

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Aus der Praxis für die Praxis



www.danfoss.com/drives

VLT[®]
THE REAL DRIVE

■ **Warum „aus der Praxis für die Praxis“**

Aus der Praxis für die Praxis ist an den Steuerungsfachmann und den Projektteur gerichtet, der sich über die Einsatzmöglichkeiten drehzahl geregelter Antriebe informieren möchte. Behandelt werden Schaltungsvorschläge mit und ohne PID-Regler.

Ziel dieser Broschüre ist es, Wege und Möglichkeiten zur richtigen Lösungen aufzuzeigen. Sie behandelt häufig vorkommende Anwendungen aus der Praxis drehzahl geregelter Antriebe mit Danfoss Frequenzumrichtern.

■ Inhaltsverzeichnis

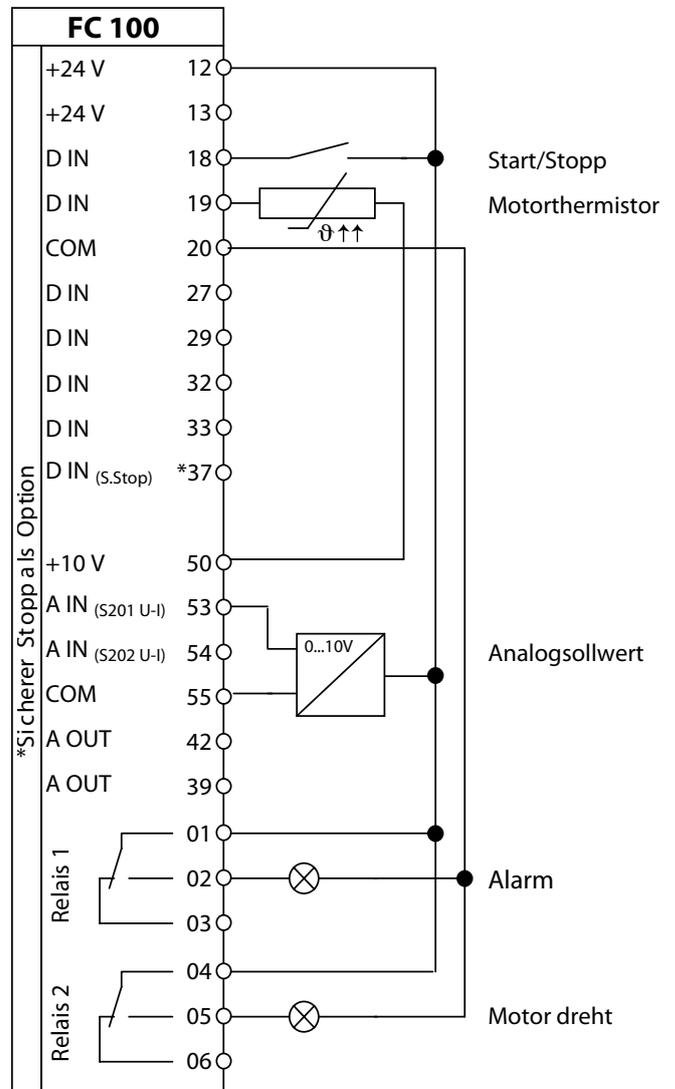
	Seite
1 Erstinbetriebnahme	
1.1 Start/Stopp, 4-poliger Motor	4
1.2 Start/Stopp, 4-poliger Motor übersynchron	5
1.3 Start/Stopp, 2-poliger Motor	6
1.4 Start/Stopp, 2-poliger Motor übersynchron	7
1.5 Drei Festdrehzahlen über drei Klemmen	8
1.6 Start/Stopp, Motorthermistor	9
1.7 Tag-Nacht-Sollwertumschaltung	10
1.8 Prozessregelung, skaliert in %	11
1.9 Prozessregelung, skaliert in Pa	12
1.10 Prozessregelung, Sollwertverschiebung n. Anlagenkennlinie	13
1.11 Netzschützsteuerung	14
1.12 Fern/Ort- Umschaltung	15
2 Anwendungsbeispiele	
2.1 Zwei Festdrehzahlen über zwei Klemmen	16
2.2 Anwahl von 8 Festsollwerten, addierend	17
2.3 Anwahl von 8 Festsollwerten, alternativ	18
2.4 Parametersatzumschaltung, Satz 1..2	19
2.5 Parametersatzumschaltung, Satz 1...4	20
2.6 Digitales Motorpotentiometer, alternativ	21
2.7 Digitales Motorpotentiometer, addierend	22
2.8 Digitales Motorpotentiometer, Sollwertverschiebung	23
2.9 Motorfangschaltung	24
2.10 Zustandmeldungen	25
2.11 Zeitschaltfunktionen	26
2.12 Konstante Druckregelung in %	27
2.13 Konstante Druckregelung in Pascal	28
2.14 Tag/Nacht- Sollwertumschaltung	29
3 Prozessregelung	
3.1 Volumenstromregelung interner Prozessregler	30
3.2 Zulufttemperaturregelung externer Regler 1	31
4 Ventilatorbauarten	
4.1 Axialventilatoren	33
4.2 Radialventilatoren	33
4.3 Drehzahl, Volumenstrom, Druck u. Leistung	33
4.4 Antriebsauslegung für ein freilaufendes Ventilatorrad	34
5 Antriebsdimensionierung	
5.1 Drehstromasynchronmotor mit Frequenzumrichter	35
5.2 Asynchronmotor typische Daten	35
5.3 Bei Leistungen <4,0kW	35
5.4 Bei Leistungen >5,5kW	35
5.5 Verhalten des Asynchronmotors am Frequenzumrichter	35
5.6 87 Hz-Technik	36
6 Energieeinsparung	
6.1 Drosselklappensystem	40
6.2 Drehzahlregelung mit Frequenzumrichter	41
7 Index	43

▪ **Start/Stop, 4-poliger Motor, Motorthermistor**

Analog Sollwert Klemme 53
 Motorthermistor Klemme 19
 Alarm und Motor dreht

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
0-01	Sprache	[1] Deutsch
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
1-90	Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor Abschalt.
1-93	Thermistoranschluss	[4] Digitaleingang 19
5-40.0	Relaisfunktion	[9] Alarm*
5-40.1	Relaisfunktion	[5] Motor dreht*
1-25	Motornenn Drehzahl	1420

* = Werkseinstellung



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Inbetriebnahme eines 4-poligen Drehstromasynchronmotors mit Thermistor zur Überwachung der Motortemperatur. Die maximale Frequenz ist auf 50 Hz begrenzt.

Für die Inbetriebnahme ist der Frequenzumrichter voreingestellt (Werkseinstellungen). Für den energieoptimierten Betrieb muss mit dem Inbetriebnahme-Menü der Motor angepasst werden.

Alle anderen Parameter sind mit Werkseinstellung voreingestellt.

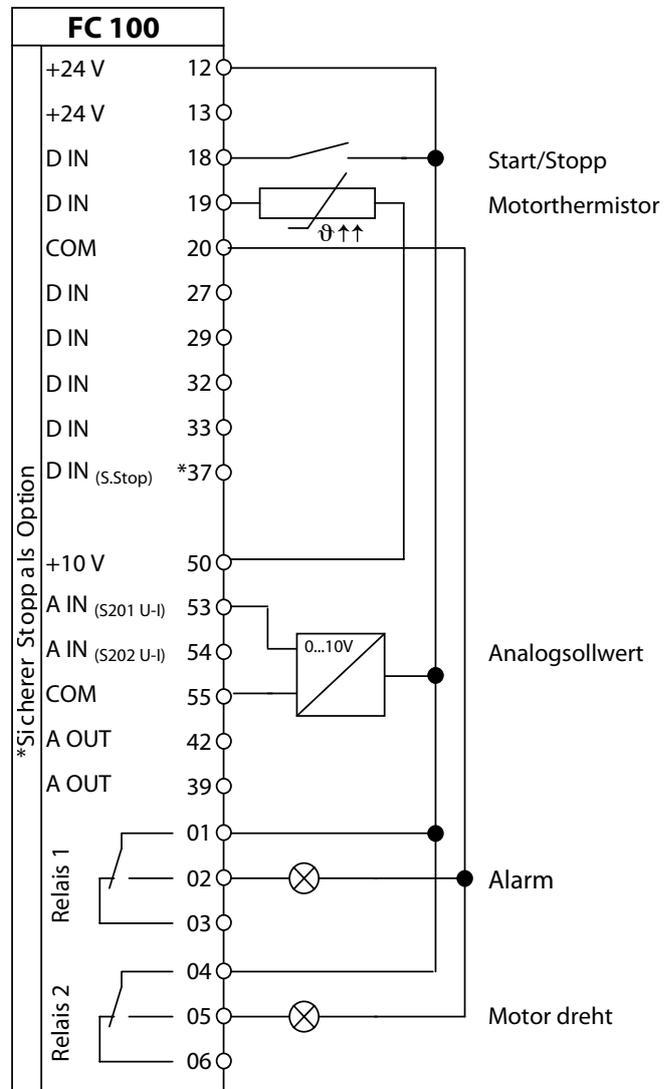
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Start/Stop, 4-poliger Motor, übersynchron, Motorthermistor**

Analog Sollwert Klemme 53
 Motorthermistor Klemme 19
 Alarm und Motor dreht

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
0-01	Sprache	[1] Deutsch
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
1-90	Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor Abschalt.
1-93	Thermistoranschluss	[4] Digitaleingang 19
5-40.0	Relaisfunktion	[9] Alarm*
5-40.1	Relaisfunktion	[5] Motor dreht*
1-25	Motornenn Drehzahl	1420
3-03	Max. Sollwert	72
4-14	Max. Frequenz [Hz]	72
4-53	Warnung Drehz. hoch	2045
6-15	Klemme 53 Skal. Max. Soll/Istwert	72

* = Werkseinstellung



Erstinbetriebnahme

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Inbetriebnahme eines 4-poligen Drehstromasynchronmotors mit Thermistor zur Überwachung der Motortemperatur. Die maximale Frequenz ist auf 72 Hz begrenzt.

Für die Inbetriebnahme ist der Frequenzumrichter voreingestellt (Werkseinstellungen). Für den energieoptimierten Betrieb muss mit dem Inbetriebnahme-Menü der Motor angepasst werden.

Alle anderen Parameter sind mit Werkseinstellung voreingestellt.

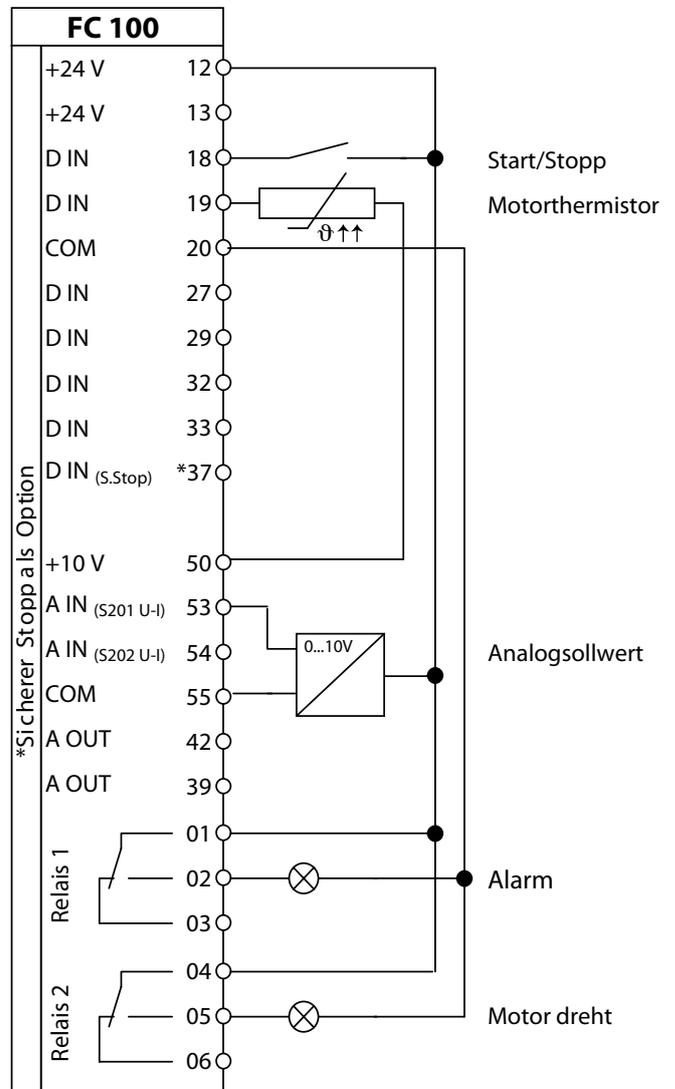
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Start/Stop, 2-poliger Motor, Motorthermistor**

Analogswollwert Klemme 53
 Motorthermistor Klemme 19
 Alarm und Motor dreht

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
0-01	Sprache	[1] Deutsch
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
1-90	Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor Abschal.
1-93	Thermistoranschluss	[4] Digitaleingang 19
5-40.0	Relaisfunktion	[9] Alarm*
5-40.1	Relaisfunktion	[5] Motor dreht*
1-25	Motornendrehzahl	2920

* = Werkseinstellung



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Inbetriebnahme eines 2-poligen Drehstromasynchronmotors mit Thermistor zur Überwachung der Motortemperatur. Die maximale Frequenz ist auf 50 Hz begrenzt.

Für die Inbetriebnahme ist der Frequenzumrichter voreingestellt (Werkseinstellungen). Für den energieoptimierten Betrieb muss mit dem Inbetriebnahme-Menü der Motor angepasst werden.

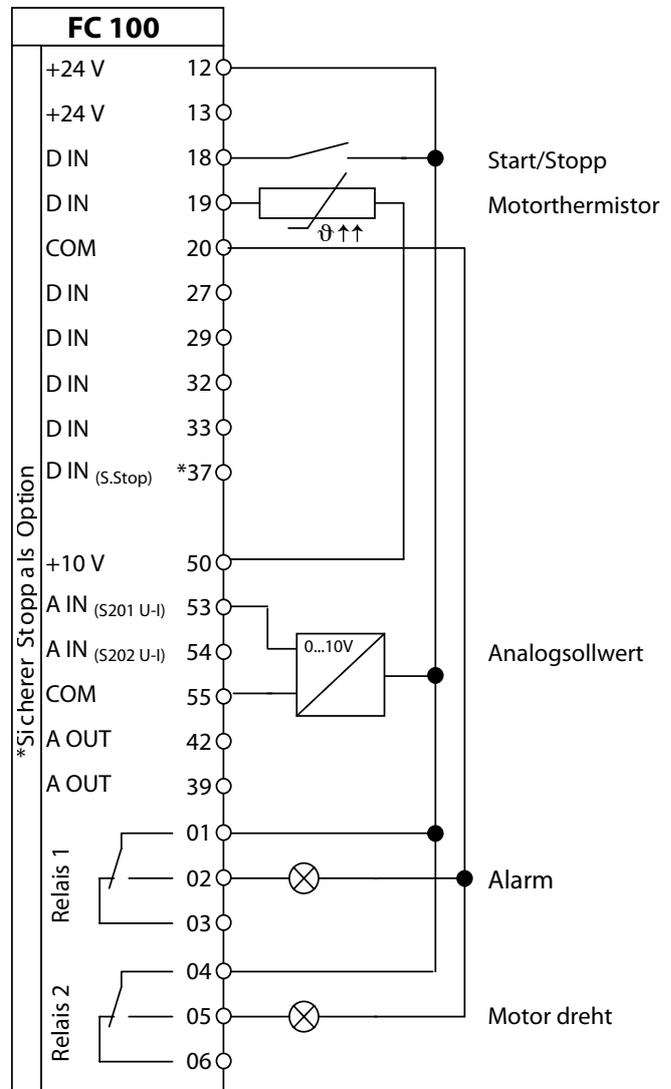
Alle anderen Parameter sind mit Werkseinstellung voreingestellt.

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Start/Stop, 2-poliger Motor, übersynchron, Motorthermistor**

Analog Sollwert Klemme 53
 Motorthermistor Klemme 19
 Alarm und Motor dreht

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
0-01	Sprache	[1] Deutsch
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
1-90	Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor Abschalt.
1-93	Thermistoranschluss	[4] Digitaleingang 19
5-40.0	Relaisfunktion	[9] Alarm*
5-40.1	Relaisfunktion	[5] Motor dreht*
1-25	Motornenn Drehzahl	2920
3-03	Max. Sollwert	72
4-14	Max. Frequenz [Hz]	72
4-53	Warnung Drehz. hoch	4320
6-15	Klemme 53 Skal. Max. Soll/Istwert	72
* = Werkseinstellung		



Erstinbetriebnahme

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Inbetriebnahme eines 2-poligen Drehstromasynchronmotors mit Thermistor zur Überwachung der Motortemperatur. Die maximale Frequenz ist auf 72 Hz begrenzt.

Für die Inbetriebnahme ist der Frequenzumrichter voreingestellt (Werkseinstellungen). Für den energieoptimierten Betrieb muss mit dem Inbetriebnahme-Menü der Motor angepasst werden.

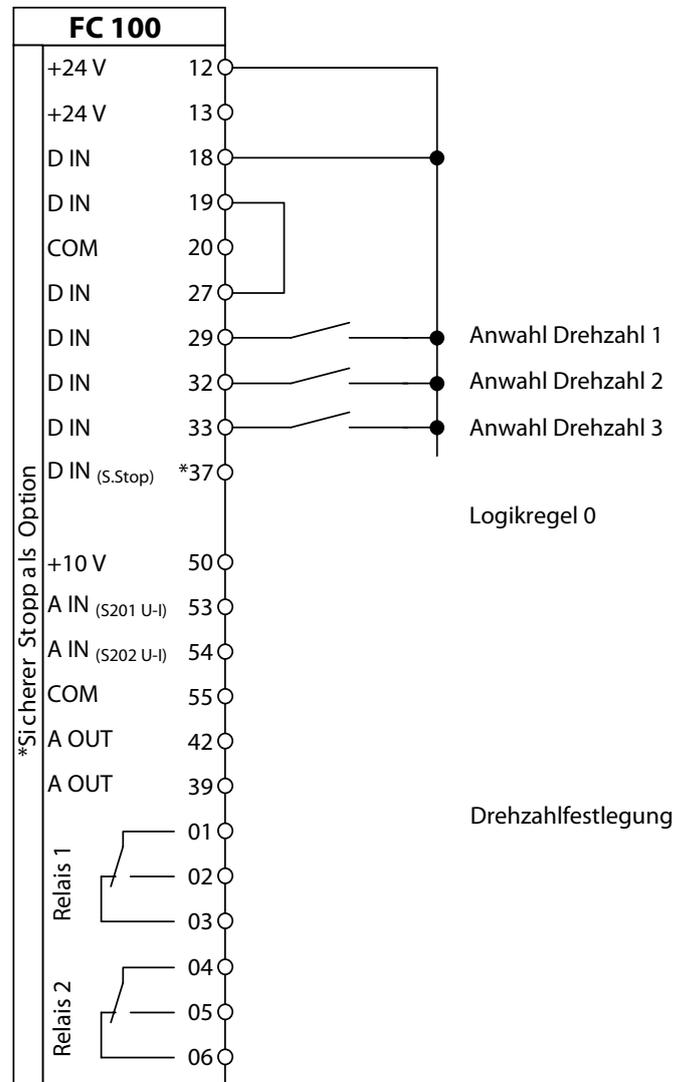
Alle anderen Parameter sind mit Werkseinstellung voreingestellt.

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

3 Festdrehzahlen

Betrieb mit 3 Festdrehzahlen zur Ansteuerung über potenzialfreie Kontakte

Relevante Einstellparameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
0-01	Sprache	Deutsch
5-11	Eingang Kl. 19	[6] Stop (invers)
5-01	Funktion Kl. 27	[1] Ausgang
5-30	Ausgang Kl. 27	[70] Logikregel 0
5-13	Eingang Kl. 29	[17] Festsollwert bit 0
5-14	Eingang Kl. 32	[18] Festsollwert bit 1
5-15	Eingang Kl. 33	[19] Festsollwert bit 2
13-40.0	Boolsch 1	[36] Digitalausgang 29
13-41.0	Verknüpfung 1	[2] ODER
13-42.0	Boolsch 2	[37] Digitalausgang 32
13-43.0	Verknüpfung 2	[2] ODER
13-44.0	Boolsch 3	[38] Digitalausgang 33
3-10.1	Festsollwert 1	Wunschkreiszahl 1
3-10.2	Festsollwert 2	Wunschkreiszahl 2
3-10.4	Festsollwert 4	Wunschkreiszahl 3
* = Werkseinstellung		



Hinweise/Notizen/Anmerkungen

Genutzt werden die Festsollwerte 3-10.0...7, davon wegen der binären Codierung Festsollwert 1, 2 und 4

Die Drehzahlangaben erfolgen in % des durch 3-02 und 3-03 begrenzten Sollwertbereichs

Die logische Verknüpfung bewirkt Stopp, wenn kein Drehzahlenwahl-Eingang aktiv ist

Alle anderen Parameter sind mit Werkseinstellung voreingestellt.

