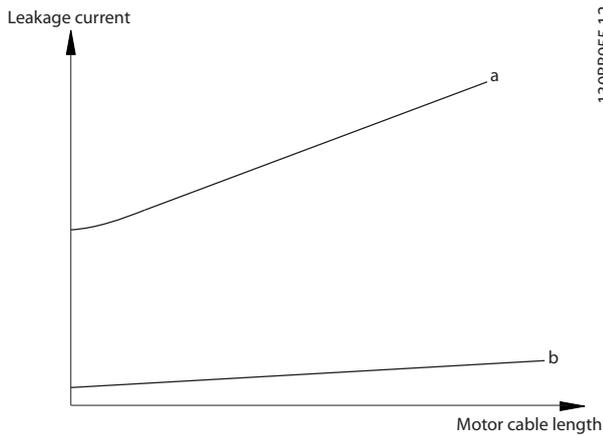
Je nach Anforderung der örtlichen Sicherheitsvorschriften kann als zusätzliche Schutzmaßnahme eine Mehrfach-Schutzerdung oder Einsatz eines FI-Schutzschalters (Fehlerstromschutzschalter) vorgeschrieben sein. Bei einem Erdschluss kann im Fehlerstrom ein Gleichstromanteil enthalten sein. Fehlerstromschutzschalter sind gemäß den örtlichen Vorschriften anzuwenden. Die Relais müssen für die Absicherung von Geräten mit dreiphasigem Brückengleichrichter und für einen kurzzeitigen Impulsstrom im Einschaltmoment zugelassen sein. Nähere Angaben finden Sie unter *Kapitel 10.9 Ableitstrom*.

**10.9 Ableitstrom**

Befolgen Sie im Hinblick auf die Schutzerdung von Geräten mit einem Ableitstrom gegen Erde von mehr als 3,5 mA alle nationalen und lokalen Vorschriften. Die Frequenzumrichtertechnologie nutzt hohe Schaltfrequenzen bei hoher Leistung. Dieses hochfrequente Schalten erzeugt einen Ableitstrom zum Erdanschluss.

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

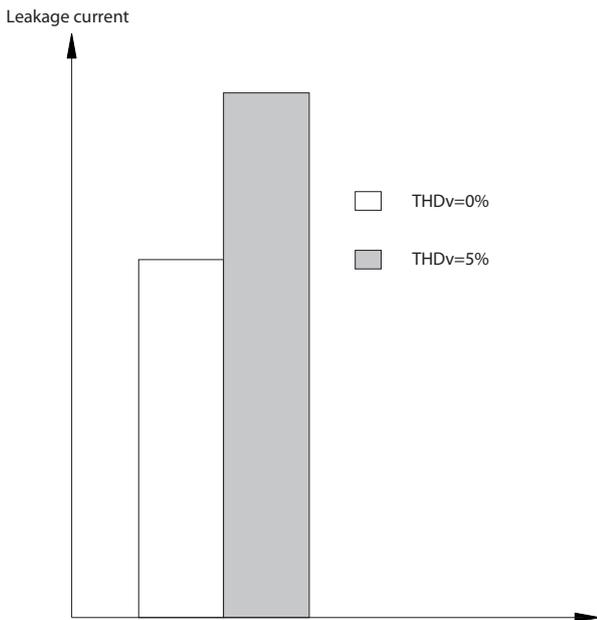
- Filterung von Funkfrequenzstörungen
- Motorkabellänge
- Motorleitungsabschirmung.
- Frequenzumrichterleistung.



130BB955.12

Abbildung 10.12 Einfluss von Motorkabellänge und Leistungsgröße auf den Ableitstrom. Leistungsgröße a > Leistungsgröße b.

Der Ableitstrom hängt ebenfalls von der Netzverzerrung ab.



130BB956.12

Abbildung 10.13 Die Netzverzerrung beeinflusst den Ableitstrom

Zur Übereinstimmung mit EN/IEC 61800-5-1 (Produktnorm für Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl) müssen besondere Anforderungen erfüllt werden, wenn der Erdableitstrom 3,5 mA übersteigt.

Verstärken Sie die Erdung durch Berücksichtigung der folgenden Anforderungen zur Schutzerdung:

- Erdungskabel (Klemme 95) mit einem Querschnitt von mindestens 10 mm<sup>2</sup> (8 AWG).
- Zwei getrennt verlegte Erdungskabel, die die vorgeschriebenen Maße einhalten

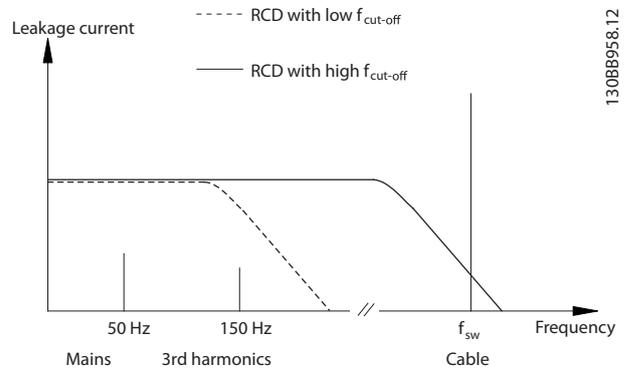
Weitere Informationen finden Sie in EN/IEC 61800-5-1 und EN 50178.

**Fehlerstromschutzschalter**

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

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

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



130BB958.12

Abbildung 10.14 Hauptbeitragsfaktoren zum Ableitstrom

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

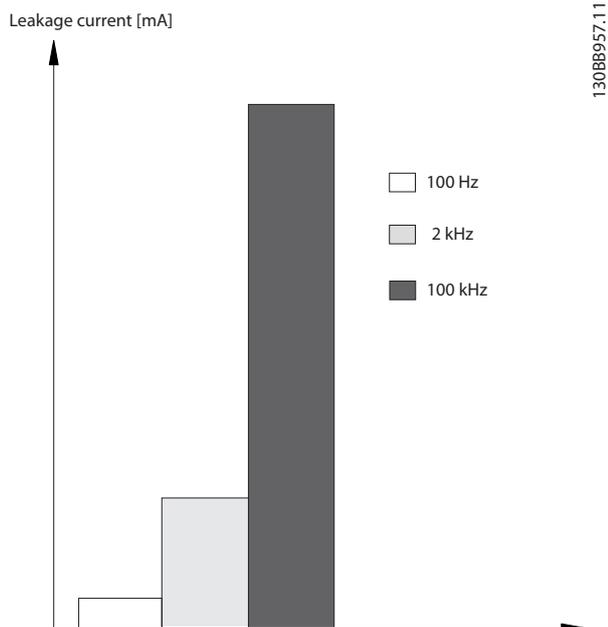


Abbildung 10.15 Einfluss der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters auf den Ableitstrom

## 10.10 IT-Netz

10

### Ungeerdete Netzversorgung

Wird der Frequenzumrichter von einer isolierten Netzstromquelle (IT-Netz, potenzialfreie Dreieckschaltung oder geerdete Dreieckschaltung) oder TT/TNS-Netz mit geerdetem Zweig versorgt, wird empfohlen, den EMV-Schalter über *Parameter 14-50 RFI Filter* am Frequenzumrichter und *Parameter 14-50 RFI Filter* am Filter auf AUS zu setzen. Weitere Informationen entnehmen Sie Norm IEC 364-3. In dieser Betriebsart sind die Filterkondensatoren zwischen Chassis und Zwischenkreis abgeschaltet, um Schäden am Zwischenkreis zu vermeiden und die Erdungskapazität gemäß IEC 61800-3 zu verringern. Wenn optimale EMV-Leistung erforderlich ist, oder Motoren parallel angeschlossen sind, oder die Motorleitung länger als 25 m (82 ft) ist, empfiehlt Danfoss die Einstellung von *Parameter 14-50 RFI Filter* auf [EIN]. Lesen Sie hierzu auch *Anwendungshinweis VLT am IT-Netz*. Es ist wichtig, Isolationsmonitore zu verwenden, die zusammen mit der Leistungselektronik (IEC 61557-8) einsetzbar sind.

Danfoss empfiehlt nicht die Verwendung eines Ausgangsschützes für 525–690 V Frequenzumrichter, die im IT-Netzwerk betrieben werden.

## 10.11 Wirkungsgrad

### Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ( $\eta_{VLT}$ )

Die Last am Frequenzumrichter hat kaum Auswirkung auf seinen Wirkungsgrad. In der Regel ist der Wirkungsgrad bei der Motornennfrequenz  $f_{M,N}$ , derselbe, ob der Motor nun 100 % des Wellennendrehmoments oder, im Fall von Teillasten, nur 75 % liefert.

Der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ändert sich selbst dann nicht, wenn Sie eine andere U/f-Kennlinie wählen. Dennoch haben die U/f-Kennlinien Einfluss auf den Wirkungsgrad des Motors.

Der Wirkungsgrad nimmt leicht ab, wenn die Taktfrequenz auf einen Wert von über 5 kHz eingestellt ist. Der Wirkungsgrad nimmt leicht ab, wenn die Netzspannung 480 V beträgt oder das Motorkabel länger als 30 m (98 ft) ist.

### Berechnung des Frequenzumrichter-Wirkungsgrads

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Frequenzumrichters bei unterschiedlichen Drehzahlen und Lasten auf Grundlage von *Abbildung 10.16*. Der Faktor in dieser Abbildung muss mit dem spezifischen Wirkungsgradfaktor, der in den Spezifikationstabellen *Kapitel 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V* und *Kapitel 7.2 Elektrische Daten, 525-690 V* zu finden ist, multipliziert werden.

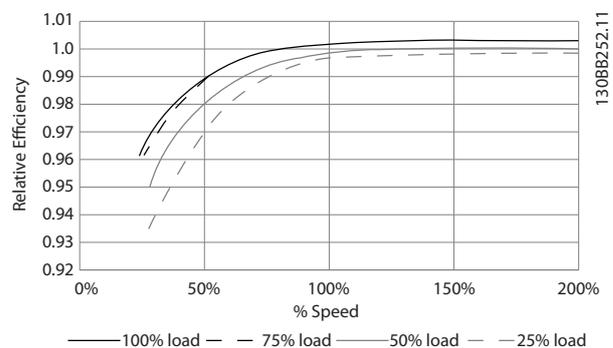


Abbildung 10.16 Typische Wirkungsgradkurven

Beispiel: Nehmen wir als Beispiel einen Frequenzumrichter mit 160 kW und 380–480 V AC bei 25 % Last bei 50 % Drehzahl. *Abbildung 10.16* gibt 0,97 an – der Nennwirkungsgrad für einen Frequenzumrichter mit 160 kW ist also 0,98. Der tatsächliche Wirkungsgrad ist gleich:  $0,97 \times 0,98 = 0,95$ .

### Motorwirkungsgrad ( $\eta_{MOTOR}$ )

Der Wirkungsgrad eines an den Frequenzumrichter angeschlossenen Motors hängt von der Magnetisierungsstufe ab. In der Regel ist der Wirkungsgrad genauso gut wie bei Netzbetrieb. Der Motorwirkungsgrad ist außerdem vom Motortyp abhängig.

Im Nenndrehmomentbereich von 75–100 % ist der Motorwirkungsgrad praktisch konstant, sowohl wenn dieser vom Frequenzumrichter geregelt wird und wenn er direkt im Netz betrieben wird.

Bei kleinen Motoren haben die U/f-Kennlinien nur einen minimalen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Allerdings ergeben sich beachtliche Vorteile bei Motoren mit mindestens 11 kW (14,75 HP).

Die Taktfrequenz hat in der Regel keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad von kleinen Motoren. Bei Motoren mit mindestens 11 kW (14,75 hp) wird der Wirkungsgrad erhöht (1–2 %), da die Form der Sinuskurve des Motorstroms bei hoher Taktfrequenz fast perfekt ist.

**Wirkungsgrad des Systems ( $\eta_{SYSTEM}$ )**

Zur Berechnung des Systemwirkungsgrads wird der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ( $\eta_{DRIVE}$ ) mit dem Motorwirkungsgrad ( $\eta_{MOTOR}$ ) multipliziert:

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

**10.12 Störgeräusche**

Störgeräusche von Frequenzumrichtern haben drei Ursachen:

- DC-Zwischenkreisdrosseln.
- Interne Lüfter.
- EMV-Filterdrossel.

Tabelle 10.24 listet die typischen, im Abstand von 1 m (9 ft) zum Frequenzumrichter gemessenen Störgeräuschwerte auf:

Baugröße	dBA bei voller Lüfterdrehzahl
D1h/D3h/D5h/D6h	73
D2h/D4h/D7h/D8h	75
E1h–E4h	80

Tabelle 10.24 Störgeräusche

Testergebnisse wurden nach ISO 3744 für hörbare Geräuschpegel in einer kontrollierten Umgebung ermittelt. Das Geräusch-Tonspektrum wurde für die Aufzeichnung von technischen Daten zur Hardware-Performance nach ISO 1996-2 Anhang D qualifiziert.

Eine neue Lüftersteuerung für die Baugrößen E1h–E4h trägt dazu bei, die hörbaren Geräusche zu reduzieren, indem sie dem Bediener ermöglicht, verschiedene Lüfterbetriebsmodi anhand von bestimmten Bedingungen auszuwählen. Weitere Informationen, siehe *Parameter 30-50 Heat Sink Fan Mode*.

**10.13 dU/dt-Bedingungen**

**HINWEIS**

Um vorzeitige Alterung von Motoren zu vermeiden, die nicht für den Betrieb mit einem Frequenzumrichter ausgelegt sind, weil sie etwa nicht über Phasentrennpapier oder eine geeignete Isolation verfügen, empfiehlt Danfoss dringend, den Ausgang des Frequenzumrichters mit einem Filter für dU/dt oder einem Sinusfilter auszurüsten. Nähere Informationen über dU/dt- und Sinusfilter siehe das *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

Wenn ein Transistor in der Wechselrichterbrücke schaltet, steigt die Spannung am Motor in Abhängigkeit von der Motorleitung (Typ, Querschnitt, Länge geschirmt oder ungeschirmt) und der Induktivität im Verhältnis dU/dt.

Die Selbstinduktivität verursacht ein Übersteuern  $U_{PEAK}$  in der Motorspannung, bevor sie sich auf einem von der Spannung im Zwischenkreis bestimmten Pegel stabilisiert. Die Anstiegszeit und Spitzenspannung  $U_{PEAK}$  beeinflussen die Lebensdauer des Motors. Besonders Motoren ohne Phasentrennungspapier werden von zu hohen Spitzenspannungen geschädigt. Die Motorkabellänge hat Auswirkungen auf Anstiegszeit und Spitzenspannung. Wenn das Motorkabel kurz ist (wenige Meter), sind Anstiegszeit und Spitzenspannung niedriger. Bei einem langen Motorkabel (100 m (328 ft)) steigen Anstiegszeit und Spitzenspannung.

Spitzenspannung an den Motorklemmen wird durch das Schalten der IGBT-Transistoren verursacht. Der Frequenzumrichter erfüllt die Anforderungen von IEC 60034-25:2007 Ausgabe 2.0 im Hinblick auf Motoren, die für die Regelung durch Frequenzumrichter ausgelegt sind. Der Frequenzumrichter erfüllt ebenfalls IEC 60034-17:2006 Ausgabe 4 im Hinblick auf Normmotoren, die von Frequenzumrichtern geregelt werden.

**High-Power-Bereich**

Die Leistungsgrößen in *Tabelle 10.25* und *Tabelle 10.36* bei geeigneten Netzspannungen erfüllen die Bestimmungen von IEC 60034-17:2006 Ausgabe 4 bezüglich normaler, über Frequenzumrichter gesteuerter Motoren, von IEC 60034-25 bezüglich Motoren, die für eine Steuerung durch Frequenzumrichter entwickelt wurden, und von NEMA MG 1-1998 Teil 31.4.4.2 für Wechselrichter-gespeiste Motoren. Die Leistungsgrößen in *Tabelle 10.25* bis *Tabelle 10.36* sind nicht konform mit NEMA MG 1-1998 Teil 30.2.2.8 für Universalmotoren.

### 10.13.1 dU/dt-Prüfergebnisse für Gehäuse D1h–D8h

#### Prüfergebnisse für 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	0,26	1180	2109
	150 (492)	500	0,21	1423	3087
	300 (984)	500	0,56	1557	1032
200–315 (300–450)	30 (98)	500	0,63	1116	843
	150 (492)	500	0,80	1028	653
	300 (984)	500	0,71	835	651

Tabelle 10.25 NEMA dU/dt-Testergebnisse für D1h–D8h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	0,71	1180	1339
	150 (492)	500	0,76	1423	1497
	300 (984)	500	0,91	1557	1370
200–315 (300–450)	30 (98)	500	1,10	1116	815
	150 (492)	500	2,53	1028	321
	300 (984)	500	1,29	835	517

Tabelle 10.26 IEC dU/dt-Testergebnisse für D1h–D8h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,28	1418	2105
	300 (984)	500	0,21	1530	2450
200–315 (300–450)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,23	1261	2465
	300 (984)	500	0,96	1278	597

Tabelle 10.27 NEMA dU/dt-Testergebnisse für D1h–D8h mit geschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,66	1418	1725
	300 (984)	500	0,96	1530	1277
200–315 (300–450)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,56	1261	1820
	300 (984)	500	0,78	1278	1295

Tabelle 10.28 IEC dU/dt-Testergebnisse für D1h–D8h mit geschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

#### Prüfergebnisse für 525–690 V

NEMA liefert keine dU/dt-Ergebnisse für 690 V.

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
75–160 (75–200)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	1,11	2135	1535
	300 (984)	690	1,28	2304	1433
200–400 (250–400)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	0,42	996	1885
	300 (984)	690	1,38	2163	1253

Tabelle 10.29 IEC dU/dt-Testergebnisse für D1h–D8h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 525–690 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
75–160 (75–200)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	1,03	2045	1590
	300 (984)	690	1,41	2132	1217
200–400 (250–400)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	1,00	2022	1617
	300 (984)	690	1,15	2097	1459

Tabelle 10.30 IEC dU/dt-Testergebnisse für D1h–D8h mit geschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 525–690 V

### 10.13.2 dU/dt-Prüfergebnisse für Gehäuse E1h–E4h

#### Prüfergebnisse für 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,23	1038	2372
	30 (98)	460	0,72	1061	644
	150 (492)	460	0,46	1142	1160
	300 (984)	460	1,84	1244	283
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,42	1042	1295
	30 (98)	460	0,57	1200	820
	150 (492)	460	0,63	1110	844
	300 (984)	460	2,21	1175	239

Tabelle 10.31 NEMA dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,33	1038	2556
	30 (98)	460	1,27	1061	668
	150 (492)	460	0,84	1142	1094
	300 (984)	460	2,25	1244	443
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,53	1042	1569
	30 (98)	460	1,22	1200	1436
	150 (492)	460	0,90	1110	993
	300 (984)	460	2,29	1175	411

Tabelle 10.32 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,17	1017	3176
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,41	1268	1311
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,17	1042	3126
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,22	1233	2356

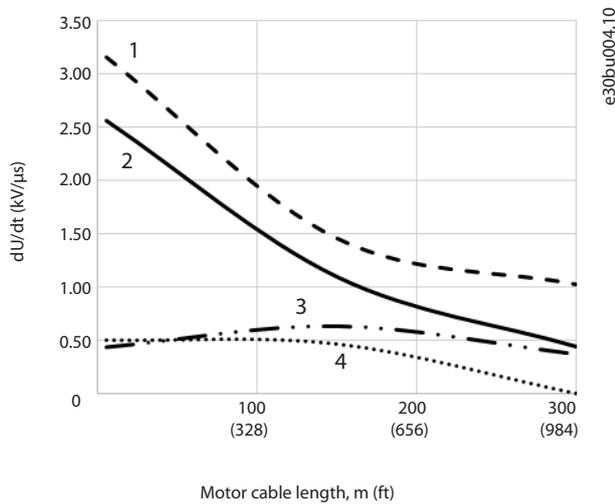
Tabelle 10.33 NEMA dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit abgeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [ $\mu$ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [ $V/\mu$ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,26	1017	3128
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,70	1268	1448
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,27	1042	3132
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,52	1233	1897

Tabelle 10.34 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit abgeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

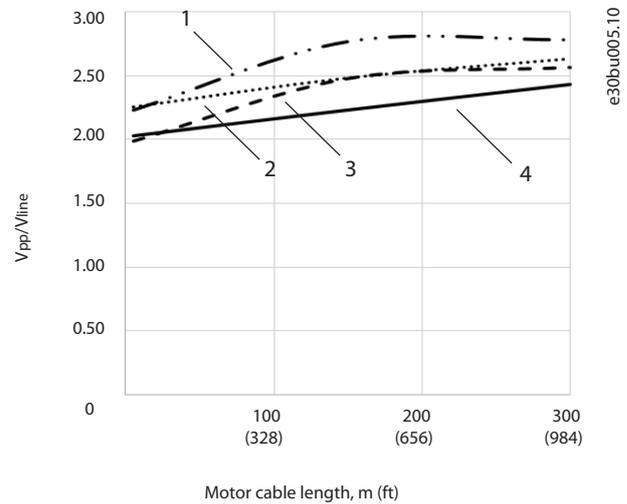
Abbildung 10.17–Abbildung 10.20 die typischen Anstiegs- und Spitzenspannungen an den Motorklemmen für geschirmte und ungeschirmte Kabel in verschiedenen Konfigurationen zeigen.

