

**Inhalt:**

1	Einleitung .....	2
2	Allgemeine Einstellungen für Pumpen .....	2
3	PM Motor Control Support.....	5
4	PID – Temperatur- und Druckregelung.....	8
5	Mindest Durchflussmenge (Dichtungslebensdauer und Energieeinsparungen) 12	
6	Schaltfrequenzauswahl und hörbares Rauschen.....	14
7	Spülen (bei PID-Anwendungen mit der Sleep-Funktion) .....	14
8	Entlüftung (in PID-Anwendungen) .....	16
9	Rohrbrucherkennung (o. Null-Fördermengenerkennung, Auslauf).....	17
10	Wasserschlag Minimierung (und Rohrbefüllung) .....	17
11	Kavitationsvermeidung, Trockenlaufschutz (Verlust d. Ansaugung).....	19
12	Kaskadenanwendung (Lösung für Druckerhöhungspumpen).....	21
13	Sequenzer .....	32
14	Bedieneinheit mit benutzerdefinierten Einheiten.....	35
15	Schalter/Potentiometer-Set .....	35
16	Haftungsausschluss .....	37

*Bild 1 i550 protec IP66 / NEMA 4X**Bild 3 i550 cabinet IP20 / NEMA Open Type**Bild 2 i550 motec IP66 / NEMA 4X*

## 1 Einleitung

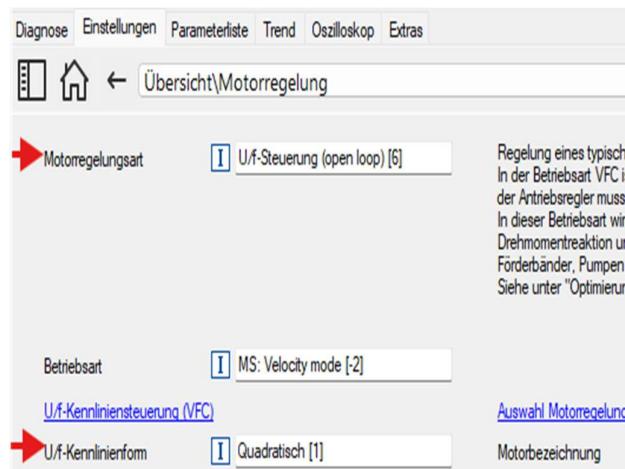
Dieses Handbuch richtet sich an Ingenieure und Installateure, die den i550 in Pumpenanwendungen einsetzen. Im Gegensatz zu den allgemeinen i550-Handbüchern konzentriert sich dieses Handbuch ausschließlich auf pumpenspezifische Funktionen. Weitere Informationen, wie die Abbildung verschiedener Feldbusse, finden Sie auf den Lenze-Produktseiten oder in den Hilfetexten des Lenze FU PC-Tools Drive Starter.

## 2 Allgemeine Einstellungen für Pumpen

### Motorregelungsmodus:

Für eine einfache und energieeffiziente Motorregelung empfiehlt Lenze folgende Einstellungen:

Bei AC-Asynchronmotoren sollte der „Motorregelungsmodus“ (P300:000) auf „U/f-Steuerung (ohne Rückführung) [6]“ und die „U/f-Kennlinienform“ (P302:000) auf „Quadratisch [1]“ eingestellt werden. Bei Lütern mit PMAC-Motoren sollte der „Motorregelungsmodus (P300:000)“ auf „Sensorlose Regelung (SLSM-PSM) [8]“ eingestellt werden.



### Start beim Einschalten

Eine häufige Anforderung an Antriebe in Lüfteranwendungen ist der Start beim Einschalten, wenn der RUN-Befehl bereits anliegt. Normalerweise muss der Antrieb zuerst hochfahren und dann einen RUN-Befehl empfangen, um einen Fehler zu vermeiden. Der Antrieb kann so programmiert werden, dass der Start beim Einschalten möglich ist.

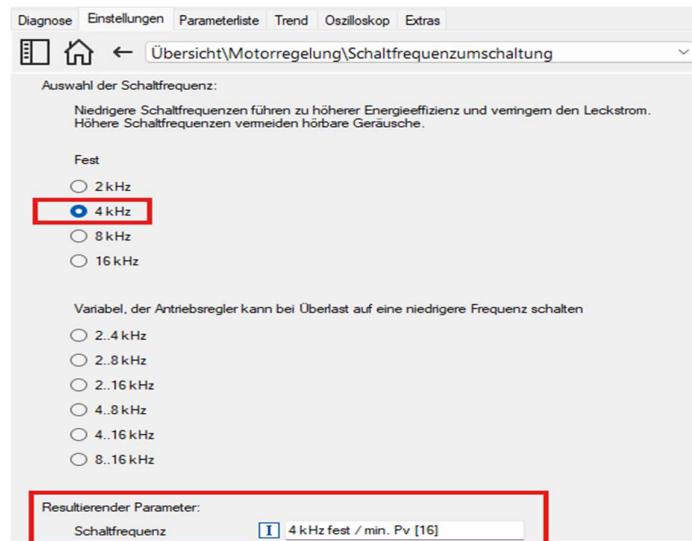
Dazu muss „Start beim Einschalten“ (0x2838:002 – P203:002) = [1] Ein eingestellt werden.



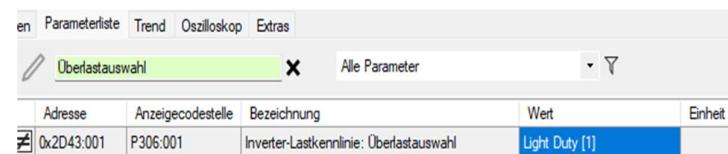
### Leichtlastmodus

Der Leichtlastmodus ist generell für Frequenzumrichter mit i5x0-cabinet  $\geq$  3 kW und IP21/31 (NEMA 1) verfügbar, nicht jedoch für Frequenzumrichter mit IP66 und IP55. Die Standardeinstellung ist Schwerlast, kann aber auch für Leichtlast parametriert werden. Dies ermöglicht eine dauerhaft höhere Strombelastbarkeit mit demselben Frequenzumrichter. Dies erleichtert dem Kunden die Auswahl eines kleineren Frequenzumrichters.

Um den Light Duty-Modus zu verwenden, muss der Antrieb eine Schaltfrequenz von 4 kHz verwenden (0x2939:000- P 305:000 Schaltfrequenz).

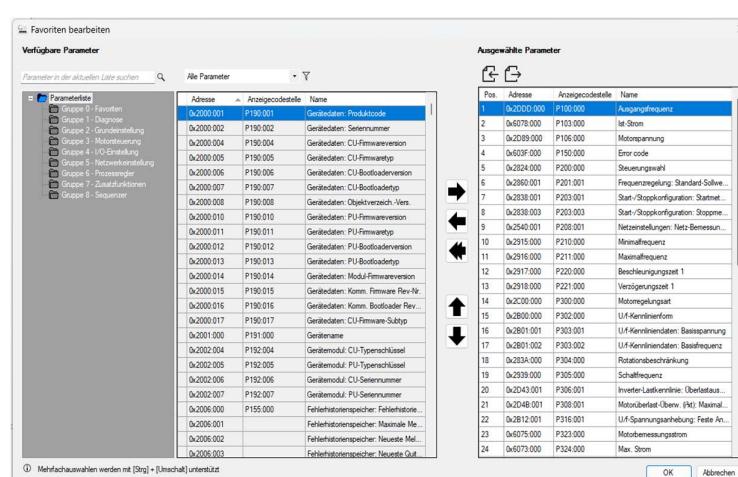


Aktivieren Sie anschließend den Light Duty-Modus: Stellen Sie „Wechselrichter-Lastkennlinie: Duty-Auswahl“ (0x2D43:001 – P306:001) = Light Duty [1] ein.



### Optimierung der Endbenutzererfahrung (Favoritenmenü)

Wählen Sie im Easy-Starter die wichtigsten 5–10 Parameter in der gewünschten Reihenfolge im Favoritenmenü aus.



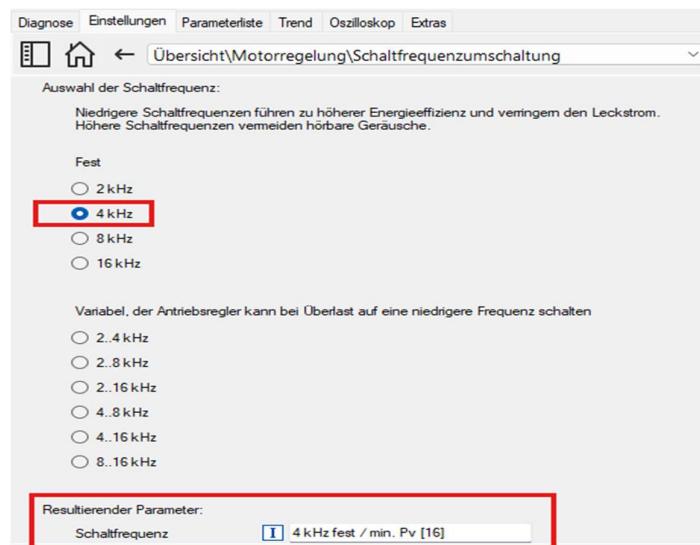
### Ableitstromoptimierung

Die i500 Frequenzumrichter weisen generell geringe Ableitströme auf. Die i5x0 Frequenzumrichter können grundsätzlich bis zu 11 kW an einem 30-mA-Fl-Schutzschalter betrieben werden. Details finden Sie in der

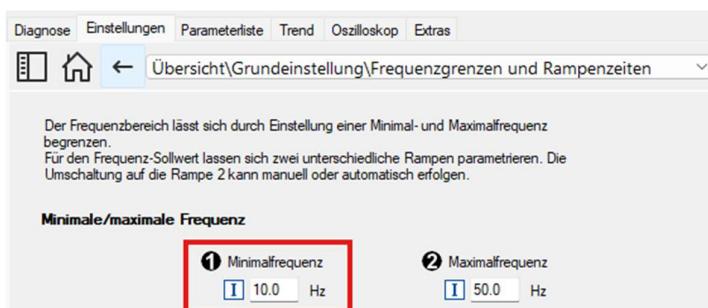
jeweiligen Produktdokumentation. Die Verwendung kurzer Motorkabel und das Entfernen der IT-Schrauben (bei i5x0-cabinet vorhanden) können den Ableitstrom weiter reduzieren.

Darüber hinaus können die folgenden Einstellungen dazu beitragen, den Leckstrom zu minimieren:

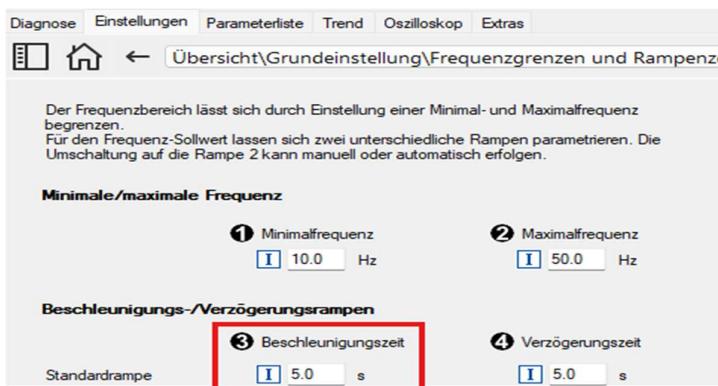
1. Stellen Sie die „Schaltfrequenz“ (0x2939:000-P305:000) auf die niedrigstmögliche Sollfrequenz ein.