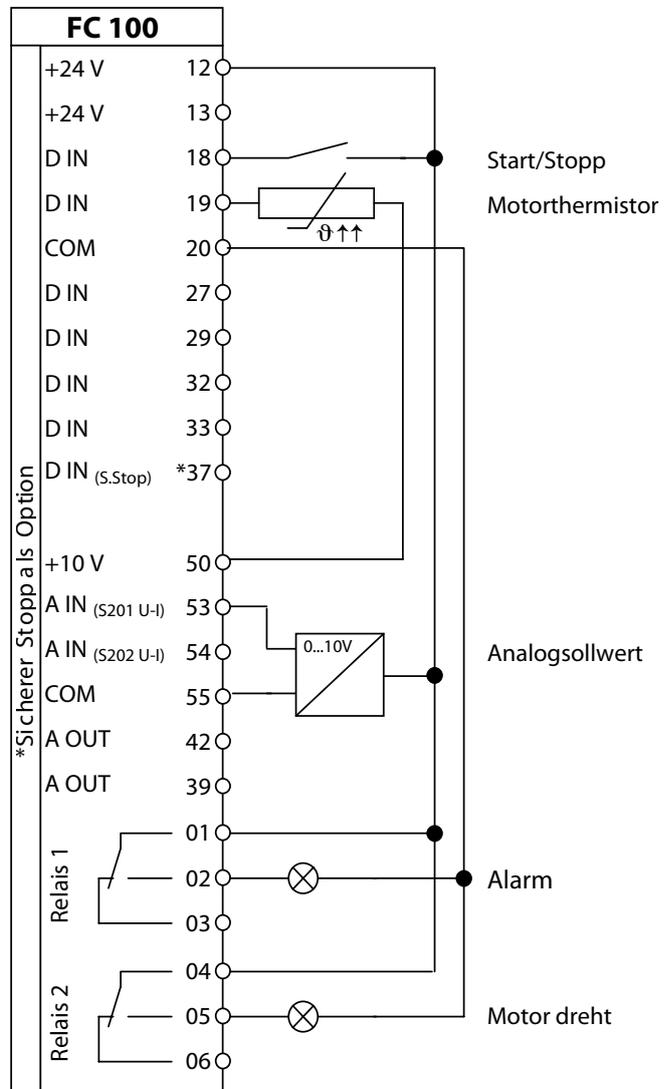
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Start/Stop, Motorthermistor**

Analogsollwert Klemme 53
 Motorthermistor Klemme 19
 Alarm und Motor dreht

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
1-90	Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor Abschalt.
1-93	Thermistoranschluss	[4] Digitaleingang 19
5-40.0	Relaisfunktion	[9] Alarm*
5-40.1	Relaisfunktion	[5] Motor dreht*

* = Werkseinstellung



Erstinbetriebnahme

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Inbetriebnahme eines Drehstromasynchronmotors mit Thermistor zur Überwachung der Motortemperatur. Die Drehzahlverstellung erfolgt mit einem stetigen 0...10 V DC Analogsignal. Das Ausgangsrelais 1 meldet alle auftretenden Alarme und das Ausgangsrelais 2 ,meldet Motorrotation.

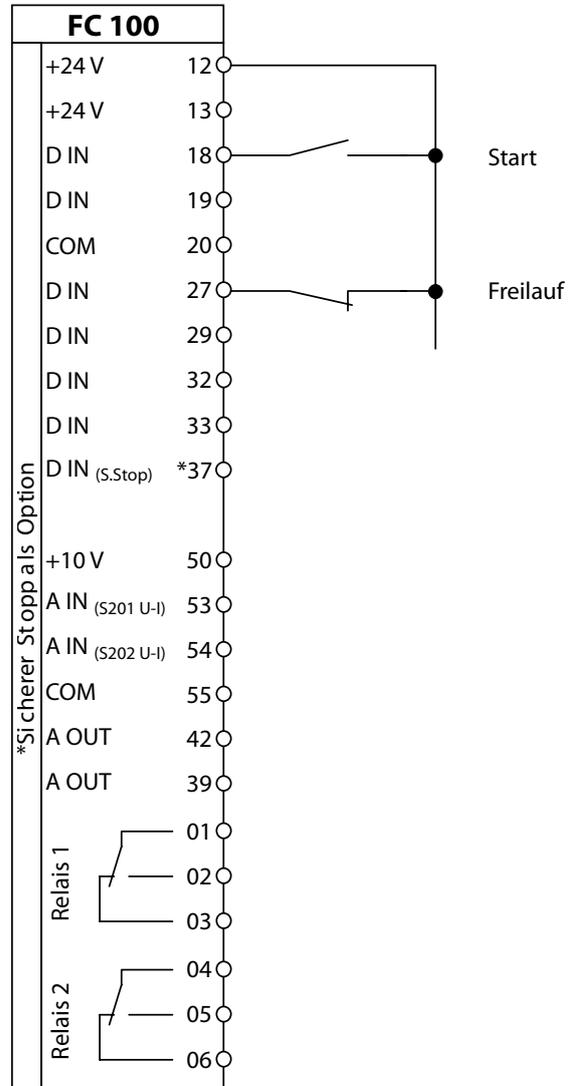
Alle anderen Parameter sind mit Werkseinstellung voreingestellt.

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Tag-Nacht-Sollwertumschaltung**

Tagsollwert 1 an allen Wochentagen, Umschaltung auf Nachtsollwert 0.
 Tagsollwert 2 am Wochenende, Umschaltung auf Nachtsollwert 0.

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
00-24	Displayzeile 3	Deutsch
00-70	Datum Uhrzeit	2007-11-16 ; 09:00:00
Montag - Freitag		
23-00.0	Ein-Zeit	06:00:00
23-00.1	Ein-Aktion	[11] Anwahl Festsollwert 1
23-00.2	Aus-Zeit	20:00:00
23-00.3	Aus-Aktion	[10] Anwahl Festsollwert 0
03-10.0	Festsollwert 0 (Nacht)	40.00 %
03-10.1	Festsollwert 1 (Tag)	80.00 %
Samstag-Sonntag		
03-10.2	Festsollwert 2 (Wochenende)	60.00 %
23-00.1	Ein-Zeit	08:00:00
23-01.1	Ein-Aktion	[12] Anwahl Festsollwert 2
23-02.1	Aus-Zeit	20:00:00
23-03.1	Aus-Aktion	[10] Anwahl Festsollwert 0
* = Werkseinstellung		



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Klemme 18/27 sind gebrückt. An allen Werktagen um 06:00 Uhr wird in Festsollwert 1 (80 %) geschaltet und um 20:00 Uhr wird umgeschaltet auf Festsollwert 0 (40 %).
 Am Wochenende um 08:00 Uhr wird in Festsollwert 2 (60 %) geschaltet und um 20:00 Uhr wird umgeschaltet auf Festsollwert 0 (40 %).

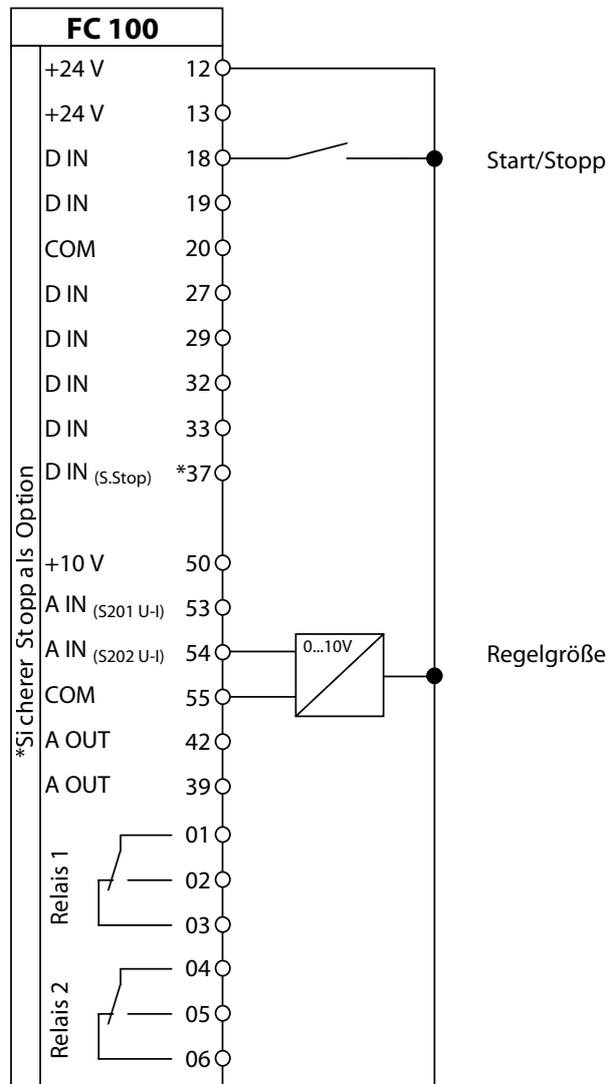
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Prozessregelung, skaliert in %**

Interne Prozessregelung
 Regelgröße Klemme 54

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
Druckregelung		
1-00	Regelverfahren	[3] PID_Regler
20-21	Sollwert 1	50
20-94	PID Integrationszeit	0.8

* = Werkseinstellung

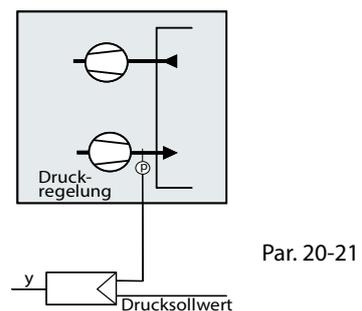


Erstinbetriebnahme

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Zur Realisierung einer Druckregelung ist im Frequenzrichter als Standard ein Prozessregler implementiert. Während der Inbetriebnahme müssen drei Parameter angepasst werden.

1. Aktivierung des Reglers, Par. 1-00
2. Interner Sollwert, Par. 20-21
3. Integrationszeit, Par. 20-94

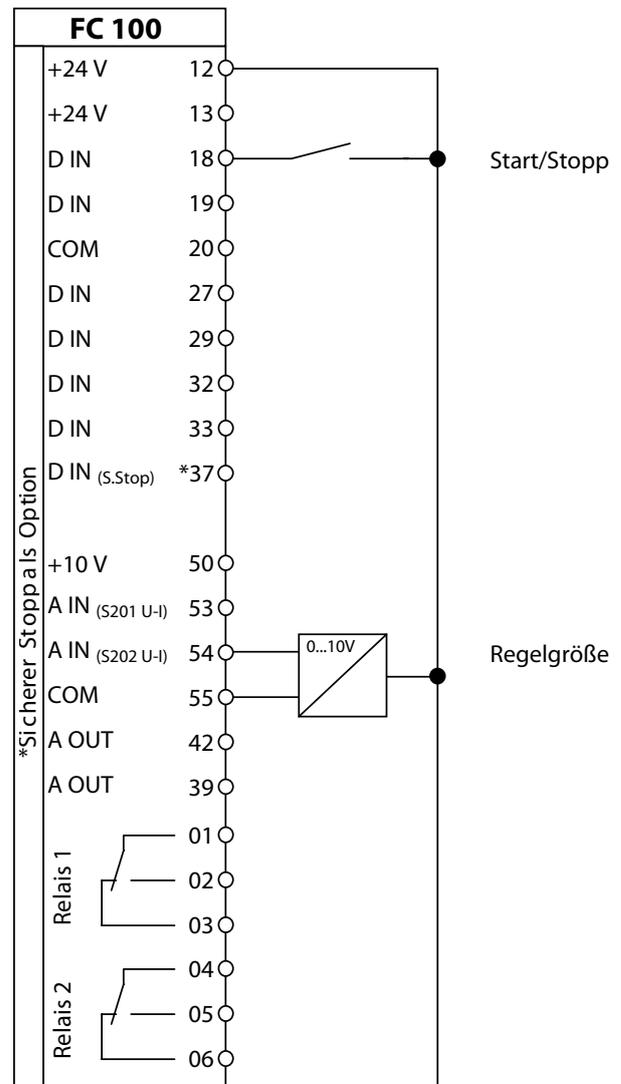


Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Prozessregelung, skaliert in Pa**

Interne Prozessregelung
 Regelgröße Klemme 54

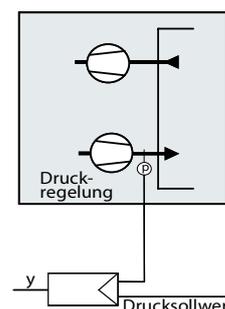
Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
Druckregelung		
1-00	Regelverfahren	[3] PID_Regler
20-21	Sollwert 1	500
20-94	PID Integrationszeit	0.8
Skalierung in Pa		
20-14	Max. Sollwert	2000 Pa
6-25	Kl. 54 Skl. Max. - Soll/Istwert	2000 Pa
20-12	Soll/Istwerteinheit	[72] Pa
* = Werkseinstellung		



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Zur Realisierung einer Druckregelung ist im Frequenzumrichter als Standard ein Prozessregler implementiert. Während der Inbetriebnahme müssen drei Parameter angepasst werden. Soll der Druck in der physikalischen Einheit in Bar im Display angezeigt werden, sind weitere Parameter einzustellen.

1. Maximaler Soll-Istwert, Par. 20-14
2. Kl. 54, Skalierung maximaler Soll-Istwert, Par. 6-25



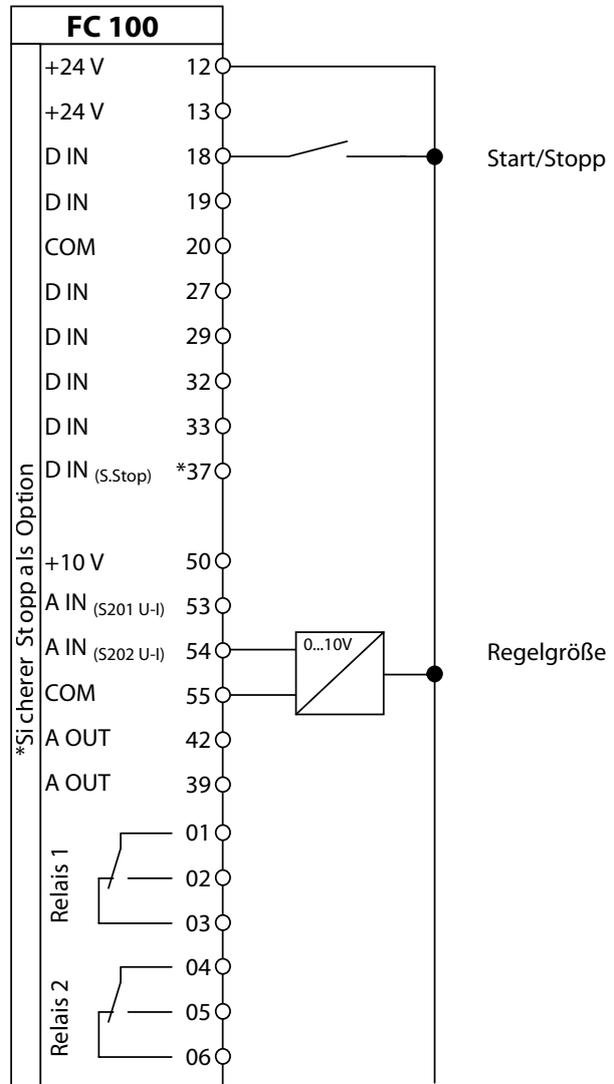
Par. 20-21

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Start/Stop, Rohrleitungskompensation**

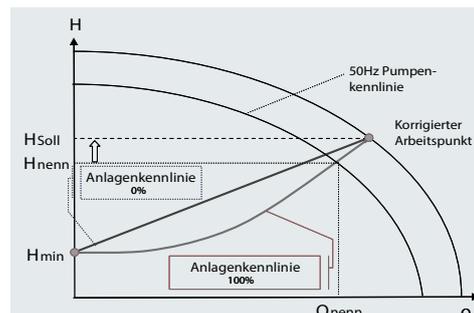
Prozessregelung nach der Anlagenkennlinie
 Interne Prozessregelung
 Regelgröße Klemme 54

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
Druckregelung		
1-00	Regelverfahren	[3] PID_Regler
20-12	Soll-/Istwerteinheit	[71] Bar
20-21	Sollwert 1	5
20-93	PID-Proportionalverstärkung	0.5
20-94	PID Integrationszeit	0.8
20-14	Max. Sollwert	6
6-25	Klemme 54 Skal. Max.-Soll/Istwert	10
Rohrleitungskompensation		
22-80	Durchflussausgleich	[1] Aktiviert
22-81	Quadr.-lineare Kurvenberechnung	100
22-84	Frequenz bei No-Flow [Hz]	25
22-86	Freq. am Auslegungspunkt [Hz]	50
22-87	Druck bei No-Flow Drehzahl	3
* = Werkseinstellung		



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Kommt zur Anwendung in Regelsystemen mit einem nah an der Pumpe montierten Drucksensor. Kompensation der Rohrleitungsdruckverluste bei hohen Verbrauchswerten (Regelung nach der Anlagenkennlinie). Um auch an weiter entfernten Verbrauchsstellen noch über genügend Leistung zu verfügen, wird bei aktivierter Funktion der Drucksollwert für die Pumpenregelung angepasst. Der Druck folgt dabei der quadratischen Lastkennlinie. Mit dieser Regelungsart wird erreicht, dass bei abnehmender Fördermenge gleichzeitig der Drucksollwert quadratisch abgesenkt wird. Das bedeutet, die Pumpe kann ihren Betriebspunkt entlang der Anlagenkennlinie führen.



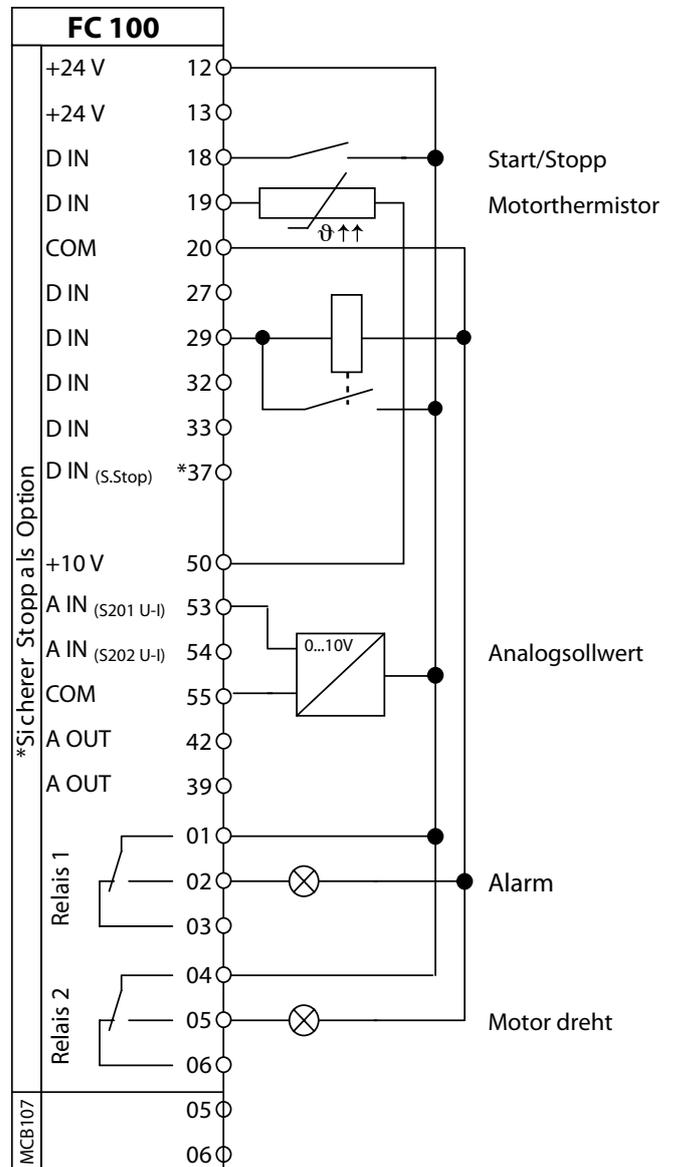
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Start/Stop, 4-poliger Motor, Motorthermistor, Netzschützsteuerung**

Analogswollwert Klemme 53
 Motorthermistor Klemme 19
 Alarm und Motor dreht

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
1-90	Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor Abschalt.
1-93	Thermistoranschluss	[4] Digitaleingang 19
Netzschützsteuerung		
13-40	Logikregel Boolesch 1	[43] [OK]-Taste
5-02	Klemme 29 Funktion	[1] Ausgang
5-13	Klemme 29 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
5-31	Klemme 29 Digitalausgang	[70] Logikregel 0
5-40.0	Relaisfunktion	[9] Alarm*
5-40.1	Relaisfunktion	[5] Motor dreht*
1-25	Motornendrehzahl	1420

* = Werkseinstellung



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Wenn die Taste **OK** gedrückt wird, schaltet das Netzschütz über den Digitalausgang 29 ein. Mit dem Schalter Start/Stop startet und stoppt der Frequenzumrichter. Für diese Schaltungsvariante ist eine externe 24V DC Spannungsversorgung (MCB107) erforderlich.