Diese Werte gelten für den stationären Betrieb und für den Effektivwert-Eingangsspannungsbereich des Umrichters  $V_{line}$ . Wenn der Antrieb im Bremsmodus arbeitet, erhöht sich die Zwischenkreisspannung um 20 %. Dieser Effekt ist vergleichbar mit einer Erhöhung der Netzspannung um 20 %. Berücksichtigen Sie diese Spannungserhöhung bei der Analyse der Motorisolation für Bremsanwendungen.



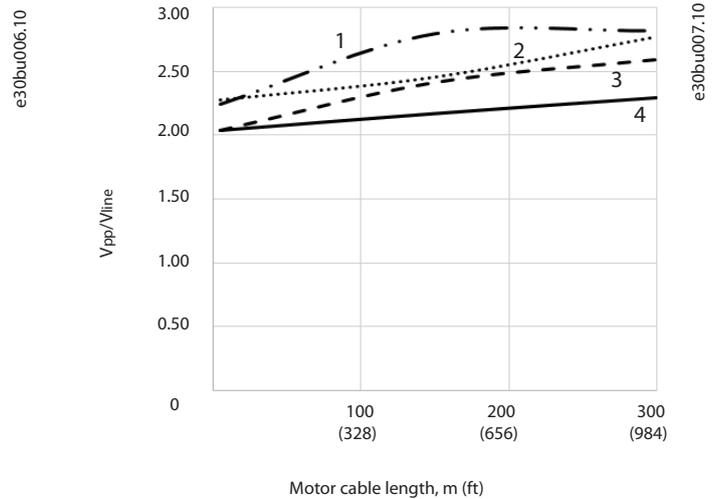
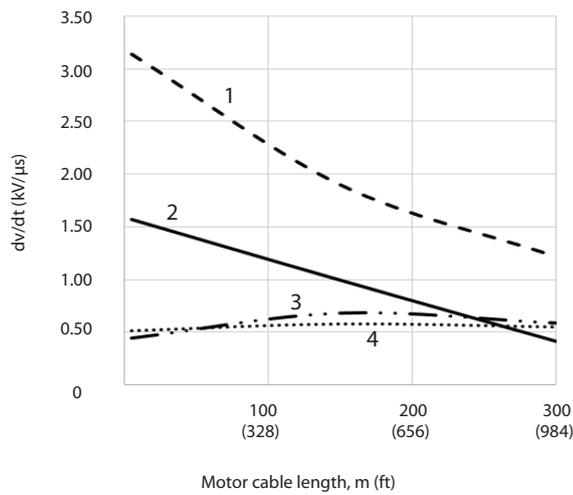
1	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter
2	Geschirmtes Kabel ohne Filter
3	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
4	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter

Abbildung 10.17 dU/dt an Motorklemmen für Gehäuse E1h/E3h, 380-480 V



1	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
2	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
3	Geschirmtes Kabel ohne Filter
4	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter

Abbildung 10.18 Spitzenspannungen an Motorklemmen für Gehäuse E1h/E3h, 380-480 V



1	Geschirmtes Kabel ohne Filter
2	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter
3	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
4	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter

1	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
2	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
3	Geschirmtes Kabel ohne Filter
4	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter

Abbildung 10.19 Spitzenspannungen an Motorklemmen für Gehäuse E2h/E4h, 380-480 V

Abbildung 10.20 Spitzenspannungen an Motorklemmen für Gehäuse E2h/E4h, 380-480 V

Prüfergebnisse für 525–690 V

NEMA liefert keine dU/dt-Ergebnisse für 690 V.

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μs]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/μs]
450–630 (450–650)	30 (98)	690	0,37	1625	3494
	50 (164)	690	0,86	2030	1895
710–800 (750–950)	5 (16)	690	0,25	1212	3850
	20 (65)	690	0,33	1525	3712
	50 (164)	690	0,82	2040	1996

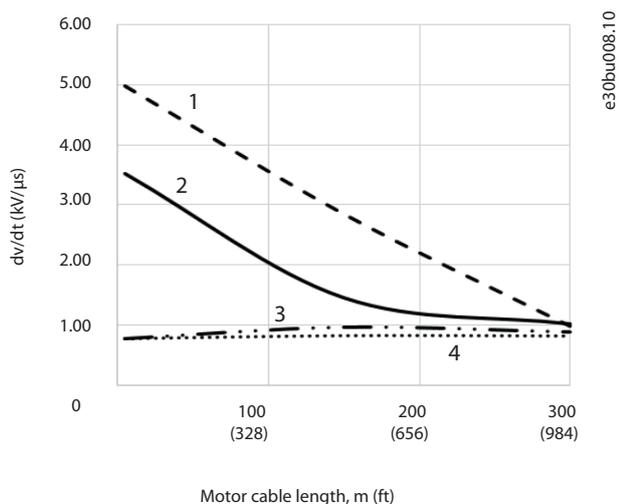
Tabelle 10.35 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 525–690 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μs]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/μs]
450–630 (450–650)	5 (16)	690	0,23	1450	5217
	48 (157)	690	0,38	1637	3400
	150 (492)	690	0,94	1762	1502
710–800 (750–950)	5 (16)	690	0,26	1262	3894
	48 (157)	690	0,46	1625	2826
	150 (492)	690	0,94	1710	1455

Tabelle 10.36 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit abgeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 525–690 V

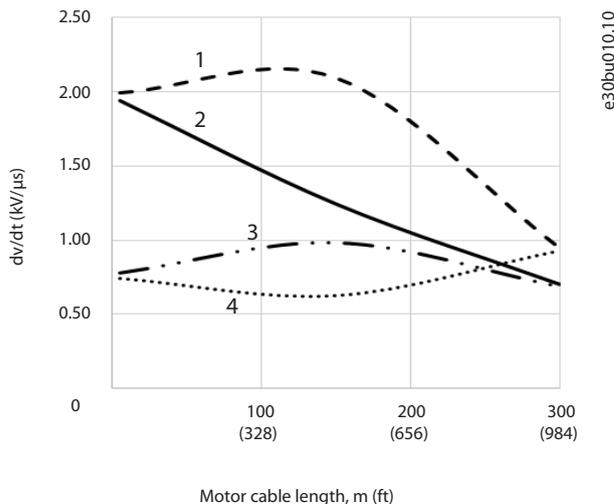
Abbildung 10.21–Abbildung 10.24 die typischen Anstiegs- und Spitzenspannungen an den Motorklemmen für geschirmte und ungeschirmte Kabel in verschiedenen Konfigurationen zeigen.

Diese Werte gelten für den stationären Betrieb und für den Effektivwert-Eingangsspannungsbereich des Umrichters  $V_{line}$ . Wenn der Antrieb im Bremsmodus arbeitet, erhöht sich die Zwischenkreisspannung um 20 %. Dieser Effekt ist vergleichbar mit einer Erhöhung der Netzspannung um 20 %. Berücksichtigen Sie diese Spannungserhöhung bei der Analyse der Motorisolation für Bremsanwendungen.



1	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter
2	Geschirmtes Kabel ohne Filter
3	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
4	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter

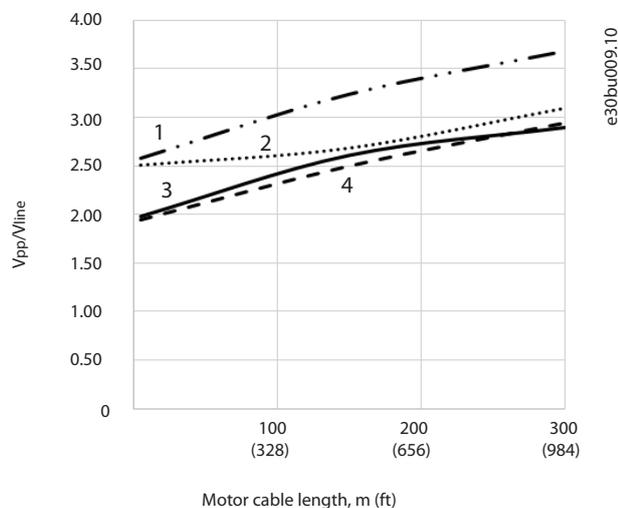
Abbildung 10.21 dU/dt an Motorklemmen für Gehäuse E2h/ E4h, 525–690 V



1	Geschirmtes Kabel ohne Filter
2	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter
3	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
4	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter

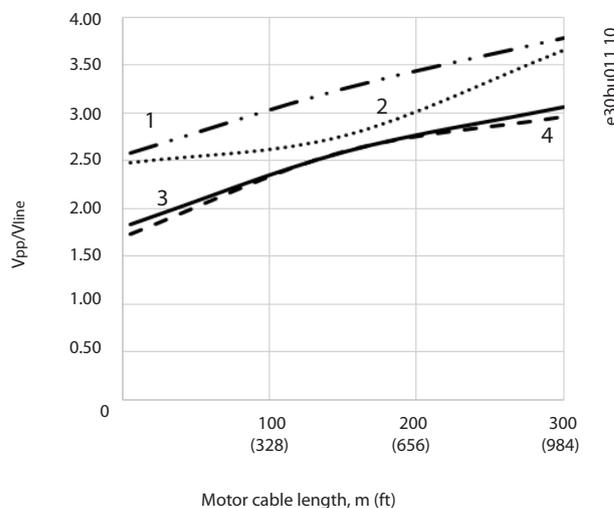
Abbildung 10.23 Spitzenspannungen an Motorklemmen für Gehäuse E2h/E4h, 525–690 V

10



1	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
2	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
3	Geschirmtes Kabel ohne Filter
4	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter

Abbildung 10.22 Spitzenspannungen an Motorklemmen für Gehäuse E2h/E4h, 525–690 V



1	Ungeschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
2	Geschirmtes Kabel mit dU/dt-Filter
3	Geschirmtes Kabel ohne Filter
4	Ungeschirmtes Kabel ohne Filter

Abbildung 10.24 Spitzenspannungen an Motorklemmen für Gehäuse E2h/E4h, 525–690 V

### 10.14 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Übersicht

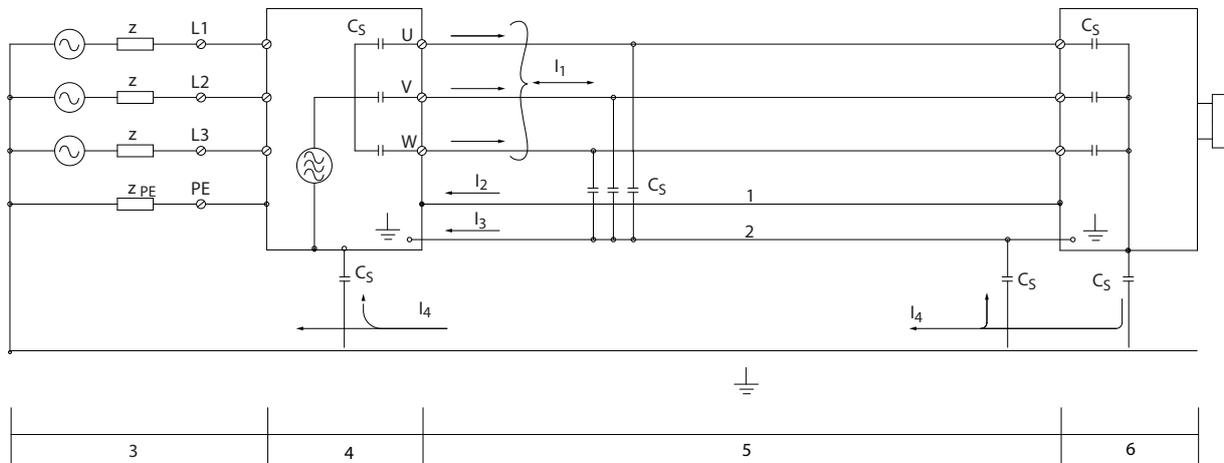
Elektrische Geräte erzeugen Störungen und sind zugleich den Störungen von anderen Quellen ausgesetzt. Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) dieser Effekte ist von den Leistungs- und Oberschwingungseigenschaften der Geräte abhängig.

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

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

Schalttransienten im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz treten in der Regel leitungsgebunden auf. Störaussendung vom Antriebssystem im Bereich von 30 MHz bis 1 GHz werden durch den Wechselrichter, das Motorkabel und den Motor erzeugt.

Durch kapazitive Ströme des Motorkabels, in Verbindung mit hohem  $dU/dt$  der Motorspannung, werden Ableitströme erzeugt. Siehe *Abbildung 10.25*. Abgeschirmte Motorkabel haben eine höhere Kapazität zwischen den Phasenleitern und dem Schirm sowie zwischen Schirm und Erde. Diese erhöhte Kabelkapazität ändert zusammen mit anderen Parasitärkapazitäten und der Motorinduktivität die elektromagnetischen Emissionen des Geräts. Die Änderung der elektromagnetischen Emissionen tritt vorwiegend bei Emissionen unter 5 MHz auf. Der Ableitstrom ( $I_1$ ) fließt zum Großteil über die Abschirmung ( $I_3$ ) direkt zurück zum Gerät. Es verbleibt dann nur ein kleines elektromagnetisches Feld ( $I_4$ ) vom abgeschirmten Motorkabel. Die Abschirmung verringert zwar die abgestrahlte Störung, erhöht jedoch die Niederfrequenzstörungen am Netz.



175ZA062.12

1	Massekabel	$C_s$	Mögliche Pfade für Parasitärkapazitäten im Abzweig (variiert in verschiedenen Installationen)
2	Abschirmung	$I_1$	Gleichtakt-Ableitstrom
3	Netzversorgung	$I_2$	Abgeschirmtes Motorkabel
4	Frequenzumrichter	$I_3$	Schutzerdung (vierter Leiter in Motorkabeln)
5	Abgeschirmtes Motorkabel	$I_4$	Unbeabsichtigter Gleichtaktstrom
6	Motor	-	-

Abbildung 10.25 Elektrisches Modell mit möglichen Ableitströmen

### 10.14.1 EMV-Prüfergebnisse

Folgende Ergebnisse wurden unter Verwendung eines Frequenzumrichters (mit Optionen, falls erforderlich), einer abgeschirmten Steuerleitung, eines Steuerkastens mit Potenziometer sowie eines Motors und geschirmten Motorkabels erzielt.

EMV-Filtertyp		Leitungsgeführte Störaussendung			Abgestrahlte Störaussendung		
Normen/ Anforderungen	EN 55011	Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbetriebe	Klasse A Gruppe 1 Industriebereich	Klasse A Gruppe 2 Industriebereich	Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbetriebe	Klasse A Gruppe 1 Industriebereich	Klasse A Gruppe 2 Industriebereich
	EN/IEC 61800-3	Kategorie C1 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C2 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C3 Zweite Umgebung Industrie	Kategorie C1 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C2 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C3 Erste Umgebung Wohnungen und Büro
<b>H2</b>							
FC102	110–560 kW 380–480 V	Nein	Nein	150 m (492 ft)	Nein	Nein	Yes
	90–800 kW 525–690 V	Nein	Nein	150 m (492 ft)	Nein	Nein	Yes
<b>H4</b>							
FC102	110–560 kW 380–480 V	Nein	150 m (492 ft)	150 m (492 ft)	Nein	Yes	Yes
	90–800 kW 525–690 V	–	–	–	–	–	–

Tabelle 10.37 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung und Störfestigkeit)

### 10.14.2 Emissionsanforderungen

Gemäß der EMV-Produktnorm für drehzahlveränderbare Frequenzumrichter, EN/IEC 61800-3:2004, hängen die EMV-Anforderungen von der Umgebung ab, in der der Frequenzumrichter installiert ist. Die jeweiligen Umgebungen sind mit ihren Anforderungen an die Netzspannung in *Tabelle 10.38* definiert.

Die Frequenzumrichter erfüllen die in IEC/EN 61800-3 (2004)+AM1 (2011), Kategorie C3 beschriebenen EMV-Anforderungen für in der zweiten Umgebung installierten Geräte mit einer Stromaufnahme von mehr als 100 A pro Phase. Die Konformitätsprüfung wird mit einem 150 m (492 ft) langen abgeschirmten Motorkabel durchgeführt.

Kategorie (EN 61800-3)	Definition	Leitungsgeführte Störaussendung (EN 55011)
C1	In der ersten Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V	Klasse B
C2	In der ersten Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V, die nicht steckbar oder bewegbar sind und die von einer Fachperson installiert bzw. in Betrieb werden müssen.	Klasse A Gruppe 1
C3	In der zweiten Umgebung (Industriebereich) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V.	Klasse A Gruppe 2
C4	Zweite Umgebung mit folgenden Gegebenheiten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versorgungsspannung von mindestens 1000 V.</li> <li>• Nennstrom von mindestens 400 A.</li> <li>• Zur Verwendung in komplexen Systemen bestimmt.</li> </ul>	Keine Begrenzung. Es muss ein EMV-Plan erstellt werden.

**Tabelle 10.38 Emissionsanforderungen**

Wenn die Fachgrundnorm Störaussendung zugrunde gelegt wird, müssen die Frequenzumrichter die Grenzwerte in *Tabelle 10.39* einhalten.

Umgebung	Fachgrundnorm	Anforderungen an leitungsgeführte Emissionen gemäß EN 55011-Grenzwerten
Erste Umgebung (Wohnung und Büro)	Fachgrundnorm EN/IEC 61000-6-3 für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe.	Klasse B
Zweite Umgebung (Industriebereich)	Fachgrundnorm EN/IEC 61000-6-4 für Industriebereiche.	Klasse A Gruppe 1

**Tabelle 10.39 Grenzwerte der Fachgrundnorm Störaussendung**

### 10.14.3 Störfestigkeitsanforderungen

Die Störfestigkeitsanforderungen für Frequenzumrichter sind abhängig von der Installationsumgebung. In Industriebereichen sind die Anforderungen höher als in Wohn- oder Bürobereichen. Alle Danfoss Frequenzumrichter erfüllen die Störfestigkeitsanforderungen sowohl für Industriebereiche als auch für Wohn-/Büroumgebungen.

Um die Störfestigkeit gegenüber Schalttransienten zu dokumentieren, wurde der nachfolgende Störfestigkeitstest an einem Frequenzumrichter (mit Optionen, falls relevant), einer abgeschirmten Steuerleitung und einem Steuerkasten mit Potenziometer, Motorkabel und Motor durchgeführt. Die Prüfungen wurden nach den folgenden Fachgrundnormen durchgeführt. Nähere Angaben finden Sie in *Tabelle 10.40*.

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

Fachgrundschriftnorm	Impulskette IEC 61000-4-4	Stoßspannungstransienten IEC 61000-4-5	ESD IEC 61000-4-2	Gestrahltes elektromagnetisches Feld IEC 61000-4-3	HF-Gleichtaktspannung IEC 61000-4-6
Abnahmekriterium	B	B	B	A	A
Reihe	4 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω Differenzbetrieb 4 kV/12 Ω CM (Common Mode)	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Motor	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Bremse	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Zwischenkreiskopplung	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Steuerkabel	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Standardbus	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Relaisleitungen	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Anwendungs- und Feldbus-Optionen	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
LCP-Kabel	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω <sup>1)</sup>	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Externe 24 V DC	2 V CM (Common Mode)	0,5 kV/2 Ω Differenzbetrieb 1 kV/12 Ω CM (Common Mode)	–	–	10 V <sub>eff</sub>
Gehäuse	–	–	8 kV AD 6 kV CD	10 V/m	–

Tabelle 10.40 EMV-Immunitätstabelle, Spannungsbereich: 380–480 V, 525–600 V und 525–690 V

<sup>1)</sup> Einkopplung auf den Kabelschirm

AD: Luftentladung (Air Discharge); CD: Kontaktentladung (Contact Discharge); CM (Common Mode): Gleichtakt (Common Mode); DM: Differenzbetrieb

10.14.4 EMV-Konformität

**HINWEIS**

**VERANTWORTUNG DES BETREIBERS**

Gemäß dem Standard EN 61800-3 für drehzahlveränderbare Frequenzumrichter ist der Betreiber der Anlage für die Gewährleistung der EMV-Konformität verantwortlich. Hersteller können Lösungen zur Erfüllung der Anforderungen des Standards beim Betrieb anbieten. Die Betreiber sind für den Einsatz dieser Lösungen verantwortlich und kommen für die damit verbundenen Kosten auf.

Es gibt 2 Optionen zur Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit.

- Beseitigen oder minimieren Sie Störungen an der Quelle der Störaussendung.
- Steigern Sie die Störfestigkeit in Geräten, die von deren Empfang beeinträchtigt werden.