2. Stellen Sie die Mindestfrequenz auf 15 bis 20 Hz ein. Das bedeutet, dass der Motor beim Start mit mindestens dieser Drehzahl läuft. „Mindestfrequenz“ (0x2915:000 – P210:000)



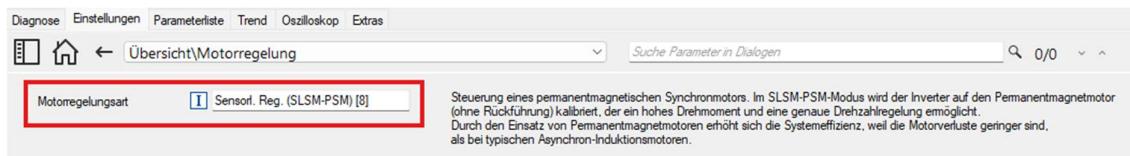
3. Stellen Sie die schnellstmögliche Beschleunigungszeit ein. Dadurch verringert sich die Gefahr eines Stolperns während der Geschwindigkeitserhöhung. „Beschleunigungszeit 1“ (0x2917:000 – P220:000).



4. Verwenden Sie möglichst kurze Motorstromkabel. Lange Leitungen erhöhen die Kapazität des Systems und den Ableitstrom.
5. Stellen Sie eine gute Erdung sicher. Die Motorstromkabel sollten abgeschirmt und am Antriebsende angeschlossen sein.
6. Informieren Sie sich beim Motorhersteller über die jeweiligen Erdungsanforderungen.

### 3 PM Motor Control Support

Lenze bietet ein sehr leistungsfähiges und flexibles PM-Motorsteuerungssystem „SLSM-PSM“ an. Parameter 0x2C00:000-P300:000 [Motorsteuerungsmodus] mit Auswahl [8] SLSM-PSM. Diese Auswahl funktioniert am besten bei Schaltfrequenzen von 8 kHz.



Wichtig ist die Wahl der richtigen Methode für niedrige Drehzahlen: 0x2C13:000 mit den beiden Optionen:

#### [2] = i/f-basiert

Die i/f-basierte Methode ist die empfohlene universelle Methode für alle Motoren, insbesondere für Pumpen- und Lüfteranwendungen. Sie wird marktüblich eingesetzt, da sie einfach in Betrieb zu nehmen ist und eine gute Leistung liefert.

#### [1] = Schaltfrequenz-basiert [STANDARDEINSTELLUNG]

Dies ist die einzigartige Lenze-Methode zur dynamischen und präzisen Motorregelung auch bei niedrigen Drehzahlen mit einem möglichen Anlaufdrehmoment von bis zu 200 %. Sie ist besonders benutzerfreundlich und leistungsstark mit den Lenze IE5-Motoren. Sie wird für dynamische Anwendungen empfohlen, ist jedoch möglicherweise nicht für jeden Motor geeignet.

#### Grundlegende Schritte zur Inbetriebnahme

##### 1. Motortypschilddaten eingeben

The screenshot shows a data entry form for motor nameplate data. A red box highlights the 'Bemessungsdaten vom Motortypschild' section, which includes fields for Bemessungsleistung (1.35 kW), Bemessungsspannung (400 V), Bemessungsdrehzahl (1450 rpm), Bemessungsfrequenz (50.0 Hz), Motorbemessungsstrom (2.400 A), and Cosinus phi (0.90). Below this is a 'Zusätzliche Daten' section with fields for Überstrom-Überwachung (Schwelle: 14.4 A) and Oberdrehzahl-Überwachung (Schwelle: 8000 rpm, Max. Motordrehzahl: 6075 rpm). A red box highlights the 'Motorträgheitsmoment' field (90.00 kg cm²). A warning icon with the text 'Oberdrehzahl-Überwachung ist inaktiv aufgrund einer niedrigeren maximalen Motor-Drehzahl (0x6080) Konfiguration' is shown.

## 2. Führen Sie eine Kalibrierung unter Spannung durch

**Motorkalibrierung**

Durch Motorkalibrierung werden folgende Einstellungen automatisch gesetzt:

- Wechselrichterkennlinie
- Ersatzschaltbilddaten
- Reglereinstellungen

Die Motorkalibrierung kann bestromt oder unbestromt durchgeführt werden:

**Bestromt** Der Antrieb wird zuerst die Wechselrichterkennlinie und dann die Ersatzschaltbilddaten identifizieren. In beiden Schritten wird der Motor bestromt.

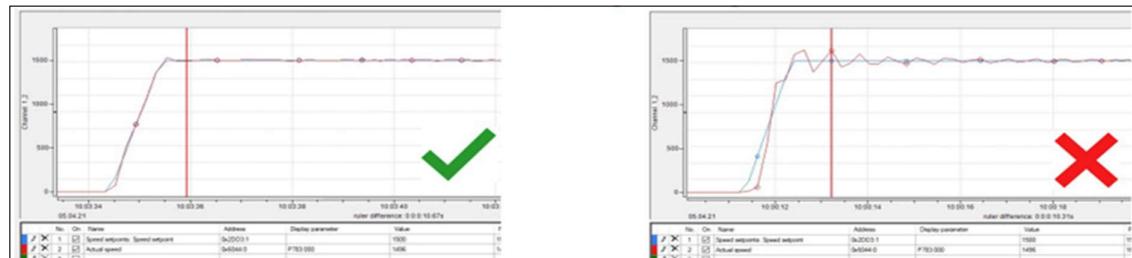
**Unbestromt** Es wird eine voreingestellte Wechselrichterkennlinie geladen. Ersatzschaltbilddaten werden basierend auf den aktuellen Motorbemessungsgrößen berechnet.

3. Überprüfen Sie die Induktivitätswerte  $L_d$  und  $L_q$  und bestimmen Sie die Ausprägung. Wenn die Ausprägung kleiner als 5...10 % ist, setzen Sie „SLSM-Low-Speed-Methode“ (0x2C13:000) auf i/f-basiert [2]; andernfalls lassen Sie die Option Trägerbasiert [1] aktiviert.

P352:005	Motorparameter (PSM): Induktivität D-Achse $L_d$	23.002	mH	0x2C13:000	SLSM-Low speed Methode	Carrier based [1]
P352:006	Motorparameter (PSM): Induktivität Q-Achse $L_q$	35.425	mH			

4. Konfigurieren Sie einen Trend oder eine Kurvendarstellung, die den Drehzahlsollwert (0x2DD#:001) mit der tatsächlichen Drehzahl (0x6044:000- P783:000) vergleicht. Versuchen Sie, den Motor auf Nenndrehzahl bzw. Anwendungsdrehzahl zu bringen.

Wenn der Motor nicht startet oder die eingestellte Drehzahl nicht erreicht, müssen Sie möglicherweise den niedrigen Drehzahlbereich anpassen. Siehe „**Hinweise zur Anpassung des niedrigen Drehzahlbereichs [nicht beobachtbar]**“ am Ende dieses Verfahrens.



5. Wenn die tatsächliche Geschwindigkeit dem Sollwert für die Anwendung nicht zufriedenstellend folgt, legen Sie die Lastträge fest und klicken Sie auf „Initialisieren“, um die Einstellungen der Geschwindigkeitsschleife neu zu berechnen

**Drehzahlregler**

Skal. Lastmassenträgheit	0.00	kg cm <sup>2</sup>	Verstärkung	0.00125	Nm/rpm
Kopplung	Mit Spiel [2]		Nachstellzeit	80.0	ms
Filterzeit Ist-Drehzahl	2.0	ms		Initialisieren	

Wenn die tatsächliche Drehzahl dem Sollwert für die Anwendung immer noch nicht zufriedenstellend folgt, überprüfen Sie den Trend erneut. Beginnen Sie mit der manuellen Drehzahlregelung, wie in Schritt 6 beschrieben.

**Manuelle Anpassung der Drehzahlreglereinstellungen:**

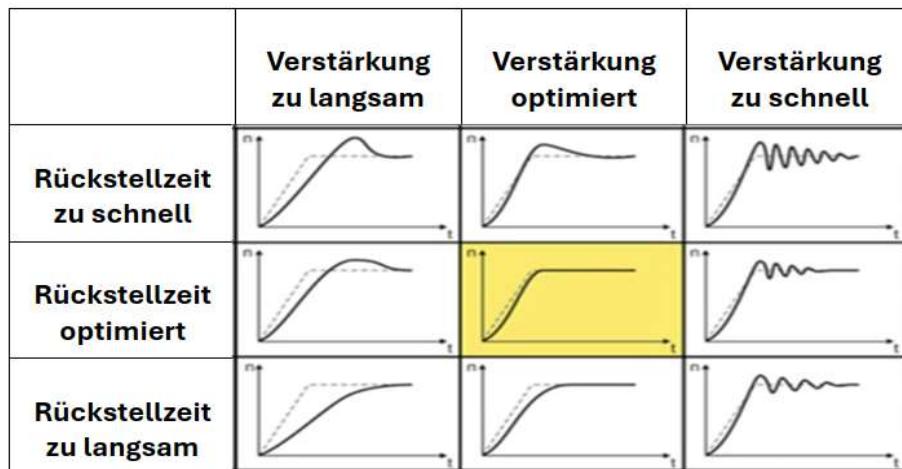
6. a) Erhöhen Sie die Filterzeit der Ist-Geschwindigkeit [auf 4,0–5,0 ms] und prüfen Sie anhand des Trends, ob die Ist-Geschwindigkeit dem Sollwert zufriedenstellend folgt. Ist die Nachführung weiterhin nicht zufriedenstellend, fahren Sie mit Schritt 6b fort.

**Drehzahlregler**

Skal. Lastmassenträgheit	<input type="text" value="0.00"/> kg cm <sup>2</sup>	Verstärkung	<input type="text" value="0.00125"/> Nm/rpm
Kopplung	<input type="text" value="Mit Spiel [2]"/>	Nachstellzeit	<input type="text" value="80.0"/> ms
Filterzeit Ist-Drehzahl	<input type="text" value="2.0"/> ms	6b	
		Initialisieren	

**6a**

- b) Passen Sie die Verstärkung und die Nachstellzeit des Drehzahlreglers anhand der Hinweise in der folgenden Grafik an. Verstärkung und Nachstellzeit werden in der Regel in Schritten von +/- 10 bis 30 % angepasst. Überprüfen Sie nach jeder Anpassung den Trend, um die Auswirkungen zu erkennen und festzustellen, ob die tatsächliche Geschwindigkeit dem Sollwert zufriedenstellend folgt. Sobald die Nachführung zufriedenstellend ist, sind Sie fertig.

**Hinweise zur Optimierung des niedrigen Drehzahlbereichs (nicht beobachtbar)**

0x2C13:000 [SLSM-Methode für niedrige Drehzahl] = [1] – Schaltfrequenz basiert [STANDARDEINSTELLUNG]

Wenn der Motor brummt, aber nicht anspringt oder länger als die eingestellte Zeit zum Beschleunigen benötigt, kann eine Erhöhung der HF-Einspeisungsamplitude [0x2C10:001] erforderlich sein. Erhöhen Sie 0x2C10:001 in 10 %-Schritten, um ein zufriedenstellendes Anlaufen/Beschleunigen zu erreichen. – Stellen Sie den HF-Einspeisungsbereich auf einen Wert ein, der niedriger ist als die niedrigste Dauer- oder Langzeitbetriebsdrehzahl der Anwendung, jedoch nicht niedriger als für die Anwendung erforderlich. Dadurch wird sichergestellt, dass der Langzeit-/Dauerbetrieb im hohen Drehzahlbereich (beobachtbar) erfolgt. – Manche Anwendungen/Motoren erzielen eine bessere Leistung bei schnellerer Beschleunigung im niedrigen Drehzahlbereich. Falls erforderlich, wenden Sie 0x291B:000 [Auto-change.thresh.ramp2] an, um automatisch von Beschleunigungsrampezeit 1 auf Rampenzzeit 2 umzuschalten.