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen.
 Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

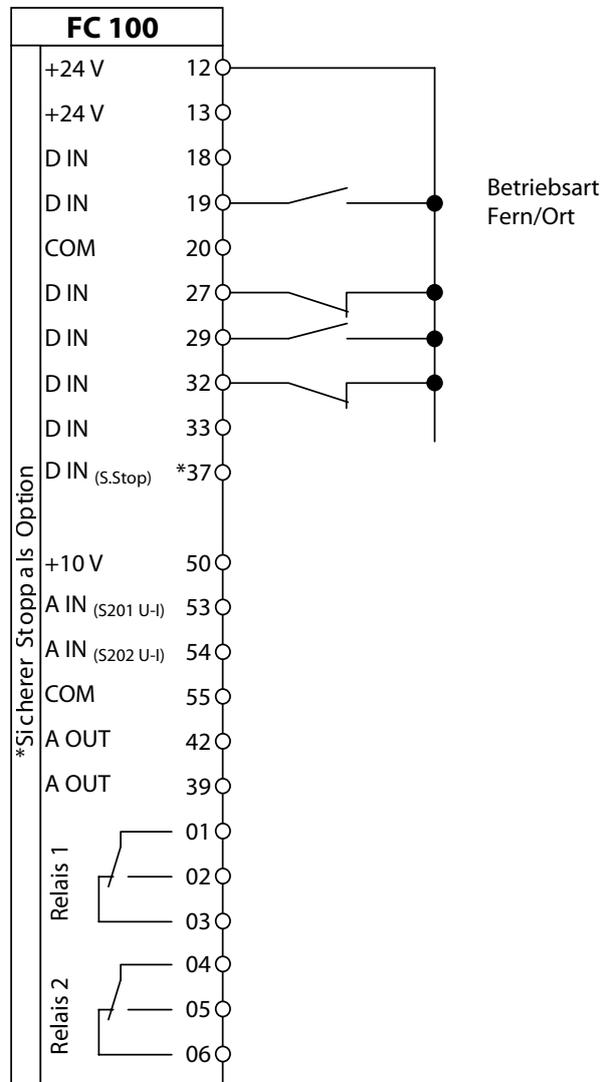
▪ Fern- Ortumschaltung

Fern: Profibus, Start, Stopp, Reset, Sollwert

Ort: Sollwert speichern, Festdrehzahl (JOG), Stopp (invers)

Relevante Parameter		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-11	Klemme 19 Digitaleingang	[19] Sollw. speichern
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[2] Motorfreilauf (inv.)*
5-13	Klemme 29 Digitaleingang	[14] Festdrz. (JOG)*
5-14	Klemme 32 Digitaleingang	Stopp (invers)
3-19	Festdrehzahl (JOG) U/min	900

*= Werkseinstellung



Erstinbetriebnahme

▪ Hinweise/Notizen/Anmerkungen

Betriebsart Fern:

Die Klemme 27 ist geschlossen, Start, Stopp, Reset und Sollwertvorgabe erfolgen über die Profibuschnittstelle.

Betriebsart Ort:

Die Klemme 27 ist geschlossen, mit der Klemme 19 wird in die Betriebsart Ort umgeschaltet, der aktuelle Sollwert ist gespeichert. Wird die Klemme 29 geschlossen, ist die Festdrehzahl Jog aktiv.

Mit der Klemme 32 wird in der Betriebsart Fern und Ort gestoppt.

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

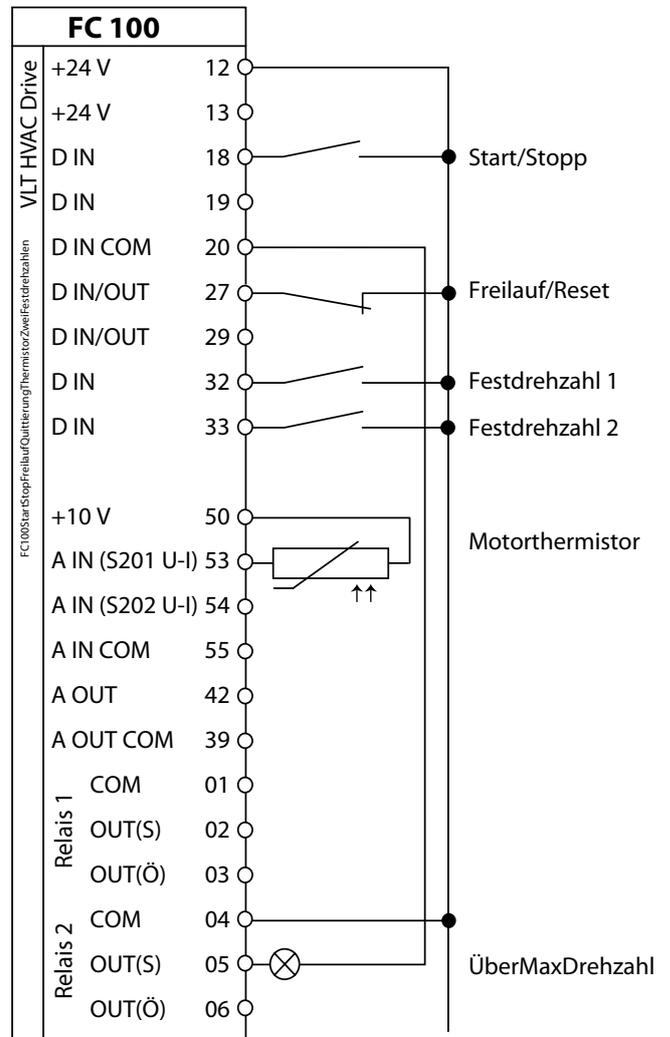
▪ **Anschlussbeispiel: Zwei Festdrehzahlen über zwei Klemmen**

Funktion: Motorfreilauf, Quittierung, Motorthermistor
Statusmeldung: Über max. Drehzahl
Sollwert: Festsollwert

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Start/Stopp/Quittierung		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
5-12	Klemme 27	[3] Motorfreilauf/Reset
Zwei Festsollwerte		
5-14	Klemme 32	[16] Festsollwert Bit 0
5-15	Klemme 33	[17] Festsollwert Bit 1
3-10.1	Festsollwert [1]	50 %
3-10.2	Festsollwert [2]	80 %
Warnung, Drehzahl hoch		
5-40	Relais 2	[17] Über Max.-Drehzahl
4-53	Warnung Drehzahl hoch	5 RPM
Thermistor		
3-15	Variabler Sollwert	[0] Deaktiviert
1-90	Thermischer Motorschutz	[2] Thermistor Abschaltg.
1-93	Thermischer Motorschutz	[1] Analogeingang 53
* = Werkseinstellung		

	Kl. 32	Kl. 33	Einstellung
Festsollwert 1	1	0	50 %
Festsollwert 2	0	1	80 %



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Zwei Festdrehzahlen über zwei Klemmen ohne binäre Umcodierung

Anwendung: Ersatz polumschaltbarer Motoren oder solcher mit getrennter Wicklung. Durch den Frequenzumrichter kann auch bei größeren Leistungen auf eine Stern/Dreieck-Kombination verzichtet werden.

Bei einer Ansteuerung mit potentialfreien Kontakte sollen 2 frei wählbare Festdrehzahlen aktiviert werden können. Dabei soll jedem Kontakt eine Festdrehzahl zugeordnet sein.

Zusätzlicher Vorteil: Es treten beim Start keine erhöhten Anlaufströme mehr auf, Netzersatzgeräte (z.B. USV) müssen diesbezüglich nicht mehr überdimensioniert werden. Bei Motoren mit Kaltleiter oder Thermokontakten können diese direkt auf den Umrichter gelegt werden, so dass kein gesondertes Auswertegerät erforderlich ist.

Lösung: Für zwei Festdrehzahlen läßt sich die Anwendungsforderung, wie oben beschrieben, allein durch entsprechendes Parametrieren erzielen. Zur Ansteuerung werden die Klemmen 18, 27, 32 und 33 genutzt.

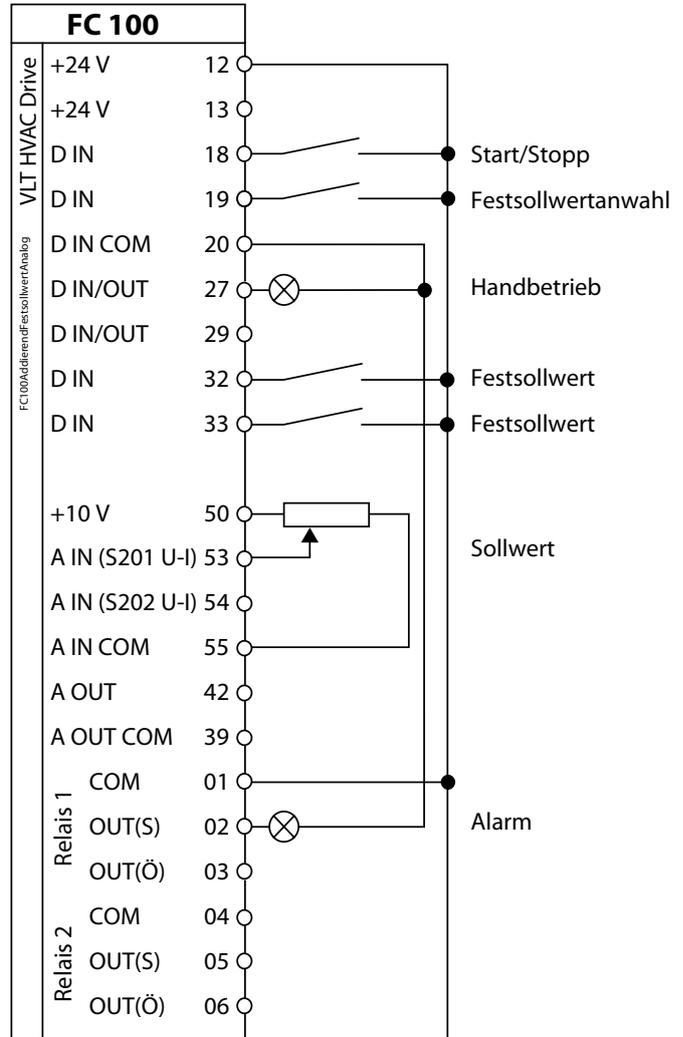
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Anschlussbeispiel: Anwahl von 8 Festsollwerten -addierend**

Funktion: Start/Stopp
Statusmeldung: Alarm, Handbetrieb
Sollwert: Festsollwert, externe Anwahl oder Analog

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Start/Stopp		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
5-11	Klemme 19	[16] Festsollwert Bit 0
Meldung Hand		
5-01	Klemme 27 Funktion	[1] Ausgang
5-30	Klemme 27	[125] Handbetrieb
Festsollwertanwahl		
5-14	Klemme 32	[17] Festsollwert Bit 1
5-15	Klemme 33	[18] Festsollwert Bit 2
3-04	Sollwertfunktion	[1] Addierend*
3-10	Festsollwert [0]	5 %
3-10	Festsollwert [1]	15 %
3-10	Festsollwert [2]	25 %
3-10	Festsollwert [3]	35 %
3-10	Festsollwert [4]	50 %
3-10	Festsollwert [5]	75 %
3-10	Festsollwert [6]	80 %
3-10	Festsollwert [7]	90 %
3-15	Variabler Sollwert 1	[1] Analogeingang 53*
* = Werkseinstellung		



Anwendungsbeispiele

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Das Beispiel beschreibt eine Anwendung für 8 Festsollwerten die zum Analogesollwert (Klemme 53) **addiert** werden.

Mit dem Par. 5-01 wird festgelegt, ob die Klemme 27 als Eingang oder als Ausgang arbeitet.

Die Ansteuerung der Festsollwerte erfolgt gemäß nebenstehender Tabelle.

Über das Ausgangsrelais 1 erfolgt die Meldung Alarm.

Über die Klemme 27 erfolgt die Meldung Handbetrieb.

	Kl. 18	Kl. 19	Kl. 32	Kl. 33	Einstellung
Festsollwert 0	1	0	0	0	5 %
Festsollwert 1	1	1	0	0	15 %
Festsollwert 2	1	0	1	0	25 %
Festsollwert 3	1	1	1	0	35 %
Festsollwert 4	1	0	0	1	50 %
Festsollwert 5	1	1	0	1	75 %
Festsollwert 6	1	0	1	1	80 %
Festsollwert 7	1	1	1	1	90 %

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

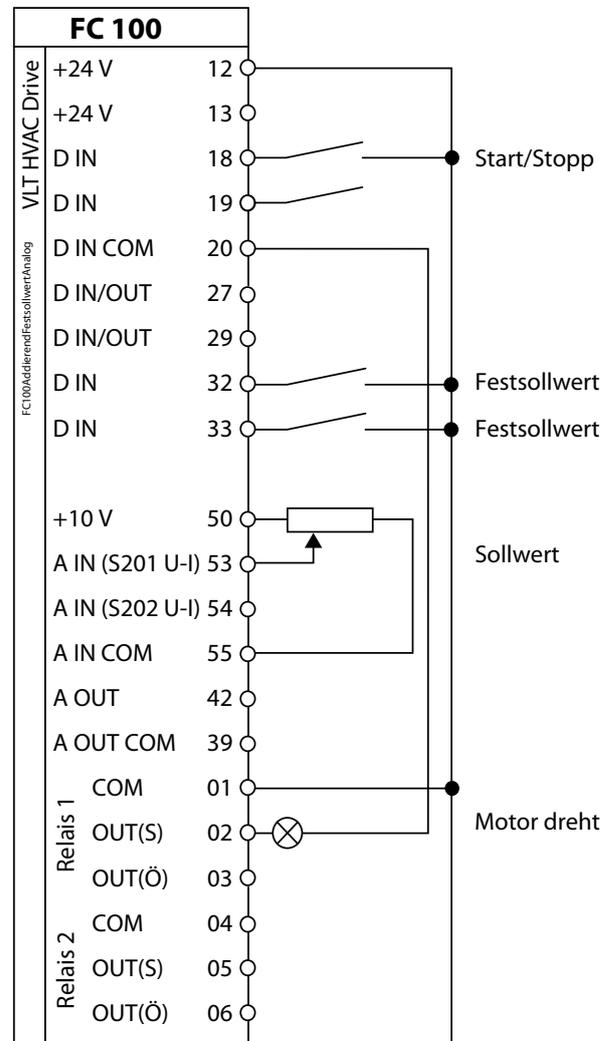
▪ **Anschlussbeispiel: Anwahl von 8 Festsollwerten -alternativ**

Funktion: Start/Stop
Statusmeldung: Motor dreht
Sollwert: Festsollwert, externe Anwahl oder Analog

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-10	Klemme 18	[8] Start*
5-11	Klemme 19	[16] Festsollwert Bit 0
5-12	Klemme 27	[0] Ohne Funktion
5-14	Klemme 32	[17] Festsollwert Bit 1
5-15	Klemme 33	[18] Festsollwert Bit 2
Festsollwertanwahl		
3-04	Sollwertfunktion	[1] Externe Anwahl
3-10	Festsollwert [0]	5 %
3-10	Festsollwert [1]	15 %
3-10	Festsollwert [2]	25 %
3-10	Festsollwert [3]	35 %
3-10	Festsollwert [4]	50 %
3-10	Festsollwert [5]	75 %
3-10	Festsollwert [6]	80 %
3-10	Festsollwert [7]	90 %
3-15	Variabler Sollwert 1	[1] Analogeingang 53*
Relais		
5-40	Relais 1	[5] Motor dreht

*= Werkseinstellung



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Das Beispiel beschreibt eine Anwendung mit einer **Umschaltung** von Analogsollwert auf 8 Festsollwerte.

Die Drehschaltung vom Analogsollwert auf Festsollwerte erfolgt über die Klemme 19.

Die Ansteuerung der Festsollwerte erfolgt gemäß nebenstehender Tabelle.

Über das Ausgangsrelais 1 erfolgt die Meldung Motor dreht.

	Kl. 18	Kl. 19	Kl. 32	Kl. 33	Einstellung
Festsollwert 0	1	0	0	0	5 %
Festsollwert 1	1	1	0	0	15 %
Festsollwert 2	1	0	1	0	25 %
Festsollwert 3	1	1	1	0	35 %
Festsollwert 4	1	0	0	1	50 %
Festsollwert 5	1	1	0	1	75 %
Festsollwert 6	1	0	1	1	80 %
Festsollwert 7	1	1	1	1	90 %

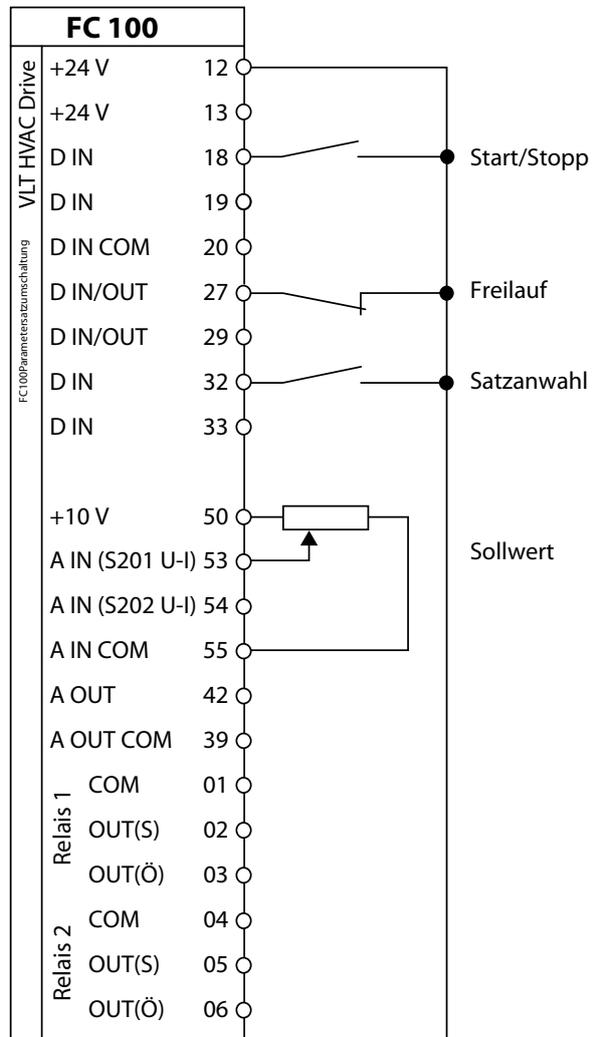
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Anschlussbeispiel: Parametersatzumschaltung -Satz 1 auf 2**

Funktion: Parametersatzumschaltung
Statusmeldung:
Sollwert: Analog über Potentiometer

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Start/Stop/Parametersatzumschaltung		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
5-12	Klemme 27	[2] Motorfreilauf*
5-14	Klemme 32	[23] Satzanwahl Bit 0
Sollwertvorgabe		
3-15	Variabler Sollwert 1	[1] Analogeingang 53*
Parametersätze verknüpfen		
0-51	Parametersatzkopie	[2] Kopie zu Satz 2
0-12	Satz verknüpfen mit	[2] Satz 2
0-10	Aktiver Satz	[9] Externe Anwahl
* = Werkseinstellung		



Anwendungsbeispiele

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Die Ansteuerung der Parametersätze erfolgt gemäß nebenstehender Tabelle:

Eine Parametersatzkopie ist nicht unbedingt erforderlich. Alternativ kann im Parametersatz 2 (Par. 0-10) die Klemme 32 auf Satzanwahl Bit 0 eingestellt werden.