**EMV-Filter**

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

**HINWEIS**

**FUNKSTÖRUNGEN**

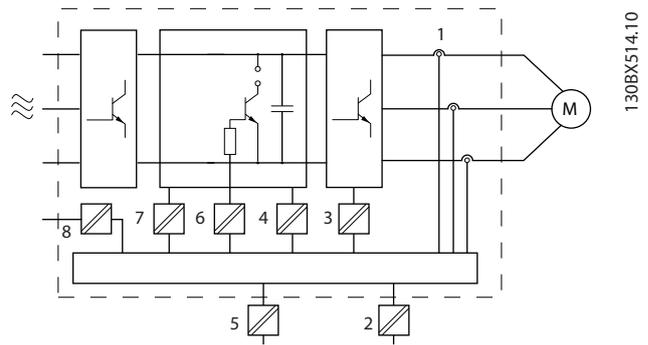
In Wohnumgebungen kann dieses Produkt Funkstörungen verursachen. In diesem Fall müssen Sie zusätzliche Maßnahmen zur Minderung dieser Störungen ergreifen.

**Konformität von PELV-Isolierung und galvanischer Trennung**

Alle Steuer- und Relaisklemmen der E1h-E4h-Frequenzumrichter erfüllen die PELV-Anforderungen (gilt nicht bei geerdetem Dreieck-Netz größer 400 V).

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

Die elektrische Isolierung wird wie gezeigt hergestellt (siehe *Abbildung 10.26*). Die beschriebenen Komponenten erfüllen die PELV-Anforderungen sowie die Anforderungen an die galvanische Trennung.



130BX514.10

1	Stromwandler
2	Galvanische Trennung für die RS485-Standard-Busschnittstelle
3	IGBT-Ansteuerkarte für die IGBTs
4	Stromversorgung (Schaltnetzteil) einschließlich Signal-trennung der Zwischenkreisspannung V DC.
5	Galvanische Trennung für die externe 24-V-Versorgung
6	Optokoppler, Bremsmodul (optional)
7	Einschaltstrombegrenzung, EMV und Temperaturmesskreise.
8	Relaisebene

Abbildung 10.26 Galvanische Trennung

10.15 EMV-gerechte Installation

Befolgen Sie die Anweisungen in der *Bedienungsanleitung*, um eine EMV-gerechte Installation durchzuführen. Ein Beispiel für EMV-gerechte Installation finden Sie unter *Abbildung 10.27*.

**HINWEIS**

**VERDRILLTE ABSCHIRMUNGSENDEN (PIGTAILS)**

Verdrillte Abschirmungsenden erhöhen die Impedanz der Abschirmung bei höheren Frequenzen, was die Wirksamkeit der Abschirmung stark reduziert und den Ableitstrom erhöht. Verwenden Sie integrierte Schirmbügel, um verdrillte Abschirmungsenden zu vermeiden.

- Zur Verwendung für Relais, Steuerleitungen, eine Signalschnittstelle, Feldbus oder Bremse verbinden Sie die Abschirmung an beiden Enden mit dem Gehäuse. Wenn die Erdung eine hohe Impedanz hat, rauscht oder Strom führt, unterbrechen Sie die Abschirmung an einem Ende, um Masseschleifen zu vermeiden.
- Führen Sie die Ableitströme mithilfe einer Montageplatte aus Metall zum Gerät zurück. Durch die Montageschrauben muss stets ein guter elektrischer Kontakt von der Montageplatte zum Frequenzumrichtergehäuse gewährleistet sein.
- Verwenden Sie immer abgeschirmte Motorausgangskabel. Eine Alternative dazu sind ungeschirmte Motorkabel in Metallrohren.

**HINWEIS****ABGESCHIRMTE KABEL**

Wenn keine abgeschirmten Kabel oder Metallrohre verwendet werden, erfüllen das Gerät und die Installation nicht die regulatorischen Vorschriften der Grenzwerte für Funkfrequenzemissionen.

- Stellen Sie sicher, dass die Motorkabel und Anschlusskabel für Bremse so kurz wie möglich sind, um das Störungsniveau des gesamten Systems zu reduzieren.
- Sie dürfen Steuer- und Buskabel nicht gemeinsam mit Anschlusskabeln für Motor und Bremse verlegen.
- Für Kommunikations- und Steuerleitungen müssen Sie die jeweiligen besonderen Kommunikationsprotokollstandards beachten. So müssen Sie für USB beispielsweise abgeschirmte Kabel verwenden, während Sie für RS485/Ethernet abgeschirmte oder ungeschirmte UTP-Kabel verwenden können.
- Stellen Sie sicher, dass alle Steuerklemmenverbindungen den PELV-Anforderungen entsprechen.

**HINWEIS****EMV-STÖRUNGEN**

Verwenden Sie abgeschirmte Kabel für die Motor- und Steuerverdrahtung. Achten Sie darauf, Netzeingangs-, Motor- und Steuerleitungen voneinander zu isolieren. Die Nichtbeachtung dieser Vorgabe kann zu nicht vorgesehenem Verhalten oder reduzierter Leistung der Anlage führen. Ein Mindestabstand von 200 mm (7,9 in) zwischen Leistungskabeln sowie Steuerleitungen ist erforderlich.

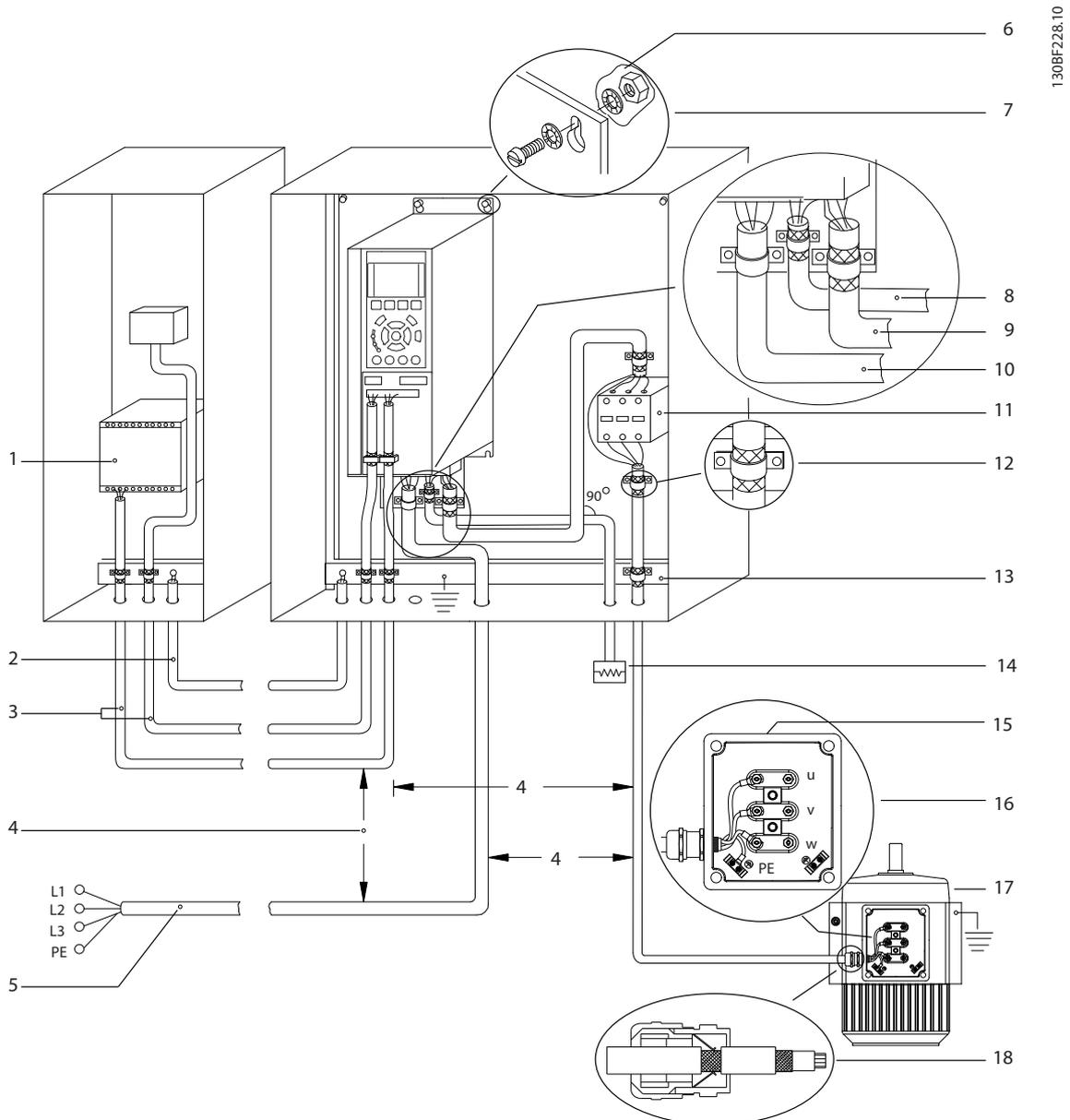
**HINWEIS****INSTALLATION IN GROSSER HÖHENLAGE**

Es besteht die Gefahr von Überspannung. Die Isolierung zwischen Komponenten und kritischen Teilen ist ggf. nicht ausreichend und entspricht möglicherweise nicht den PELV-Anforderungen. Reduzieren Sie die Gefahr von Überspannung durch externe Schutzeinrichtungen oder galvanische Trennung.

Kontaktieren Sie Danfoss bei Installationen in einer Höhe von über 2000 m (6500 ft) hinsichtlich der PELV-Konformität.

**HINWEIS****PELV-KONFORMITÄT**

Verhindern Sie elektrischen Schlag, indem Sie eine Stromversorgung vom Typ PELV (Schutzkleinspannung – Protective Extra Low Voltage) verwenden und die Installation gemäß den örtlichen bzw. nationalen Vorschriften für PELV-Versorgungen ausführen.



10

1	SPS	10	Netzkabel (ungeschirmt)
2	Minimum 16 mm <sup>2</sup> (6 AWG) Potentialausgleich	11	Ausgangs- schütz
3	Steuerleitungen	12	Kabelisolierung, abisoliert
4	Mindestens 200 mm (7,9 in) zwischen Steuerleitungen, Motorkabeln und Netzkabeln.	13	Gemeinsame Erdsammelschiene. Beachten Sie nationale und örtliche Vorschriften für die Schaltschränkerdung.
5	Netzversorgung	14	Bremswiderstand
6	Freiliegende (nicht lackierte) Oberfläche	15	Metallkasten
7	Sternscheiben	16	Anschluss zum Motor
8	Anschlusskabel für Bremse (abgeschirmt)	17	Motor
9	Motorkabel (abgeschirmt)	18	EMV-Kabelverschraubung

Abbildung 10.27 Beispiel für EMV-gerechte Installation

## 10.16 Oberschwingungen – Übersicht

Nicht lineare Lasten, wie sie z. B. bei Frequenzumrichtern gegeben sind, nehmen nicht gleichmäßig Strom aus dem Netz auf. Dieser nicht sinusförmige Strom verfügt über Anteile, die ein Vielfaches der Grundstromfrequenz darstellen. Jene Anteile werden als Oberschwingungen bezeichnet. Es ist wichtig, den Gesamtoberschwingungsgehalt der Netzversorgung zu regeln. Zwar wirken sich die Oberschwingungsströme nicht direkt auf den Verbrauch von elektrischer Energie aus, jedoch erzeugen sie Wärme in der Verkabelung und in den Transformatoren und können andere Geräte beeinflussen, die an dieselbe Verteilung angeschlossen sind.

### 10.16.1 Oberschwingungsanalyse

Da Oberschwingungen die Wärmeverluste erhöhen, müssen Sie diese bei der Auslegung von Systemen berücksichtigen, damit eine Überlastung des Transformators, der Drosseln und Verkabelung ausgeschlossen ist. Führen Sie gegebenenfalls eine Analyse der Oberschwingungen im elektrischen System durch, um die Auswirkungen auf die Geräte zu bestimmen.

Nicht sinusförmige Ströme lassen sich mithilfe einer Reihe von Fourier-Analysen in Sinusströme verschiedener Frequenz, d. h. in verschiedene Oberschwingungsströme  $I_n$  mit einer Grundfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz, zerlegen.

Abkürzung	Beschreibung
$f_1$	Grundfrequenz (50 Hz oder 60 Hz)
$I_1$	Strom bei der Grundfrequenz
$U_1$	Spannung bei der Grundfrequenz
$I_n$	Strom bei der n-ten Oberschwingungsfrequenz
$U_n$	Spannung bei der n-ten Oberschwingungsfrequenz
$n$	Ordnungszahl

Tabelle 10.41 Oberschwingungsbezogene Abkürzungen

	Grundstrom ( $I_1$ )	Oberschwingungsstrom ( $I_n$ )		
		$I_5$	$I_7$	$I_{11}$
Strom	$I_1$	$I_5$	$I_7$	$I_{11}$
Frequenz	50 Hz	250 Hz	350 Hz	550 Hz

Tabelle 10.42 Grund- und Oberschwingungsströme

Strom	Oberschwingungsstrom				
	$I_{eff}$	$I_1$	$I_5$	$I_7$	$I_{11-49}$
Eingangsstrom	1,0	0,9	0,5	0,2	<0,1

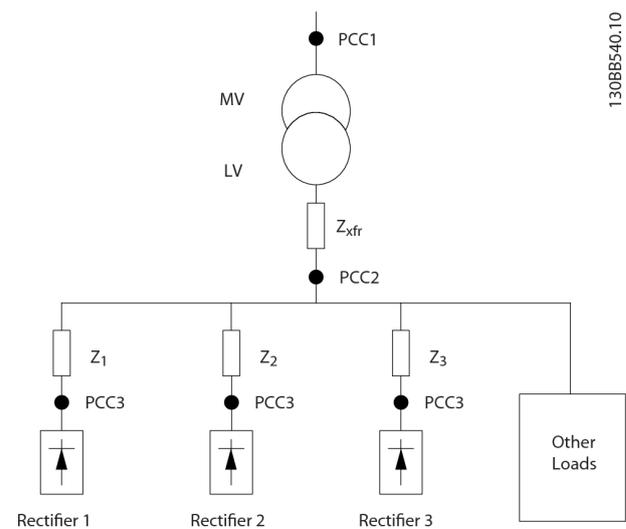
Tabelle 10.43 Oberschwingungsströme verglichen mit dem effektiven Eingangsstrom Strom

Die Spannungsverzerrung in der Netzversorgungsspannung hängt von der Größe der Oberschwingungsströme multipliziert mit der internen Netzimpedanz der betreffenden Frequenz ab. Die gesamte Spannungsverzerrung (THDi) ergibt sich aus den einzelnen Spannungsüberschwingungen nach folgender Formel:

$$THDi = \frac{\sqrt{U_{25}^2 + U_{27}^2 + \dots + U_{2n}^2}}{U}$$

### 10.16.2 Einfluss von Oberschwingungen in einer Energieverteilungsanlage

In *Abbildung 10.28* ist ein Transformator auf der Primärseite mit einem Verknüpfungspunkt PCC1 an der Mittelspannungsversorgung verbunden. Der Transformator hat eine Impedanz  $Z_{xfr}$  und speist eine Reihe von Verbrauchern. Der Verknüpfungspunkt, an dem alle Verbraucher angeschlossen sind, ist PCC2. Jeder Verbraucher wird durch Kabel mit einer Impedanz  $Z_1, Z_2, Z_3$  angeschlossen.



Verknüpfungspunkt	Verknüpfungspunkt
MV	Mittlere Spannung
LV	Niederspannung
$Z_{xfr}$	Transformatorimpedanz
$Z\#$	Modellierungswiderstand und Induktivität in der Verdrahtung

Abbildung 10.28 Kleine Verteilungsanlage

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

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

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

der Last.  $(S_{equ}) \cdot R_{scc} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}}$

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

**Störende Wirkungen von Oberschwingungen**

- Oberschwingungsströme tragen zu Systemverlusten bei (in Verdrahtung und Transformator).
- Spannungsverzerrung durch Oberschwingungen führt zu Störungen anderer Lasten und erhöht Verluste in anderen Lasten.

**10.16.3 IEC-Oberschwingungsnormen**

Im Großteil von Europa ist die Grundlage für eine objektive Bewertung der Netzspannungsqualität das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG). Die Übereinstimmung mit diesen Regelungen stellt sicher, dass alle Geräte und Netzwerke, die an das elektrische System angeschlossen sind, ihren Zweck erfüllen, ohne Probleme zu verursachen.

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

Tabelle 10.44 Technische EN-Normen zur Netzspannungsqualität

Es gibt 2 europäischen Normen, die Oberschwingungen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 9 kHz behandeln:

**EN 61000-2-2 (Verträglichkeitswerte für niederfrequente, leitungsgebundene Störungen und Signalisierung in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen)**

Der Standard EN 61000-2-2 definiert die Anforderungen an Verträglichkeitswerte für PCC (Verknüpfungspunkt) von AC-Niederspannungssystemen in einem öffentlichen Versorgungsnetz. Grenzwerte sind nur für die Oberschwingungsspannung und die Oberschwingungsverzerrung der Spannung insgesamt angegeben. EN 61000-2-2 definiert keine Grenzwerte für Oberschwingungsströme. In Situationen, in denen der Gesamtoberschwingungsgehalt THD(V)=8% beträgt, entsprechen die PCC-Grenzwerte denen, die in EN 61000-2-4 Klasse 2 angegeben sind.

**EN 61000-2-4 (Verträglichkeitswerte für niederfrequente, leitungsgebundene Störungen und Signalisierung in Industrieanlagen)**

Der Standard EN 61000-2-4 definiert die Anforderungen an Verträglichkeitswerte in Industrie- und privaten Versorgungsnetzen. Außerdem definiert die Norm folgende 3 Klassen von elektromagnetischen Umgebungen:

- Klasse 1 bezieht sich auf Verträglichkeitswerte, die kleiner sind, als die des öffentlichen Versorgungsnetzes. Dies beeinflusst Geräte, die Störungen gegenüber empfindlich sind (Laborgeräte, einige Automatisierungsgeräte und bestimmten Schutzgeräte).
- Klasse 2 bezieht sich auf Verträglichkeitswerte für das öffentliche Versorgungsnetz. Die Klasse gilt für PCCs im öffentlichen Versorgungsnetz und IPCs (interne Verknüpfungspunkte) in Industrie- oder anderen privaten Versorgungsnetzen. Alle Geräte für den Betrieb in einem öffentlichen Versorgungsnetz sind in dieser Klasse zugelassen.
- Klasse drei bezieht sich auf Verträglichkeitswerte, die höher sind als die des öffentlichen Versorgungsnetzes. Diese Klasse gilt nur für IPCs in Industriebereichen. Verwenden Sie diese Klasse, wenn folgende Geräte vorhanden sind:
  - Große Frequenzumrichter.
  - Schweißmaschinen.
  - Große, häufig anlaufende Motoren.
  - Sich schnell ändernde Lasten.

**10**

In der Regel können Sie eine Klasse nicht vorzeitig definieren, ohne die vorgesehene Ausrüstung und die in der Umgebung angewendeten Prozesse zu berücksichtigen. VLT®-High Power Drives halten die Grenzen der Klasse 3 unter typischen Versorgungssystembedingungen ( $R_{Sc} > 10$  oder  $v_k \text{ Line} < 10 \%$ ) ein.

Ordnungszahl (h)	Klasse 1 ( $V_h\%$ )	Klasse 2 ( $V_h\%$ )	Klasse 3 ( $V_h\%$ )
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
$17 < h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$4,5 \times (17/h) - 0,5$

**Tabelle 10.45 Kompatibilitätsstufen für Oberschwingungen**

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
THDv	5%	8%	10%

**Tabelle 10.46 Verträglichkeitswerte für die Gesamt-Oberschwingungsverzerrung der Spannung THDv**

### 10.16.4 Oberschwingungskonformität

Danfoss-Frequenzumrichter erfüllen die folgenden Standards:

- IEC61000-2-4
- IEC61000-3-4
- G5/4

### 10.16.5 Reduzierung, Vermeidung oder Kompensation von Oberschwingungen

In Fällen, in denen zusätzliche Oberschwingungsunterdrückung gefordert ist, bietet Danfoss die folgenden Geräte zur Reduzierung, Vermeidung oder Kompensation von Netzurückwirkungen:

- VLT® 12-Pulse Drives
- VLT® Low Harmonic Drives
- VLT® Advanced Harmonic Filters
- VLT® Advanced Active Filters

Die Wahl der richtigen Lösung hängt von verschiedenen Faktoren ab:

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

### 10.16.6 Oberschwingungsberechnung

Verwenden Sie die kostenlose DanfossMCT 31-Berechnungssoftware, um das Ausmaß der Spannungsverzerrung am Netz sowie notwendige Gegenmaßnahmen zu bestimmen. Das Werkzeug *VLT® Harmonic Calculation MCT 31* ist verfügbar in der [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com).

# 11 Grundlegende Betriebsprinzipien eines Frequenzumrichters

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

## 11.1 Beschreibung des Betriebs

Ein Frequenzumrichter ist ein elektronischer Regler, der eine geregelte Menge an Drehstrom an einen dreiphasigen Induktionsmotor liefert. Durch die Bereitstellung einer variablen Frequenz und Spannung regelt der Frequenzumrichter die Motordrehzahl oder behält eine konstante Drehzahl bei, wenn sich die Last des Motors ändert. Der Frequenzumrichter kann einen Motor auch ohne die bei einem Netzdirektanlauf übliche mechanische Belastung starten und stoppen.