„SLSM-Langsamlaufmethode“ (0x2C13:000) = [2] – i/f-basiert – Das häufigste Problem im Langsamlaufbetrieb in diesem Modus ist Instabilität und/oder Abwürgen beim Übergang vom Langsamlauf zum Schnelllauf. Dies liegt typischerweise daran, dass der eingespeiste Strom zu hoch ist. Eine

Anpassung (typischerweise Reduzierung) der Langsamlaufstromwerte „Beschleunigungsstrom“ (0x2C12:001) und „Stillstandsstrom“ (0x2C12:002) ist in der Regel erforderlich, insbesondere bei Anwendungen mit variablen oder quadratischen Drehmomentprofilen. Die Einstellung von „Beschleunigungsstrom“ (0x2C12:001) und „Stillstandsstrom“ (0x2C12:002) ist in diesem Modus ein Balanceakt. Höhere Stromwerte als nötig führen zu Instabilität beim Übergang in den beobachtbaren Hochgeschwindigkeitsbereich. Niedrigere Stromwerte können beim Starten und Fahren der Anwendung im niedrigen Drehzahlbereich Probleme verursachen, wenn dort ein hohes Drehmoment erforderlich ist. In diesem Modus ist ein höherer Übergangspunkt in der Regel vorteilhaft. Eine Reduzierung des Standardwerts [10 %] sollte nur erfolgen, wenn dies für die Anwendung unbedingt erforderlich ist. Eine Erhöhung auf 20–30 % kann Stabilitätsvorteile bringen, sofern die Anwendung dies zulässt.

### Erhöhung der Basisausgangsspannung am i550 motec

Die maximal mögliche Ausgangsspannung hängt von der Zwischenkreisspannung ab. Je nach Anzahl der Kondensatoren kann die Spannungswelligkeit recht hoch sein.

Mit diesem Parameter können Sie auswählen, auf welchen Zwischenkreisspannungspegel die Ausgangsspannung begrenzt werden soll.

Wert	Bedeutung	Beschreibung
0	Automatisch	Die Ausgangsspannung wird abhängig vom aktiven Regelungsmodus begrenzt.
1	Minimum	Die Ausgangsspannung wird auf den unteren Wert der Zwischenkreisspannung begrenzt.
2	Mittelwert	Die Ausgangsspannung wird auf den Durchschnittswert der Zwischenkreisspannung begrenzt.

Mit der Serviceeinstellung „Ausgangsspannung begrenzen“ (0x2DE0:029) kann die Basisausgangsspannung des Wechselrichters um ca. 30,0 V erhöht werden. Dadurch wird die Basisausgangsspannung am Frequenzumrichterausgang in die Nähe der Netzeingangsspannung angehoben.

Ändern Sie dazu den Parameter von „Automatisch (0)“ auf „Durchschnittlich (2)“.

## 4 PID – Temperatur- und Druckregelung

Die Proportional-Integral-Differential-Regelung (PID) ist ein geschlossenes Regelkreisverfahren zur Überwachung einer Prozessgröße wie Druck oder Temperatur. Dabei muss der Lüfter seine Drehzahl anpassen, um diese Größe auf einem konstanten Wert zu halten.

Gängige Anwendungen, die eine PID-Regelung erfordern, sind Heizung, Kühlung oder Druck.

Zunächst wird ein geeigneter analoger Sensor im System installiert. Dies kann ein Drucksensor, ein Temperatursensor oder ein anderer sein.

PID-Anwendungen werden entweder als „normal wirkend“ oder „umgekehrt wirkend“ bezeichnet. Dieser Begriff bezieht sich auf den Lüfter in Bezug auf die überwachte Prozessgröße. Führt eine Erhöhung der Lüfterdrehzahl zu einem Anstieg der überwachten Prozessgröße (z. B. des Direktdrucks), handelt es sich um eine „normal wirkende“ PID-Anwendung. Führt eine Erhöhung der Lüfterdrehzahl zu einer Verringerung der

Prozessgröße (z. B. ein Lüfter, der Kühlung bis zur Überwachungstemperatur liefert), handelt es sich um einen „umgekehrten“ Prozess.

#### Betriebsart einstellen:

Stellen Sie die „Betriebsart“ (0x4020:001 - P600:001) je nach Anwendung entweder auf „Normalbetrieb [1]“ oder „Rückwärtsbetrieb [2]“ ein.

Es wird oft gewünscht, die Geschwindigkeit des Inverters anzupassen, um eine Prozessvariable wie Druck, Durchfluss, Temperatur etc. zu regeln. Dafür ist ein PID (Proportional, Integral, Differential)-Ablaufregelung im Umrichter integriert.

Durch ein analoges Feedforward-Signal kann die überwachte Prozessvariable des Systems auf die gewünschte Sollwertvariable bis zum Sollwert.

**Betriebsart:** [1] Normalbetrieb [1]

PID-Regelung deaktivieren: [1] Nicht verbunden [0]

#### Analogeingang programmieren:

Als Nächstes müssen wir programmieren, welcher Analogeingang des Antriebs als überwachte Prozessvariable verwendet werden soll. Stellen Sie die „PID-Prozessvariable“ (0x4020:002 - P600:002) entweder auf „Analogeingang 1 [1]“ oder „Analogeingang 2 [2]“ ein.

Minimalsollwert: [1] -300.00 PID unit

Aktuelle Regelgröße: [1] Analogeingang 1 [1]

Schwelle MAX-Alarm: [1] 100.00 PID unit

Schwelle MIN-Alarm: [1] 0.00 PID unit

#### Programmieren der Sollwertquelle

Als Nächstes müssen wir den Antrieb für die Sollwertquelle programmieren. Der Sollwert ist der Sollwert, den der Antrieb an die überwachte Prozessvariable anpassen soll. Sollwertquellen können die Tastatur, ein analoges Signal (darf nicht derselbe Analogeingang wie die überwachte Prozessvariable sein) oder ein vordefinierter interner Sollwert sein. Stellen Sie „Standard-Sollwertquelle“ (0x2860:002 – P201:002) je nach Bedarf auf eine der folgenden Optionen ein: „Tastatur [1]“, „Analogeingang 1 [2]“, „Analogeingang 2 [3]“ oder „PID-Vorgabe 1 [11]“. Wenn Sie „PID-Vorgabe 1 [11]“ als Sollwert verwenden, stellen Sie sicher, dass Sie den gewünschten Sollwert auch in „Vorgabe 1“ (0x4022:001 – P451:001) programmieren.

Diagnose Einstellungen Parameterliste Trend Oszilloskop Extras

Übersicht\Flexible I/O-Konfiguration\Sollwertumschaltung

Bei allgemeinen Drehzahlanwendungen muss der Benutzer eine Referenz für den relevanten (Standard-) Hauptsollwert festlegen. Bei Anwendungen, die nur einen Sollwert erfordern (keine Übersteuerung gefordert), ist der Standardsollwert der einzige Parameter, der eingestellt werden muss.

**Frequenzregelung**  
Standard-Sollwertquelle  Konfiguration analoge Eingänge

**PID-Regelung**  
Standard-Sollwertquelle

**Drehmomentregelung**  
Standard-Sollwertquelle  Konfiguration analoge Eingänge

Wenn es erforderlich ist, den Standard-Sollwert zu übersteuern, muss der übersteuernde Sollwert eingestellt werden.

Übersteuern mit analogem Eingang  
 Übersteuern mit Keypad-Wert  
 Übersteuern mit Feldbus-Wert  
 Übersteuern mit fest vorgegebenen Werten

Digitalen Trigger festlegen, der den Vorgabesollwert mit einem von n fest vorgegebenen übersteuert. Die Auswahl eines Sollwerts erfolgt durch eine Binärkombination von 4 Bit.

Diagnose Einstellungen Parameterliste Trend Oszilloskop Extras

Übersicht\Flexible I/O-Konfiguration\Sollwertumschaltung

Übersteuern mit Feldbus-Wert  
 Übersteuern mit fest vorgegebenen Werten

Digitalen Trigger festlegen, der den Vorgabesollwert mit einem von n fest vorgegebenen übersteuert. Die Auswahl eines Sollwerts erfolgt durch eine Binärkombination von 4 Bit.

Diagramm der Binärkombinationen (4 Bit):

```

    graph TD
      A[Presets aktivieren] --- B[Bit 3]
      A --- C[Bit 2]
      A --- D[Bit 1]
      A --- E[Bit 0]
      B --- F[00]
      C --- G[01]
      D --- H[02]
      E --- I[03]
  
```

Werte für die Binärkombinationen:

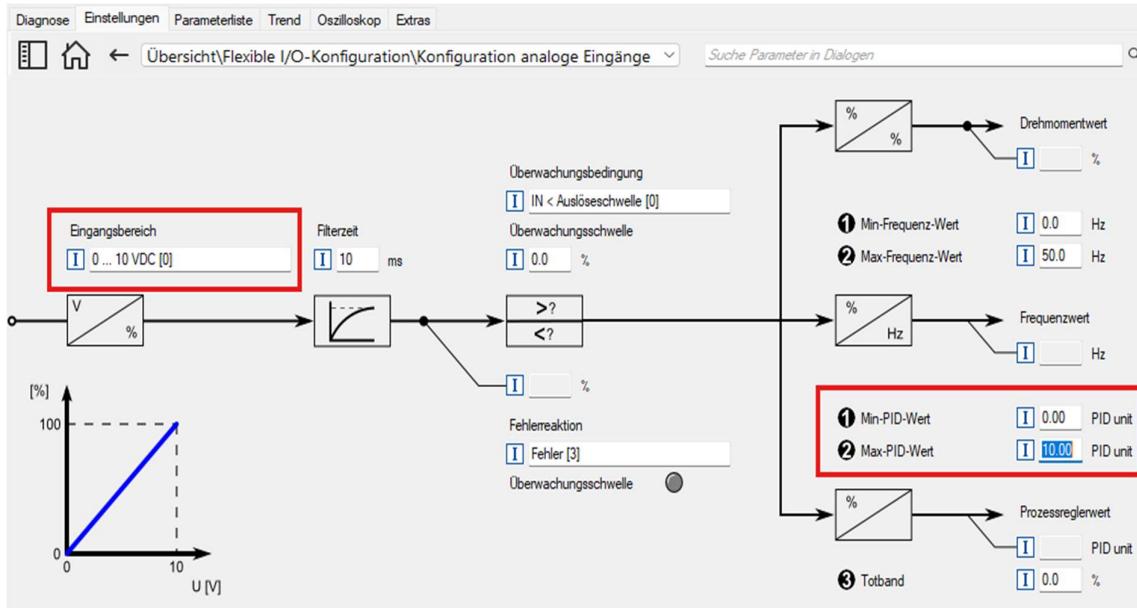
Binärkombination	Presets aktivieren (Bit 3)	Presets aktivieren (Bit 2)	Presets aktivieren (Bit 1)	Presets aktivieren (Bit 0)
00	<input type="button" value="I Nicht verbunden [0]"/>	<input type="button" value="I Nicht verbunden [0]"/>	<input type="button" value="I Digitaleingang 5 [15]"/>	<input type="button" value="I Digitaleingang 4 [14]"/>
01				
02				
03				

Parameterübersicht:

	Frequenzregelung	PID-Regelung	Drehmomentregelung
kein Überschreiben	<input type="button" value="I 20.0"/> Hz	<input type="button" value="I 5.00"/> PID unit	<input type="button" value="I 100.0"/> %
	<input type="button" value="I 40.0"/> Hz	<input type="button" value="I 0.00"/> PID unit	<input type="button" value="I 100.0"/> %
	<input type="button" value="I 50.0"/> Hz	<input type="button" value="I 0.00"/> PID unit	<input type="button" value="I 100.0"/> %

Bitte beachten Sie, dass der Sollwert in benutzerdefinierten PID-Einheiten angegeben wird, die wiederum in der analogen Eingangskanalkonfiguration der überwachten Prozessvariable konfiguriert werden. Programmieren Sie sowohl den „Min. PID-Wert (P43x:004)“ als auch den „Max. PID-Wert (P43x:005)“ so, dass sie dem Signalbereich des zur Überwachung der Prozessvariable verwendeten analogen Sensors entsprechen.