Um Parametersätze während des Betriebs umschalten zu können, müssen die Parametersätze verknüpft (Par. 0-12) werden. Erfolgt keine Verknüpfung, können Parametersätze nur umgeschaltet werden, wenn der Frequenzumrichter gestoppt ist.

	Kl. 32 (Bit 0)
Parametersatz 1	0
Parametersatz 2	1

Hinweis:

Wenn Parametersätze verknüpft sind, werden alle Parameter die mit „false“ gekennzeichnet sind **gespiegelt**, das heißt, sie sind in den verknüpften Parametersätzen gleich.

Alle Parameter die mit „true“ gekennzeichnet sind, können in den verknüpften Parametersätzen **unterschiedlich** sein.

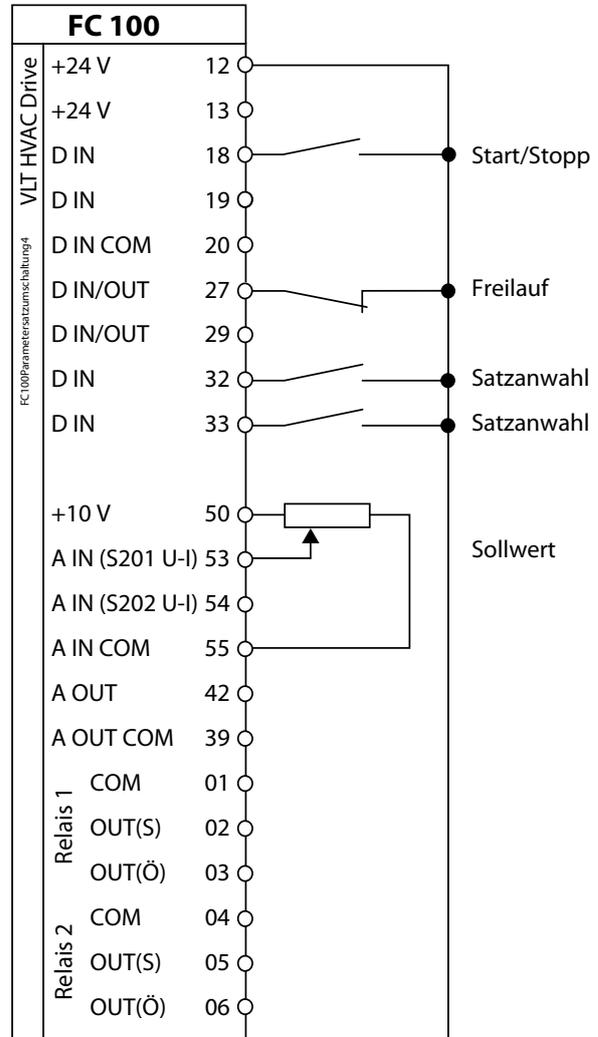
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Anschlussbeispiel: Parametersatzumschaltung -Satz 1, 2, 3 & 4**

Funktion: Parametersatzumschaltung
Statusmeldung:
Sollwert: Analog über Potentiometer

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Start/Stop/Parametersatzumschaltung		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
5-12	Klemme 27	[2] Motorfreilauf*
5-14	Klemme 32	[23] Satzanwahl Bit 0
5-15	Klemme 33	[24] Satzanwahl Bit 1
Sollwertvorgabe		
3-15	Variabler Sollwert 1	[1] Analogeingang 53*
Parametersätze verknüpfen		
0-51	Parametersatzkopie	[9] Kopie zu allen
0-10	Aktiver Satz	[2] Satz 2
0-12	Satz verknüpfen mit	[1] Satz 1
0-10	Aktiver Satz	[3] Satz 3
0-12	Satz verknüpfen mit	[2] Satz 2
0-10	Aktiver Satz	[4] Satz 4
0-12	Satz verknüpfen mit	[3] Satz 3
0-10	Aktiver Satz	[9] Externe Anwahl
* = Werkseinstellung		



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Die Ansteuerung der Parametersätze erfolgt gemäß nebenstehender Tabelle:

Eine Parametersatzkopie (Par. 0-51) ist nicht zwingend notwendig. Alternativ können in jedem Parametersatz die Klemmen 32 und 33 manuell auf Satzanwahl eingestellt werden.

Um Parametersätze während des Betriebs umschalten zu können, müssen die Parametersätze verknüpft (Par. 0-12) werden. Erfolgt keine Verknüpfung, können Parametersätze nur umgeschaltet werden, wenn der Frequenzumrichter gestoppt ist.

	Kl. 32 (Bit 0)	Kl. 33 (Bit 1)
Parametersatz 1	0	0
Parametersatz 2	1	0
Parametersatz 3	0	1
Parametersatz 4	1	1

Hinweis:

Wenn Parametersätze verknüpft sind, werden alle Parameter die mit „false“ gekennzeichnet sind gespiegelt, das heißt, sie sind in den verknüpften Parametersätzen gleich.

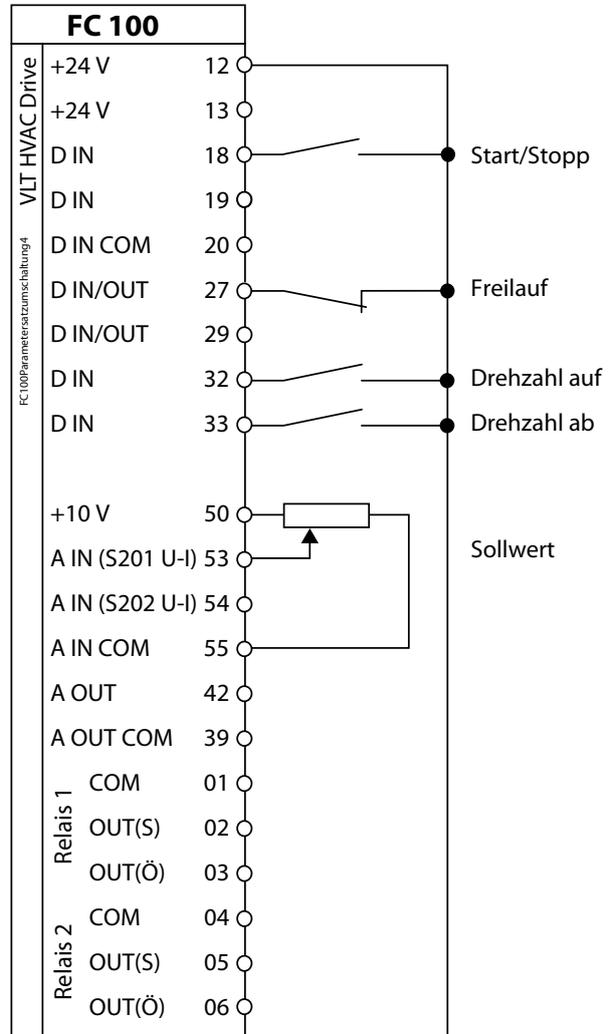
Alle Parameter die mit „true“ gekennzeichnet sind, können in den verknüpften Parametersätzen unterschiedlich sein.

▪ **Anschlussbeispiel: Digitales Motorpotentiometer alternativ Analog oder Digital**

Funktion: Sollwert Umschaltung analog/digital
Statusmeldung:
Sollwert: Alternativ wählbar oder analog

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Start/Stop/DigitalPoti		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
5-12	Klemme 27	[2] Motorfreilauf*
5-13	Klemme 29	[19] Sollwert speichern
5-14	Klemme 32	[21] Drehzahl auf
5-15	Klemme 33	[22] Drehzahl ab
Sollwertvorgabe		
3-15	Variabler Sollwert 1	[1] Analogeingang 53*
* = Werkseinstellung		



Anwendungsbeispiele

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

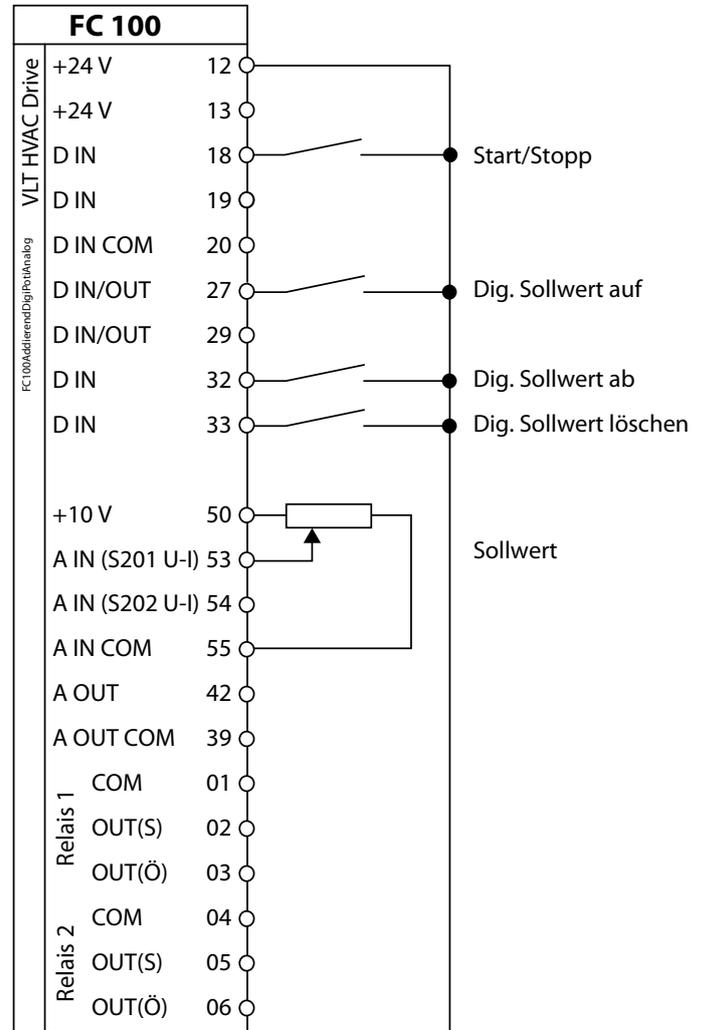
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Anschlussbeispiel: Digitales Motorpotentiometer, addierend Analog und Digital**

Funktion: Digitalen Sollwert löschen
Statusmeldung:
Sollwert: Addierend Analog und Digital

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Start/Stopp/DigitalPoti		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
5-12	Klemme 27	[55] DigiPot auf
5-14	Klemme 32	[56] DigiPot ab
5-15	Klemme 33	[57] DigiPot löschen
Sollwertvorgabe		
3-90	DigitPoti Einzelschritt	0,1 %
3-91	DigitPoti Rampenzeit	1 Sek.
3-92	Speichern b. Netz aus	[0] Aus*
3-93	Max. Grenze	100 %
3-94	Min. Grenze	0 %
3-95	Rampenverzögerung	1 s*
* = Werkseinstellung		

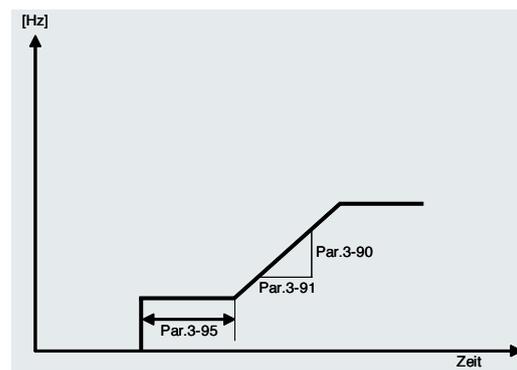


▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Die Skizze zeigt die Funktionsweise des Digitalpotentiometers.

Die Rampenzeit, Par. 3-91, bezieht sich auf die Motornennfrequenz.

Ob der digitale Sollwert beim Ausschalten der Netzspannung gespeichert oder auf Null gesetzt werden soll, kann im Parameter 3-92 eingestellt werden.



Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

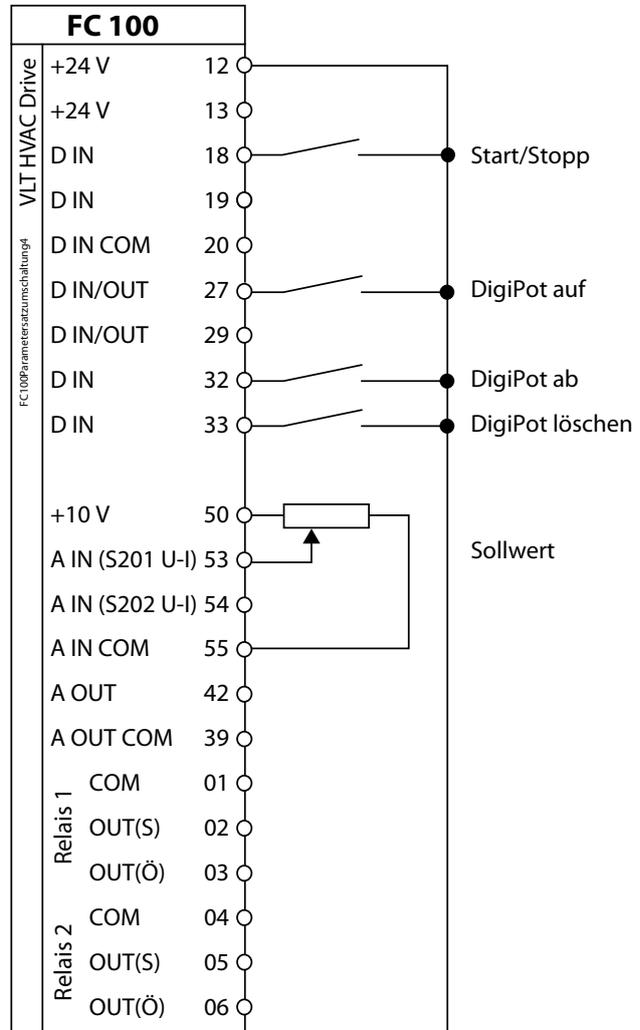
▪ **Anschlussbeispiel: Digitales Motorpotentiometer, Sollwertverschiebung**

Funktion: Start und Stop
Statusmeldung:
Sollwert: Analogsollwert digital verschieben

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Start/Stopp		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
Sollwertvorgabe		
5-12	Klemme 27	[55] DigiPot auf
5-14	Klemme 32	[56] DigiPot ab
5-15	Klemme 33	[57] DigiPot löschen
Sollwertquelle		
3-15	Variabler Sollwert 1	Analogeingang 53*
3-16	Variabler Sollwert 2	[20] Digitalpoti*
Sollwertgrenzen		
3-02	Minimaler Sollwert	0
3-03	Maximaler Sollwert	50
Digitales Motorpoti		
3-90	DigiPoti Einzelschritt	0,1 %*
3-91	DigiPoti Rampenzeit	1 s*
3-92	Speichern b. Netz-Aus	[0] Aus*
3-93	Max. Grenze (v. Par. 3-03)	10 %
3-94	Min. Grenze (v. Par. 3-03)	-10 %
3-95	Rampenverzögerung	1 s*

* = Werkseinstellung



Anwendungsbeispiele

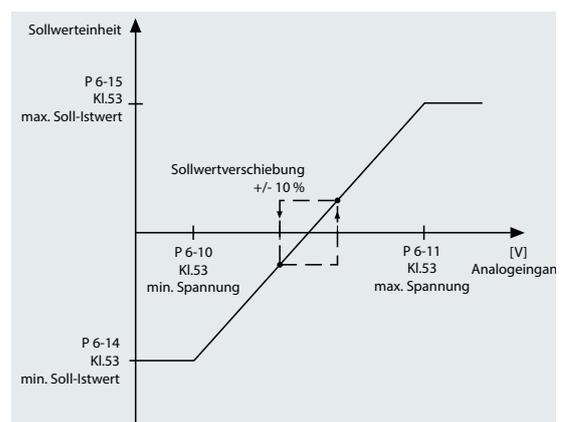
▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Bei dieser Anwendung wird der aktuelle Analogsollwert um +/- 10% mit dem digitalen Motorpotentiometer verschoben.

Par. 3-93 max. Grenze – Dieser Parameter definiert den maximalen Wert, den der Sollwert des digitalen Potentiometers erreichen darf.

Par. 3-94 min. Grenze – Dieser Parameter definiert den minimalen Wert, den der Sollwert des digitalen Potentiometers erreichen darf.

Par. 3-95 Rampenverzögerung – Mit diesem Parameter kann eine Verzögerung eingestellt werden, bevor der Frequenzumrichter nach einer Sollwertänderung beginnt die Rampe auf/ab zu fahren. Bei Einstellung 0 ms wird DigiPot Auf/ab unverzögert ausgeführt.



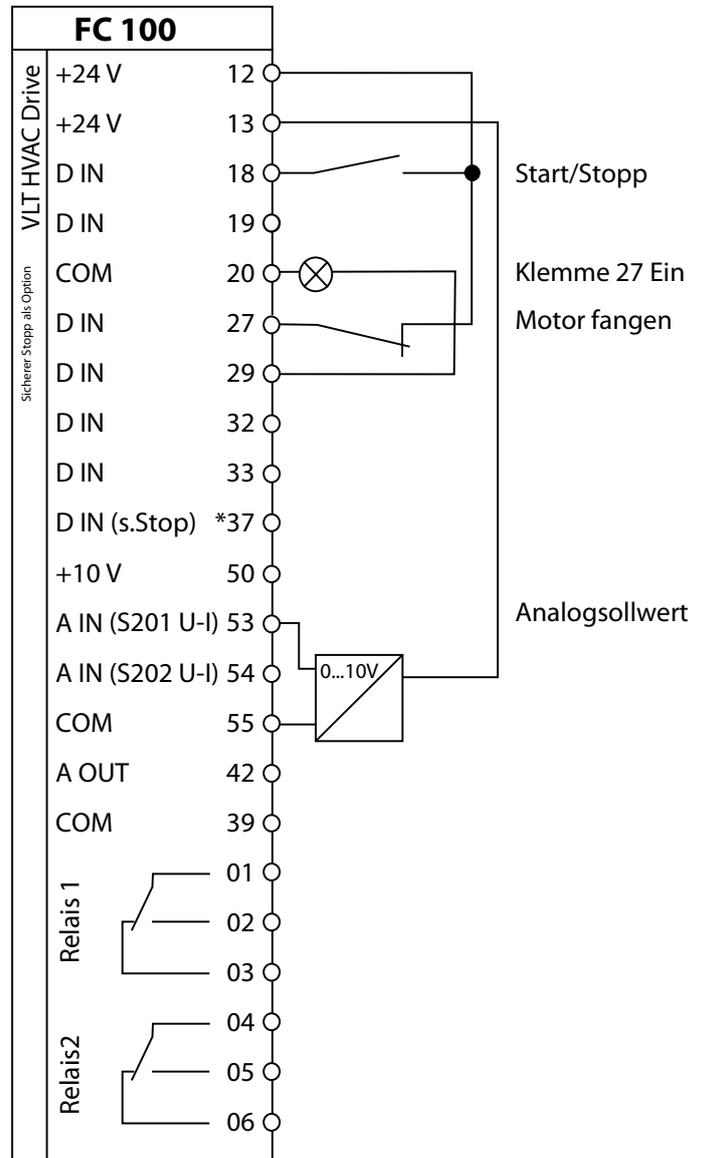
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Anschlussbeispiel: Motorfangschaltung**

Funktion: Start, Stop, Fehlerquittierung
Statusmeldung: Klemme 27
Sollwert: 0...10V

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
5-10	Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
5-02	Klemme 29 Funktion	[1] Ausgang
5-31	Klemme 29 Digitalausgang	[70] Logikregel
5-12	Klemme 27 Digitaleingang	[2] Motorfreilauf (inv.)
1-71	Startverzögerung	0
13-40	Logikregel Boolsch 1	[35] Digitaleingang 27
3-15	Variabler Sollwert 1	[1] Analogeingang 53
* = Werkseinstellung		



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Die Motorfangschaltung wird immer ausgeführt, wenn der Umrichter gestartet (Kl. 18, 3og, Hand On, Auto On, Bus) wird und die Ausgangsfrequenz Null ist. Sobald die Klemme 27 geschlossen wird, synchronisiert der Frequenzumrichter die Ausgangsfrequenz mit der aktuellen Motorfrequenz.

Startverzögerung Par 1-71

Durch eine hier angegebene Zeit kann die Dauer zwischen einem Startsignal und dem tatsächlichen Beginn der Beschleunigung verzögert werden. Während dieser Zeit wird eine Startfunktion gemäß Par. 1-72 ausgeführt.