In seiner Grundform kann der Frequenzumrichter in 4 Hauptabschnitte unterteilt werden:

### Gleichrichter

Der Gleichrichter besteht aus SCRs oder Dioden, welche die Dreiphasen-Wechselspannung in eine pulsierende Gleichspannung umwandeln.

### Zwischenkreis

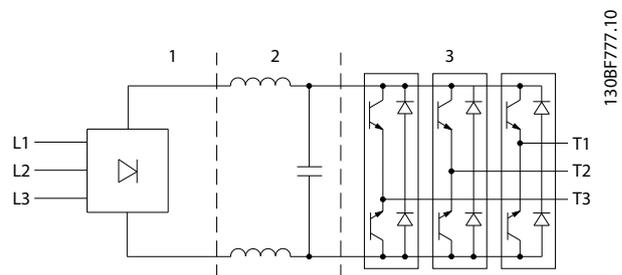
Der Zwischenkreis besteht aus Drosseln und Kondensatorbatterien, welche die pulsierende Gleichspannung stabilisieren.

### Wechselrichter

Der Wechselrichter nutzt IGBTs zum Umwandeln der Gleichspannung in eine Wechselspannung mit variabler Spannung und Frequenz.

### Steuerung/Regelung

Der Regelbereich besteht aus Software, die die Hardware zum Erzeugen der variablen Spannung betreibt, mit der der Drehstrommotor gesteuert und geregelt wird.



1	Gleichrichter (SCR/Dioden)
2	Zwischenkreis
3	Wechselrichter (IGBTs)

Abbildung 11.1 Interne Verarbeitung

## 11.2 Frequenzumrichtersteuerungen

Folgende Prozesse werden zur Steuerung und Regelung des Motors verwendet:

- Benutzereingabe/-sollwert.
- Istwertverarbeitung.
- Benutzerdefinierte Regelungsstruktur.
  - Regelung ohne/mit Rückführung.
  - Motorsteuerung (Drehzahl, Drehmoment oder Prozess).
- Steueralgorithmen (VVC<sup>+</sup>, Fluxvektor ohne Geber, Fluxvektor mit Motor-Istwert und interne Stromregelung VVC<sup>+</sup>).

### 11.2.1 Benutzereingaben/-sollwerte

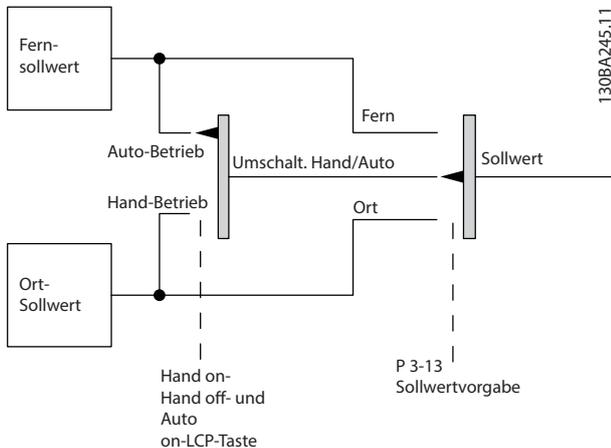
Der Frequenzumrichter nutzt eine Eingangsquelle (auch als Sollwert bezeichnet) zur Steuerung und Regelung des Motors. Der Frequenzumrichter erhält diese Eingabe entweder:

- Manuell über die Bedieneinheit. Diese Methode wird als lokaler [Hand On] bezeichnet.
- Per Fernsteuerung über Analog-/Digitaleingänge bzw. verschiedene serielle Schnittstellen (RS485, USB oder einen optionalen Feldbus). Diese Methode wird als Fern-(Auto On) bezeichnet, und es handelt sich hierbei um die Werkseinstellung.

**Aktiver Sollwert**

Der Begriff „Aktiver Sollwert“ bezeichnet die aktive Eingangsquelle. Der aktive Sollwert wird in *Parameter 3-13 Reference Site* eingestellt. Siehe *Abbildung 11.2* und *Tabelle 11.1*.

Weitere Informationen finden Sie im *Programmierhandbuch*.



**Abbildung 11.2 Auswahl des aktiven Sollwerts**

Tasten der Bedieneinheit	Parameter 3-13 Reference Site	Aktiv Sollwert
[Hand On]	Umschalt. Hand/Auto	Hand-Betrieb
[Hand On]⇒(Off)	Umschalt. Hand/Auto	Hand-Betrieb
[Auto On]	Umschalt. Hand/Auto	Fern
[Auto On]⇒(Off)	Umschalt. Hand/Auto	Fern
Alle Tasten	Hand-Betrieb	Hand-Betrieb
Alle Tasten	Fern	Fern

**Tabelle 11.1 Ort- und Fernsollwertkonfigurationen**

**11.2.2 Fernsollwertverarbeitung**

Die Fernsollwertverarbeitung ist bei Betrieb ohne Rückführung sowie mit Rückführung einsetzbar. Siehe *Abbildung 11.3*.

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

Externe Sollwerte können auch an den Frequenzumrichter übertragen werden, in der Regel über einen analogen Steuereingang. Alle Sollwertquellen sowie der Bus-Sollwert ergeben durch Addition den gesamten externen Sollwert.

Wählen Sie eine der folgenden Optionen als aktiven Sollwert aus:

- Externer Sollwert
- Festsollwert
- Sollwert
- Summe des externen Sollwerts, des Festsollwerts und des Sollwerts

Der aktive Sollwert kann skaliert werden. Der skalierte Sollwert wird wie folgt berechnet:

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

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

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

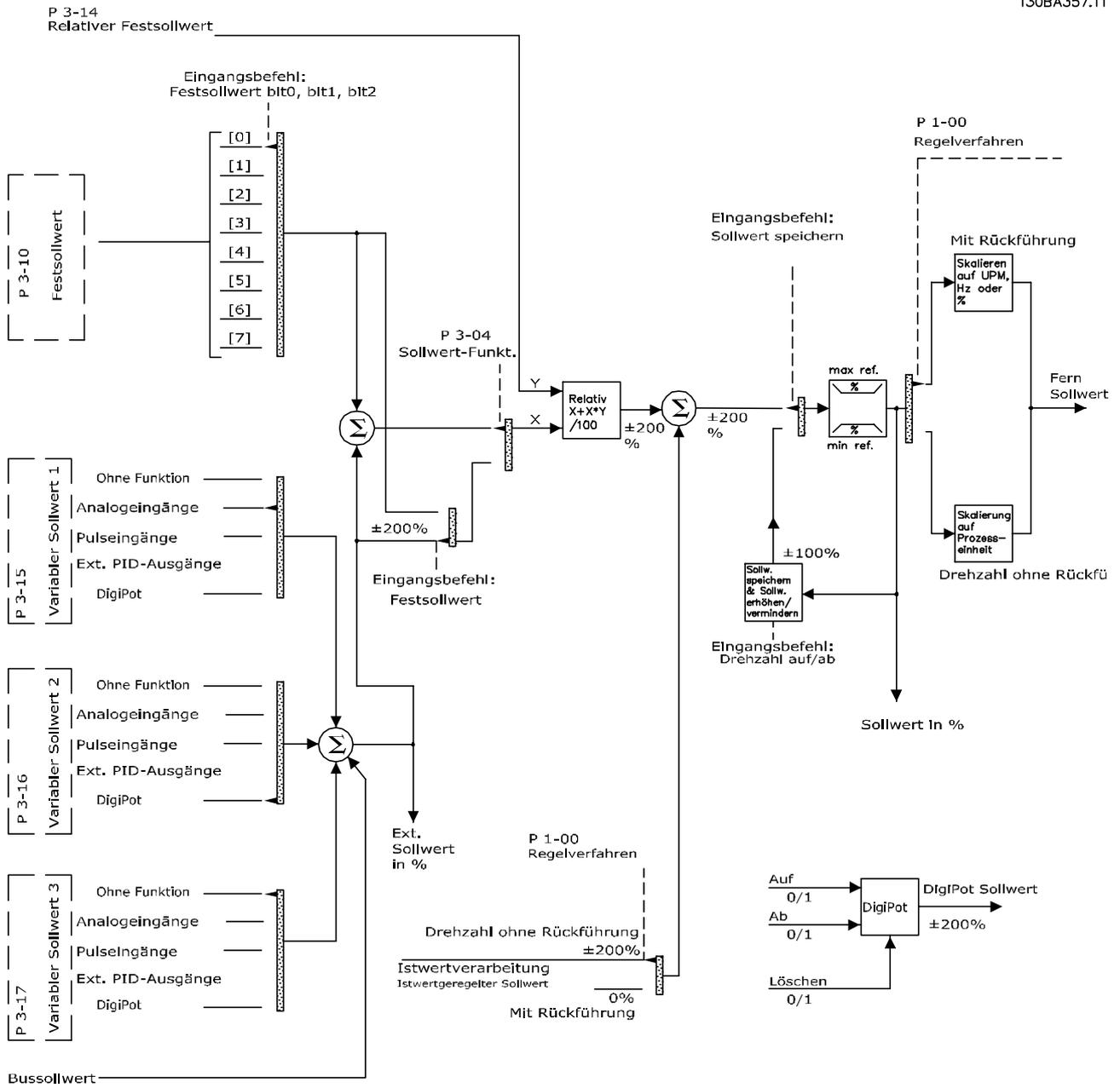


Abbildung 11.3 Fernsollwertverarbeitung

11

### 11.2.3 Istwertverarbeitung

Die Istwertverarbeitung lässt sich so konfigurieren, dass sie mit Anwendungen arbeitet, die eine erweiterte Steuerung erfordern, wie etwa mehrere Sollwerte und mehreren Signaltypen. Siehe *Abbildung 11.4*. Drei Regelverfahren sind gebräuchlich:

#### Einzelne Zone (einzelner Sollwert)

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

#### Mehrere Zonen (einzelner Sollwert)

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

#### Mehrere Zonen (Sollwert/Istwert)

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

#### Beispiel

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

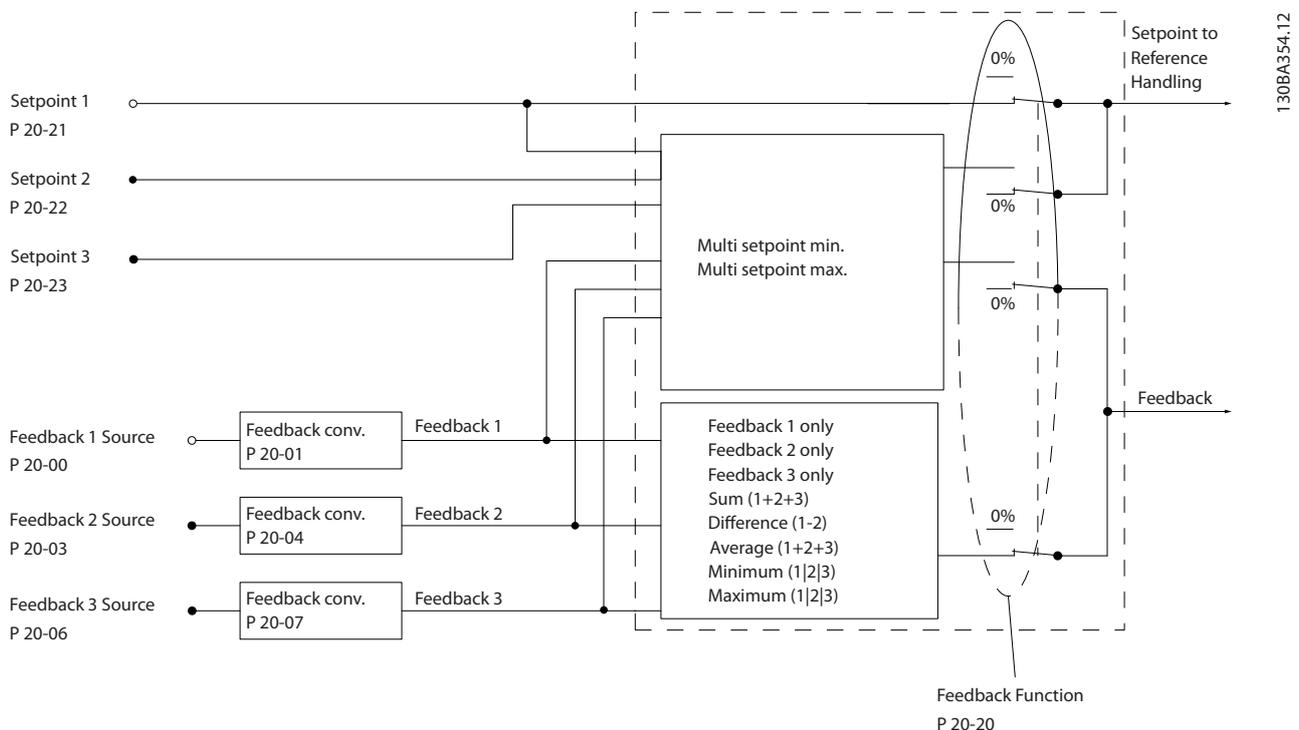
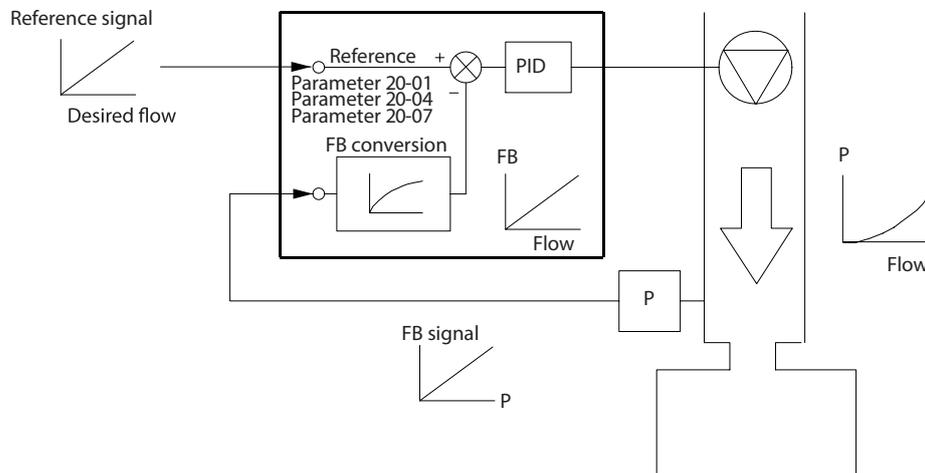


Abbildung 11.4 Blockschaftbild über die Verarbeitung von Istwertsignalen

### Istwertumwandlung

In einigen Anwendungen kann die Umwandlung des Istwertsignals hilfreich sein. Zum Beispiel kann ein Drucksignal für eine Durchflussrückführung verwendet werden. Da die Quadratwurzel des Drucks proportional zum Durchfluss ist, ergibt die Quadratwurzel des Drucksignals einen zum Durchfluss proportionalen Wert, siehe *Abbildung 11.5*.



130BF834.10

Abbildung 11.5 Istwertumwandlung

## 11.2.4 Regelungsstruktur – Übersicht

Die Regelungsstruktur ist ein Softwareprozess, der den Motor anhand benutzerdefinierter Sollwerte (z. B. U/min) regelt und festlegt, ob eine Rückführung verwendet/nicht verwendet wird (Regelung mit/ohne Rückführung). Der Bediener definiert die Regelung in *Parameter 1-00 Configuration Mode*.

Die Regelstrukturen sehen wie folgt aus:

#### Regelungsstruktur ohne Rückführung

- Drehzahl [U/min]
- Drehmoment (Nm)

#### Regelungsstruktur mit Rückführung

- Drehzahl [U/min]
- Drehmoment (Nm)
- Prozess (benutzerdefinierte Einheiten, z. B. ft, lpm, psi, %, bar)

### 11.2.5 Regelungsstruktur ohne Rückführung

Im Modus ohne Rückführung verwendet der Frequenzumrichter mindestens einen Sollwert (lokal oder remote), um Drehzahl und Drehmoment des Motors zu regeln. Es gibt zwei Arten der Regelung ohne Rückführung:

- Drehzahlregelung. Keine Rückführung vom Motor.
- Drehmomentregelung. Im VVC<sup>+</sup>-Betrieb verwendet. Die Funktion wird in mechanisch robusten Anwendungen verwendet, ihre Genauigkeit ist jedoch begrenzt. Die Drehmomentfunktion ohne Rückführung funktioniert grundsätzlich nur in einer Drehzahlrichtung. Das Drehmoment wird anhand der Strommessung im Frequenzumrichter berechnet. Siehe *Kapitel 12 Anwendungsbeispiele*.

Bei der in *Abbildung 11.6* abgebildeten Konfiguration arbeitet der Frequenzumrichter im Modus ohne Rückführung. Er empfängt vom LCP (Hand-Betrieb) oder über ein Fernsignal (Auto-Betrieb) ein Eingangssignal. Der Umrichter empfängt das Signal (Drehzahlsollwert) und konditioniert es folgendermaßen:

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

Der Sollwert wird anschließend zur Motorregelung übermittelt.

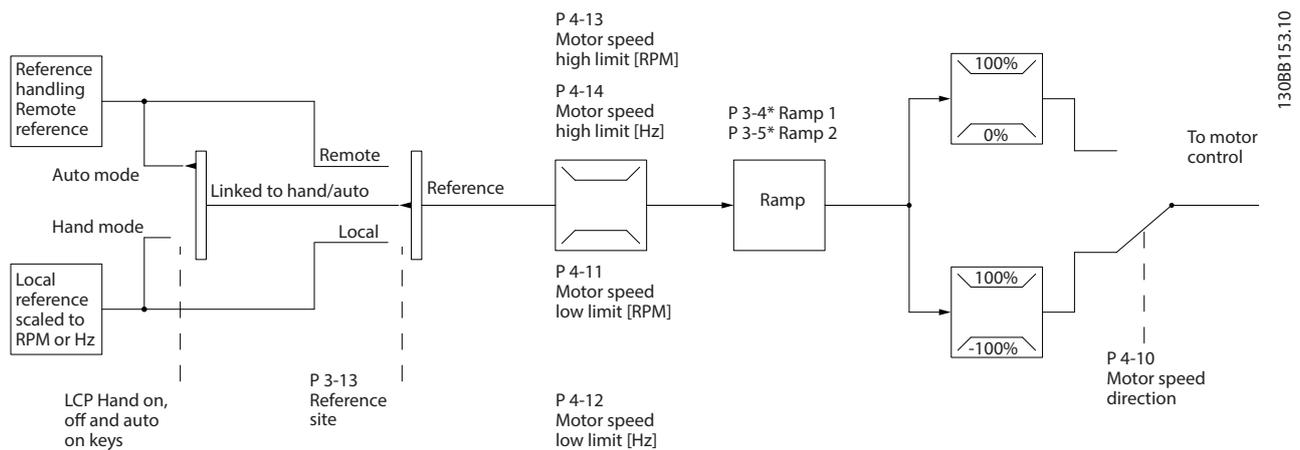


Abbildung 11.6 Blockschaltbild einer Regelstruktur ohne Rückführung

### 11.2.6 Regelungsstruktur mit Rückführung

Im Modus mit Rückführung verwendet der Frequenzumrichter mindestens einen Sollwert (lokal oder remote), um den Motor zu regeln. Der Frequenzumrichter empfängt ein Istwertsignal von einem Sensor im System. Daraufhin vergleicht er diesen Istwert mit einem Sollwert und erkennt, ob eine Abweichung zwischen diesen beiden Signalen vorliegt. Anschließend passt der Frequenzumrichter die Drehzahl des Motors an, um die Abweichung zu beheben.

Beispiel: Eine Pumpenanwendung, bei der der Frequenzumrichter die Drehzahl der Pumpe so regelt, dass der statische Druck in einer Leitung konstant bleibt (siehe *Abbildung 11.7*). Der Frequenzumrichter empfängt ein Istwertsignal von einem Sensor im System. Er vergleicht diesen Istwert mit einem Sollwert und erkennt, ob eine Abweichung zwischen diesen beiden Signalen vorliegt. Zum Ausgleich dieser Abweichung passt er dann die Drehzahl des Motors an.

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

Es gibt drei Arten der Regelung mit Rückführung:

- Drehzahlregelung. Diese Art der Regelung erfordert eine PID-Rückführung für einen Eingang. Eine optimierte Drehzahlregelung mit Istwertrückführung arbeitet mit einer wesentlich höheren Genauigkeit als eine ohne Istwert-rückführung. Drehzahlregelung wird nur im VLT® AutomationDrive FC302 verwendet.
- Drehmomentregelung. Diese im Fluxvektorbetrieb verwendete Regelung mit Geberrückführung bietet überlegene Leistung in allen vier Quadranten und bei allen Motordrehzahlen. Drehmomentregelung wird nur im VLT® AutomationDrive FC302 verwendet.