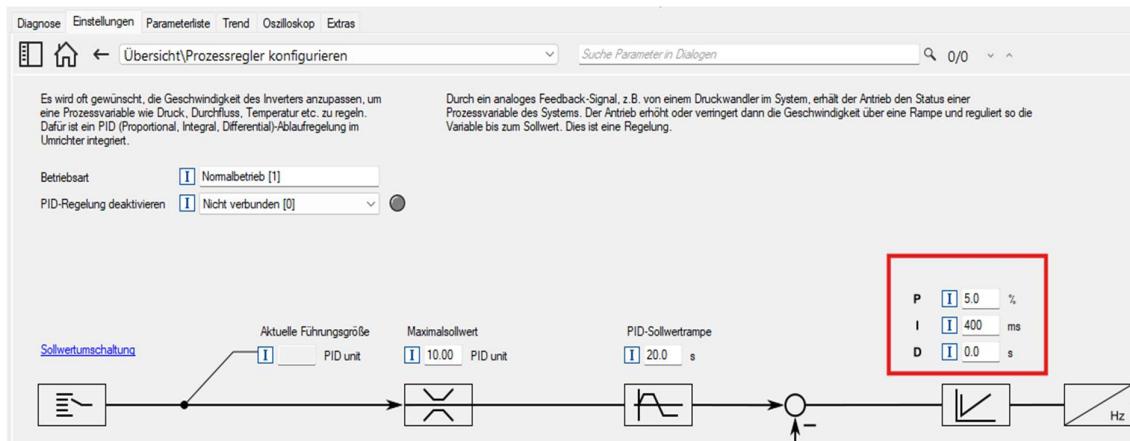
Geben Sie diesen Wert in PID-Einheiten ein (wenn der Sensor also 0–10 VDC = 20–100 PSI war, setzen Sie P43x:004 = 20,0 und P43x:005 = 100).



### PID-Tuning:

Anschließend muss der PID-Regelkreis auf das laufende System der Anwendung abgestimmt werden. Ein gängiger Ansatz zur PID-Optimierung ist der folgende:

1. Stellen Sie die Nachstellzeit für den I-Anteil im „PID I-Anteil (P602.000)“ auf 6000 ms ein, um den I-Anteil zu deaktivieren. Mit dieser Einstellung und der Voreinstellung des „PID D-Anteil (P603.000)“ arbeitet der Prozessregler als P-Regler.
2. Verstärkung des P-Anteils im „PID P-Anteil (P601.000)“ schrittweise erhöhen, bis das System instabil wird (schwingt).
3. Reduzieren Sie die Verstärkung erneut, bis das System wieder stabil ist (aufhört zu schwingen).
4. Reduzieren Sie die Verstärkung um weitere 15 %.
5. Nachstellzeit für den I-Anteil im „PID I-Anteil (P602.000)“ einstellen. Bei dieser Einstellung ist zu beachten, dass eine zu geringe Nachstellzeit insbesondere bei großen Sprüngen der Regelabweichung zu Überschwingen führen kann.
6. Optional: Stellen Sie die Verstärkung des D-Anteils im „PID D-Anteil (P603.000)“ ein.
7. Bei dieser Einstellung ist zu beachten, dass der D-Anteil sehr empfindlich auf elektrische Störungen in der Rückführung sowie auf Digitalisierungsfehler reagiert. Für die meisten Systeme kann der „PID D-Anteil (P603.000)“ auf dem Wert 0 belassen werden. Dies ist typischerweise nur bei extrem schnell reagierenden Systemen erforderlich.



## 5 Mindest Durchflussmenge (Dichtungslebensdauer und Energieeinsparungen)

Kreiselpumpen müssen oft einen Mindestdurchfluss während des Pumpenbetriebs einhalten, um eine Überhitzung der Dichtungen zu verhindern. Wird ein Mindestdurchfluss unterschritten, ist es oft erwünscht, die Pumpe abzuschalten, um Energie zu sparen.

Bei der Verwendung einer Kreiselpumpe in einer PID-Regelungsanwendung kann hierfür die Sleep-Funktion genutzt werden.

Bei einer Kreiselpumpenanwendung sollte der „PID-Schlafmodus: Aktivierung (P610:001)“ auf „Ausgangsfrequenz < Schwelle [1]“ eingestellt werden. Die „Frequenzschwelle (P610:003)“ muss auf einen für die Anwendung festgelegten niedrigen Wert eingestellt werden, der knapp unter der erforderlichen Mindestfördermenge liegt. Eine „Verzögerungszeit (P610:005)“ muss eingegeben werden. Wählen Sie einen Wert, der sicherstellt, dass die Pumpe in der Anwendung tatsächlich abgeschaltet wird. Bei zu kurzer Zeit kann es zu einem Flattern der Anwendung kommen.

Eine Wiederherstellung der Pumpenanwendung ist typischerweise abhängig vom überwachten Prozess erwünscht. Stellen Sie „Wiederherstellung P610:006“ entweder auf „PVar<Wiederherstellungsschwelle [1]“ für normal wirkende PID-Anwendungen oder auf „PVar>Wiederherstellungsschwelle [2]“ für umgekehrt wirkende PID-Anwendungen ein.

Legen Sie abschließend den „Wiederherstellungsschwellenwert (P610:008)“ für den maximalen Wert fest, den die Anwendung als Abweichung für die überwachte Prozessvariable tolerieren kann. Dieser Wert wird in benutzerdefinierten PID-Einheiten eingegeben und ist skaliert. (Wenn beispielsweise der Prozesssollwert 80 beträgt und ein maximaler Abfall auf 70 toleriert werden könnte, geben Sie 70 ein.)

Diagnose Einstellungen Parameterliste Trend →Oszilloskop+ Extras

☰ Home ← Übersicht\Prozessregler konfigurieren\Ruhezustand und Spülfunktion Suche Parameter in Dialogen 0/0

☰ Ruhezustand

Oft ist es bei geringer Auslastung wünschenswert, den Umrichter zu stoppen, um Energie zu sparen, wenn das System durch den PID-Prozessregler nicht benötigt wird. Das wird als Ruhezustand bezeichnet. Der Nutzer kann die Methode festlegen, durch die der Umrichter die Entscheidung trifft, in den Ruhezustand zu gehen. Ebenso kann der Nutzer festlegen, durch welche Methode der Umrichter wieder aus dem Ruhezustand aufwacht.

**Eingabe**

Gesperrt  
 Frequenz-Sollwert < Frequenzschwelle (+Verzögerungszeit)  
 Frequenz-Sollwert < Frequenzschwelle (+Verzögerungszeit) ODER Aktuelle Regelgröße > Rückführungsschwelle (+Verzögerungszeit)  
 Frequenz-Sollwert < Frequenzschwelle (+Verzögerungszeit) ODER Aktuelle Regelgröße < Rückführungsschwelle (+Verzögerungszeit)

Anhalteart

Austrudeln bis 0  
 Rampen bis 0  
 Stopp-Methode

**Wiederherstellung**

Frequenz-Sollwert > Frequenzschwelle (+2Hz Hysterese) ODER PID-Reglerabweichung > Bandbreite  
 Aktuelle Regelgröße < Beendigungsschwelle  
 Aktuelle Regelgröße > Beendigungsschwelle

Frequenz-Sollwert  Hz  
Frequenzschwelle  Hz  
Aktuelle Regelgröße  PID unit  
Rückführungsschwelle  PID unit  
Verzögerungszeit  s  
Bandbreite  PID unit  
Beendigungsschwelle  PID unit  
Stoppmethode

Wenn eine Pumpe in einer Nicht-PID-Anwendung eingesetzt wird, kann hierfür die Einstellung „Mindestfrequenz (P210:000)“ des Frequenzumrichters verwendet werden. Geben Sie einen geeigneten Wert ein, damit die gewünschte Mindestfördermenge voraussichtlich eingehalten wird.

Diagnose Einstellungen Parameterliste Trend →Oszilloskop+ Extras

☰ Home ← Übersicht Suche Parameter in Dialogen

☰ Ungeführte Einstellung

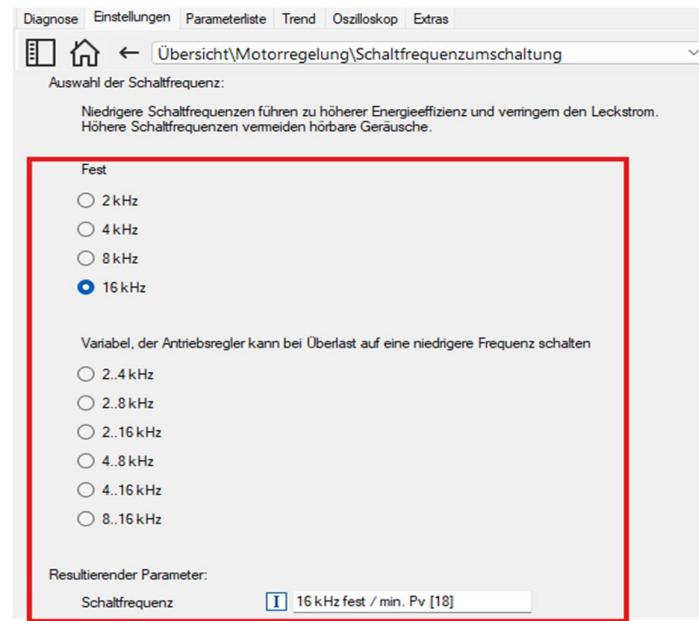
**Grundeinstellung**

Gerätename   
Betriebsart   
Netz-Bemessungsspannung   
Netzwerksteuerung aktiv.   
Netzwerk konfigurieren  
Standard-Sollwertquelle   
Konfiguration analoge Eingänge  
Startmethode   
Start beim Einschalten   
Stoppmethode

Minimalfrequenz  Hz  
Maximalfrequenz  Hz  
Beschleunigungszeit 1  s  
Verzögerungszeit 1  s  
Schnellhalt-Verzögerung  s

## 6 Schaltfrequenzauswahl und hörbares Rauschen

Die „Schaltfrequenz“ (0x2939:000-P305:000) legt die Trägerfrequenz (Schaltfrequenz) der Ausgangs-IGBTs des Antriebs fest. Höhere Schaltfrequenzen führen zu weniger hörbaren Geräuschen (Motorheulen), jedoch sinkt die Effizienz des Antriebs mit steigender Schaltfrequenz. Daher sollte dieser Parameter auf den niedrigsten Wert eingestellt werden, der einen akzeptablen Geräuschpegel liefert. Die meisten Menschen können übermäßiges Motorheulen bei Frequenzen von 8 kHz nicht hören; manche reagieren jedoch empfindlicher auf diese hörbare Frequenz. Antriebe der i500-Serie ermöglichen Einstellungen bis 16 kHz, um die Frequenz über den menschlichen Hörbereich hinaus anzuheben. Es ist zu beachten, dass niedrigere Schaltfrequenzen verwendet werden sollten, wenn der Ableitstrom die Kompatibilität mit GFCI oder FI-Schutzschalter beeinträchtigt. Es ist außerdem zu beachten, dass die Fähigkeit, einen Antrieb mit höheren Schaltfrequenzen zu betreiben, von der Nennleistung des Antriebs, der angetriebenen Last, dem Antriebsgehäuse und der Umgebungstemperatur abhängt. Konsultieren Sie die Derating-Faktoren im Projektplanungshandbuch des Antriebs, um spezifische Daten für Ihre Anwendung zu erhalten.