Motorfangschaltung Par 1-73

Diese Funktion ermöglicht das "Fangen" eines Motors, der aufgrund eines Stromausfalls unkontrolliert läuft oder vor dem Start die Drehzahl eines frei laufenden Motors detektieren und ab dieser Drehzahl beschleunigen soll. Die Suchrichtung für die Motorfangschaltung ist mit der Einstellung in Par. 4-10, Motordrehrichtung, verknüpft. Rechts [0]: Suche für Motorfangschaltung im Uhrzeigersinn. Bei erfolgloser Suche wird eine DCBremse ausgeführt. Beide Richtungen [2]: Die Motorfangschaltung führt zuerst eine Suche in der Richtung aus, die vom letzten Sollwert (Richtung) bestimmt wird. Wird die Drehzahl nicht gefunden, erfolgt eine Suche in der anderen Richtung. Bei erfolgloser Suche wird eine DCBremse in der Zeit aus Par. 2-02, Bremszeit, aktiviert. Es wird dann mit 0 Hz gestartet. Über den Digitalausgang 29 wird der Betriebszustand der Klemme 27 zur Gebäudeautomation gemeldet.

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

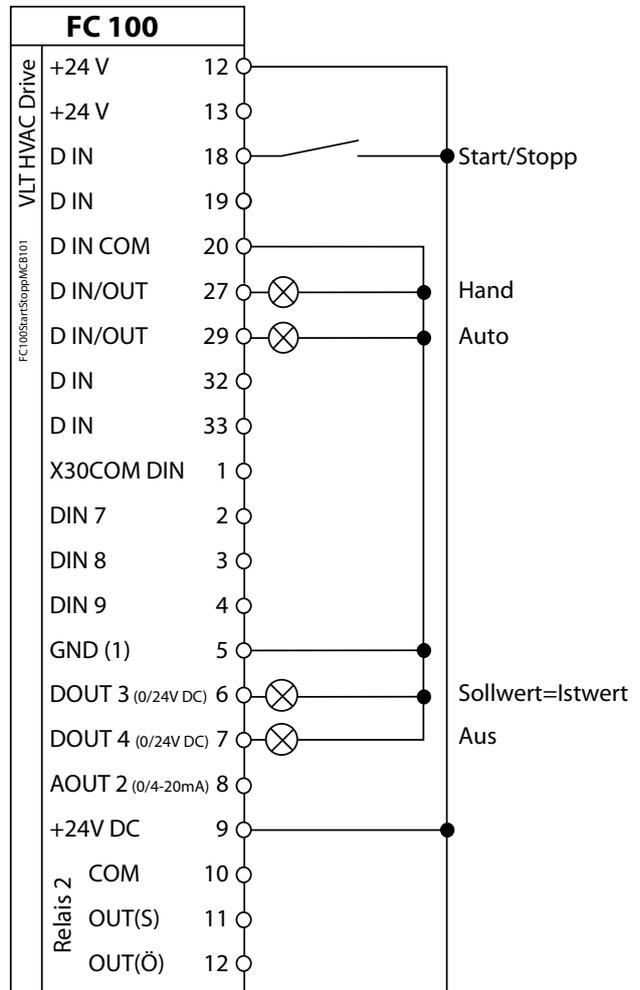
▪ **Anschlussbeispiel: Zustandsmeldungen**

Funktion: Handbetrieb, Autobetrieb, Sollwert=Istwert und Aus
Statusmeldung: Handbetrieb, Autobetrieb, Sollwert=Istwert, Stop
Sollwert:

Smart Logik: Vergleicher, Logikregeln

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Klemme 18 Digitaleingang		
5-10	Klemme 18	[8] Start*
Festsollwert		
3-04	Sollwertfunktion	[1] Addierend*
3-10	Festsollwert [0]	55 %
Klemme 27 Digitalausgang		
5-01	Klemme 27	[1] Ausgang
5-30	Klemme 27	[168] Handbetrieb
Klemme 29 Digitalausgang		
5-02	Klemme 29	[1] Ausgang
5-31	Klemm 31	[169] Autobetrieb
Klemme X30/6 Digitalausgang		
5-32	Klemme X30/6	[8] Sollw.=Istw., k. Warn
Logikregel 0		
1340.0	Boolsch 1	[40] FU gestoppt
Klemme X30/7 Digitalausgang		
5-33	Klemme X30/7	[70] Logikregel 0

* = Werkseinstellung



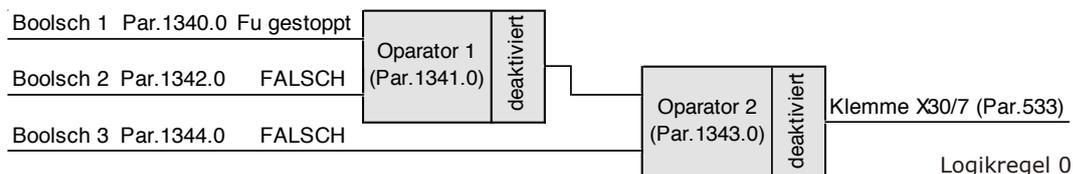
Anwendungsbeispiele

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Das Beispiel beschreibt eine Anwendung mit einem Start- und Stoppsignal sowie Festsollwert.

Zustandsmeldungen

- Klemme 27 **Handbetrieb**
- Klemme 29 **Autobetrieb**
- Klemme X30/6 **Sollwert=Istwert, keine Warnung**
- Klemme X30/7 **Frequenzumrichter gestoppt**



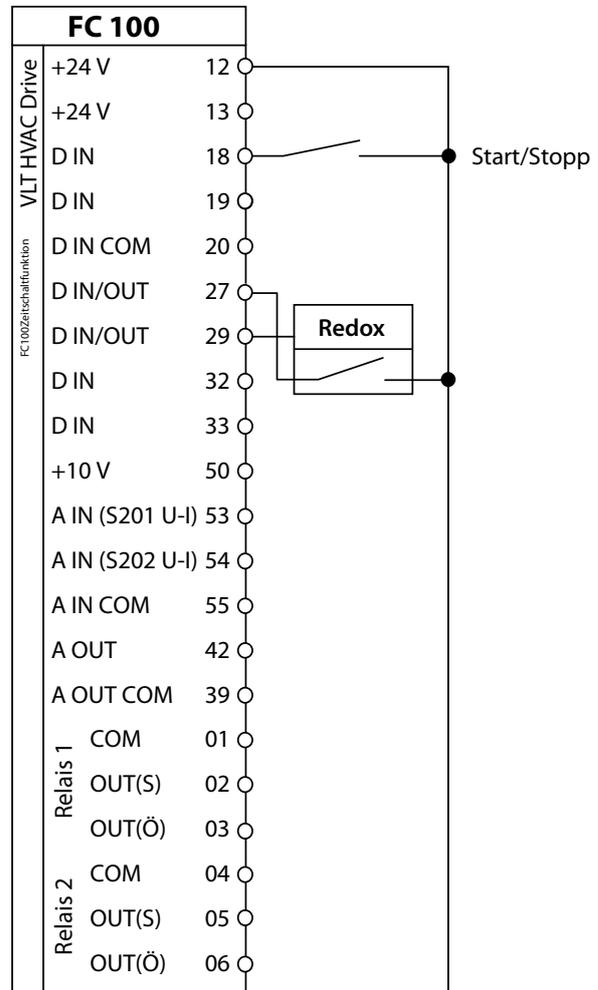
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Anschlussbeispiel: Zeitschaltfunktionen**

Funktion: Sollwertumschaltung nach Zeit
Statusmeldung:
Sollwert: Festsollwert 1, 2

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Displayanzeige		
0-22	Zeile 1.1	[89] Datum/Uhrzeit
0-70	Tageszeit	2006-09-13 11:46:32
Festsollwert		
3-10.0	Festdrehzahl 1	100 %
3-10.1	Festdrehzahl 2	50 %
Digitalausgang		
5-02	Klemme 29	[1] Ausgang
5-31	Klemme 29	[80] SL Digitalausgang A
Digitaleingang		
5-12	Klemme 27	[16] Festsollwert Bit 0
Zeitschaltuhr		
23-00.0	Aus Zeit	20:00:00
23-01.0	Ein Aktion	[38] Digitalausgang A-Ein
23-02.0	Aus Zeit	06:00:00
23-03.0	Aus Aktion	[32] Digitalausgang A-Ein
* = Werkseinstellung		



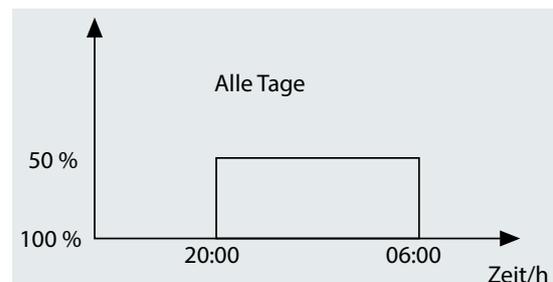
▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Als Standard wird der Frequenzumrichter VLT HVAC Drive mit dem maximalen Sollwert von 100% betrieben.

Nach einem einstellbaren Zeitschaltprogramm wird der Digitalausgang 29 eingeschaltet und aktiviert das Messprogramm (Redoxanlage) zur Bestimmung der Wasserqualität.

Sobald das Messergebnis den eingestellten Qualitätspegel erreicht hat, wird der Digitalausgang (Ökobetrieb) eingeschaltet.

Mit dem Digitalausgang der Messeinrichtung wird der Digitaleingang 27 des Frequenzumrichters verdrahtet und aktiviert den eingestellten Festsollwert 2.



Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

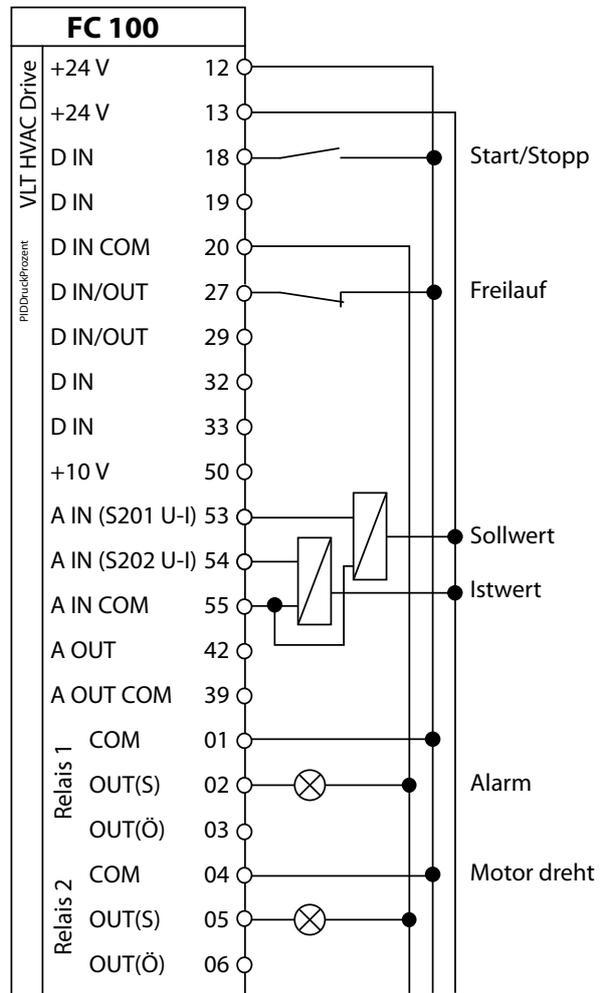
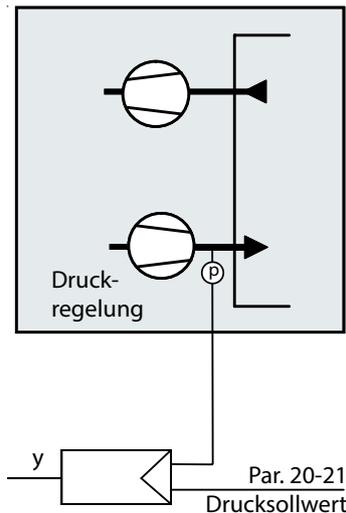
▪ **Anschlussbeispiel: Konstante Druckregelung in %**

Funktion: PI-Regler
Statusmeldung:
Sollwert: Sollwert in %, intern

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Prozessregler Ein		
1-00	Regelverfahren	[3] PID-Regler
Interner Sollwert 1		
20-21	Sollwert 1	50 %
Optimierung		
20-94	Integrationszeit	5s
* = Werkseinstellung		

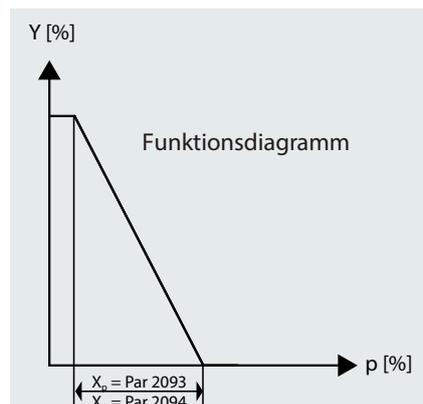
Technologieschema



Anwendungsbeispiele

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Zur Realisierung einer Druckregelung ist im Frequenzumrichter als Standard ein Prozessregler implementiert. Während der Inbetriebnahme müssen drei Parameter angepasst werden. Soll der Druck in der physikalischen Einheit in Bar im Display angezeigt werden, ist es erforderlich in der physikalischen Einheit Bar zu skalieren.



Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

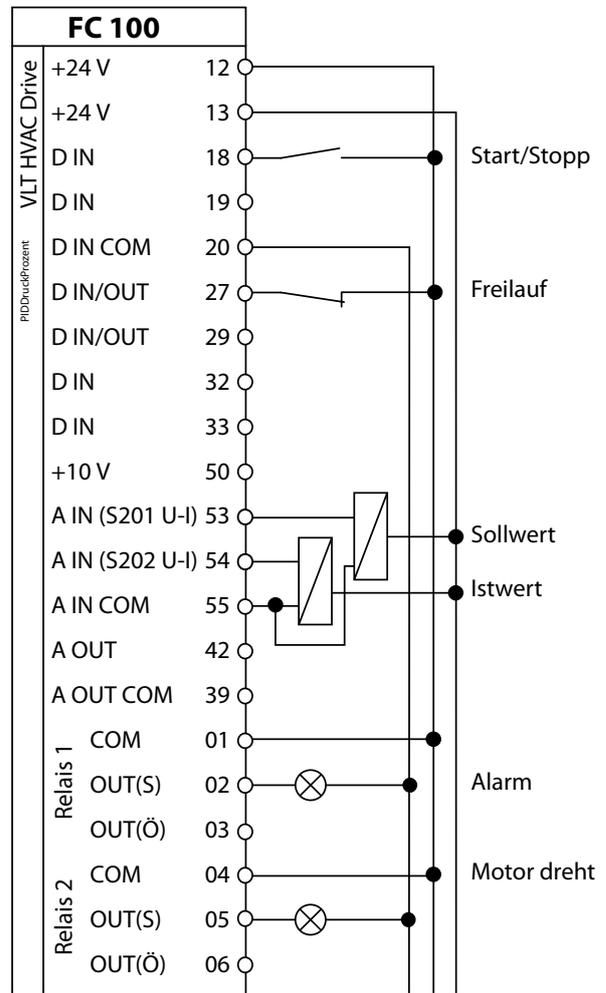
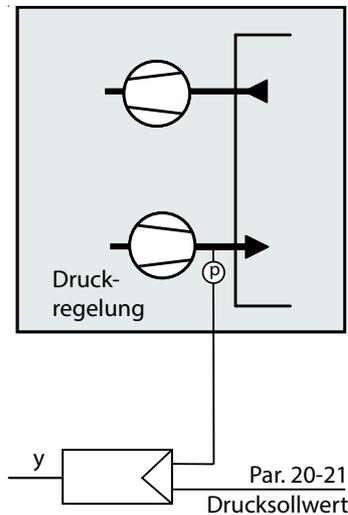
▪ **Anschlussbeispiel: Konstante Druckregelung in Pa**

Funktion: PI-Regler
Statusmeldung:
Sollwert: Sollwert in Pa, intern

Smart Logik:

Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
Prozessregler Ein		
1-00	Regelverfahren	[3] PID-Regler
Interner Sollwert 1		
20-21	Sollwert 1	500
Optimierung		
20-94	Integrationszeit	5s
Skalierung		
20-14	Max. Sollwert	1000 Pa
6-25	Kl. 54 Skal. Max.-Soll/Istwert	2,000.00
20-12	Soll/Istwerteinheit	[72] Pa
* = Werkseinstellung		

Technologieschema



▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

Zur Realisierung einer Druckregelung ist im Frequenzumrichter als Standard ein Prozessregler implementiert. Während der Inbetriebnahme müssen drei Parameter angepasst werden. Soll der Druck in der physikalischen Einheit in Pa im Display angezeigt werden, ist es erforderlich in der physikalischen Einheit Pa zu skalieren. Während der Inbetriebnahme müssen zusätzlich drei Parameter angepasst werden.

Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ **Anschlussbeispiel: Tag-Nacht-Sollwertumschaltung**

Funktion:

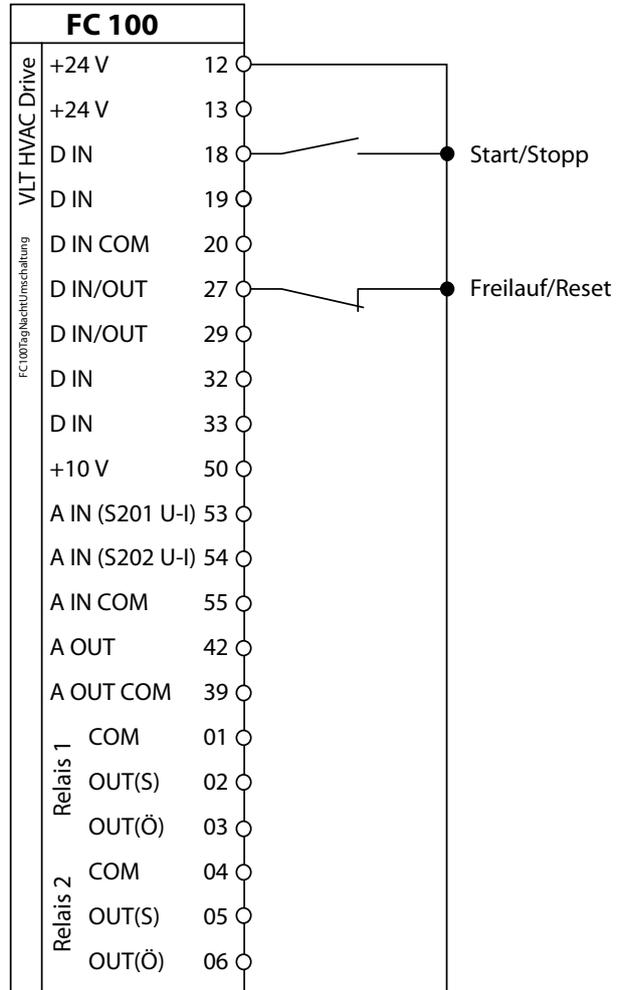
Statusmeldung:

Sollwert:

Tagsollwert 1 an allen Wochentagen, Umschaltung auf Nachtsollwert 0
 Tagsollwert 2 am Wochenende, Umschaltung auf Nachtsollwert 0

Smart Logik:

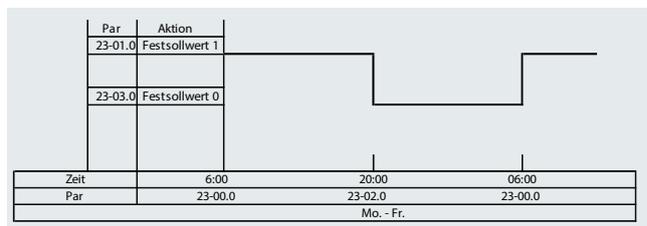
Parametereinstellungen		
▼ Par	▼ Funktion	▼ Einstellung
An allen Werktagen		
00-24	Displayzeile 3	[89] Datum/Uhrzeit
00-70	Datum Uhrzeit	2007-02-13 15:33
23-00.0	Ein-Zeit	06:00:00
23-01.0	Ein-Aktion	[11] Anwahl Festsollwert 1
23-00.2	Aus-Zeit	20:00:00
23-03.0	Aus-Aktion	[10] Anwahl Festsollwert 0
03-10.0	Festsollwert 0 (Nacht)	40 %
03-10.1	Festsollwert 1 (Tag)	80%
Am Wochenende		
23-00.1	Ein-Zeit	08:00:00
23-01.1	Ein-Aktion	[12] Anwahl Festsollwert 2
23-02.1	Aus-Zeit	20:00:00
23-03.1	Aus-Aktion	[10] Anwahl Festsollwert 0
03-10.2	Festsollwert 2 (Wochenende)	60%
* = Werkseinstellung		



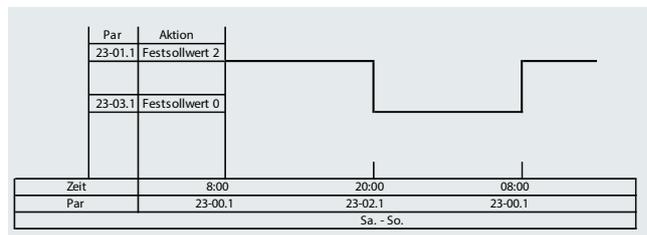
Anwendungsbeispiele

▪ **Hinweise/Notizen/Anmerkungen**

An allen Werktagen um 06:00 Uhr wird in Festsollwert 1 geschaltet und um 20:00 Uhr wird umgeschaltet auf Festsollwert 0.