Die Drehmomentregelung ist Teil der Motorregelung in Anwendungen, in denen das Drehmoment an der Motorwelle die Anwendung zur Regelung der Zugspannung benötigt. Die Drehmomenteinstellung erfolgt durch Festlegung eines analogen, digitalen oder busgesteuerten Sollwerts. Bei Betrieb mit Drehmomentregelung empfehlen wir, eine komplette AMA auszuführen, da die richtigen Motordaten entscheidend für eine optimale Leistung sind.

- Prozessregelung. Verwendet zur Regelung von Anwendungsparametern, die mit unterschiedlichen Sensoren messbar sind (Druck, Temperatur und Fluss) und vom angeschlossenen Motor über eine Pumpe oder einen Lüfter beeinflusst werden können.

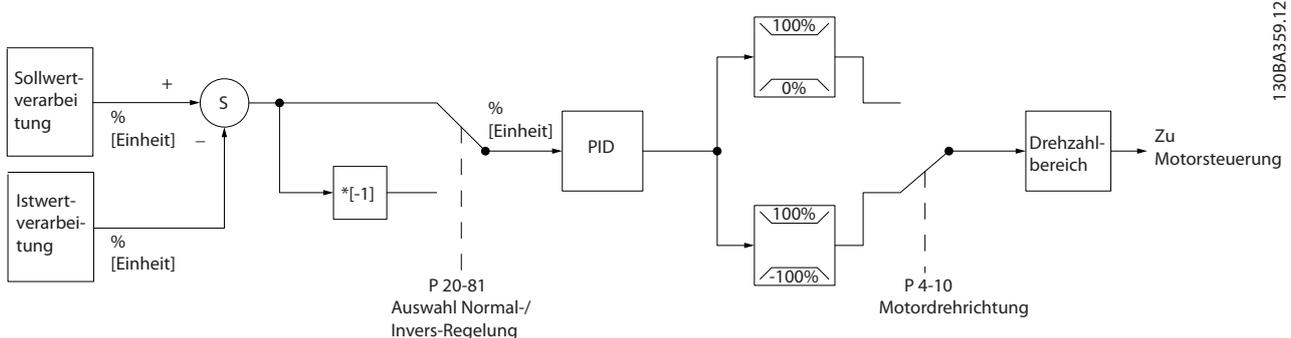


Abbildung 11.7 Blockschaubild des Reglers mit Rückführung

130BA359.12

**Programmierbare Merkmale**

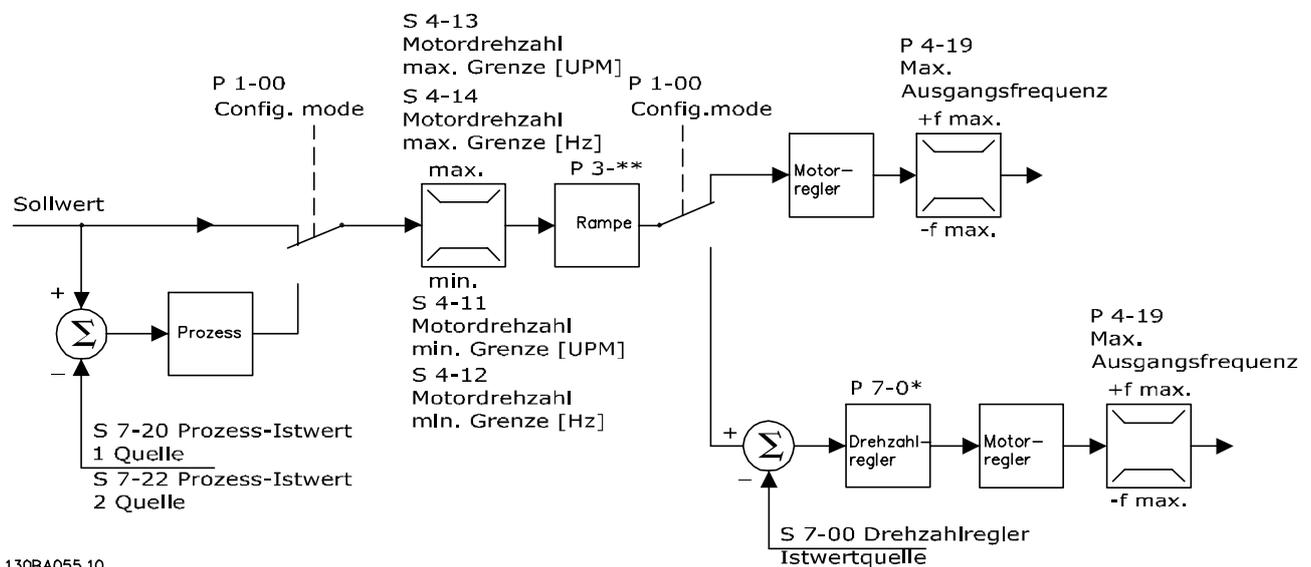
Auch wenn der Regler des Frequenzumrichters oft bereits mit den voreingestellten Werten für zufriedenstellende Leistung sorgt, können Sie die Regelung des Systems durch Anpassung einiger PID-Parameter oft noch verbessern. Für diese Optimierung steht die *Automatische Anpassung* zur Verfügung.

- Inverse Regelung – die Motordrehzahl wird bei einem hohen Istwertsignal erhöht.
- Startfrequenz – das System erreicht schnell einen bestimmten Betriebsstatus, bevor der PID-Regler übernimmt.
- Integrierter Tiefpassfilter – verringert Störungen des Istwertsignals.

**11.2.7 Regelverarbeitung**

Siehe *Aktive/Inaktive Parameter in verschiedenen Antriebssteuerungsmodi* im *Programmierhandbuch* für eine Übersicht der verfügbaren Steuerungskonfigurationen, je nach Verwendung eines AC-Motors oder Vollpol-PM-Motors.

**11.2.7.1 Regelungsstruktur in VVC+**



130BA055.10

**Abbildung 11.8 Regelungsstruktur in VVC+-Konfigurationen mit und ohne Rückführung**

Der resultierende Sollwert aus dem Sollwertsystem in *Abbildung 11.8* wird in der Rampenbegrenzung und Drehzahlbegrenzung empfangen und durch sie geführt, bevor er an die Motorregelung übergeben wird. Der Ausgang der Motorregelung ist dann zusätzlich durch die maximale Frequenzgrenze beschränkt.

*Parameter 1-01 Motor Control Principle* ist auf [1] VVC+ und *Parameter 1-00 Configuration Mode* auf [0] Ohne Rückführung eingestellt. Wenn *Parameter 1-00 Configuration Mode* auf [1] Mit Drehgeber eingestellt ist, wird der resultierende Sollwert von der Rampenbegrenzung und Drehzahlgrenze an einen PID-Drehzahlregler übergeben. Die Parameter für den PID-Drehzahlregler befinden sich in *Parametergruppe 7-0\* PID Drehzahlregler*. Der resultierende Sollwert vom PID-Drehzahlregler wird beschränkt durch die Frequenzgrenze an die Motorsteuerung geschickt.

Wählen Sie [3] PID-Prozess in *Parameter 1-00 Configuration Mode*, um den PID-Prozessregler zur Regelung mit Rückführung (z. B. bei einer Druck- oder Durchflussregelung) zu verwenden. Die Parameter für Prozess-PID-Regelung befinden sich in den *Parametergruppen 7-2\* PID-Prozess Istw. Istw.* und *7-3\* PID-Prozessregler*.

### 11.2.7.2 Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber

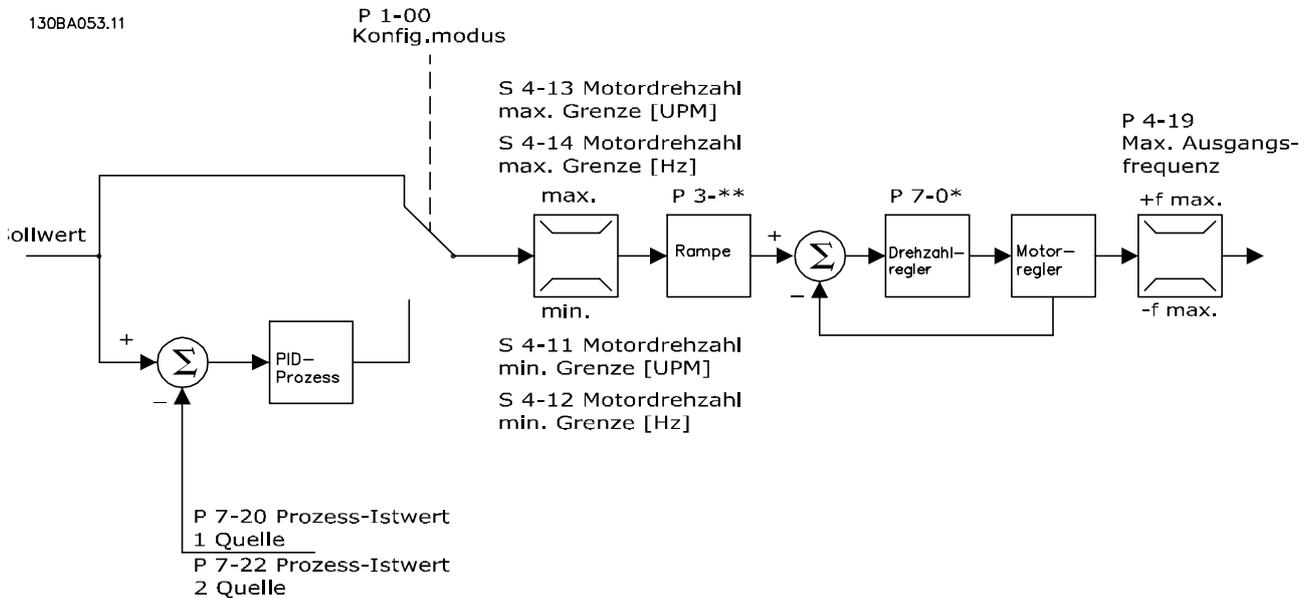


Abbildung 11.9 Regelungsstruktur bei Konfigurationen mit Fluxvektor mit und ohne Geber

Der resultierende Sollwert aus dem Sollwertsystem wird in *Abbildung 11.9* entsprechend der angegebenen Parametereinstellungen durch die Rampen- und Drehzahlbegrenzungen geführt.

Parameter 1-01 Motor Control Principle ist auf [2] Fluxvektor ohne Geber und Parameter 1-00 Configuration Mode auf [0] Ohne Rückführung eingestellt. Ein errechneter Drehzahlwert wird zur Steuerung der Ausgangsfrequenz am PID-Drehzahlregler erzeugt. Der Drehzahl-PID-Regler muss mit seinen Parametern P, I und D (Parametergruppe 7-0\* PID Drehzahlregler) eingestellt werden.

11

Wählen Sie [3] PID-Prozess in Parameter 1-00 Configuration Mode, um den PID-Prozessregler zur Regelung mit Rückführung bei einer Druck- oder Durchflussregelung zu verwenden. Die Parameter für Prozess-PID-Regelung befinden sich in den Parametergruppen 7-2\* PID-Prozess Istw. und 7-3\* PID-Prozessregler.

### 11.2.7.3 Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber

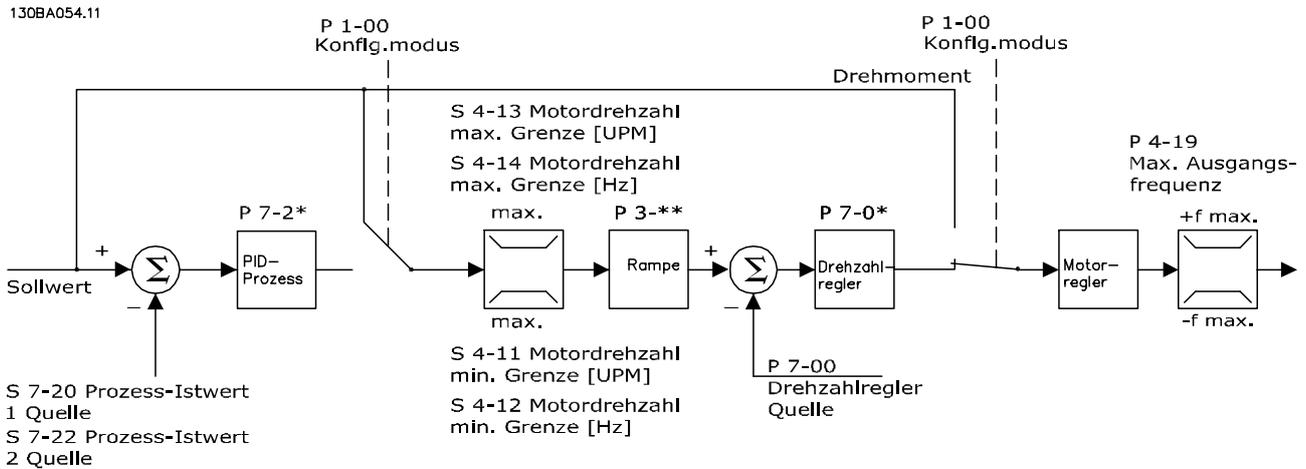


Abbildung 11.10 Regelungsstruktur bei Konfiguration mit Fluxvektor mit Geber

In *Abbildung 11.10* wird der Motorregelung in dieser Konfiguration ein Istwertsignal von einem direkt am Motor montierten Drehgeber oder Resolver zugeführt (eingestellt in *Parameter 1-02 Flux Motor Feedback Source*). Der resultierende Sollwert kann als Eingang für den PID-Drehzahlregler oder direkt als Drehmomentsollwert verwendet werden.

*Parameter 1-01 Motor Control Principle* ist auf [3] *Fluxvektor mit Geber* und *Parameter 1-00 Configuration Mode* auf [1] *Mit Drehgeber* eingestellt. Die Parameter zur Drehzahlregelung befinden sich in *Parametergruppe 7-0\* PID Drehzahlregler*.

Sie können die Drehmomentregelung nur in der Konfiguration *Fluxvektor mit Geber* (*Parameter 1-01 Motor Control Principle*) auswählen. Wenn dieser Modus gewählt wurde, erhält der Sollwert die Einheit Nm. Er benötigt keinen Drehmomentistwert, da das Drehmoment anhand der Strommessung des Frequenzumrichters berechnet wird.

Der PID-Prozessregler kann zur Regelung mit Rückführung bei einer Druck- oder Durchflussregelung verwendet werden. Die Parameter für Prozess-PID-Regelung befinden sich in den *Parametergruppen 7-2\* PID-Prozess Istw. Istw.* und *7-3\* PID-Prozess-regler*.

### 11.2.7.4 Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC<sup>+</sup>

Wenn der Motorstrom bzw. das Motordrehmoment die in *Parameter 4-16 Torque Limit Motor Mode*, *Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* und *Parameter 4-18 Current Limit* festgelegten Drehmomentgrenzen überschreitet, wird die integrierte Stromgrenzenregler aktiviert.

Wenn der Frequenzumrichter während des Motorbetriebs oder im generatorischen Betrieb die aktuellen Grenzwerte erreicht, versucht das Gerät schnellstmöglich, die eingestellten Drehmomentgrenzen wieder zu unterschreiten, ohne die Kontrolle über den Motor zu verlieren.

## 12 Anwendungsbeispiele

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

- Parametereinstellungen sind die regionalen Werkseinstellungen, sofern nicht anders angegeben (in *Parameter 0-03 Regional Settings* ausgewählt).
- Neben den Zeichnungen sind die Parameter für die Klemmen und ihre Einstellungen aufgeführt.
- Die Schaltereinstellungen für die Analogklemmen A53 und A54 werden dargestellt, falls erforderlich.
- Um die Funktion „Safe Torque Off“ (STO) in Werkseinstellung zu betreiben, benötigen Sie ggf. Drahtbrücken zwischen Klemme 12 und Klemme 37.

### 12.1 Anschlusskonfiguration für die automatische Motoranpassung (AMA)

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)	[1] Komplette AMA
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19	Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input	[2]* Motorfreilauf invers
COM	20		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32	*=Werkseinstellung	
D IN	33	Hinweise/Anmerkungen: Sie müssen Parametergruppe 1-2* Motordaten entsprechend dem Motor-Typenschild einstellen.	
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabelle 12.1 Anschlusskonfiguration für AMA mit angeschlossener Kl. 27

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)	[1] Komplette AMA
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19	Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input	[0] Ohne Funktion
COM	20		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32	*=Werkseinstellung	
D IN	33	Hinweise/Anmerkungen: Sie müssen Parametergruppe 1-2* Motordaten entsprechend dem Motor-Typenschild einstellen.	
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabelle 12.2 Anschlusskonfiguration für AMA ohne Kl. 27 angeschlossen

### 12.2 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+10 V	50	Parameter 6-10 Terminal 53 Low Voltage	0,07 V
A IN	53		
A IN	54	Parameter 6-11 Terminal 53 High Voltage	10 V*
COM	55		
A OUT	42	Parameter 6-14 Terminal 53 Low Ref./Feedb. Value	0 U/min
COM	39		
		Parameter 6-15 Terminal 53 High Ref./Feedb. Value	1500 U/min
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.3 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Spannung)

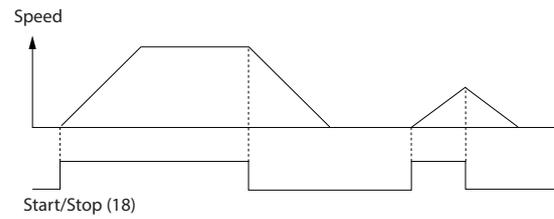
		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	Parameter 6-12	4 mA*	
	Terminal 53	Low Current	
	Parameter 6-13	20 mA*	
	Terminal 53	High Current	
	Parameter 6-14	0 U/min	
	Terminal 53	Low Ref./Feedb. Value	
	Parameter 6-15	1500 U/min	
	Terminal 53	High Ref./Feedb. Value	
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 12.4 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Strom)

### 12.3 Verdrahtungskonfigurationen für Start/Stop

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	Parameter 5-10	[8] Start*	
	Terminal 18	Digital Input	
	Parameter 5-12	[0] Ohne Funktion	
	Terminal 27	Digital Input	
	Parameter 5-19	[1] Safe Torque Off-Alarm	
	Terminal 37	Safe Stop	
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	
		Wenn Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input auf [0] Ohne Funktion programmiert ist, wird keine Drahtbrücke zu Klemme 27 benötigt.	

Tabelle 12.5 Verkabelungskonfiguration für Start/Stop-Befehl mit Safe Torque Off

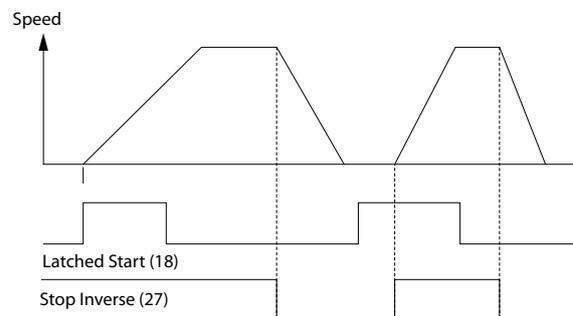


130BB805.12

Abbildung 12.1 Start/Stop mit Safe Torque Off

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	Parameter 5-10	[9] Puls-Start	
	Terminal 18	Digital Input	
	Parameter 5-12	[6] Stopp (invers)	
	Terminal 27	Digital Input	
			*=Werkseinstellung
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	
		Wenn Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input auf [0] Ohne Funktion programmiert ist, wird keine Drahtbrücke zu Klemme 27 benötigt.	

Tabelle 12.6 Anschlusskonfiguration für Puls-Start/Stop



130BB806.10

Abbildung 12.2 Puls-Start/Stop invers

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

Tabelle 12.7 Verkabelungskonfiguration für Start/Stop mit Reversierung und 4 Festsdrehzahlen

### 12.4 Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		<b>Parameter 5-11</b> <b>Terminal 19</b> <b>Digital Input</b>	[1] Reset
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b>	

Tabelle 12.8 Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung

### 12.5 Anschlusskonfiguration für Drehzahlsollwert, Verwendung eines manuellen Potenziometers

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	e30bb683.11 $\approx 5k\Omega$	Parameter 6-10 Terminal 53 Low Voltage	0,07 V
		Parameter 6-11 Terminal 53 High Voltage	10 V*
		Parameter 6-14 Terminal 53 Low Ref./Feedb. Value	0 U/min
		Parameter 6-15 Terminal 53 High Ref./Feedb. Value	1500 U/min
		* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:			

Tabelle 12.9 Verkabelungskonfigurationen für Drehzahlsollwert (Unter Verwendung eines manuellen Potenziometers)

### 12.6 Anschlusskonfiguration für Drehzahl auf/Drehzahl ab

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	e30bb804.12	Parameter 5-10 Terminal 18 Digital Input	[8] Start*
		Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input	[19] Sollw. speich.
		Parameter 5-13 Terminal 29 Digital Input	[21] Drehzahl auf
		Parameter 5-14 Terminal 32 Digital Input	[22] Drehzahl ab
		* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:			

Tabelle 12.10 Anschlussbeispiel für Drehzahl auf/Drehzahl ab

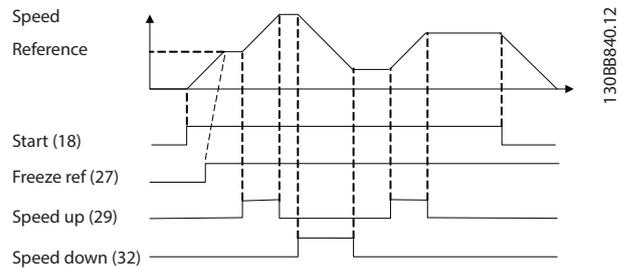


Abbildung 12.3 Drehzahl auf/Drehzahl ab

### 12.7 Anschlusskonfiguration für RS485-Netzwerkverbindung

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 8-30 Protocol	FC-Profil*
		Parameter 8-31 Address	1*
		Parameter 8-32 Baud Rate	9600*
		*=Werkseinstellung	
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Wählen Sie in den Parametern Protokoll, Adresse und Baudrate.	