## 7 Spülen (bei PID-Anwendungen mit der Sleep-Funktion)

Flüssigkeiten können Schwebeteilchen enthalten (z. B. kann Trinkwasser Sedimente enthalten). Steht eine Pumpe lange genug still, können sich diese Partikel lösen und in der Pumpe ablagern. Dies kann zu Verschleiß der Pumpendichtungen und Leistungseinbußen führen. Um dies zu verhindern, verfügt der i500 über eine Spülfunktion. Diese periodische Funktion lässt die Pumpe mit einer programmierten Geschwindigkeit und für eine programmierte Dauer laufen, um die Flüssigkeit in der Pumpe wieder aufzuwirbeln und die Partikel in der Flüssigkeit zu halten, während sich der Antrieb im Ruhezustand befindet.

Stellen Sie „Spülen im Ruhemodus (P615:001)“ auf „Aktiviert [1]“. Geben Sie im „Spülintervall (P615:002)“ die Zeit in Minuten ein, wie oft die Spülung ausgeführt werden soll. Geben Sie die „Spülgeschwindigkeit (P615:003)“ ein. Geben Sie abschließend im „Spülintervall (P615:004)“ die Zeit in Sekunden ein, wie lange die Spülung dauern soll.

Diagnose Einstellungen Parameterliste Trend +Oszilloskop+ Extras

Übersicht\Prozessregler konfigurieren\Ruhezustand und Spülfunktion Suche Parameter in Dialogen 0/0

Ruhezustand

Oft ist es bei geringer Auslastung wünschenswert, den Umrichter zu stoppen, um Energie zu sparen, wenn das System durch den PID-Prozessregler nicht benötigt wird. Das wird als Ruhezustand bezeichnet. Der Nutzer kann die Methode festlegen, durch die der Umrichter die Entscheidung trifft, in den Ruhezustand zu gehen. Ebenso kann der Nutzer festlegen, durch welche Methode der Umrichter wieder aus dem Ruhezustand aufwacht.

**Eingabe**

<input type="radio"/> Gesperrt	Frequenz-Sollwert	<input type="text"/> 1 Hz
<input checked="" type="radio"/> Frequenz-Sollwert < Frequenzschwelle (+Verzögerungszeit)	Frequenzschwelle	<input type="text"/> 20.0 Hz
<input type="radio"/> Frequenz-Sollwert < Frequenzschwelle (+Verzögerungszeit) ODER Aktuelle Regelgröße > Rückführungsschwelle (+Verzögerungszeit)	Aktuelle Regelgröße	<input type="text"/> PID unit
<input type="radio"/> Frequenz-Sollwert < Frequenzschwelle (+Verzögerungszeit) ODER Aktuelle Regelgröße < Rückführungsschwelle (+Verzögerungszeit)	Rückführungsschwelle	<input type="text"/> 0.00 PID unit
Anhalteart	Verzögerungszeit	<input type="text"/> 30.0 s
<input checked="" type="radio"/> Austrudeln bis 0	Bandbreite	<input type="text"/> 0.00 PID unit
<input type="radio"/> Rampen bis 0	Beendigungsschwelle	<input type="text"/> 70.00 PID unit
<input type="radio"/> Stopp-Methode	Stoppmethode	<input type="text"/> Standard-Rampe [1]

**Wiederherstellung**

- Frequenz-Sollwert > Frequenzschwelle (+2Hz Hysterese ) ODER PID-Reglerabweichung > Bandbreite
- Aktuelle Regelgröße < Beendigungsschwelle
- Aktuelle Regelgröße > Beendigungsschwelle

Spülfunktion

Diese Funktion beschleunigt den Motor im Ruhezustand des Prozessreglers in regelmäßigen Abständen auf eine definierte Drehzahl. Ein typischer Anwendungsfall für diese Funktion ist das Spülen eines Rohrsystems mit einer Pumpe bei längerer Inaktivität, um Ablagerungen zu verhindern.

Spülen im Ruhezustand →

PID-Ruhezustand aktiv

① Spül-Intervall  30.0 min

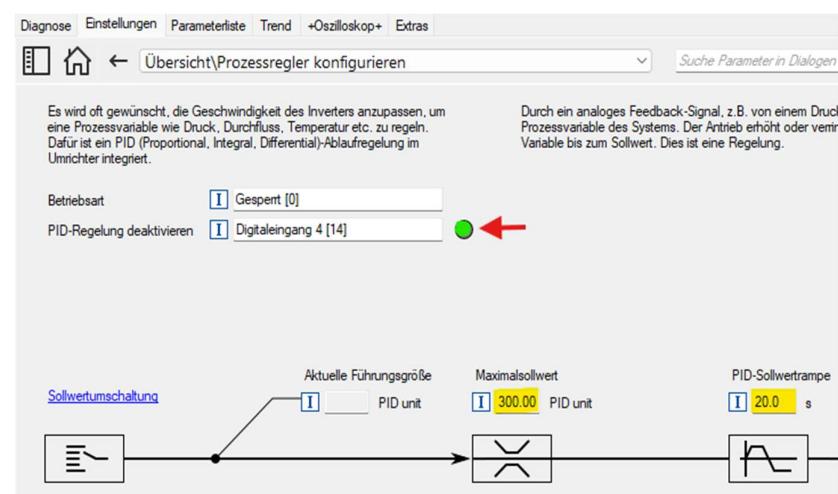
② Spül-Drehzahl  0.0 Hz

③ Spül-Zeitdauer  0.0 s

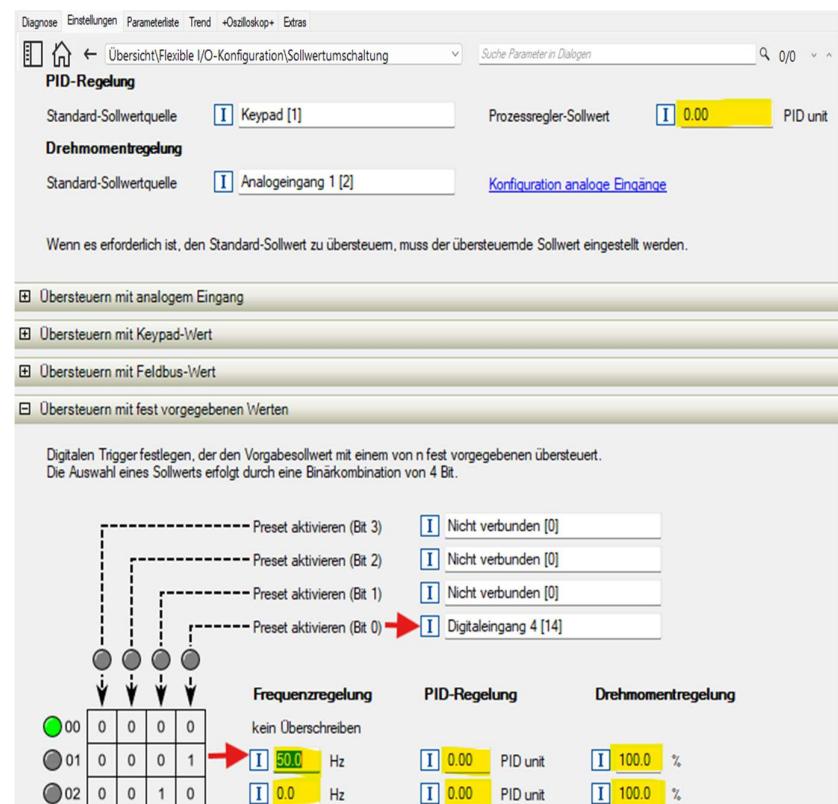
## 8 Entlüftung (in PID-Anwendungen)

Bei Pumpenanwendungen mit PID-Regelung ist häufig eine Spülfunktion erforderlich, um die Leistungen zu reinigen (z. B. zur Reinigung vor Ort). Diese Funktion setzt die PID-Regelung vorübergehend außer Kraft und stellt die Pumpe auf eine vordefinierte Drehzahl (normalerweise Volldrehzahl) ein.

Zuerst muss „PID-Regler deaktivieren (P400:045)“ auf den gewünschten Digitaleingang (z. B. „DI4 [14]“) eingestellt werden, um die Spülung auszulösen.



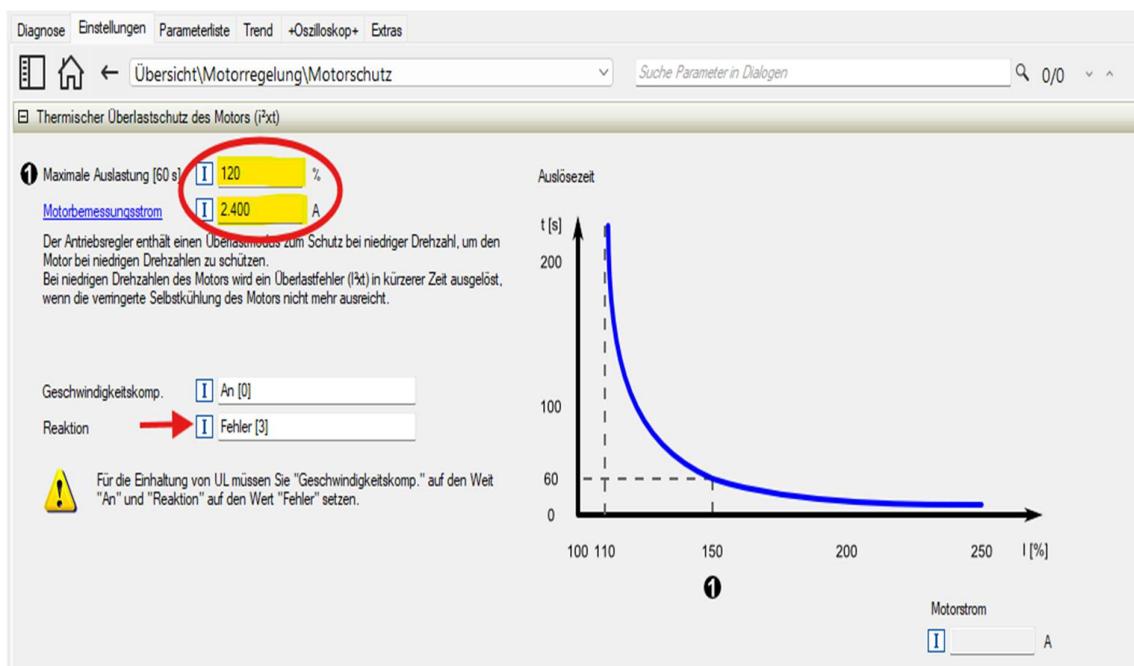
Stellen Sie anschließend „Voreinstellung“ aktivieren (Bit 0) (P400:018)“ so ein, dass die Auslösung durch denselben Digitaleingang erfolgt, der auch die Spülung auslöst (z. B. „DI4 [14]“). Stellen Sie abschließend die Spülgeschwindigkeit (z. B. 60 Hz) in „Voreinstellung 1 (P450:001)“ ein.