Am Wochenende um 08:00 Uhr wird in Festsollwert 2 geschaltet und um 20:00 Uhr wird umgeschaltet auf Festsollwert 0.



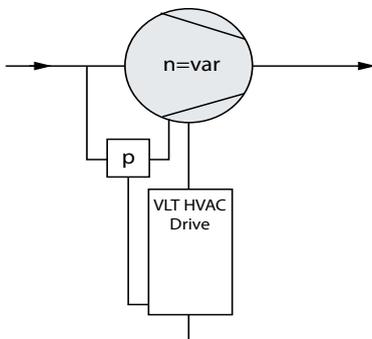
Unverbindlicher Vorschlag im Rahmen unserer allgemeinen Liefer- und Gewährleistungsbedingungen. Der Vorschlag beruht auf der Werkseinstellung, setzt die korrekte Einstellung der Motordaten voraus und bedarf der Nachprüfung durch den Anwender.

▪ Volumenstromregelung

Danfoss VLT Frequenzumrichter der Serie VLT HVAC Drive sind Spannungszwischenkreis Umrichter für einen Motornennleistungsbereich von 1,1 bis 400 kW, sie formen ein Drehstromnetz mit fester Spannung und Frequenz in ein Drehstromsystem mit variabler Spannung, 3 Ph 0 bis Netzspannung und variabler Frequenz 0 bis 1000 Hz, um. Sie sind geeignet zur stufenlosen Drehzahlregelung von Pumpen- und Lüfterantrieben mit drehzahlhängigem Lastmoment. Technische Anlagen haben heute vor allem in der Gebäudeautomation und der verfahrenstechnischen Industrie ein Ausmaß angenommen, dass eine Steuerung dieser Systeme und der mit ihnen verwirklichten Prozesse von Hand unmöglich macht. Aus diesem Grunde verwendet man Einrichtungen, die eine automatische Überwachung, Steuerung und Regelung des Prozessablaufes gestatten. Diese Automatisierung erlaubt nicht nur einen sicheren Betrieb, sondern führt auch zu einer besonders guten Ausnutzung der Anlage und damit zu einer hohen Wirtschaftlichkeit. Zur Realisierung der oben genannten Anforderungen ist im Frequenzumrichter der Serie VLT HVAC Drive als Standard ein Prozessregler implementiert.

Aktivierung des Reglers

Der Prozessregler (Abb.1) ist nur aktiviert, wenn in dem Parameter 1-00 Prozessregelung eingestellt wird.



Volumenstromregelung

Regelgröße

Die Regelgröße im Regelkreis ist die Größe, die auf einen bestimmten Wert gebracht und konstant gehalten werden soll. Der Regler vergleicht die Regelgröße fortlaufend mit der Führungsgröße. Der Regler ist abgeglichen, wenn zu allen Zeitpunkten Gleichgewicht zwischen Regelgröße und Führungsgröße besteht. Die Regelgröße ist an der Klemme 54 angeschlossen.

Skalierung

Über Parameter 6-24, 6-25 und 20-12 kann die Regelgröße direkt in der physikalischen Größe m³/h skaliert werden.

Führungsgröße

Die Führungsgröße ist der vorgegebene Wert, dem die Regelgröße angeglichen werden soll, sie wird oftmals auch Sollwert genannt.

Führungsgröße intern

Wenn kein externes Sollwertsignal zur Verfügung steht, besteht die Möglichkeit die Führungsgröße über einen internen Sollwert mit dem Parameter 20-21 in der physikalischen Einheit m³/h einzustellen.

Skalierung

Über Parameter 20-13 und 20-14 kann die Führungsgröße direkt in der physikalischen m³/h Größe skaliert werden.

Prozess-Optimierung

Starten Sie den Frequenzumrichter und bringen Sie über den Sollwert die Anlage in einen typischen Betriebspunkt. Vergewissern Sie sich, dass der Istwert sich auf den Sollwert einschwingt (kann eine Zeit dauern). Erhöhen Sie nun die P-Verstärkung PAR 20-93, bis das Istwertsignal anfängt gleichmäßig zu schwingen. Danach den Wert verringern, bis das Istwertsignal sich stabilisiert. Danach die PVerstärkung um 40-60% reduzieren. Verringern Sie die Integrationszeit PAR 20-94, bis das Istwertsignal wieder gleichmäßig zu schwingen beginnt. Erhöhen Sie die Integrationszeit bis sich das Istwertsignal stabilisiert. Danach die Integrationszeit um 40-70% erhöhen.

Überprüfung der Reglereinstellung

Nach erfolgter Durchführung der Optimierung ist der Regler in einem Betriebspunkt optimiert. Fahren Sie die Anlage in verschiedene Betriebspunkte und prüfen Sie das Regelverhalten durch mehrmaliges Stoppen und Starten des Frequenzumrichters auf Schwinganfälligkeit. Schwingt das System in einem Betriebspunkt, wiederholen Sie die Optimierung und Überprüfung in diesem Betriebspunkt.

Wirkdruckmessung

Das Wirkdruckverfahren vergleicht den statischen Druck vor der Einlaufdüse mit dem statischen Druck in der Einlaufdüse am Ort der stärksten Einschnürung. Über den Energieerhaltungssatz lässt sich der Wirkdruck (Differenzdruck der statischen Drücke) dem Volumenstrom wie folgt zuordnen.

$$\dot{V} = k \cdot \sqrt{\Delta p_w}$$

Der Faktor k berücksichtigt die spezifischen Düseneigenschaften:

$$k = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A \sqrt{\frac{2}{\rho}}$$

α = Durchflusszahl

ε = Expansionszahl

A = Düsenquerschnittsfläche an der engsten Stelle

Δp_w = Wirkdruck

ρ = Luftdichte mit 1,2kg/m³ angenommen

Parametereinstellungen

Volumenstromregelung

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
100	Regelverfahren	PID-Regler
2021	Sollwert 1	10000
2093	PID-Proportionalverstärkung	0.9
2094	PID Integrationszeit	5

Skalierung in m³/h

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
2001	Istwertumwandlung 1	Radiziert
2012	Soll-/Istwerteinheit	m/h
20-14	Max. Sollwert	25000
625	Klemme 54 Skal. Max.-Soll/Istwert	25000

Displayanzeige

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
020	Displayzeile 1.1	Sollwert [Einheit]
022	Displayzeile 1.3	Istwert [Einheit]
024	Displayzeile 3	Istwert [Einheit]

Zulufttemperaturregelung

- Bei der Zulufttemperaturregelung wird der eingestellte Sollwert mit der gemessenen Zulufttemperatur verglichen. Wird eine Regeldifferenz festgestellt, stellt der Regler das Heizventil nach.

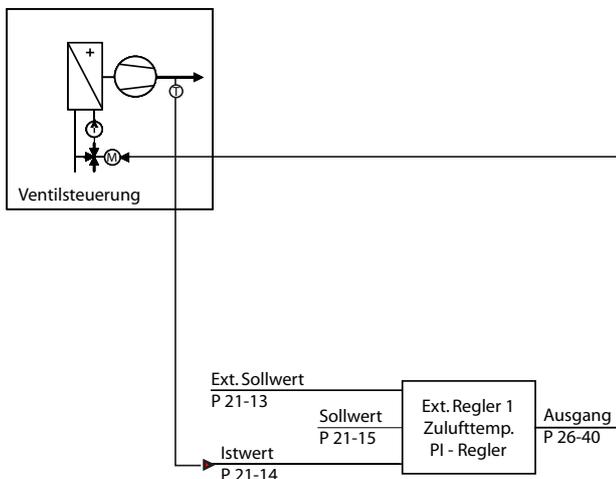


Abbildung 1: Zulufttemperaturregelung

Stellgröße

Das Heizventil (Abb. 2) wird angesteuert über die Klemme X42-7 und X42-8. Mit den Parametern 26-41 und 26-42 kann der Stellbereich begrenzt werden.

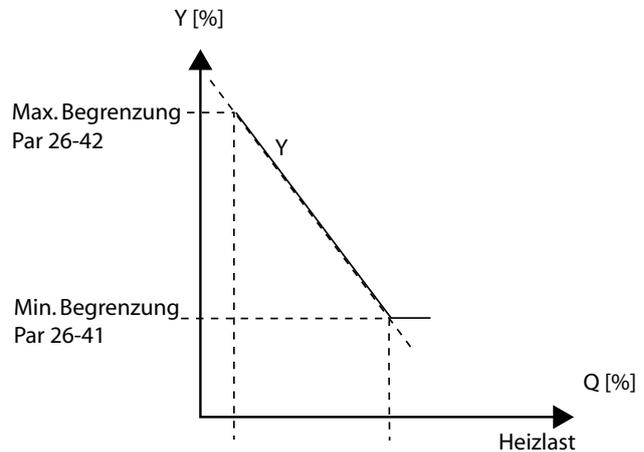


Abbildung 2: Funktionsdiagramm

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
2640	Klemme X42/7 Ausgang	Erw. PID-Prozess 1
2641	Kl. X42/7, Ausgang min. Skalierung	0
2642	Kl. X42/7, Ausgang max. Skalierung	100

Erweiterter PID- Reglers

Der erweiterte Prozessregler (Abb.3) ist als Standard im Frequenzumrichter integriert und kann für Regelungen externer Komponenten, wie z. Beispiel Stellantriebe, genutzt werden.

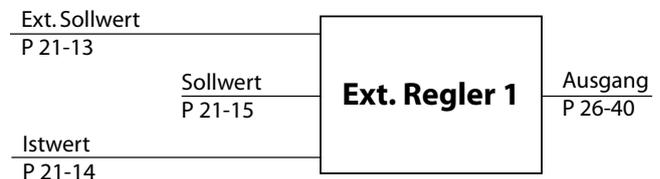


Abbildung 3: Externer PID-Regler 1

Prozessregler

Aktivierung des Reglers

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
2114	Ext. Istwert 1	Analogeingang 54
2115	Erw. Sollwert	22
2121	Erw. 1 P-Verstärkung	0.6
2122	Erw. 1 I-Zeit	8
2640	Klemme X42-7 Analogausgang	Erw. PID-Prozess 1

Regelgröße (Istwert)

Die Regelgröße im Regelkreis ist die Größe, die auf einen bestimmten Wert gebracht und konstant gehalten werden soll. Der Regler vergleicht die Regelgröße fortlaufend mit der Führungsgröße. Der Regler ist abgeglichen, wenn zu allen Zeitpunkten Gleichgewicht zwischen Regelgröße und Führungsgröße besteht. Die Regelgröße ist an der Klemme 54 angeschlossen.

Skalierung der Regelgröße

Über Parameter 6-24, 6-25 und 21-10 kann die Regelgröße direkt in der physikalischen Größe skaliert werden.

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
624	Klemme 54 Skal. Min.-Soll/Istwert	0
625	Klemme 54 Skal. Max.-Soll/Istwert	50
2110	Erw. Soll/Istwerteinheit 1	°C

Führungsgröße (Sollwert)

Die Führungsgröße ist der vorgegebene Wert, dem die Regelgröße angeglichen werden soll, sie wird oftmals auch Sollwert genannt.

Führungsgröße intern

Wenn kein externes Sollwertsignal zur Verfügung steht, besteht die Möglichkeit die Führungsgröße über einen internen Sollwert mit dem Parameter 21-15 in der physikalischen Einheit einzustellen.

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
2115	Erw. Sollwert 1	22

Skalierung der Führungsgröße

Über Parameter 21-10 kann die Führungsgröße direkt in der physikalischen Größe skaliert werden.

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
2110	Erw. Soll-/Istwerteinheit 1	°C

Displayanzeige

Für die Prozess-Optimierung kann die Regelgröße, Führungsgröße und das Ausgangssignal angezeigt werden.

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
020	Displayzeile 1.1	Erw. Sollwert 1 [Einheit]
022	Displayzeile 1.3	Ext. Istwert 1 [Einheit]
024	Displayzeile 3	Erw. Ausg. 1 [%]

Prozess-Optimierung

Bringen Sie über den Sollwert die Anlage in einen typischen Betriebspunkt. Vergewissern Sie sich, dass der Istwert sich auf den Sollwert einschwingt (kann eine Zeit dauern). Erhöhen Sie nun die P-Verstärkung Par 21-21, bis das Istwertsignal anfängt gleichmäßig zu schwingen. Danach den Wert verringern, bis das Istwertsignal sich stabilisiert. Danach die P-Verstärkung um 40-60% reduzieren. Verringern Sie die Integrationszeit Par 21-22, bis das Istwertsignal wieder gleichmäßig zu schwingen beginnt. Erhöhen Sie die Integrationszeit bis sich das Istwertsignal stabilisiert. Danach die Integrationszeit um 40-70% erhöhen.

▼ Par	▼ Name	▼ Einstellung
2121	Erw. 1 P-Verstärkung	0.6
2122	Erw. 1 I-Zeit	8

Überprüfung der Reglereinstellung

Nach erfolgter Durchführung der Optimierung ist der Regler in einem Betriebspunkt optimiert. Fahren Sie die Anlage in verschiedene Betriebspunkte und prüfen Sie das Regelverhalten durch mehrmaliges Stoppen und Starten des Frequenzumrichters auf Schwinganfälligkeit. Schwingt das System in einem Betriebspunkt, wiederholen Sie die Optimierung und Überprüfung in diesem Betriebspunkt.

Elektrischer Anschluss

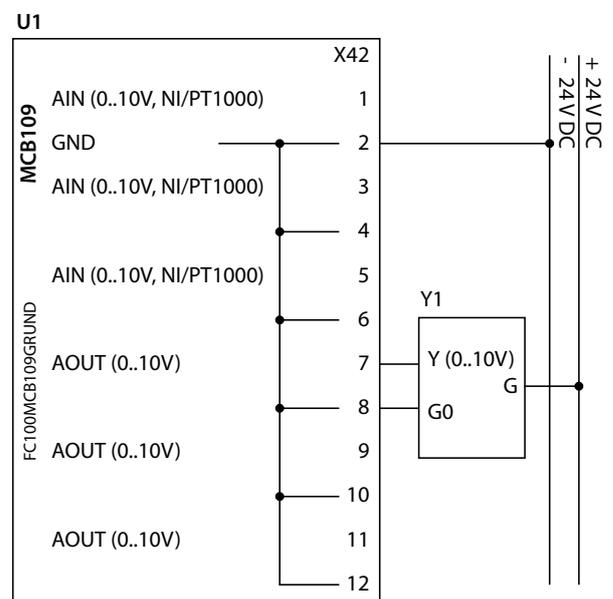
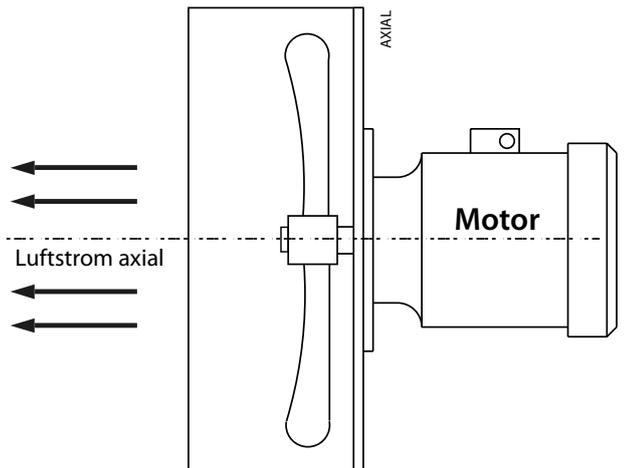


Abbildung 4: Elektrischer Anschluss

▪ **Ventilatorbauarten**

An Ventilatoren werden in der Lüftungstechnik unterschiedliche Anforderungen, wie geringe Herstellungskosten, hohe Luftleistung, hohe Pressung, geringe Geräuschbildung und hoher Wirkungsgrad, gestellt. Damit optimale Eigenschaften erzielt werden, müssen Ventilatoren der Anwendung entsprechend ausgewählt werden. Es gibt grundsätzlich zwei unterschiedliche Ventilatorbauarten.

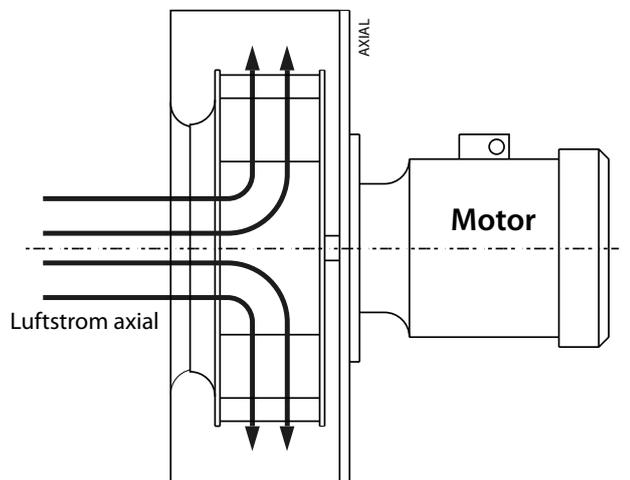
Axialventilatoren



Bei dieser Bauart durchströmt die Luft das Ventilatorrad in axialer Richtung. Er ist für große Luftmengen und für kleine Drücke konstruiert. Wegen der relativ großen Flügel ergibt sich eine hohe Umfangsgeschwindigkeit, damit sind zwangsläufig hohe Geräusche verbunden. Da die Strömungsrichtung entlang der Motorachse verläuft, ist diese Bauart sehr montagefreundlich.

Radialventilatoren

Der Luftstrom verläuft bei dieser Bauart von innen über sogenannte Leitbleche nach außen. Der Radiallüfter erreicht höhere Drücke und hat bei gleicher Luftleistung einen geringeren Durchmesser, dadurch ist er auch geräuschärmer als der Axialventilator.



▪ **Drehzahl – Volumenstrom – Druck – Leistung**

Die technischen Daten eines Lüfterrades sind stark drehzahlabhängig. In den folgen Formeln wird das verdeutlicht:

Index 1: Wert vor der Drehzahländerung

Index 2: Wert nach der Drehzahländerung

n = Drehzahl des Ventilators in min^{-1} oder s^{-1}

Luftmenge: $\text{SI} \left[\frac{\dot{V}}{h} \right] \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$

Druck: $\text{SI} \left[\frac{p}{\text{m}^2} \right] \quad \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$

Leistung: $\text{SI} \left[\frac{P}{\text{kW}} \right] \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$

Eine Drehzahlsteigerung führt somit zu einer großen Veränderungen der Leistung. Das kann somit schon bei kleinen Drehzahlsteigerungen zur Überlastung des Motors führen.

Eine Drehzahlensenkung ist unkritisch, da diese zu einer Verringerung der Leistungsaufnahme führt.

Beispiel 1

Wenn bei einem Lüftermotor die Drehzahl von 1420 min^{-1} auf 2840 min^{-1} verändert wird, dann ergeben sich folgende neue Daten:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{2840 \text{ min}^{-1}}{1420 \text{ min}^{-1}} = 2 = \frac{2}{1} = 2,$$

neuer Volumenstrom: $V_2 = V_1 \cdot 2 = 2 \cdot V_1,$

neuer Druck: $p_2 = p_1 \cdot 2^2 = 4 \cdot p_1$

neue Leistung an der Ventilatorwelle bzw. Leistung des Motors: $P_2 = P_1 \cdot 2^3 = 8 \cdot P_1$

Beispiel 2

Die Drehzahl eines Ventilators wird mit einem Frequenzumrichter von 1420 min^{-1} auf 710 min^{-1} verringert. Dadurch ergibt sich ein erhebliches Energieeinsparpotential:

$$P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \cdot P_1 = \left(\frac{710 \text{ min}^{-1}}{1420 \text{ min}^{-1}} \right)^3 \cdot P_1 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \cdot P_1$$

$$P_2 = \frac{1}{8} \cdot P_1$$

Die Leistungsaufnahme verringert sich auf $1/8$ der ursprünglichen Leistung.