Tabelle 12.11 Anschlusskonfigurationen für RS485-Netzwerkverbindung

### 12.8 Anschlusskonfiguration für einen Motorthermistor

**HINWEIS**

Sie müssen Thermistoren verstärkt oder zweifach isolieren, um die PELV-Anforderungen zu erfüllen.

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 1-90 Motor Thermal Protection	[2] Thermistor-Abschalt.
		Parameter 1-93 T hermistor Source	[1] Analog-eingang 53
		<b>Hinweise/Anmerkungen:</b> Wenn nur eine Warnung erforderlich ist, müssen Sie Parameter 1-90 Motor Thermal Protection auf [1] Thermistor Warnung programmieren.	

Tabelle 12.12 Anschlussbeispiel für einen Motorthermistor

### 12.9 Anschlusskonfiguration für einen Kaskadenregler

Abbildung 12.4 zeigt ein Beispiel für einen einfachen Kaskadenregler mit einer Pumpe mit variabler Drehzahl (Führungspumpe) und zwei Pumpen mit konstanter Drehzahl, einem 4–20-mA-Messumformer sowie Sicherheitsverriegelung des Systems.

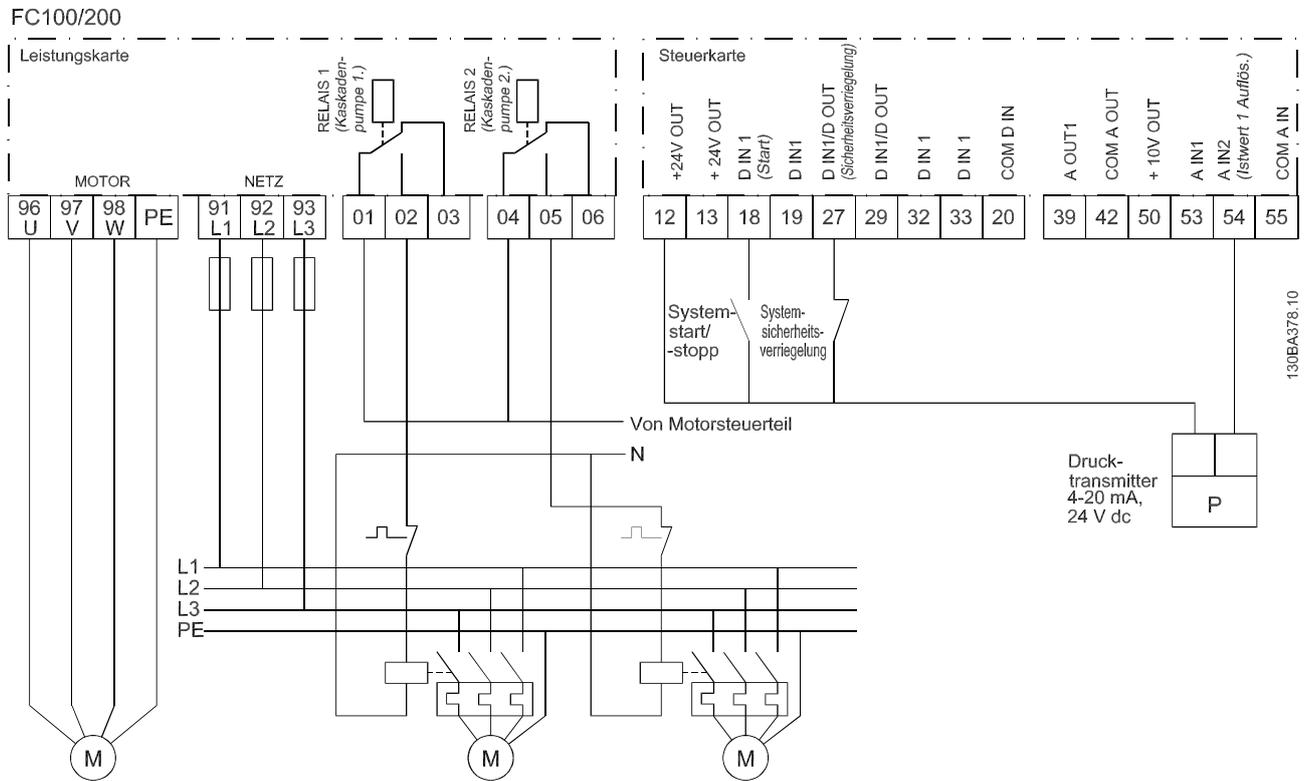


Abbildung 12.4 Schaltbild für Kaskadenregler

### 12.10 Anschlusskonfiguration für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 4-30 Motor Feedback Loss Function	[1] Warnung
+24 V	13		
D IN	18	Parameter 4-31 Motor Feedback Speed Error	100 U/min
D IN	19		
COM	20	Parameter 4-32 Motor Feedback Loss Timeout	5 s
D IN	27		
D IN	29	Parameter 7-00 Speed PID Feedback Source	[2] MCB 102
D IN	32		
D IN	33	Parameter 17-11 Resolution (PPR)	1024*
D IN	37		
+10 V	50	Parameter 13-00 SL Controller Mode	[1] Ein
A IN	53		
A IN	54	Parameter 13-01 Start Event	[19] Warnung
COM	55		
A OUT	42	Parameter 13-02 Stop Event	[44] [Reset]- Taste
COM	39		
R1	01	Parameter 13-10 Comparator Operand	[21] Nr. der Warnung
R1	02		
R2	04	Parameter 13-11 Comparator Operator	[1] ≈ (gleich)*
R2	05		
	06	Parameter 13-12 Comparator Value	90
		Parameter 13-51 SL Controller Event	[22] Vergleich 0
		Parameter 13-52 SL Controller Action	[32] Digital- ausgang A-AUS
		Parameter 5-40 Function Relay	[80] SL-Digital- ausgang A
*=-Werkseinstellung			

**Hinweise/Anmerkungen:**

Wenn der Grenzwert der Drehgeberüberwachung überschritten wird, wird *Warnung 90, Istwertüberwachung* ausgegeben. Der SLC überwacht *Warnung 90, Istwertüberwachung*, und wenn diese wahr wird, wird Relais 1 ausgelöst.

Externe Geräte benötigen möglicherweise eine Wartung. Wenn der Istwertfehler innerhalb von 5 s wieder unter diese Grenze fällt, läuft der Frequenzumrichter weiter, und die Warnung wird ausgeblendet. Setzen Sie Relais 1 durch Drücken von [Reset] auf dem LCP zurück.

Tabelle 12.13 Anschlussbeispiel für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control

### 12.11 Anschlussbeispiel für eine Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl

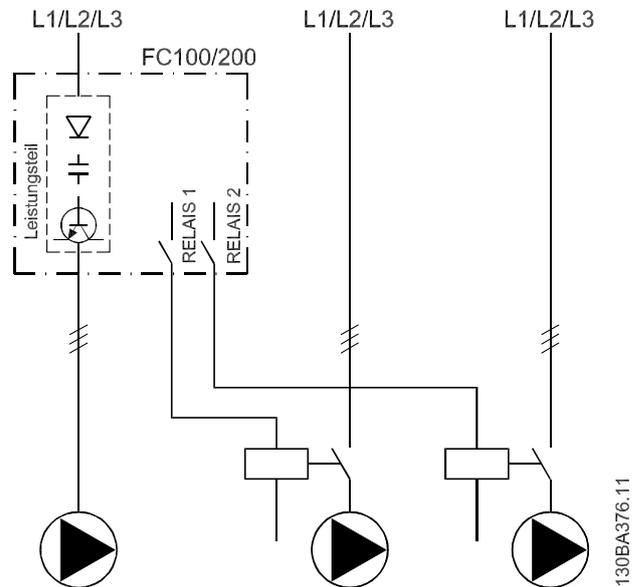


Abbildung 12.5 Schaltbild für Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl



## 13 Bestellung eines Frequenzumrichters

### 13.1 Antriebskonfigurator

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
F	C	-								T											X	X	S	X	X	X	X	A		B		C						D

130BC530.10

**Tabelle 13.1** Typencode

Produktgruppe	1-6	
Modell	7-10	
Netzspannung	11-12	
Gehäuse	13-15	
Hardwarekonfiguration	16-23	
EMV-Filter	16-17	
Bremse	18	
Display (Bedieneinheit)	19	
Platinenbeschichtung	20	
Netzoption	21	
Anpassung A	22	
Anpassung B	23	
Softwareversion	24-27	
Software-Sprache	28	
A-Optionen	29-30	
B-Optionen	31-32	
C0-Optionen, MCO	33-34	
C1-Optionen	35	
Software für die C-Option	36-37	
D-Optionen	38-39	

**Tabelle 13.2** Typencodebeispiel für die Bestellung eines Frequenzumrichters

Konfigurieren Sie den korrekten Frequenzumrichter für die entsprechende Anwendung mithilfe des Internet-basierten Antriebskonfigurators. Der Antriebskonfigurator ist auf der globalen Internetseite zu finden: [www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives). Der Konfigurator erzeugt einen Typencode und eine 8-stellige Bestellnummer, mit der Sie den Frequenzumrichter über Ihre Vertretung vor Ort bestellen können. Außerdem können Sie eine Projektliste mit mehreren Produkten aufstellen und an ihren Danfoss-Außendienstmitarbeiter senden.

Ein Beispiel für einen Typencode:

FC-102N355T5E20H4BGCXXXSXXXXA0BXCXXXX0

Die Bedeutung der Zeichen in dieser Zeichenfolge sind definiert in *Tabelle 13.4*. Im obigen Beispiel sind die Optionen PROFIBUS DP-V1 und 24 V Versorgung enthalten.

Frequenzumrichter werden automatisch mit einem Sprachpaket geliefert, das für die Region, in der sie bestellt werden, relevant ist. Vier regionale Sprachpakete decken die folgenden Sprachen ab:

#### Sprachpaket 1

Englisch, Deutsch, Französisch, Niederländisch, Spanisch, Schwedisch, Italienisch und Finnisch.

#### Sprachpaket 2

Englisch, Deutsch, Chinesisch, Koreanisch, Japanisch, Thai, Traditionell-Chinesisch und Bahasa (Indonesisch).

#### Sprachpaket 3

Englisch, Deutsch, Slowenisch, Bulgarisch, Serbisch, Rumänisch, Ungarisch, Tschechisch und Russisch.

#### Sprachpaket 4

Englisch, Deutsch, Spanisch, Englisch (US), Griechisch, brasilianisches Portugiesisch, Türkisch und Polnisch.

Wenn Sie einen Frequenzumrichter mit einem anderen Sprachpaket bestellen möchten, wenden Sie sich an Ihren lokalen Danfoss-Händler.

## 13.1.1 Typenschlüssel für Gehäuse D1h–D8h

Beschreibung	Pos.	Mögliche Auswahl
Produktgruppe	1-6	FC-102
Modell	7-10	N55: 55 kW (75 HP) N75: 75 kW (100 hp) N90: 90 kW (125 hp) N110: 110 kW (150 hp) N132: 132 kW (200 hp) N160: 160 kW (250 hp) N200: 200 kW (300 hp) N250: 250 kW (350 hp) N315: 315 kW (400–450 hp)
Netzspannung	11-12	T4: 380–480 V AC T7: 525–690 V AC
Gehäuse	13-15	E20: IP20 (Gehäuse – zur Installation in externen Schaltschränken) E2S: IP20/Gehäuse – Baugröße D3h E21: IP21 (NEMA 1) E2D: IP21 / Typ 1, Baugröße D1h E54: IP54 (NEMA 12) E5D: IP 54 / Typ 1, Baugröße D1h E2M: IP21 (NEMA 1) mit Netzabschirmung E5M: IP54 (NEMA 12) mit Netzabschirmung C20: IP20 (Gehäuse) + Kühlkanal aus Edelstahl C2S: IP20/Gehäuse mit Kühlkanal aus Edelstahl, Baugröße D3h H21: IP21 (NEMA 1) + Heizung H54: IP54 (NEMA 12) + Heizung
EMV-Filter	16-17	H2: EMV-Filter, Klasse A2 (Standard) H4: EMV-Filter, Klasse A1 <sup>1)</sup>
Bremse	18	X: Keine Brems-IGBT B: Montierte Brems-IGBT R: Anschlussklemmen der Rückspeiseeinheit S: Bremse + Anschlüsse für Rückspeiseeinheit (nur IP20)
Display	19	G: Grafische Bedieneinheit N: Numerisches LCP-Bedienteil X: Ohne LCP-Bedienteil
Platinenbeschichtung	20	C: Beschichtete Platine R: Beschichtete Platine, robuste Bauweise
Netzoption	21	X: Keine Netzoption 3: Netztrennschalter und Sicherung 4: Netzschütz + Sicherungen 7: Sicherung A: Sicherung und Zwischenkreiskopplung (nur IP20) D: Zwischenkreiskopplungsklemmen (nur IP20) E: Netztrennschalter + Schütz + Sicherungen J: Trennschalter + Sicherungen
Anpassung	22	X: Standard-Kabeleinführungen
Anpassung	23	X: Keine Anpassung Q: Kühlkörper-Zugangsdeckel
Softwareversion	24-27	Tatsächliche Software
Software-Sprache	28	X: Standard-Sprachpaket

Tabelle 13.3 Typenschlüssel für Gehäuse D1h–D8h

<sup>1)</sup> Erhältlich für alle Frequenzumrichter der Baugröße D.

## 13.1.2 Typenschlüssel für Bestellungen der Bauformen E1h–E4h

Beschreibung	Position	Mögliche Option
Produktgruppe	1–6	FC-102
Modell	7–10	N355: 355 kW (500 HP) N400: 400 kW (550–600 hp) N450: 450 kW (450–600 HP) N500: 500 kW (500–650 HP) N560: 560 kW (600–750hp) N630: 630 kW (650 HP) N710: 710 kW (750 HP) N800: 800 kW (950 HP)
Netzspannung	11–12	T4: 380–480 V AC T7: 525–690 V AC
Gehäuse	13–15	E00: IP00 (nur Bauformen E3h/E4h mit oberer Rückspeiseeinheit/Zwischenkreiskopplung) E20: IP20/Gehäuse E21: IP21/Typ 1 E54: IP54/Typ 12 E2M: IP21/Typ 1 mit Netzabschirmung E5M: IP54/Typ 12 mit Netzabschirmung H21: IP21/Typ 1 mit Heizgerät H54: IP54/Typ 12 mit Heizgerät C20: IP20/Typ 1 mit Edelstahl-Kühlkanal C21: IP21/Typ 1 mit Edelstahl-Kühlkanal C54: IP54/Typ 12 mit Edelstahl-Kühlkanal C2M: IP21/Typ 1 mit Netzabschirmung und Edelstahl-Kühlkanal C5M: IP54/Typ 12 mit Netzabschirmung und Edelstahl-Kühlkanal C2H: IP21/Typ 1 mit Heizgerät und Edelstahl-Kühlkanal C5H: IP54/Typ 12 mit Heizgerät und Edelstahl-Kühlkanal
EMV-Filter	16–17	H2: EMV-Filter, Klasse A2 (C3) H4: EMV-Filter, Klasse A1 (C2)
Bremse	18	X: Kein Bremschopper B: Bremschopper montiert T: Safe Torque Off (STO) U: Bremschopper + Safe Torque Off R: Zwischenkreisklemmen S: Bremschopper + Anschlussklemmen der Rückspeiseeinheit (nur Bauformen E3h/E4h)
Display	19	X: Keine Bedieneinheit G: Grafisches LCP (LCP 102) J: Kein LCP + USB durch Tür zugänglich L: Grafisches LCP + USB durch Tür zugänglich
Beschichtung der Platine	20	C: Beschichtete Platine R: Beschichtete Platine 3C3 + robuste Bauweise
Netzoption	21	X: Keine Netzoption 3: Netztrennschalter + Sicherungen 7: Sicherungen A: Sicherungen + Zwischenkreiskopplungsklemmen (nur Bauformen E3h/E4h) D: Zwischenkreiskopplungsklemmen (nur Bauformen E3h/E4h)
Hardware, Anpassung A	22	X: Keine Option
Hardware, Anpassung B	23	X: Keine Option Q: Kühlkörperzugang
Softwareversion	24–28	SXXX: Aktuelle Version - Standard-Software S067: Integrierte Bewegungsregelungssoftware
Software-Sprache	28	X: Standard-Sprachpaket

Tabelle 13.4 Typenschlüssel für Bestellungen der Bauformen E1h–E4h

### 13.1.3 Bestelloptionen für alle Gehäuse des Modells VLT<sup>®</sup> HVAC Drive FC 102

Beschreibung	Pos.	Mögliche Option
A-Optionen	29–30	AX: Keine A-Option A0: VLT <sup>®</sup> PROFIBUS DP V1 MCA 101 A4: VLT <sup>®</sup> DeviceNet MCA 104 AG: VLT <sup>®</sup> LonWorks MCA 108 AJ: VLT <sup>®</sup> BACnet MCA 109 AK: VLT <sup>®</sup> BACnet/IP MCA 125 AL: VLT <sup>®</sup> PROFINET MCA 120 AN: VLT <sup>®</sup> EtherNet/IP MCA 121 AQ: VLT <sup>®</sup> POWERLINK MCA 122
B-Optionen	31–32	BX: Keine Option B0: VLT <sup>®</sup> -Analog-E/A-Option MCB 109 B2: VLT <sup>®</sup> PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT <sup>®</sup> Sensoreingangsoption MCB 114 BK: VLT <sup>®</sup> -Universal-E/A-Modul MCB 101 BP: VLT <sup>®</sup> Relay Card MCB 105
C0/ E0-Optionen	33–34	CX: Keine Option
C1-Optionen/ A/B im Adapter der C-Option	35	X: Keine Option R: VLT <sup>®</sup> Extended Relay Card MCB 113
Software für die C-Option/ E1-Optionen	36–37	XX: Standardregler
D-Optionen	38–39	DX: Keine Option D0: VLT <sup>®</sup> 24 V DC Supply MCB 107

Tabelle 13.5 Typenschlüssel für Bestellungen für FC102-Optionen

## 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör

### 13.2.1 Bestellnummern für A-Optionen: Feldbusse

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT <sup>®</sup> PROFIBUS DP MCA 101	130B1100	130B1200
VLT <sup>®</sup> DeviceNet MCA 104	130B1102	130B1202
VLT <sup>®</sup> LonWorks MCA 108	130R1106	130R1206
VLT <sup>®</sup> BACNET MCA 109	130R1144	130R1244
VLT <sup>®</sup> PROFINET MCA 120	130B1135	130B1235
VLT <sup>®</sup> EtherNet/IP MCA 121	130B1119	130B1219
VLT <sup>®</sup> Modbus TCP MCA 122	130B1196	130B1296
VLT <sup>®</sup> BACnet/IP MCA 125	–	134B1586

Tabelle 13.6 Bestellnummern für A-Optionen

Informationen zur Kompatibilität von Feldbus- und Anwendungsoptionen mit älteren Software-Versionen erhalten Sie von Ihrem Danfoss-Händler.