## 9 Rohrbrucherkennung (o. Null-Fördermengenerkennung, Auslauf)

Der Betrieb einer Kreiselpumpe ohne (oder mit unzureichendem) Gegendruck führt zu übermäßigem Durchfluss und führt dazu, dass die Pumpe bei maximaler Leistung außerhalb ihrer Pumpenkennlinie läuft (sehr ineffizient). Dieser Zustand entsteht häufig durch einen Rohrbruch oder eine nicht vollständig installierte Rohrleitung (oder durch versehentliches Offenlassen eines Abflusses). \*Hinweis: Bestimmte Pumpen in der Landwirtschaft sind so konstruiert, dass sie unter diesen Bedingungen problemlos funktionieren.

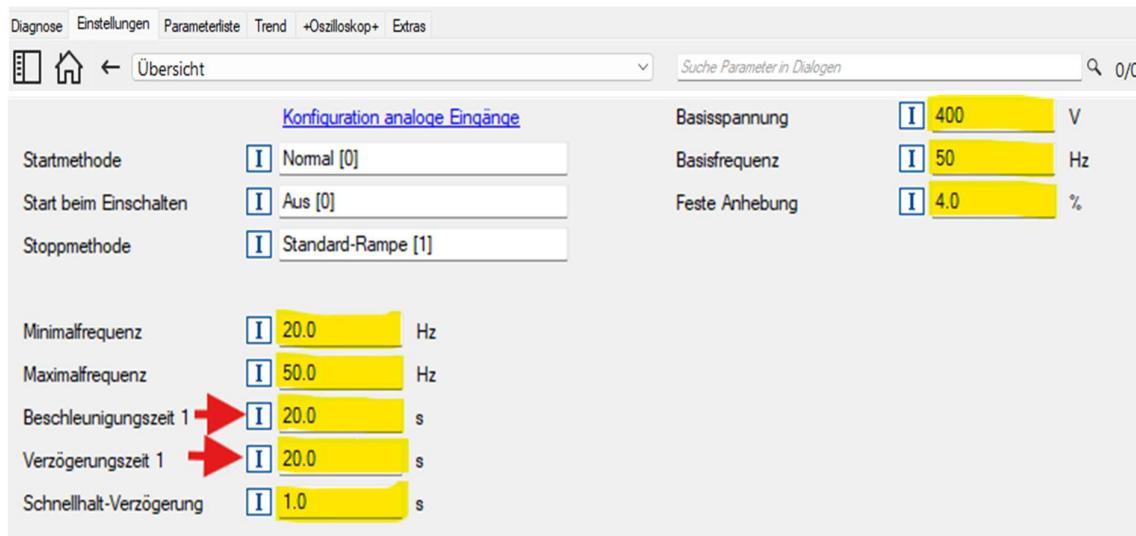
Die Motorüberlastungseinstellung des Umrichters kann in den meisten Anwendungen verwendet werden, um diesen Zustand zu erkennen und eine Störung zu beheben (und so eine Überlastung zu verhindern). Stellen Sie die „Maximale Auslastung (60 s) (P308:001)“ auf 120 % ein. Stellen Sie den „Motornennstrom (P323:000)“ entsprechend den Motortypenschilddaten ein. Stellen Sie abschließend die „Reaktion (P308:003)“ auf „Störung [3]“ ein.



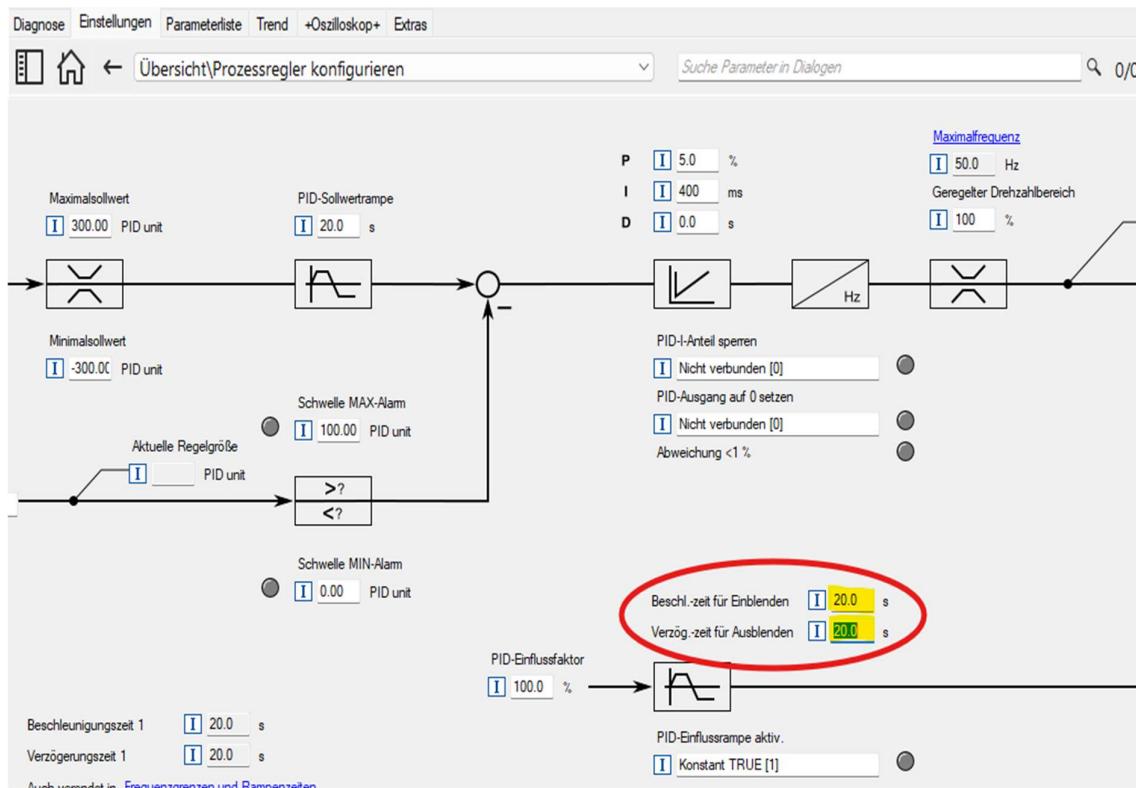
## 10 Wasserschlag Minimierung (und Rohrbefüllung)

Zu schnelles Beschleunigen oder Abbremsen von Flüssigkeit in einem Rohrleitungssystem kann Druckstöße verursachen, die die Anlage und das Rohrleitungssystem selbst belasten und beschädigen können. Diese Stöße werden als „Wasserschlag“ bezeichnet. Der i500 kann dieses Problem minimieren, wenn die Pumpe ihre Drehzahl ändert und insbesondere beim ersten Start Flüssigkeit in ein leeres Rohrleitungssystem pumpt (Rohrfüllung), indem er längere Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten programmiert.

Verwenden Sie für Anwendungen, die PID nicht verwenden, längere Zeiten sowohl für die „Beschleunigungszeit 1 (P220:000)“ als auch für die „Verzögerungszeit 1 (P221:000)“.



Verwenden Sie bei Anwendungen mit PID zusätzlich längere Zeiten für die „PID-Sollwertrampe (P604:000)“, die „Beschleunigungszeit der Aktivierung (P607:001)“ und die Verzögerungszeit zum Ausblenden (P607:002)“.



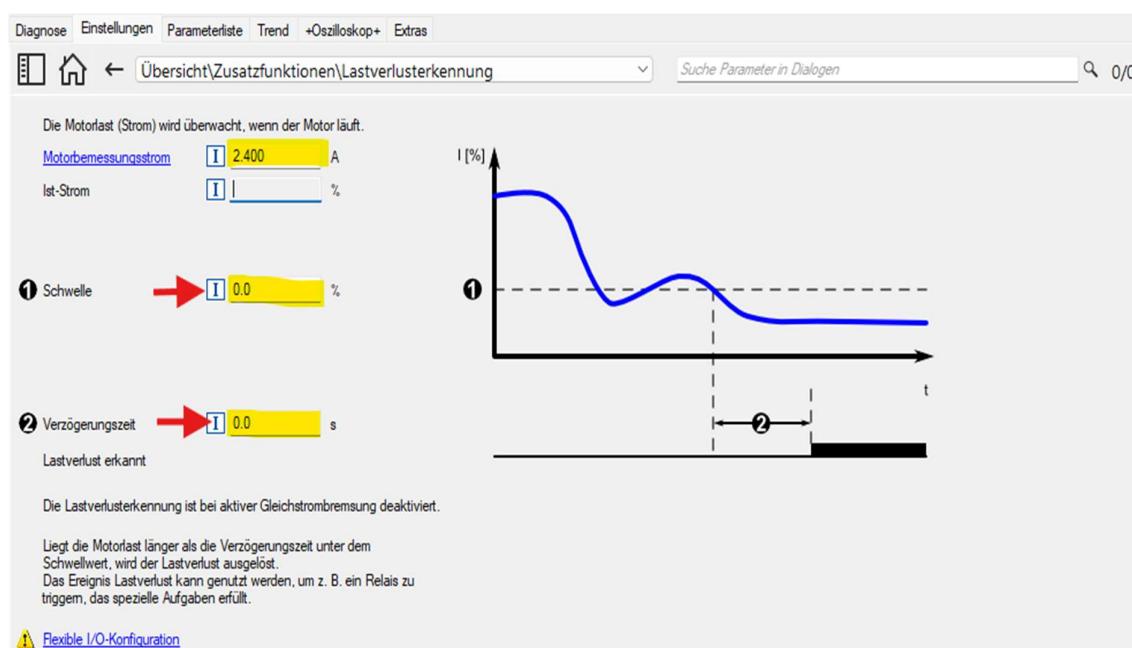
## 11 Kavitationsvermeidung, Trockenlaufschutz (Verlust d. Ansaugung)

Kreiselpumpen sollten nicht ohne Flüssigkeit betrieben werden. Dies kann zu einer Erwärmung der Dichtungen und damit zu Schäden am Motor und anderen Komponenten führen. Dieser Zustand wird als „Trockenlauf“ oder auch als „Ansaugverlust“ bezeichnet. Er lässt sich mit der gleichen Methode erkennen, die auch zur Kavitationsprävention eingesetzt wird.