Antriebsauslegung für ein freilaufendes Ventilatorrad

Für ein freilaufendes Ventilatorrad, das direkt auf der Motorwelle montiert wird, ist ein geeigneter Motor zum Anschluss an einen Frequenzumrichter VLT HVAC Drive, auszuwählen.

Beispiel

Für eine Anwendung wird ein freilaufendes Ventilatorrad mit folgenden Daten ausgewählt:

Ventilator	Freilaufendes Rad
Luftmenge	9.000 m ³ /h
Delta p total	716 Pa
Drehzahl	2040 min ⁻¹
Wellenleistung	2,48 kW

Das erforderliche Drehmoment M_w an der Ventilatorwelle ergibt sich aus:

$$M_w = 9550 \cdot \frac{P_w}{n_v}$$

$$M_w = 9550 \cdot \frac{2,48 \text{ kW}}{2040 \text{ min}^{-1}} = 11,61 \text{ Nm}$$

Ventilator Drehmoment: M_w in Nm

Ventilatorleistung: P_w in kW

Ventilator Drehzahl: n_v in min⁻¹

Gewählt wird ein 4-poliger Motor mit den in der Tabelle aufgeführten Daten:

Bemessungs-		Betriebswerte bei Bemessungsleistung				Wirkungsgrad	Drehmoment M_N in Nm
Leistung P_N in kW	Drehzahl n_N in min ⁻¹	Strom I_N in A	Frequenz f_N in Hz	Spannung U_N in V	Leistungs-faktor		
3,0	1415	6,6/11,4	50	230/400	0,81	0,82	20,1

Der Motor muss mit 72,08 Hz betrieben werden:

$$M_{MOT} = \frac{1415 \text{ min}^{-1}}{2040 \text{ min}^{-1}} \cdot M_N$$

$$M_{MOT} = \frac{1415 \text{ min}^{-1}}{2040 \text{ min}^{-1}} \cdot 20,1 \text{ Nm} = 13,94 \text{ Nm}$$

Da der Motor mit 72,08 Hz im übersynchronen Bereich betrieben wird, die Leistung konstant bleibt, ist ein 3,0 kW Motor mit einem Frequenzumrichter VLT HVAC Drive, FC-102P3K0, 3 kW, ausreichend dimensioniert. Zur Kontrolle kann das bei 72,08 Hz zu Verfügung stehende Drehmoment berechnet werden:

Es zeigt sich, daß im übersynchronen Drehzahlbereich die Dimensionierung nach der erforderlichen Ventilatorwellenleistung ausreichend ist.

■ **Drehstrom-Asynchronmotor bei Frequenzumrichterbetrieb**

Formeln zur Antriebsdimensionierung

Es bedeutet:

Leistung:

$P = M \cdot \omega$ $P = \text{Leistung [W, Nm/s]}$
 $M = \text{Drehmoment [Nm]}$
 $\omega = \text{Kreisfrequenz in s } (2 \cdot \pi \cdot n)$
 $n = \text{Drehzahl [sec-1]}$

Drehmoment:

$M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$

Zugeschnittene Größengleichung, Drehmoment:

$M = \frac{1000 \cdot P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n}$

$M = 9550 \cdot \frac{P}{n}$ $M = \text{Drehmoment [Nm]}$
 $P = \text{Leistung [kW]}$
 $n = \text{Drehzahl [min-1]}$

Zugeschnittene Größengleichung, Leistung:

$P = \frac{M \cdot n}{9550}$

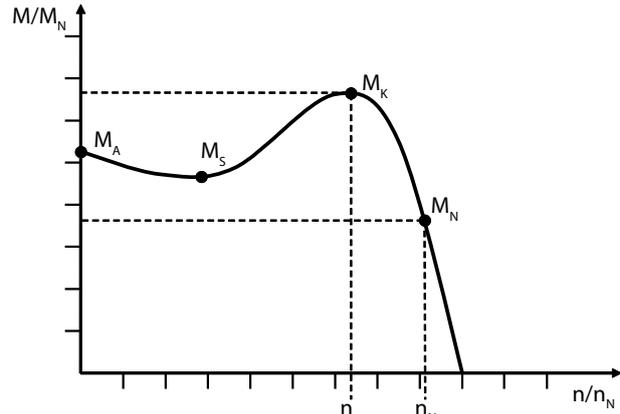
Leerlaufdrehzahl ist abhängig von der Polpaarzahl:

$n_0 = \frac{f \cdot 60}{p}$ $n_0 = \text{Leerlaufdrehzahl [min-1]}$
 $f = \text{Netzfrequenz [Hz]}$

Asynchronmotor typische Daten, bei Leistungen $\leq 4,0\text{kW}$:
 Spannung 230V im Dreieck, 400V im Stern, 50Hz

Bei Leistungen $\geq 5,5\text{kW}$:
 Spannung 400V im Dreieck, 690V im Stern, 50Hz, um beim Starten die Anlaufströme zu reduzieren, Motorstart im Stern-Dreieck.

Zu beachten ist, dass aufgrund der Beziehung bei leistungsgleichen Motoren eine höhere Polpaarzahl (geringere Drehzahl) mehr Drehmoment bedeutet. Ein 2-poliger Motor kann daher lediglich das halbe Drehmoment wie ein leistungsgleicher 4-poliger Motor aufbringen.



n_0 bei 50Hz, 4-polig 1500 min^{-1}
 bei 50Hz, 2-polig 3000 min^{-1}

Abb. 1: Drehmomentkennlinie des Asynchronmotors bei Netzbetrieb.

M_A Anlaufdrehmoment des Motors bei Stillstand, Nennspannung und Nennfrequenz.

M_S Satteldrehmoment ist das kleinste Drehmoment zwischen Stillstand und Kippdrehzahl des Motors bei Nennspannung und Nennfrequenz.

M_K Kippmoment des Motors, das maximal bei Nennspannung und Nennfrequenz abgegeben werden kann.

M_N Nenndrehmoment des Motors stellt sich ein, wenn der Motor mit Nennspannung, Nennfrequenz und Nennbelastung betrieben wird.

Verhalten des Asynchronmotors am Frequenzumrichter

Bei Inbetriebnahme eines Frequenzumrichters werden diesem unter anderem folgende Motordaten mitgeteilt:

- Motorspannung (Typenschild) (im Beispiel 400V)
- Motorfrequenz (Typenschild) (im Beispiel 50Hz)

Somit ist das U/f - Verhältnis des Motors dem Umrichter bekannt und dieser ist in der Lage, den Motor in allen Frequenzbereichen zwischen 0 Hz und Nennfrequenz (50Hz) optimal zu magnetisieren und somit das Drehmoment konstant zu halten. Dieses wird erreicht, indem der Umrichter mit steigender Ausgangsfrequenz auch seine Ausgangsspannung erhöht. Wird der Motor über 50Hz hinaus betrieben, so kann der Umrichter seine Ausgangsspannung nicht mehr erhöhen (da er auch nur mit 400V versorgt wird). Die Folge ist eine Untermagnetisierung des Motors, was einen Abfall des Drehmomentes bedeutet (Feldschwächbereich). Somit sind zwei unterschiedliche Betriebsverhalten des Motors definiert:

1. Betrieb von 0 Hz bis Motornennfrequenz (50Hz), auch unter-synchroner Betrieb oder Ankerstellbereich genannt. Merkmale: Konstantes Drehmoment, mit steigender Ausgangsfrequenz steigende Motorleistung.
2. Betrieb oberhalb der Motornennfrequenz, auch übersynchroner Betrieb oder Feldschwächbereich genannt. Merkmale: Konstante Motorleistung (bis ca. 100Hz), mit 1/n fallendes Drehmoment.

Ventilatoren

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Motorspannungsverlauf, den Motorleistungsverlauf und den Drehmomentenverlauf in Abhängigkeit von der Umrichter Ausgangsfrequenz.

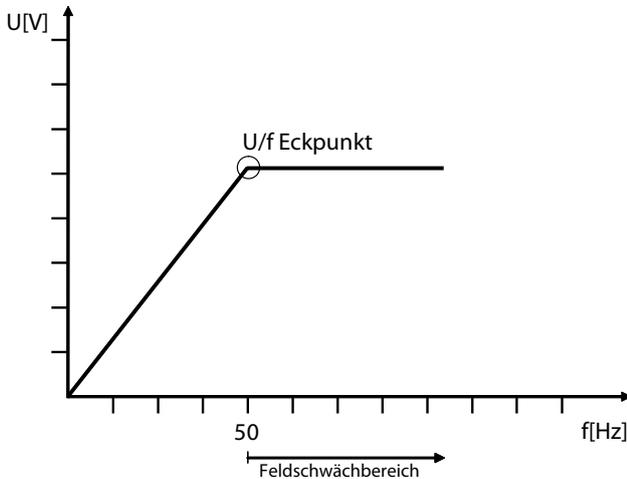


Abb. 2: Spannungs - Frequenz - Kennlinie

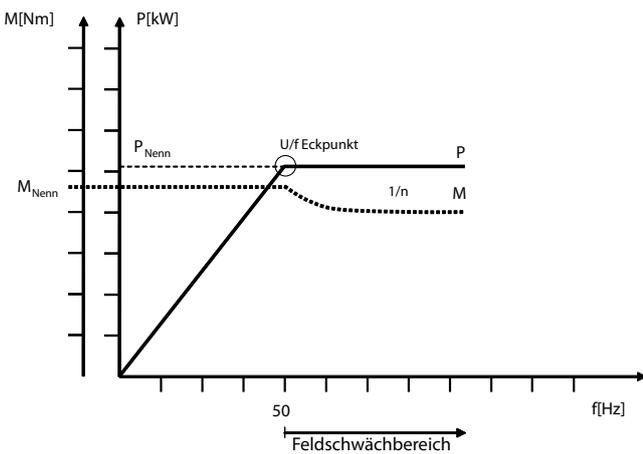


Abbildung 3 Drehmoment und Leistung (bei konstantem Strom über den gesamten Drehzahlbereich)

87 Hz-Technik

Wenn ein Motor mit einer Motorspannung von 230/400 V zum Einsatz kommt und der Frequenzumrichter mit 400 Volt versorgt wird, besteht die Möglichkeit, diesen Motor mit konstantem Motornennmoment bis 87 Hz zu betreiben. Dies hat zur Folge, dass die Motorleistung bei 87 Hz das 1,73-fache ($\sqrt{3}$) der Motornennleistung (die ja auf 50Hz bezogen ist) beträgt: $P = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$

Vorgehensweise:

Der Motor wird im Dreieck angeschlossen (230V). Der Umrichter wird mit folgenden Daten parametrisiert:

- Motorspannung = 400Volt ($230V \cdot \sqrt{3}$)
- Motorfrequenz = 87 Hz ($50V \cdot \sqrt{3}$)

Dadurch wird erreicht, daß bei 50 Hz Ausgangsfrequenz die Ausgangsspannung 230 Volt beträgt, der Motor wird also im Nenn-

punkt betrieben. Bei Nennbelastung fließt der für die Dreieckschaltung angegebene Nennstrom.

Bei einer Frequenzerhöhung auf 87 Hz ist der Umrichter nun in der Lage, auch die Ausgangsspannung zu erhöhen und somit die optimale Magnetisierung des Motors aufrecht zu erhalten. Die Stromaufnahme des Motors bleibt (Nennbelastung vorausgesetzt) trotz steigender Spannung konstant, da der induktive Widerstand des Motors durch die steigende Frequenz auch zunimmt. Obwohl der Motor bei 87 Hz das 1,73-fache seiner Nennleistung an der Motorwelle abgeben kann, wird er nicht überlastet, da der Motorstrom weiterhin den für die Dreieckschaltung angegebene Nennstrom nicht überschreitet. Lediglich die Strangspannung wird von 230V auf 400V erhöht. Dieses stellt für einen Normmotor, der mit 1500V bis 2000V geprüft wird, kein Problem dar. Mit dieser "Technik" kann zum Beispiel bei einem Lüfter, der mit 87 Hz betrieben werden muss, der Motor eine Baugröße kleiner dimensioniert werden. Dieses führt zu einer Platz- und Kostenersparnis beim Motor. Der Frequenzumrichter muss jedoch so dimensioniert werden, dass er den Motornennstrom für die Dreieckschaltung bereitstellen kann.

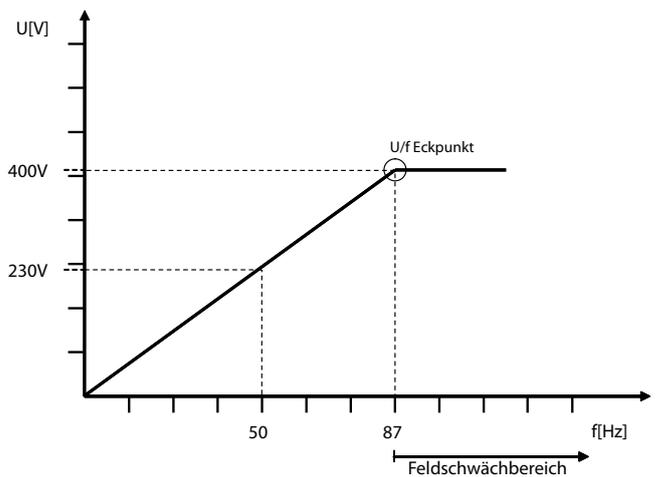


Abbildung 4 Spannung-Frequenz-Kennlinie (U/f) 87Hz

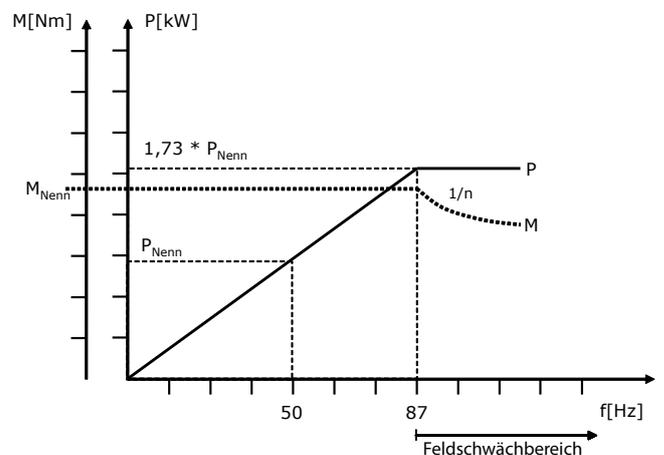


Abbildung 5 Drehmoment und Leistung (bei konstantem Strom über den gesamten Drehzahlbereich)

Quadratisches Drehmoment bei Lüfteranwendungen

Die auf den vorhergehenden Seiten vorgestellten Beziehungen schildern das Verhalten eines Umrichterantriebes bei Belastung mit konstantem Drehmoment. Für einen Ventilator gelten folgende Beziehungen:

Fördermenge $Q \sim n$
 Drehmoment $M \sim n^2$
 Leistung $P \sim n^3$

Durch den kubischen Zusammenhang zwischen Drehzahl und Leistung wird deutlich, dass bei Lüfteranwendungen im Teillastbereich durch eine Drehzahlregelung eine beachtliche Energieeinsparung erfolgen kann. Für diese Anwendungsfälle gibt es Frequenzumrichter mit sogenannter "quadratischer Momentenkennlinie". Dabei erhöht der Frequenzumrichter seine Ausgangsspannung nicht linear, sondern quadratisch zur Frequenz. Der Motor wird bewußt untererregt und kann somit im Bereich zwischen 0 und 50Hz kein konstantes Drehmoment abgeben. Dadurch erreicht man, dass der $\cos \varphi$ des Motors auch bei relativ geringer Belastung (bei niedrigen Drehzahlen) konstant bleibt und damit der Motor auch im Teillastbereich mit seinem Nennwirkungsgrad betrieben wird. Somit ist die Leistungsaufnahme des Motors

$$P_{\text{aufgenommen}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

nur noch abhängig von der Spannung (steigt quadratisch zur Frequenz) und vom Strom (steigt beim Lüfter linear zur Frequenz).

Die Leistungsaufnahme P des Motors ist somit proportional n^3 , eine optimale Anpassung an die Lastverhältnisse ist erreicht.

Die Kennlinien für die Motorspannung, Drehmoment und Leistung sind in der Abbildung 6, Spannung-Frequenz-Kennlinie (U/f) 87Hz dargestellt (Werte in Klammern gelten für die 87Hz - Technik).

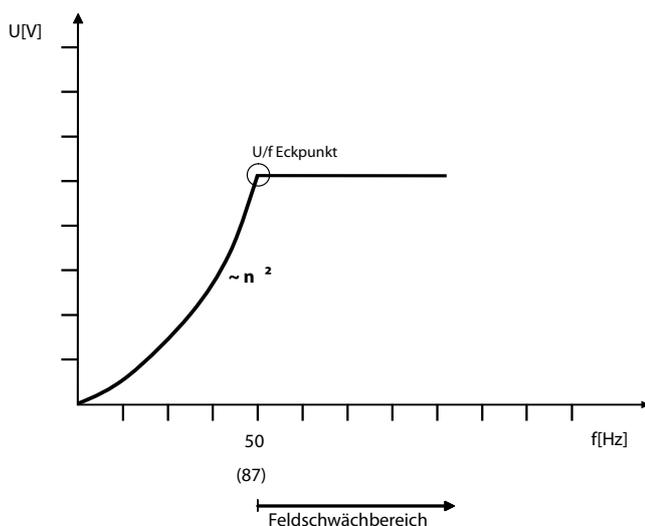


Abbildung 6 Spannungs - Frequenz - Kennlinie quadratisch (U/f)

Drehmoment und Leistung

Strom steigt proportional zur Frequenz bis zum U/f - Eckpunkt darüber hinaus ist der Strom konstant, da der Umrichternennstrom erreicht ist.

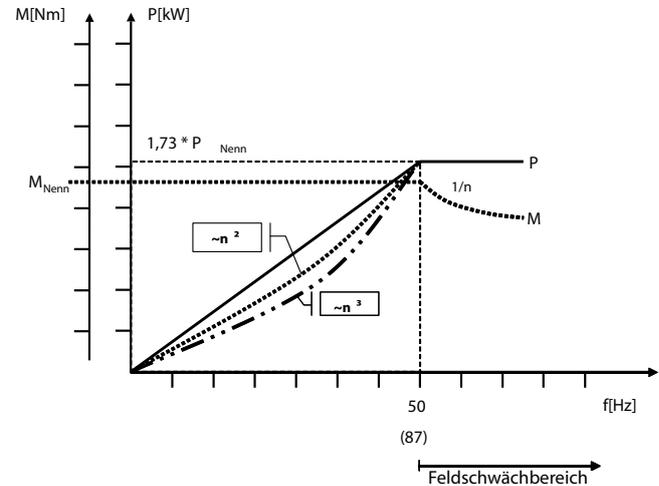


Abbildung 7 Drehmoment-Leistung quadratisch

Aus den Kennlinien ist ersichtlich, dass im übersynchronen Bereich die Verhältnisse gleich sind wie bei einem Umrichter mit konstantem Moment. Der Umrichter ist an seiner Leistungsgrenze, er liefert Nennstrom bei maximaler Ausgangsspannung. Für eine Antriebsdimensionierung im übersynchronen Bereich sind die Grenzen damit aufgezeigt:

Die Leistung P bleibt konstant (bis ca. 100Hz) Das Drehmoment M fällt mit $1/n$

Die Antriebsdimensionierung im untersynchronen Bereich bedarf einer genaueren Betrachtung: Welche maximal mögliche Leistung kann ein Motor nun theoretisch an einem Umrichter mit quadratischem Drehmoment im untersynchronen Bereich abgeben?

Da die Spannung U proportional n^2 verläuft (im Umrichter hinterlegt) und der **Strom** I maximal Umrichternennstrom (konstant über den Frequenzbereich) betragen kann, ergibt sich eine maximale Motorleistung P proportional n^3 .

Die Maximal zur Verfügung stehende Leistung wird wie folgt berechnet:

$$P[\text{kW}] = \left(\frac{n[\text{min-1}]}{n_{\text{Nenn}}[\text{min-1}]} \right)^3 \cdot P_{\text{Nenn}}[\text{kW}]$$

Diese Berechnung gilt in erster Näherung. Höhere Motorverluste durch eine nicht optimale Magnetisierung sind nicht berücksichtigt.