### 13.2.2 Bestellnummern für B-Optionen: Funktionserweiterungen

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT® General Purpose I/O MCB 101	130B1125	130B1212
VLT® Relay Card MCB 105	130B1110	130B1210
VLT® Analog I/O MCB 109	130B1120	130B1220
VLT® PTC Thermistor Card MCB 112	-	130B1137
VLT® Sensor Input MCB 114	130B1172	130B1272

Tabelle 13.7 Bestellnummern für B-Optionen

### 13.2.3 Bestellnummern für C-Optionen: Motion Control und Relaiskarte

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT® Extended Relay Card MCB 113	130B1164	130B1264

Tabelle 13.8 Bestellnummern für C-Optionen

### 13.2.4 Bestellnummern für Option D: Externe 24-V-Stromversorgung

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT® 24 V DC Supply MCB 107	130B1108	130B1208

Tabelle 13.9 Bestellnummern für Option D

### 13.2.5 Bestellnummern für Softwareoptionen

Beschreibung	Bestellnummer
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 1 Anwender.	130B1000
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 5 Anwender.	130B1001
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 10 Anwender.	130B1002
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 25 Anwender.	130B1003
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 50 Anwender.	130B1004
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 100 Anwender.	130B1005
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – unbegrenzte Anzahl von Anwendern.	130B1006

Tabelle 13.10 Bestellnummern für Softwareoptionen

## 13.2.6 Bestellnummern für Bausätze D1h–D8h

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
<b>Diverse Ausrüstung</b>		
Wetterschutzabdeckung mit NEMA 3R, D1h	Schutzschild zum Schutz der Antriebsöffnungen vor direkter Sonneneinstrahlung, Schnee und herabfallenden Fremdkörpern. Frequenzumrichter, die dieses Schirmgeflecht verwenden, müssen ab Werk in „NEMA-3R-fähiger“ Ausstattung bestellt werden, was im Typencode als E5S-Gehäuseoption zu finden ist.	176F6302
Wetterschutzabdeckung mit NEMA 3R, D2h	Schutzschild zum Schutz der Antriebsöffnungen vor direkter Sonneneinstrahlung, Schnee und herabfallenden Fremdkörpern. Frequenzumrichter, die dieses Schirmgeflecht verwenden, müssen ab Werk in „NEMA-3R-fähiger“ Ausstattung bestellt werden, was im Typencode als E5S-Gehäuseoption zu finden ist.	176F6303
NEMA 3R Kühlbausatz mit Belüftungseingang und Belüftungsausgang im hinteren Bereich in einem geschweißten Gehäuse, D3h	Bietet eine Schutzart nach NEMA 3R oder NEMA 4. Diese Gehäuse sind für den Außenbereich geeignet und bieten Schutz vor widrigen Witterungsverhältnissen.	176F3521
NEMA 3R für Kühlbausatz mit Belüftungseingang und Belüftungsausgang im hinteren Bereich in einem Rittal-Gehäuse, D3h	Bietet eine Schutzart nach NEMA 3R oder NEMA 4. Diese Gehäuse sind für den Außenbereich geeignet und bieten Schutz vor widrigen Witterungsverhältnissen.	176F3633
NEMA 4R für Kühlbausatz mit Belüftungseingang und Belüftungsausgang im hinteren Bereich in einem geschweißten Gehäuse, D4h	Bietet eine Schutzart nach NEMA 3R oder NEMA 4. Diese Gehäuse sind für den Außenbereich geeignet und bieten Schutz vor widrigen Witterungsverhältnissen.	176F3526
NEMA 3R für Kühlbausatz mit Belüftungseingang und Belüftungsausgang im hinteren Bereich in einem Rittal-Gehäuse, D3h	Bietet eine Schutzart nach NEMA 3R oder NEMA 4. Diese Gehäuse sind für den Außenbereich geeignet und bieten Schutz vor widrigen Witterungsverhältnissen.	176F3634
Adapterplatte, D1h/D3h	Platte, die verwendet wird, um ein Gehäuse D1/D3 durch das D1h/D3h mit der gleichen Montagekonfiguration zu ersetzen.	176F3409
Adapterplatte, D2h/D4h	Platte, die verwendet wird, um ein Gehäuse D2/D4 durch das D2h/D4h mit der gleichen Montagekonfiguration zu ersetzen.	176F3410
Bausatz für rückseitigen Kanal, D3h	Kanalbausatz, der das Gehäuse in ein Gehäuse mit Belüftungseingang im oberen und Belüftungsausgang im unteren Bereich sowie mit Belüftung nur im oberen Bereich verwandelt. Baugröße: 1800 mm (70,9 in).	176F3627
Bausatz für rückseitigen Kanal, D3h	Kanalbausatz, der das Gehäuse in ein Gehäuse mit Belüftungseingang im oberen und Belüftungsausgang im unteren Bereich sowie mit Belüftung nur im oberen Bereich verwandelt. Baugröße: 2000 mm (78,7 in).	176F3629
Bausatz für rückseitigen Kanal, D4h	Kanalbausatz, der das Gehäuse in ein Gehäuse mit Belüftungseingang im oberen und Belüftungsausgang im unteren Bereich sowie mit Belüftung nur im oberen Bereich verwandelt. Baugröße: 1800 mm (70,9 in).	176F3628
Bausatz für rückseitigen Kanal, D4h	Kanalbausatz, der das Gehäuse in ein Gehäuse mit Belüftungseingang im oberen und Belüftungsausgang im unteren Bereich sowie mit Belüftung nur im oberen Bereich verwandelt. Baugröße: 2000 mm (78,7 in).	176F3630

Typ	Beschreibung	Bestellnummer	
Socket, D1h	Verfügt über einen 400 mm (15,7 in) Sockel, mit dem der Frequenzumrichter auf dem Boden montiert werden kann. Die Vorderseite des Sockels hat Öffnungen für die Luftzufuhr zur Kühlung der Leistungsbauteile.	176F3631	
Socket, D2h	Verfügt über einen 400 mm (15,7 in) Sockel, mit dem der Frequenzumrichter auf dem Boden montiert werden kann. Die Vorderseite des Sockels hat Öffnungen für die Luftzufuhr zur Kühlung der Leistungsbauteile.	176F3632	
Socket, D5h/D6h	Verfügt über einen 200 mm (7,9 in) Sockel, mit dem der Frequenzumrichter auf dem Boden montiert werden kann. Die Vorderseite des Sockels hat Öffnungen für die Luftzufuhr zur Kühlung der Leistungsbauteile.	176F3452	
Socket, D7h/D8h	Verfügt über einen 200 mm (7,9 in) Sockel, mit dem der Frequenzumrichter auf dem Boden montiert werden kann. Die Vorderseite des Sockels hat Öffnungen für die Luftzufuhr zur Kühlung der Leistungsbauteile.	176F3539	
Oberer Eingang der Feldbuskabel, D1h–D8h	Ermöglicht die Installation der Feldbuskabel durch das Oberteil des Frequenzumrichters. Der Bausatz ist im eingebauten Zustand ein IP20/Gehäuse, jedoch kann ein anderer Gegenstecker verwendet werden, um die Schutzart zu erhöhen.	176F3594	
USB in der Türe, D1h–D8h (IP20/Gehäuse)	Die Verlängerung des USB-Kabels ist für alle Baugrößen erhältlich und ermöglicht den Zugriff auf die Antriebssteuerung von einem Laptop aus, ohne dass der Frequenzumrichter geöffnet werden muss.	Hersteller kontaktieren	
USB in der Türe, D1h–D8h (IP21/Typ 1 and IP54/Typ 12)	Die Verlängerung des USB-Kabels ist für alle Baugrößen erhältlich und ermöglicht den Zugriff auf die Antriebssteuerung von einem Laptop aus, ohne dass der Frequenzumrichter geöffnet werden muss.	Hersteller kontaktieren	
Netzanschlussplattenoption, D1h–D8h	Ermöglicht das Hinzufügen von Optionen für Sicherungen, Trennschalter/Sicherungen, RFI, FRI/Sicherungen und RFI/Trennschalter/Sicherungen.	Hersteller kontaktieren	
Klemmenleisten	Schraubanschlussklemmen zum Austausch von Federzugklemmen. (1 Stck. 10-polige, 1 Stck. 6-polige und 1 Stck. 3-polige Steckverbinder)	130B1116	
<b>Rückwandkühlkanalsätze</b>		<b>Standard</b>	<b>Edelstahl</b>
Belüftungseingang im hinteren und Belüftungsausgang im hinteren Bereich (keine Rittal-Gehäuse), D3h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Enthält keine Platten für den Einbau in den Schaltschrank. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D3h verwendet.	176F3519	176F3520
Belüftungseingang im hinteren und Belüftungsausgang im hinteren Bereich (keine Rittal-Gehäuse), D4h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Enthält keine Platten für den Einbau in den Schaltschrank. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D4h verwendet.	176F3524	176F3525
Einlass Unters./Auslass Rücks., D1h/D3h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D1h/D3h verwendet.	176F3522	176F3523
Einlass Unters./Auslass Rücks., D2h/D4	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D2h/D4h verwendet.	176F3527	176F3528
Einlass Rücks./Auslass Rücks., D1h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D1h verwendet.	176F3648	176F3656
Einlass Rücks./Auslass Rücks., D2h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D4h verwendet.	176F3649	176F3657

Typ	Beschreibung	Bestellnummer	
Einlass Rück./Auslass Rück., D3h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D3h verwendet.	176F3625	176F3654
Einlass Rück./Auslass Rück., D4h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D4h verwendet.	176F3626	176F3655
Einlass Rück./Auslass Rück., D5h/D6h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D5h/D6h verwendet.	176F3530	-
Einlass Rück./Auslass Rück., D7h/D8h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Bausatz wird nur für das Gehäuse D7h/D8h verwendet.	176F3531	-
<b>LCP</b>			
LCP 101	Numerisches LCP-Bedienteil (LCP 101)	130B1124	
LCP 102	Grafisches LCP-Bedienteil (LCP 102).	130B1107	
LCP-Kabel	Separates LCP-Kabel, 3 m (9 Fuß).	175Z0929	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinbau einschließlich grafischem LCP, Befestigungen, 3 m (9 Fuß) langem Kabel und Dichtung.	130B1113	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinbau einschließlich numerischem LCP, Befestigungen und Dichtung.	130B1114	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinbau für alle LCPs, einschließlich Befestigungen, 3 m (9 Fuß) langem Kabel und Dichtung.	130B1117	
<b>Externe Optionen</b>			
EtherNet/IP	Ethernet-Master.	175N2584	

Tabelle 13.11 Verfügbare Bausätze für Gehäuse D1h–D8h

### 13.2.7 Bestellnummern für Bausätze E1h–E4h

Typ	Beschreibung	Bestellnummer	
<b>Diverse Ausrüstung</b>			
PROFIBUS, obere Einführung, E1h–E4h	Einführung von oben für Schutzart IP54.	176F1742	
USB in der Tür, E1h–E4h	Die Verlängerung des USB-Kabels ist für alle Baugrößen erhältlich und ermöglicht den Zugriff auf die Antriebssteuerung von einem Laptop aus, ohne dass der Frequenzumrichter geöffnet werden muss.	130B1156	
Erdungsschiene	Mehr Erdungsanschlüsse für Frequenzumrichter der Bauformen E1h und E2h.	176F6609	
Netzabschirmung, E1h	Vor die Leistungsklemmen montierte Abschirmung (Abdeckung) zum Schutz vor unbeabsichtigtem Kontakt.	176F6619	
Netzabschirmung, E2h	Vor die Leistungsklemmen montierte Abschirmung (Abdeckung) zum Schutz vor unbeabsichtigtem Kontakt.	176F6620	
Klemmenleisten	Schraubanschlussklemmen zum Austausch von Federzugklemmen. (1 Stck. 10-polige, 1 Stck. 6-polige und 1 Stck. 3-polige Steckverbinder)	130B1116	
<b>Rückwandkühlkanalsätze</b>		<b>Standard</b>	<b>Edelstahl</b>
Einlass Unten /Auslass Oben E3h	Erlaubt den Einlass der Kühlluft unten / Auslass oben Dieser Satz ist nur für Bauform E3h mit 600-m(21,6 in)-Grundplatte geeignet.	176F6606	-
Einlass Unten /Auslass Oben E3h	Erlaubt den Einlass der Kühlluft unten / Auslass oben Dieser Satz kann nur für die Bauform E3h mit 800 mm (31,5 in)-Grundplatte verwendet werden.	176F6607	-
Einlass Unters./Auslass Obers., E4h	Erlaubt den Einlass der Kühlluft unten / Auslass oben Dieser Satz ist nur für Bauform E4h mit 800-m(31,5 in)-Grundplatte geeignet.	176F6608	-

Typ	Beschreibung	Bestellnummer	
Einlass Rücksl./Auslass Rücksl., E1h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E1h geeignet.	176F6617	-
Einlass Rücksl./Auslass Rücksl., E2h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E2h geeignet.	176F6618	-
Einlass Rücksl./Auslass Rücksl., E3h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h geeignet.	176F6610	-
Einlass Rücksl./Auslass Rücksl., E4h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h geeignet.	176F6611	-
Einlass Unters./Auslass Rücksl., E3h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h mit 600-m(21,6 in)-Grundplatte geeignet.	176F6612	-
Einlass Unters./Auslass Rücksl., E3h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h mit 800-m(31,5 in)-Grundplatte geeignet.	176F6613	-
Einlass Unters./Auslass Rücksl., E4h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h mit 800-m(31,5 in)-Grundplatte geeignet.	176F6614	-
Einlass Rücksl./Auslass Obers., E3h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Rückseite sowie durch die Oberseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h geeignet.	176F6615	-
Einlass Rücksl./Auslass Obers., E4h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Rückseite sowie durch die Oberseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h geeignet.	176F6616	-
<b>LCP</b>			
LCP 101	Numerisches LCP-Bedienteil (LCP 101)	130B1124	
LCP 102	Grafisches LCP-Bedienteil (LCP 102).	130B1107	
LCP-Kabel	Separates LCP-Kabel, 3 m (9 Fuß).	175Z0929	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinsatz einschließlich grafischem LCP, Befestigungen, 3 m (9 Fuß) langem Kabel und Dichtung.	130B1113	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinsatz einschließlich numerischem LCP, Befestigungen und Dichtung.	130B1114	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinsatz für alle LCPs, einschließlich Befestigungen, 3 m (9 Fuß) langem Kabel und Dichtung.	130B1117	
<b>Externe Optionen</b>			
EtherNet/IP	Ethernet-Master.	175N2584	

Tabelle 13.12 Verfügbare Bausätze für Gehäuse E1h-E4h

### 13.3 Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände

Informationen zu Bemaßungsspezifikationen und Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände finden Sie im folgenden Projektierungshandbuch:

- *VLT® Brake Resistor MCE 101 Projektierungshandbuch.*
- *VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010 Projektierungshandbuch.*
- *Projektierungshandbuch für die Ausgangsfilter.*

### 13.4 Ersatzteile

Die verfügbaren Ersatzteile für Ihre Anwendung finden Sie im VLT® Shop oder im Antriebskonfigurator ([www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives)).

# 14 Anhang

## 14.1 Abkürzungen und Symbole

60° AVM	60° Asynchrone Vektormodulation
A	Ampere
AC	Wechselstrom
AD	Luftentladung (Air Discharge)
AEO	Automatische Energieoptimierung
AI	Analogeingang
AIC	Ampere Interrupting Current
AMA	Automatische Motoranpassung
AWG	American Wire Gauge = Amerikanisches Drahtmaß
°C	Grad Celsius
CB	Trennschalter
CD	Konstante Entladung
CDM	Komplettes Antriebsmodul (CDM): Frequenzumrichter, Versorgung und Hilfseinrichtungen
CE	European Conformity (Europäische Sicherheitsstandards)
CM (Common Mode)	Gleichtakt
CT	Konstantes Drehmoment
DC	Gleichstrom
DI	Digitaleingang
DM (Differenzbetrieb)	Differenzbetrieb
D-TYP	Abhängig vom Frequenzumrichter
EMV	Electromagnetic Compatibility (Elektromagnetische Verträglichkeit)
EMK	Elektromotorische Gegenkraft
ETR	Elektronisches Thermorelais
°F	Grad Fahrenheit
f <sub>JOG</sub>	Motorfrequenz bei aktivierter JOG-Funktion
f <sub>M</sub>	Motorfrequenz
f <sub>MAX</sub>	Maximale Ausgangsfrequenz, gilt am Ausgang des Frequenzumrichters
f <sub>MIN</sub>	Minimale Motorfrequenz vom Frequenzumrichter
f <sub>M,N</sub>	Motornennfrequenz
FC	Frequenzumrichter
FSP	Pumpe mit konstanter Drehzahl
HIPERFACE®	HIPERFACE® ist eine eingetragene Marke von Stegmann
HO	Hohe Überlast
HP	Horse Power
HTL	HTL-Drehgeber (10-30 V) Pulse - Hochspannungs-Transistorlogik
Hz	Hertz
I <sub>INV</sub>	Wechselrichter-Nennausgangsstrom
I <sub>LIM</sub>	Stromgrenze
I <sub>M,N</sub>	Motornennstrom

I <sub>VLT,MAX</sub>	Maximaler Ausgangsstrom
I <sub>VLT,N</sub>	Vom Frequenzumrichter gelieferter Ausgangsnennstrom
kHz	Kilohertz
LCP	Bedieneinheit
Lsb	Least Significant Bit (geringstwertiges Bit)
m	Meter
mA	Milliampere
MCM	Mille Circular Mil
MCT	Motion Control Tool
mH	Induktivität in Millihenry
mm	Millimeter
ms	Millisekunden
Msb	Most Significant Bit (höchstwertiges Bit)
η <sub>VLT</sub>	Der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ist definiert als das Verhältnis zwischen Leistungsabgabe und Leistungsaufnahme.
nF	Kapazität in Nanofarad
LCP 101	Numerische Bedieneinheit
Nm	Newtonmeter
NO	Normale Überlast
n <sub>s</sub>	Synchrone Motordrehzahl
Online/Offline-Parameter	Änderungen der Online-Parameter sind sofort nach Änderung des Datenwertes wirksam
P <sub>br,cont.</sub>	Nennleistung des Bremswiderstands (Durchschnittsleistung bei kontinuierlichem Bremsen)
PCB	Leiterplatte
PCD	Process Data (Prozessdaten)
PDS	Antriebssystem: CDM und ein Motor
PELV	PELV (Schutzkleinspannung - Protective Extra Low Voltage)
P <sub>m</sub>	Nenn-Ausgangsleistung des Frequenzumrichters als hohe Überlast
P <sub>M,N</sub>	Motornennleistung
PM-Motor	Permanentmagnetmotor
PID-Prozess	Proportionaler integrierter Differenzialregler, der dafür sorgt, dass Drehzahl, Druck, Temperatur usw. konstant gehalten werden
R <sub>br,nom</sub>	Nenn-Widerstandswert, mit dem an der Motorwelle für eine Dauer von 1 Minute eine Bremsleistung von 150/160 % gewährleistet wird.
Fehlerstromschutzschalter	Fehlerstromschutzschalter
rückspeisefähig	Generatorische Klemmen
R <sub>min</sub>	Zulässiger Mindestwert des Bremswiderstands nach Frequenzumrichter
EFF	Effektivwert

UPM	Umdrehungen pro Minute
R <sub>rec</sub>	Empfohlener Bremswiderstand von Danfoss-Bremswiderständen
s	Sekunde
SCCR	Kurzschluss-Stromnennwert
SFAVM	Statorfluss-orientierte asynchrone Vektormodulation
STW (ZSW)	Zustandswort
SMPS	Schaltnetzteil SMPS
THD	Gesamtoberschwingungsgehalt
T <sub>LIM</sub>	Drehmomentgrenze
TTL	Pulse des TTL-Drehgebers (5 V) - Transistor-Logik
U <sub>M,N</sub>	Motornennspannung
UL	Underwriters Laboratories (US-Organisation für die Sicherheitszertifizierung)
V	Volt
VSP	Pumpe mit variabler Drehzahl
VT	Variables Drehmoment
VVC+	Spannungsvektorsteuerung Plus (Voltage Vector Control Plus)

Tabelle 14.1 Abkürzungen und Symbole

## 14.2 Definitionen

### Bremswiderstand

Der Bremswiderstand wird zur Aufnahme der bei generatorischer Bremsung erzeugten Energie benötigt. Während generatorischer Bremsung erhöht sich die Zwischenkreisspannung. Ein Bremschopper stellt sicher, dass die generatorische Energie an den Bremswiderstand übertragen wird.

### Losbrechmoment

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

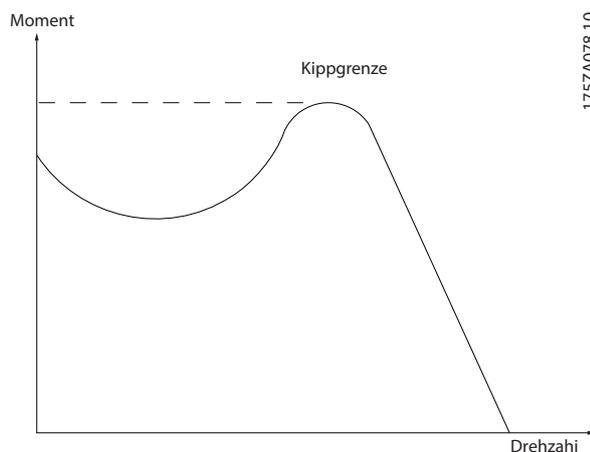


Abbildung 14.1 Tabelle Losbrechmoment

### Motorfreilauf

Die Motorwelle dreht im Motorfreilauf. Kein Drehmoment am Motor.

### Konstantmoment (CT)-Kennlinie

Konstantmomentkennlinie; wird für Anwendungen wie Förderbänder, Verdrängungspumpen und Kräne eingesetzt.

### Initialisierung

Eine Initialisierung (*Parameter 14-22 Operation Mode*) stellt die Werkseinstellungen des Frequenzumrichters wieder her.

### Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb

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

### Leistungsfaktor

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

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

Cosinus phi wird auch als Lastverschiebungsfaktor bezeichnet.