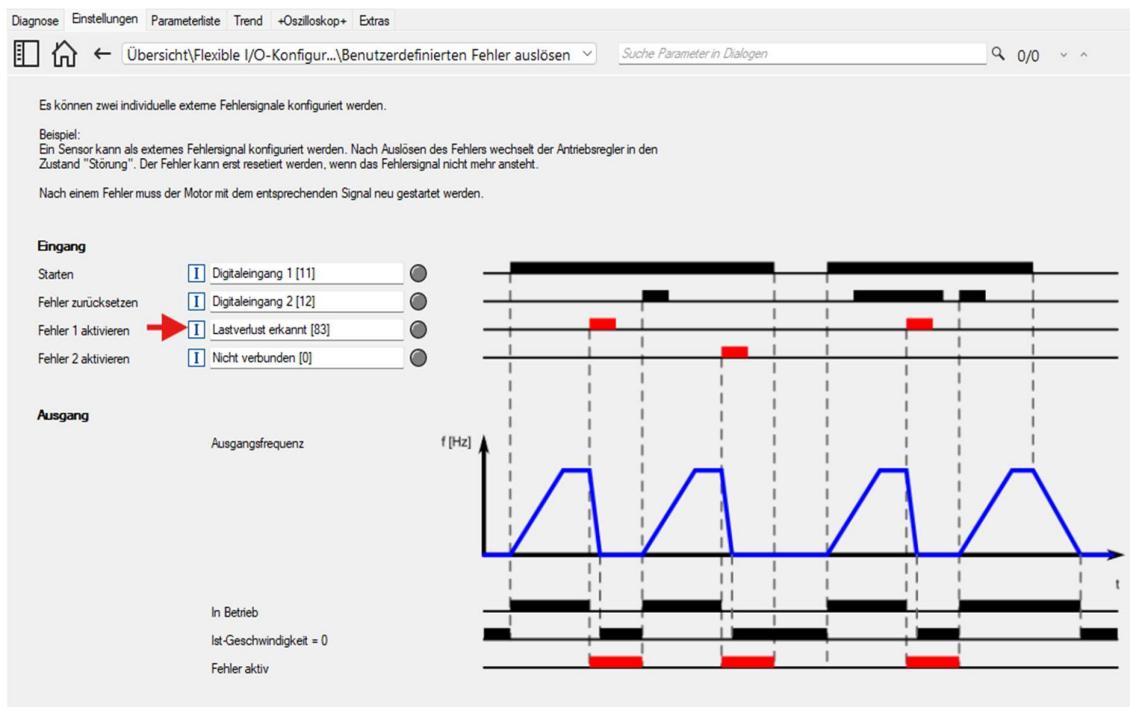
Wenn die Pumpe immer mit der gleichen Drehzahl läuft, kann ein Abfall des NPSH(Nettopositive Saughöhe) als Abfall der Motorlast erkannt werden.

Überprüfen Sie zunächst den aktuellen Istwert (P103.000) bei normalem, stabilem Pumpenbetrieb. Senken Sie anschließend den Eingangsdruck, um Kavitation zu erzeugen, und beobachten Sie erneut den aktuellen Istwert (P103.000). Bestimmen Sie einen sicheren Wert zwischen diesen beiden Werten, um die Variabilität des Systems zu berücksichtigen. Tragen Sie diesen Wert in „Schwellenwert (P710.001)“ ein.

Als Nächstes müssen wir die Erkennung mit einer Verzögerung versehen, um Auslösungen beim Anfahren oder plötzliche Änderungen durch Öffnen/Schließen von Ventilen zu verhindern. Bestimmen Sie eine sichere Zeitspanne und geben Sie diese in „Verzögerungszeit (P710.002)“ ein.

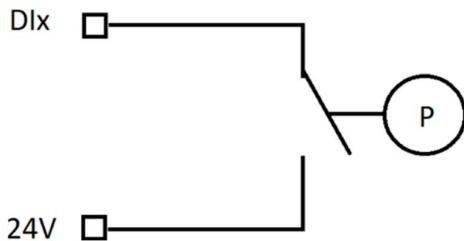


Als nächstes weisen Sie „Lastverlust erkannt [83]“ entweder „Fehler 1 aktivieren (P400:043)“ oder „Fehler 2 aktivieren (P400:044)“ zu, um den Frequenzumrichter basierend auf dem NPSH-Verlust entweder mit „Benutzerdefiniertem Fehler 1“ oder „Benutzerdefiniertem Fehler 2“ zu belegen.

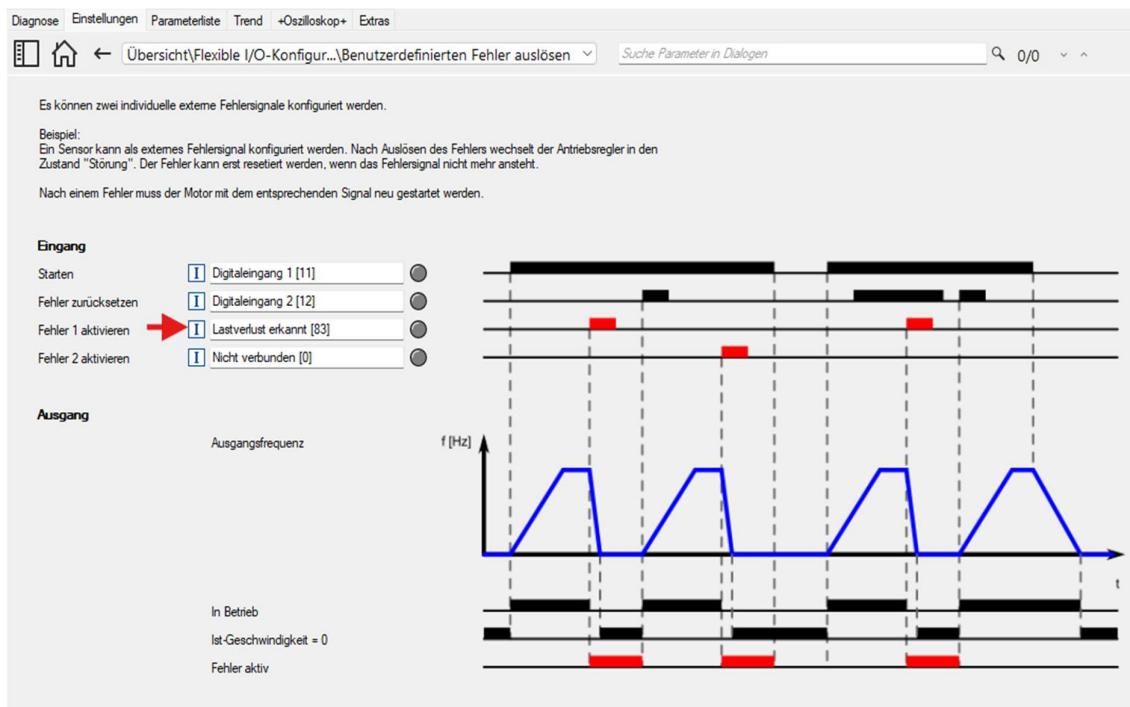


Wird der Antrieb bei unterschiedlichen Betriebspunkten betrieben, ist ein externer Drucksensor erforderlich. Der Sensor muss in das Prozessrohrleitungssystem der Anwendung vor der Pumpe eingebaut werden. Es empfiehlt sich, den Sensor in einem Abstand von drei bis fünf Rohrdurchmessern vor der Pumpe zu installieren.

Die wirtschaftlichste Lösung ist die Verwendung eines Druckschalters (Kontaktschluss), der schließt, wenn der erforderliche Mindestdruck erreicht ist. Verdrahten Sie den Schalter zwischen „24 V“ und einem der digitalen Eingänge des Frequenzumrichters (z. B. DI3).



Als nächstes weisen Sie diesen Digitaleneingang als Auslöser zu, um entweder „Fehler 1 aktivieren (P400:043)“ oder „Fehler 2 aktivieren (P400:044)“, um den Antrieb basierend auf dem NPSH-Verlust entweder mit „Benutzerdefiniertem Fehler 1“ oder „Benutzerdefiniertem Fehler 2“ zu beanstanden.



Da der offene Schalter zum Auslösen des Fehlers benötigt wird, muss die Funktion des Digitaleingangs invertiert werden. Setzen Sie P411.00x (x ist der gewünschte Digitaleingang) = „Invertiert [1]“.

Parameterliste

Adresse	Anzeigecodestelle	Bezeichnung	Wert	Einheit
0x2632:001	P411:001	Invert. Digitaleingänge: Digitaleingang 1	Nicht invertiert [0]	
0x2632:002	P411:002	Invert. Digitaleingänge: Digitaleingang 2	Nicht invertiert [0]	
<b>0x2632:003</b>	<b>P411:003</b>	<b>Invert. Digitaleingänge: Digitaleingang 3</b>	<b>Invertiert [1]</b>	
0x2632:004	P411:004	Invert. Digitaleingänge: Digitaleingang 4	Nicht invertiert [0]	
0x2632:005	P411:005	Invert. Digitaleingänge: Digitaleingang 5	Nicht invertiert [0]	

## 12 Kaskadenanwendung (Lösung für Druckerhöhungspumpen)

Einige Pumpenantriebe verfügen über integrierte Logik für Duplex- und Triplex-Pumpenanwendungen. Der i500 kann in solchen Anwendungen mit einem übergeordneten Controller (z. B. dem Lenze C300) eingesetzt werden, der die logischen Aufgaben übernimmt und die Antriebe als Ein-/Ausgabegeräte nutzt.

Der i500 kann jedoch auch ohne übergeordnete Steuerung in einer einfachen Druckerhöhungspumpe eingesetzt werden. In diesem Beispielsystem werden zwei i500-Antriebe verwendet: einer für die Hauptpumpe und einer für die Druckerhöhungspumpe mit fester Drehzahl. Zu beachten ist, dass die Kombination aus Haupt- und Druckerhöhungspumpe mehr Leistung haben muss als das Gesamtsystem benötigt.

Die zweite Anwendungsüberlegung, die beachtet werden muss, ist, dass die Hauptpumpe eine höhere Kapazität als die Druckerhöhungspumpe haben muss, damit die Regelbarkeit des Systems gewährleistet ist. Wenn beide Pumpen physikalisch identisch sind, kann dies erreicht werden, indem die Druckerhöhungspumpe mit einer leicht reduzierten Drehzahl (z. B. 45 Hz) betrieben wird.

**Den Antrieb der Druckerhöhungspumpe stellen Sie wie folgt ein:**

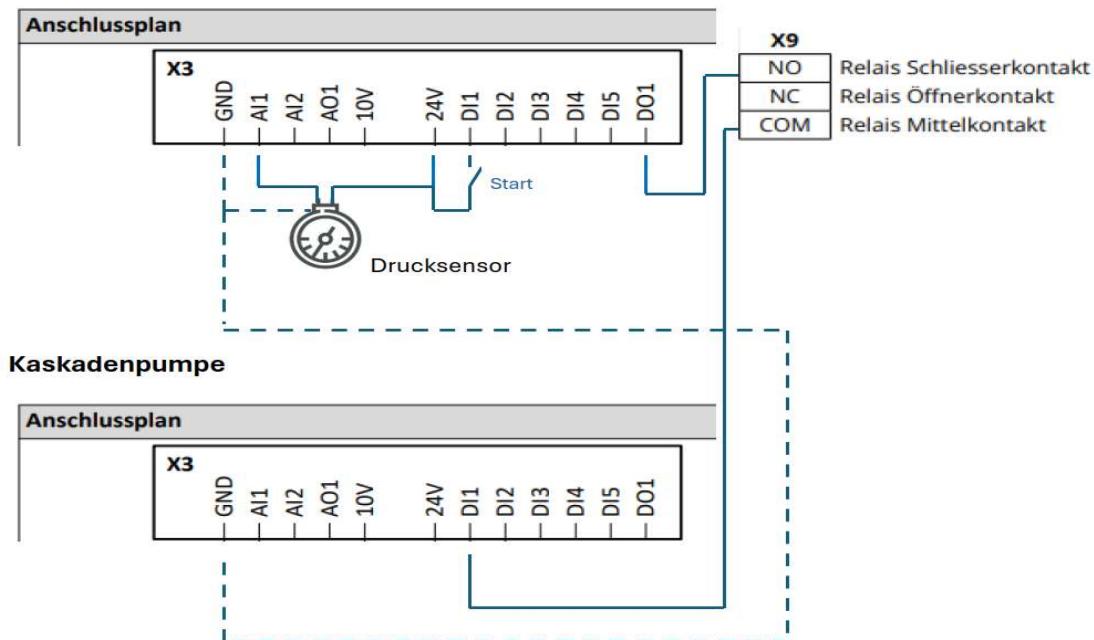
- Stellen Sie den „Motorregelungsmodus (P300:000)“ auf „U/f-Steuerung (offener Regelkreis) [6]“ ein.
- Stellen Sie die „U/f-Kennlinienform (P302:000)“ auf „Quadratisch [1]“ ein.
- Stellen Sie die „Maximale Auslastung (P308:001)“ auf „120 %“ ein.
- Stellen Sie die Motordaten gemäß dem Typenschild des Motors ein.