Beispiele Antriebsauslegung:

Beispiel 1:

Für eine Anwendung wird ein Lüfter mit folgenden Daten ausgewählt:

Drehzahl $n = 2150 \text{ min}^{-1}$; Leistung $P = 10,2 \text{ kW}$

Das erforderliche Drehmoment ist somit:

$$M_{\text{erf}} = \frac{9550 \cdot P}{n} = \frac{9550 \cdot 10,2 \text{ kW}}{2150 \text{ min}^{-1}} = 45,3 \text{ Nm}$$

Möglichkeit 1, übersynchroner Betrieb

Gewählt wird ein 4-poliger Normmotor mit folgenden Daten: Baugröße 160M-4, $P=11 \text{ kW}$, $U=400 \text{ V}$, $I=21,0 \text{ A}$, Nenndrehzahl $=1460 \text{ min}^{-1}$ Nenndrehmoment $=72,0 \text{ Nm}$.

Der Motor muss mit:

$$\frac{2150 \text{ min}^{-1}}{1460 \text{ min}^{-1}} \cdot 50 \text{ Hz} = 73,6 \text{ Hz}$$

betrieben werden.

Da der Motor im übersynchronen Bereich betrieben wird und dort die Leistung konstant bleibt, ist ein 11 kW Motor mit einem 11 kW Frequenzumrichter ausreichend dimensioniert. Zur Kontrolle kann noch einmal das bei $73,6 \text{ Hz}$ zur Verfügung stehende Drehmoment berechnet werden:

$$M_{\text{MOT}} = \frac{1460 \text{ min}^{-1}}{2150 \text{ min}^{-1}} \cdot M_{\text{Nenn}} = \frac{1460 \text{ min}^{-1}}{2150 \text{ min}^{-1}} \cdot 72,0 \text{ Nm} = 48,9 \text{ Nm}$$

Benötigt werden aber nur $45,3 \text{ Nm}$.

Es zeigt sich, dass im übersynchronen Bereich eine Dimensionierung nach der erforderlichen Lüfterleistung ausreichend ist, da die Leistung (bis ca. 100 Hz) konstant bleibt.

Möglichkeit 2, untersynchroner Betrieb

Gewählt wird ein 2-poliger Normmotor mit folgenden Daten: Baugröße 160M-2, $P=11,0 \text{ kW}$, $U=400 \text{ V}$, $I=19,9 \text{ A}$, Nenndrehzahl $=2930 \text{ min}^{-1}$, Nennmoment $=35,9 \text{ Nm}$.

Der Motor muss mit:

$$\frac{2150 \text{ min}^{-1}}{2930 \text{ min}^{-1}} \cdot 50 \text{ Hz} = 36,7 \text{ Hz}$$

betrieben werden.

Da der Motor im untersynchronen Bereich betrieben wird und dort die Leistung abhängig von der Ausgangsfrequenz ist, muss man sich die bei $36,7 \text{ Hz}$ abgegebene Motorleistung errechnen. Mit einem Umrichter für konstantes Drehmoment könnte folgende Leistung erreicht werden:

$$P = \frac{M \cdot n}{9550} = \frac{35,9 \text{ Nm} \cdot 2150 \text{ min}^{-1}}{9550} = 8,1 \text{ kW}$$

oder

$$P = \frac{n}{n_{\text{Nenn}}} \cdot P_{\text{Nenn}} = \frac{2150 \text{ min}^{-1}}{2930 \text{ min}^{-1}} \cdot 11 \text{ kW} = 8,1 \text{ kW}$$

Da für diesen Einsatzfall ein Umrichter mit quadratischem Drehmoment gewählt wird, ist die tatsächlich abforderbare Leistung noch kleiner, und zwar:

$$P = \left(\frac{n}{n_{\text{Nenn}}} \right)^3 \cdot P_{\text{Nenn}} = \left(\frac{2150 \text{ min}^{-1}}{2930 \text{ min}^{-1}} \right)^3 \cdot 11 \text{ kW} = 4,35 \text{ kW}$$

Einfacher ist es in diesem Fall, sich das erforderliche Drehmoment des Lüfters anzusehen und mit dem Nenndrehmoment des Motors zu vergleichen, da im untersynchronen Bereich das Drehmoment maximal konstant sein kann (bei Umrichter mit konstantem Drehmoment). So ist sofort ersichtlich, dass ein Motor mit $35,9 \text{ Nm}$ Nennmoment keinen Lüfter mit einem Momentenbedarf von $45,3 \text{ Nm}$ antreiben kann. Bei dieser Auslegung müsste der Motor und der Umrichter eine Baugröße größer dimensioniert werden.

Möglichkeit 3: 87 Hz - Technik

Gewählt wird ein 4-poliger Normmotor in 230 V - Ausführung mit folgenden Daten:

Baugröße 132M-4, $P=7,5 \text{ kW}$, $U=230 \text{ V}$, $I=25,3 \text{ A}$, Nenndrehzahl $=1455 \text{ min}^{-1}$, Nennmoment $=49,2 \text{ Nm}$

Bei 87 Hz hat dieser Motor folgende Nenndaten:

$$\begin{aligned} P &= 7,5 \text{ kW} \cdot \sqrt{3} = 13 \text{ kW} \\ U &= 230 \text{ V} \cdot \sqrt{3} = 400 \text{ V} \\ I &= 25,3 \text{ A} \\ n &= 1455 \cdot \sqrt{3} = 2520 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

Nennmoment $=49,2 \text{ Nm}$

Bei Wahl eines 11 kW -Umrichters (Nennstrom $24,0 \text{ A}$) erreicht der Motor in erster Näherung (vorausgesetzt, das Drehmoment ist proportional dem Strom) tatsächlich folgende Daten:

$$\begin{aligned} M &= \frac{24,0 \text{ A}}{25,3 \text{ A}} \cdot 49,2 \text{ Nm} = 46,6 \text{ Nm} \\ P &= \frac{24,0 \text{ A}}{25,3 \text{ A}} \cdot 13 \text{ kW} = 12,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

Da der Motor in diesem Falle im untersynchronen Bereich betrieben wird, gilt für die Leistung (Umrichter mit quadratischem Drehmoment):

$$P = \left(\frac{2150 \text{min}^{-1}}{2520 \text{min}^{-1}} \right)^3 \cdot 12,3 \text{kW} = 7,64 \text{kW}$$

Bei Auswahl eines größeren Frequenzumrichters kann die Motorleistung bei Nenndrehzahl maximal auf 13,0kW gesteigert werden.

Die Leistung bei Lüfterdrehzahl ist somit

$$P = \left(\frac{2150 \text{min}^{-1}}{2520 \text{min}^{-1}} \right)^3 \cdot 13 \text{kW} = 8,07 \text{kW}$$

Es zeigt sich, dass eine Dimensionierung im untersynchronen Bereich sowohl bei 50Hz als auch bei 87Hz in diesem Beispiel nicht sinnvoll ist. Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Im untersynchronen Bereich ist ein Normmotor nicht in der Lage, seine Nennleistung abzugeben, es muss ein größerer Motor (und in der Regel auch Umrichter) gewählt werden.

Schlußbetrachtung

Eine Dimensionierung im übersynchronen Bereich ist grundsätzlich sinnvoll, da dann dem Motor immer seine Nennleistung abverlangt werden kann. Intelligente Umrichter wie der Danfoss VLT HVAC Drive sind durch die AEO - Funktion auch im übersynchronen Bereich in der Lage, den Antrieb energieoptimiert zu betreiben (die Motormagnetisierung wird optimal auf die Last abgestimmt).

Der 87Hz Betrieb ist vorteilhaft, wenn man eine Drehzahl bis annähernd 87Hz oder etwas darüber (bis ca. 120Hz) ausnutzt. Der Motor kann dann eine Baugröße kleiner gewählt werden.

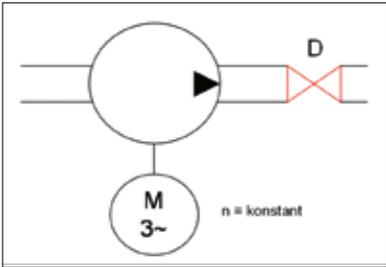
Zu berücksichtigen ist, dass 230V Motoren in größeren Leistungen nicht überall zu bekommen sind. Eine Regel mit klar definierten Grenzen gibt es nicht. Der Projektteur kommt nicht umhin, sich eventuell mehrere "Antriebsmodelle" durchzurechnen, um die preislich günstigste Lösung zu finden.

Energieeinsparung

Mit Danfoss Frequenzumrichtern haben Sie die Energiekosten schnell im Griff. Problemlose Nachrüstungsmöglichkeiten, gesteigerter Anlagenkomfort und kurze Amortisationszeiten sind möglich.

Vorhandenes System

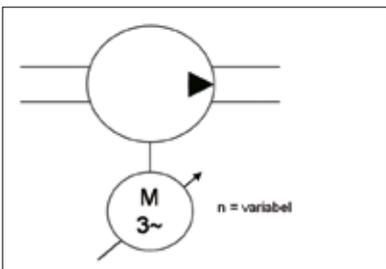
Variables Volumenstrom-System mit Drosselklappe.



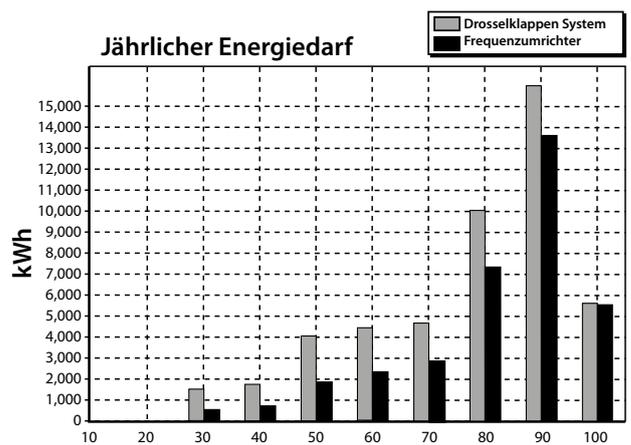
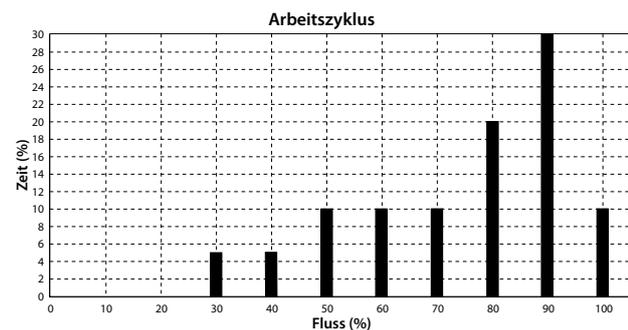
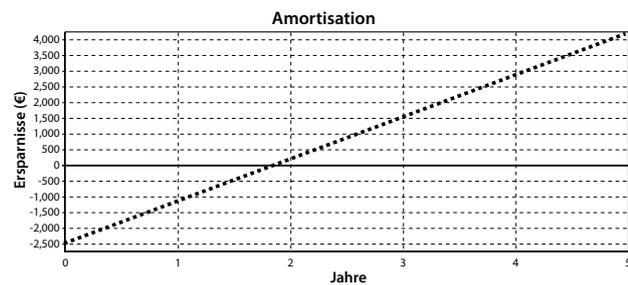
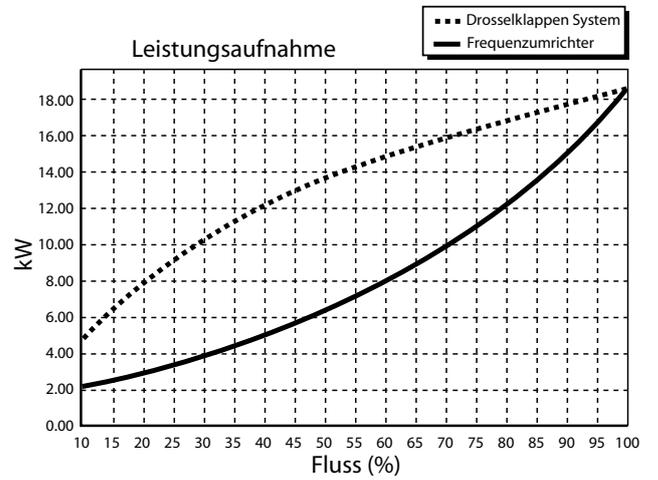
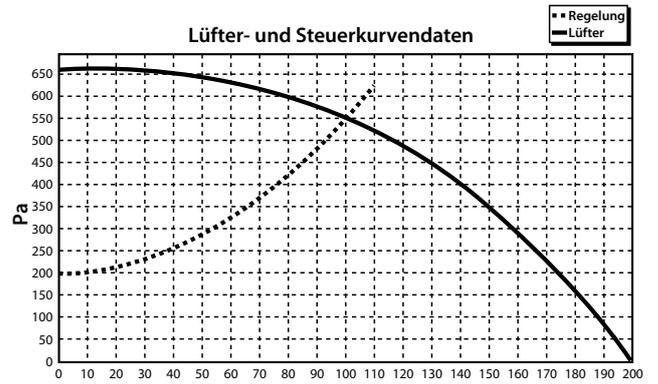
Variables Volumenstrom-System mit Drosselklappe

Drehzahlregelung mit Frequenzumrichter

Frequenzumrichter für 18.5 kW. VLT HVAC Drive, Schutzart IP55, als komplette Installationseinheit zur Wand- oder Gestellmontage einschließlich Netzdrossel und Klasse B-Funkentstörfilter.



Variables Volumenstrom-System mit Drehzahlregelung



Systemdaten		Arbeitszykl		Drosselklappen System FU		
Auslegungsdruck	550.00 Pa	Fluss (%)	Zeit (%)	Zeit (Std.)	kW-h/Jahr	kW-h/Jahr
Förderstrom im B.-Pnkt:	72,000 m3/h	100	10	300	5,599	5,573
Wirkungsgrad im B.-Pnkt:	65 %	90	30	900	15,976	13,596
Reduzier. Druckabfall:	200.00 Pa	80	20	600	10,108	7,338
AC-Motordaten		70	10	300	4,773	2,956
Motorleistung:	18.5 kW	60	10	300	4,465	2,367
Wirkungsgrad:	90.5 %	50	10	300	4,102	1,883
FU-daten		40	5	150	1,827	742
FU-Leistung:	18.5 kW	30	5	150	1,541	577
FU-Wirkungsgrad:	96.0 %	20	0	0	0	0
FU-Kosten:	€ 2,100	10	0	0	0	0
Elektrizität						
Kosten pro kWh:	€ 0.100	Summe		3,000	48,390	35,033
Energiesparprämie:	0 €/kW					
					kWh-Einsparung	13,357
					Jährliche Kosteneinsparung:	€ 1,336
Energieeinsparungen						
Individuelle Systemkosten			Kostenvergleich FU-System			
Drosselklappen System			Nettokosteneinsparungen			
Anschaffungskosten:			FU-System inkl. Anschaffkst.:		€ 2,432	
Jahresenergiekosten:			Jährl. Ener.kosteneinspar.:		€ 1,336	
Andere Jahreskosten:			Energiesparprämie:		€ 0	
			And. jährl. Kst.-Einspar.:		€ 0	
FU-System						
FU-Kosten:			* Anschaffungskosten inkl. FU-Kosten			
Anschaffungskosten:						
Jahresenergiekosten:			Kosteneinsparungen			
Andere Jahreskosten:			Einfache Amortisationszeit:		1.82 Jahre	

* Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten. Danfoss übernimmt keine Verantw. f. d. Genauigkeit d. bereitgest. Daten o. d. result. Berichts.

Notizen:

Index

2-poliger Motor	3, 6, 7, 35
4-poliger Motor	3, 4, 5, 14, 34, 35
87Hz Technik	3, 36
Aktivierung des Reglers	11, 30, 32
Alarm	4, 5, 6, 7, 9, 14, 17, 18, 27, 28
Analog Sollwert	4, 5, 6, 7, 9, 14, 17, 18, 23, 24
Anlagenkennlinie	13
Antriebsauslegung	34, 38
Autobetrieb	25
Axialventilator	33
Digitales Motorpotentiometer	3, 21, 22, 23
Drehzahl-Volumenstrom-Druck-Leistung	33
Druckregelung	3, 11, 12, 13, 27, 28
Energieeinsparung	3, 37, 40, 41
Erweiterter PID-Regler	31
Fern-Ortumschaltung	15
Festdrehzahlen	3, 8, 16
Festsollwert	3, 8, 10, 16, 17, 18, 25, 26, 24
Freilaufendes Ventilatorrad	3, 34
Führungsgröße	30, 32
Führungsgröße intern	30, 32
Handbetrieb	17, 18, 25
Motor dreht	4, 5, 6, 7, 9, 14, 27, 28
Motorfangschaltung	3, 24
Motorpotentiometer	3, 21, 22, 23
Motorthermistor	3, 4, 5, 6, 7, 9, 14, 16
Netzschützsteuerung	3, 14
Parametersatzumschaltung	3, 19, 20, 21, 23
Potentiometer	3, 19, 20, 21, 22, 23
Prozess-Optimierung	3, 30, 32
Prozessregelung	3, 11, 12, 13, 30, 31
Radialventilator	3, 33
Regelgröße	11, 12, 13, 30, 32
Reglereinstellung	30, 32
Rohrleitungskompensation	13
Skalierung	22, 28, 30, 31, 32
Sollwert=Istwert	25
Sollwertumschaltung nach Zeit	26
Sollwertverschiebung	3, 23
Stellgröße	31
Tag-Nacht-Sollwertumschaltung	3, 10, 29
Über max. Drehzahl	16
Übersynchron	3, 5, 7, 34, 35, 37, 38, 39
Ventilatorbauarten	3, 33
Volumenstromregelung	3, 30, 31
Wirkdruckmessung	30
Zeitschaltfunktionen	3, 26
Zulufttemperaturregelung	3, 31
Zustandsmeldungen	3, 25

Die Vision hinter VLT®



Der Antriebsspezialist

Danfoss Drives ist weltweit einer der führenden Antriebstechnikhersteller. Bereits 1968 stellte Danfoss den weltweit ersten in Serie produzierten Frequenzumrichter für Drehstrommotoren vor und hat sich seitdem auf die Lösungen von Antriebsaufgaben spezialisiert. Heute steht VLT® für zuverlässige Technik, Innovation und Know-how für Antriebslösungen in den unterschiedlichsten Branchen.

Innovative und intelligente Frequenzumrichter

Ausgehend von der Danfoss Drives Zentrale in Graasten, Dänemark, entwickeln, fertigen, beraten, verkaufen und warten 2000 Mitarbeiter in mehr als 100 Ländern die Danfoss Antriebslösungen.

Die modularen Frequenzumrichter werden nach den jeweiligen Kundenanforderungen gefertigt und komplett montiert geliefert. So ist sichergestellt, dass Ihr VLT® stets mit der aktuellsten Technik zu Ihnen geliefert wird.

Vertrauen Sie Experten – weltweit.

Um die Qualität unserer Produkte jederzeit sicherzustellen, kontrolliert und überwacht Danfoss Drives die Entwicklung jedes wichtigen Elements in den Produkten. So verfügt der Konzern über eine eigene Forschung und Softwareentwicklung sowie eine moderne Fertigung für Hardware, Leistungsteile, Platinen und Zubehör.

VLT® Frequenzumrichter arbeiten weltweit in verschiedensten Anwen-

dungen. Dabei unterstützen die Experten von Danfoss Drives unsere Kunden mit umfangreichem Spezialwissen über die jeweiligen Anwendungen. Umfassende Beratung und schneller Service sorgen für die optimale Lösung bei höchster Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. Eine Aufgabe ist erst beendet, wenn Sie als Kunde mit der Antriebslösung zufrieden sind.



Deutschland: Danfoss GmbH VLT® Antriebstechnik

Carl-Legien-Straße 8, D-63073 Offenbach
Tel: +49 69 8902-0, Telefax: +49 69 8902-106
www.danfoss.de/vlt

Österreich: Danfoss Gesellschaft m.b.H. VLT® Antriebstechnik

Danfoss Straße 8, A-2353 Guntramsdorf
Tel: +43 2236 5040, Telefax: +43 2236 5040-35
www.danfoss.at/vlt

Schweiz:
Danfoss AG
VLT® Antriebstechnik,
Parkstrasse 6, CH-4402 Frenkendorf,
Tel: +41 61 906 11 11, Telefax: +41 61 906 11 21
www.danfoss.ch/vlt

Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss-Mitarbeitern ableiten, es sei denn, daß diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss-Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.