Lambda und Cos phi sind für DanfossVLT®-Frequenzumrichter in *Kapitel 7.3 Netzversorgung* aufgeführt.

Der Leistungsfaktor gibt an, wie stark ein Frequenzumrichter die Netzversorgung belastet. Je niedriger der Leistungsfaktor, desto höher der I<sub>eff</sub> bei gleicher kW-Leistung. Darüber hinaus weist ein hoher Leistungsfaktor darauf hin, dass der Anteil der Oberschwingungsströme sehr niedrig ist.

Alle Danfoss-Frequenzumrichter verfügen über eingebaute Zwischenkreisdrosseln, die einen hohen Leistungsfaktor erzielen und die gesamte Spannungsverzerrung THD der Netzversorgung deutlich reduzieren.

### Pulseingang/Inkrementalgeber

Ein externer digitaler Geber für Istwertinformationen von Motordrehzahl und Drehrichtung. Drehgeber werden für eine schnelle und exakte Rückführung in hochdynamischen Anwendungen eingesetzt.

### Schlupfausgleich

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

### Smart Logic Control (SLC)

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

### Frequenzumrichter-Standardbus

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

**Thermistor**

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

**Abschaltung**

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, z. B. bei einer Übertemperatur des Frequenzumrichters oder wenn der Frequenzumrichter den Motor, Prozess oder Mechanismus schützt. Der Neustart wird verzögert, bis die Fehlerursache behoben wurde und der Alarmzustand quittiert wird.

**Abschaltblockierung**

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, in denen der Frequenzumrichter aus Sicherheitsgründen abschaltet und ein manueller Eingriff erforderlich ist. Sie können eine Abschaltblockierung nur durch Unterbrechen der Netzversorgung, Beheben der Fehlerursache und erneuten Anschluss des Frequenzumrichters aufheben. Der Neustart wird verzögert, bis der Alarmzustand über die [Reset]-Taste quittiert wird.

**VT-Kennlinie**

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

**Index**

**A**

Abgestrahlte Störaussendung..... 182

Abkürzungen..... 220

Ableitstrom..... 6, 172

Abmessungen

- Außenabmessungen D5h..... 83
- Außenabmessungen D6h..... 92
- Außenabmessungen der Bauform D1h..... 61
- Außenabmessungen E1h..... 124
- Außenabmessungen E2h..... 130
- Außenabmessungen E3h..... 136
- Außenabmessungen E4h..... 143
- D1h – Klemmen-..... 65
- D2h – Außen-..... 67
- D2h – Klemmen-..... 71
- D3h – Außen-..... 73
- D3h – Klemmen-..... 76
- D4h – Klemmen-..... 81
- D4h-Außen-..... 78
- D5h – Klemmen-..... 88
- D6h – Klemmen-..... 97
- D7h – Außen-..... 103
- D7h – Klemmen-..... 109
- D8h – Außen-..... 113
- E1h-Leistungsanschlüsse..... 128
- E2h-Leistungsanschlüsse..... 134
- E3h-Leistungsanschlüsse..... 140
- E4h-Leistungsanschlüsse..... 147
- Klemme D8h..... 118
- Produktserienübersicht..... 13

Abschaltung

- Punkte für 380–480-V-Frequenzumrichter..... 48
- Punkte für 525–690-V-Frequenzumrichter..... 52

Abschirmung

- EMV-Schirmabschluss..... 139
- Kabel..... 159, 161
- Netz..... 6
- Verdrillte Enden..... 185

AC-Bremse..... 39

Adern..... 157

- Siehe auch *Kabel*

Aktiver Sollwert..... 193

Analog

- Anschlusskonfiguration für Drehzahlsollwert..... 202
- Ausgangsspezifikationen..... 58
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen..... 164
- Eingangsspezifikationen..... 57

Anschlussdiagramm

- Frequenzumrichter..... 158
- Typische Anwendungsbeispiele..... 202

Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung..... 204

Anschlussplan

- Feste Pumpe mit variabler Drehzahl..... 208
- Führungspumpen-Wechsel..... 209
- Kaskadenregler..... 207

Anstiegszeit..... 175

Arbeitszyklus

- Berechnung..... 169
- Definition..... 220

ATEX-Überwachung..... 21, 151

Ausbrechplatte..... 125

Ausgang

- Schalter..... 18
- Schütz..... 174, 187
- Spezifikationen..... 58

Außenabmessungen

- D1h..... 61
- D2h..... 67
- D3h..... 73
- D4h..... 78
- D5h..... 83
- D6h..... 92
- D7h..... 103
- D8h..... 113
- E1h..... 124
- E2h..... 130
- E3h..... 136
- E4h..... 143

Auto on..... 192

Automatische Energieoptimierung (AEO)..... 19

Automatische Motoranpassung (AMA)

- Anschlusskonfiguration..... 202
- Übersicht..... 20

Automatische Taktfrequenzmodulation..... 19

**B**

Bandbreitenverwaltung..... 38

Bedienungsanleitung..... 4

Benutzereingabe..... 192

Berechnungen

- Arbeitszyklus des Widerstands..... 169
- Bremsmoment..... 171
- Bremswiderstand..... 171
- Harmonic Software..... 191
- Kurzschlussverhältnis..... 189
- Skalierter Sollwert..... 193
- THDi..... 188

Bestellung..... 210

Betrieb mit niedriger Drehzahl..... 153

Bodenplatte zur Kabeleinführung..... 61, 67, 83, 92, 103, 113, 124

Bremung

- Dynamisches Bremsen..... 39
- Grenzwerte..... 171
- Leistungsdiagramm..... 170, 171
- Steuerung mit Bremsfunktion..... 172
- Verwendung als alternative Bremsfunktion..... 172

Bremswiderstand		
Anschlussdiagramm.....	158	
Auswahl von.....	169	
Bestellung.....	218	
Definition.....	220	
Formel für Nennleistung.....	219	
Klemmen.....	160	
Projektierungshandbuch.....	4	
Übersicht.....	46	
Bremswiderstand.....	39	
<b>C</b>		
CE-Zeichen.....	7	
CO <sub>2</sub> -Sensor.....	31	
Cos φ-Kompensation.....	27	
CSA/cUL-Zulassung.....	8	
<b>D</b>		
Dämpfer.....	30	
DC-Bremse.....	39	
DeviceNet.....	44, 213	
Digital		
Ausgangsspezifikationen.....	58	
Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen.....	164	
Eingangsspezifikationen.....	57	
Drehmoment		
Kennlinie.....	56	
Steuerung/Regelung.....	198	
Drehzahl		
Anschlusskonfiguration für Drehzahlsollwert.....	205	
Anschlusskonfigurationen für Drehzahl auf/Drehzahl ab.....	205	
PID-Rückführung.....	198	
Steuerung/Regelung.....	198	
Dreieck.....	27	
DU/dt		
Prüfergebnisse für D1h bis D8h.....	176	
Prüfergebnisse für E1h–E4h.....	177	
Übersicht.....	175	
<b>E</b>		
EAC-Markierung.....	8	
Eingangsspezifikationen.....	57	
Elektrische Spezifikationen 380–480 V.....	49	
Elektrische Spezifikationen 525–690 V.....	52	
Elektronisch thermische Überlast.....	20	
Elektronisches Thermorelais (ETR).....	157	
Emissionsanforderungen.....	182	
EMV		
Allgemeine Aspekte.....	181	
Filter.....	185	
Installation.....	187	
Kompatibilität.....	185	
Position des E3h-Schirmabschlusses.....	139	
Position des E4h-Schirmabschlusses.....	146	
Prüfergebnisse.....	182	
Richtlinie.....	7	
Störungen.....	186	
Verwendung eines Schalters mit IT-Netzen.....	174	
EMV-Störungen.....	19	
Energie		
Effizienzklasse.....	56	
Ersparnis.....	24, 25, 26	
Entladezeit.....	5	
Erdung.....	20, 161, 173	
Ersatzteile.....	218	
Erweiterte Relais-Optionskarte.....	46	
EtherNet/IP.....	45	
EU-Ökodesignrichtlinie.....	8	
Explosionsgefährdete Bereiche.....	151	
Exportkontrollvorschriften.....	8	
<b>F</b>		
Fehlerstromschutzschalter.....	172, 173	
Feldbus.....	44, 162	
Fernsollwert.....	193	
Filter		
Bestellung.....	218	
DU/dt-Filter.....	47	
EMV-Filter.....	185	
Gleichtaktfilter.....	47	
Oberschwingungsfiler.....	47	
Sinusfilter.....	47, 159	
Flux		
Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber.....	201	
Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber.....	200	
Formel		
Ausgangsstrom.....	219	
Frequenzrichter-Wirkungsgrad.....	219	
Nennleistung des Bremswiderstands.....	219	
Stromgrenze.....	219	
Fournier-Analyse.....	188	
Frequenzausblendung.....	23	
Frequenzrichter		
Abmessungen von Produktserien.....	13	
Abstandsanforderungen.....	152	
Konfigurator.....	210	
Nennleistungen.....	13	
Funkstörungen.....	19	
<b>G</b>		
Galvanische Trennung.....	20, 58, 185	

Gase.....	151	Kaskadenregler	
Gebäudeleitsystem (BMS).....	26	Anschlussplan.....	207
Gehäuseschutzart.....	9	Kinetischer Speicher.....	22
Gewerbeumgebung.....	182	Klemmen	
Gleichrichter.....	192	Analogeingang/-ausgang.....	164
Gleichspannungszwischenkreis		Bremswiderstand.....	160
Beschreibung des Betriebs.....	192	Digitaleingang/-ausgang.....	164
Klemmen.....	160	Klemme 37.....	164
Gleichtaktfilter.....	47	Relaisklemmen.....	164
		RS485.....	163
		Serielle Kommunikation.....	163
		Steuerungsbeschreibungen und Werkseinstellungen....	163
		Zwischenkreiskopplung.....	160
<b>H</b>		Klemmenabmessungen	
Hand on.....	192	D1h.....	65
Hauptschalter.....	166	D2h.....	71
Heben.....	150	D3h.....	76
Heizung		D4h.....	81
Anschlussdiagramm.....	158	D5h.....	88
Nutzung.....	150	D6h.....	97
Hilfspumpen.....	37	D7h.....	109
Hochspannungswarnung.....	5	D8h.....	118
Höhe.....	154	E1h.....	128
		E2h.....	134
		E3h.....	140
		E4h.....	147
<b>I</b>		Kondensation.....	150
IGVs.....	30	Kondensatorlagerung.....	150
Installation		Kondenswasserpumpen.....	34
Anforderungen.....	152	Konformität	
Elektrische.....	157	Mit ADN.....	6
Qualifiziertes Personal.....	5	Richtlinien.....	7
Installation in großer Höhenlage.....	186	Konstanter Luftvolumenstrom.....	31
Instandhaltung.....	151	Konstant-Luftvolumenstromsystem.....	31
Isolation.....	169	Konventionen.....	4
Istwert		Kühlkörper	
Behandlung.....	195	Erforderlicher Luftdurchsatz.....	153
Signal.....	198	Reinigung.....	151
Umwandlung.....	196	Übertemperatur-Abschaltung.....	48, 50
IT-Netze.....	174	Zugangsdeckel.....	126
		Kühlung	
		Anforderungen.....	152
		Kühlturmgebläse.....	32
		Staubwarnung.....	151
		Übersicht zur Rückwandkühlung.....	42
		Kurzschluss	
		Berechnung des Verhältnisses.....	189
		Bremsung.....	39, 172
		Definition.....	221
		SCCR-Nennwert.....	166
		Schutzart.....	17
		<b>L</b>	
		Lagerung.....	150
<b>K</b>			
Kabel			
Abschirmung.....	159, 186		
Brems.....	160		
Kabeltyp und Nennwerte.....	157		
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase... 48, 50,			
51			
Motorkabel.....	167		
Öffnung.....	61, 67, 83, 92, 103, 113, 124		
Potenzialausgleich.....	162		
Spezifikationen.....	48, 52, 57		
Steuerung/Regelung.....	161		
Stromanschlüsse.....	159		
Verlegung.....	162		
Kabelschelle.....	161		
Kanalkühlung.....	152		

Leistung  
 Anschlüsse..... 159  
 Nennwerte..... 11, 48, 52  
 Spezifikationen..... 48  
 Verluste..... 48, 52

Leistungs-  
 Faktor..... 220

Leistungsreduzierung  
 Automatische Funktion..... 18  
 Betrieb mit niedriger Drehzahl..... 153  
 Höhe..... 154  
 Hohe Taktfrequenz..... 19  
 Temperatur und Taktfrequenz..... 155  
 Temperaturaspekte..... 56, 152  
 Übersicht und Ursachen..... 153

Leitungsgeführte Störaussendung..... 182

Losbrechmoment..... 220

Lüfter  
 Erforderlicher Luftdurchsatz..... 153  
 Temperaturregelte Lüfter..... 19

Luftfeuchtigkeit..... 150

Luftzirkulation  
 Durchsätze..... 153  
 Konfigurationen..... 42, 43

**M**

Marine-Zertifizierung..... 8

Maschinenrichtlinie..... 7

Messwandler..... 163

Modbus  
 Option..... 45

Modulation..... 19, 219, 220

Montagekonfigurationen..... 152

Motor  
 Ableitstrom..... 173  
 Anschlussdiagramm..... 158  
 Ausgangsspezifikationen..... 56  
 Definition des Losbrechmoments..... 220  
 Drehung..... 167  
 Erkennung fehlender Phasen..... 18  
 Ex-d..... 46  
 Ex-e..... 21  
 Isolation..... 169  
 Istwert..... 201  
 Kabel..... 167, 173  
 Parallelschaltung..... 167  
 Reduzierung von Lagerströmen..... 169  
 Thermischer Schutz..... 20, 167  
 Thermistor-Verkabelungskonfiguration..... 206  
 Typenschild..... 22  
 Vollständiges Drehmoment..... 23  
 Zündschutzart..... 151

Motorfangschaltung..... 22

**N**

Nachrüstsätze  
 Beschreibungen..... 217, 218  
 Bestellnummern..... 217, 218  
 Gehäuseverfügbarkeit..... 16

NEMA-Schutzart..... 9

Netz  
 Abschirmung..... 6  
 Ausfall..... 22  
 Schwankungen..... 19  
 Spezifikationen..... 56  
 Versorgungsspezifikationen..... 56

Niederspannung  
 Richtlinie..... 7

**O**

Oberschwingungen  
 Definition des Leistungsfaktors..... 220  
 EN-Standards..... 189  
 Filter..... 47  
 IEC-Standards..... 189  
 Reduzierung..... 191  
 Übersicht..... 188

**Optionen**

Bestellung..... 212, 213, 214  
 Feldbus..... 44  
 Funktionserweiterungen..... 45  
 Gehäuseverfügbarkeit..... 13  
 Motion Control..... 46  
 Relaiskarten..... 46

**Ö**

Örtliche Drehzahlbestimmung..... 35

**P**

PC-Verbindung..... 160

PELV..... 20, 58, 185

Personal Computer..... 160

PID  
 Regler..... 20, 195, 199  
 Steuerung/Regelung..... 27

Potenzimeter..... 164, 205

Primärpumpen..... 35

PROFIBUS..... 44, 213

PROFINET..... 44

Programmierhandbuch..... 4

Proportionalitätsgesetze..... 25

Prozessregelung..... 198

PTC-Thermistorkarte..... 46

**Puls**

Anschlusskonfiguration für Start/Stop..... 203  
 Eingangsspezifikationen..... 58

Pumpe		Schutzart	
Kondensator.....	34	Bremsfunktion.....	17
Primär.....	35	Kurzschluss.....	17
Sekundär.....	37	Nennwert.....	9
Wirkungsgrad.....	38	Netzspannungsasymmetrie.....	18
Zuschalten.....	38	Schutzart.....	13
		Therm. Motorschutz.....	20
Q		Überlast.....	18
Qualifiziertes Personal.....	5	Überspannung.....	17
		Überstrom.....	157
R		Sensoreingangsoption.....	46
RCM-Kennzeichnung.....	8	Serielle Kommunikation.....	163
Regelmäßiges Formieren.....	150	Sicherheit	
Regelung mit Rückführung		Handbuch.....	5, 157
Übersicht.....	196	Sicherungen	
Regelung mit Rückführung.....	198	Spezifikationen.....	165
Regelung ohne Rückführung		Überspannungsschutz.....	157
Blockschaltbild.....	197	Zur Verwendung mit Stromanschlüssen.....	159
Übersicht.....	196	Sinusfilter.....	47, 159
Relais		Skalierter Sollwert.....	193
ADN-konforme Installation.....	6	Smart Logic Control	
Erweiterte Relaiskartenoption.....	46	Anschlusskonfiguration.....	208
Karte.....	46	Übersicht.....	23
Klemmen.....	164	Softstarter.....	27
Option.....	46	Software-Versionen.....	213
Spezifikationen.....	59	Sollwert	
Resonanzdämpfung.....	19	Aktiver Sollwert.....	193
Rotor.....	18	Drehzahleingang.....	202, 203
RS485		Fernsollwert.....	193
Anschlussdiagramm.....	158	Fernsollwert-.....	193
Frequenzumrichter-Standardbus.....	220	Spannungsasymmetrie.....	18
Klemmen.....	163	Spezifikationen elektrisch.....	48, 52
Verkabelungskonfiguration.....	206	Sprachpakete.....	210
Rückspeisefähig		SPS.....	162
Klemmen.....	76	Start/Stopp-Anschlusskonfiguration.....	203, 204
Übersicht.....	41	Steuerkarte	
Verfügbarkeit.....	13	RS485-Spezifikationen.....	58
Rückspeisung		Spezifikationen.....	60
Klemmen.....	128	Übertemperatur-Abschaltung.....	48
Rückwandkühlung.....	42, 152	Umgebungstemperatur.....	50
		Steuerklemmen.....	163
S		Steuerleitungen.....	161
Safe Torque Off		Steuerung/Regelung	
Anschlussdiagramm.....	158	Arten der.....	198
Anschlusskonfiguration.....	203	Beschreibung des Betriebs.....	192
Bedienungsanleitung.....	4	Charakteristik.....	59
Einhaltung von Maschinenrichtlinien.....	7	Strukturen.....	196
Klemmenanordnung.....	164	STO.....	4
Übersicht.....	24	Siehe auch <i>Safe Torque Off</i>	
Schalter		Störfestigkeitsanforderungen.....	183
A53 und A54.....	57, 164	Störgeräusche.....	175
Trennschalter.....	166		
Schlupfausgleich.....	220		
Schutzart.....	9		

Strom

Ableitstrom..... 172, 173  
 Ausgangsnennstrom..... 219  
 Formel für Stromgrenze..... 219  
 Grundstrom..... 188  
 Interner Stromgrenzenregler..... 201  
 Oberschwingungsstrom..... 188  
 Reduzierung am Motor..... 169  
 Transienter Erd-..... 173  
 Verzerrung..... 189

T

Taktfrequenz

Leistungsreduzierung..... 18, 155  
 Sinusfilter..... 47, 159  
 Stromanschlüsse..... 159  
 Verwendung mit Fehlerstromschutzschaltern..... 173

Temperatur..... 151

Thermistor

Anschlusskonfiguration..... 206  
 Definition..... 221  
 Kabelführung..... 162  
 Klemmenanordnung..... 164

Transformator..... 188

Trennschalter..... 166, 173

Türabstand..... 61, 67, 83, 92, 103, 113, 124

TÜV-Zertifikat..... 8

Typencode..... 210

Ü

Überlast

Elektronisch thermische Überlast..... 20  
 Grenzwerte..... 18  
 Komplikationen durch Oberschwingungen..... 188

Überspannung

Alternative Bremsfunktion..... 172  
 Bremsung..... 46  
 Schutzart..... 17

Überspannungsschutz..... 157

Übertemperatur..... 221

U

UKrSEPRO-Zertifikat..... 8

UL

Schutzart..... 9  
 Zulassungsmarkierung..... 8

Umgebung..... 56, 150

Umgebungsbedingungen

Spezifikationen..... 56  
 Übersicht..... 150

Universal-E/A-Modul..... 45

UPM..... 25

USB-Spezifikationen..... 60

V

Variabler Luftvolumenstrom..... 30

Verdrillte Abschirmungsenden..... 185

Verknüpfungspunkt..... 188

Vorheizung..... 23

VVC+..... 199, 201

VVS..... 30

W

Warnungen..... 5, 157

Wechselrichter..... 192

Wiederanlauf..... 22

Wirkungsgrad

AMA verwenden..... 20  
 Berechnung..... 174  
 Formel für den Frequenzumrichter-Wirkungsgrad..... 219  
 Spezifikationen..... 48, 52

Wohnbereich..... 182

Z

Zentrale VVS-Systeme..... 30

Zwischenkreiskopplung

Anschlussdiagramm..... 158  
 Klemmen..... 41, 160  
 Kurzschlusschutz..... 17  
 Übersicht..... 40  
 Warnung..... 5



.....  
Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss-Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen der angemessenen und zumutbaren Änderungen an seinen Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss-Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.  
.....

Danfoss A/S  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
vlt-drives.danfoss.com