- Stellen Sie anschließend „Standardsollwertquelle (P201:001)“ auf „Frequenzvorgabe 1 [11]“ ein.
- Stellen Sie „Wechselrichter aktivieren (P400:001)“ auf „Konstante TRUE [1]“ ein.
- Stellen Sie „Betrieb (P400:002)“ auf „Digitaleingang 1 [11]“ ein.
- Geben Sie in „Vorgabe 1 (P450:001)“ eine geeignete Frequenz ein, die sicherstellt, dass die kombinierte Kapazität der Druckerhöhungs- und Hauptpumpe die Gesamtkapazität des Systems übersteigt und dennoch niedriger ist, sodass die Kapazität der Druckerhöhungspumpe kleiner ist als die der Hauptpumpe (d. h. wenn beide Pumpen physikalisch identisch sind und beide zusammen über eine ausreichende Kapazität verfügen, stellen Sie die Frequenz auf 45 Hz ein).
- Geben Sie sowohl für die „Beschleunigungszeit 1 (P220:000)“ als auch für die „Verzögerungszeit 1 (P221:000)“ eine ausreichend lange Zeit ein, um sicherzustellen, dass der Wasserschlag während der Rohrfüllung für den Systemstart minimiert wird (z. B. 20 Sekunden).

- Als nächstes verdrahten wir den Antrieb DI1 der Druckerhöhungspumpe so, dass er durch die Kombination aus DO1 der Hauptpumpe und dem Relaisausgang ausgelöst wird. Dies ergibt eine Reihenschaltung. Wir nutzen die Kombination beider Ausgänge, um sicherzustellen, dass die Druckerhöhungspumpe nur dann eingeschaltet wird, wenn der Antrieb der Hauptpumpe dies erfordert, und um sicherzustellen, dass die Druckerhöhungspumpe nicht eingeschaltet wird, wenn der Antrieb der Hauptpumpe nicht läuft.

**Der Schaltplan ist unten dargestellt:**

## Hauptpumpenantrieb

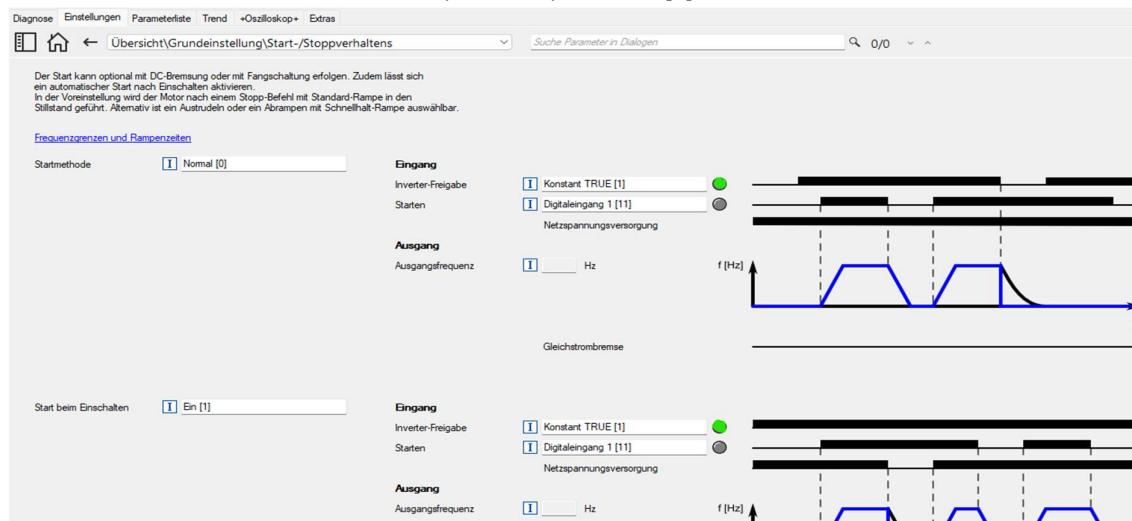


**Für den Hauptpumpenantrieb:**

- Stellen Sie den „Motorregelungsmodus (P300:000)“ auf „U/f-Steuerung (offener Regelkreis) [6]“ ein.
- Stellen Sie die „U/f-Kennlinienform (P302:000)“ auf „Quadratisch [1]“ ein.
- Stellen Sie die „Maximale Auslastung (P308:001)“ auf „120 %“ ein.
- Stellen Sie die Motordaten gemäß dem Typenschild des Motors ein.

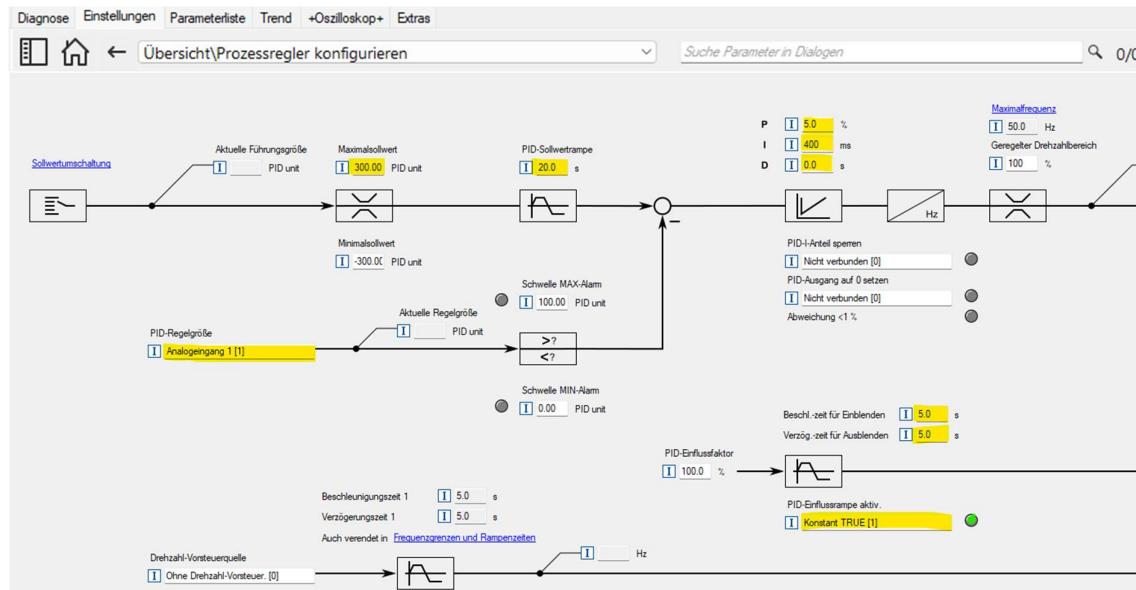
- Setzen Sie anschließend „Wechselrichter aktivieren (P400:001)“ auf „Konstante TRUE [1]“.
- Setzen Sie „Betrieb (P400:002)“ auf „Digitaleingang 1 [11]“. Verdrahten Sie den RUN/STOP-Kontakt Ihres Systems mit DI1 des Hauptpumpenantriebs.
- Geben Sie abschließend sowohl für „Beschleunigungszeit 1 (P220:000)“ als auch für „Verzögerungszeit 1 (P221:000)“ eine ausreichend lange Zeit ein, um sicherzustellen, dass der Wasserschlag, während der Rohrbefüllung beim Systemstart minimiert wird (z. B. 20 Sekunden). Verwenden Sie für diese Zeiten denselben Wert wie für den Booster-Pumpenantrieb.

- Stellen Sie „Start beim Einschalten (P203:002)“ auf „Ein [1]“.



Nun muss die PID für die Anwendung eingerichtet werden:

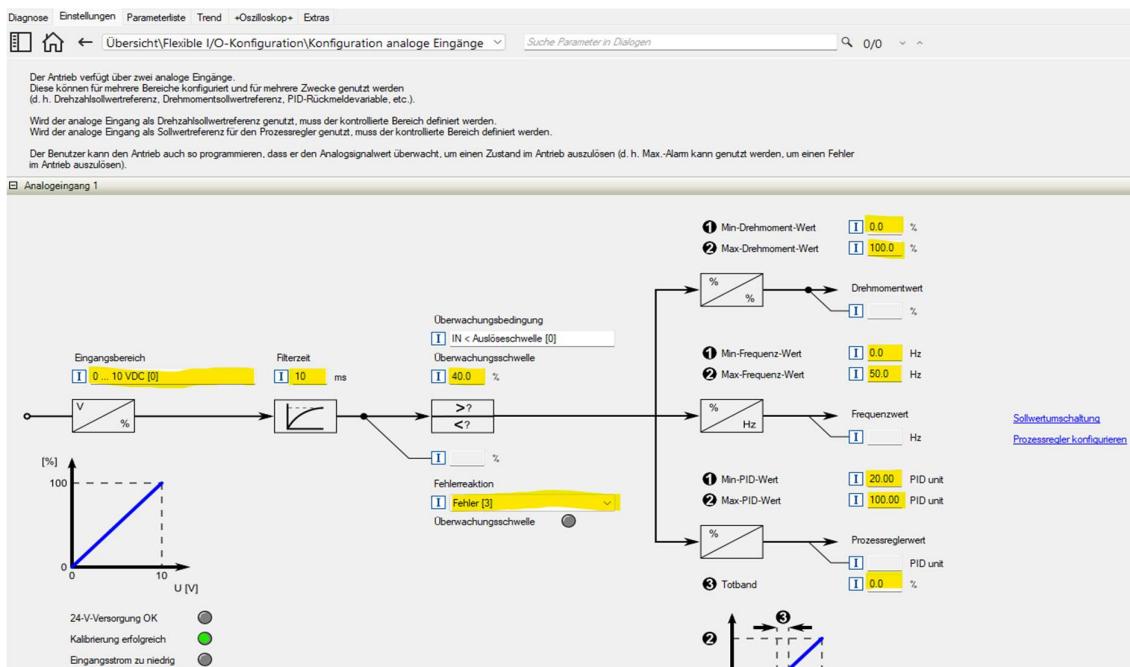
- Zunächst wird ein geeigneter Analogsensor im System installiert. Dieser Druckmessumformer wird an AIN1 des Hauptpumpenantriebs angeschlossen. Die Druckregelung einer Kreiselpumpe ist eine PID-Anwendung mit normaler Wirkungsweise.
- Stellen Sie die Betriebsart (P600:001) auf „Normalbetrieb [1]“ ein.
- Anschließend programmieren Sie, welcher Analogeingang des Antriebs als überwachte Prozessvariable verwendet werden soll. Stellen Sie die PID-Prozessvariable (P600:002) auf „Analogeingang 1 [1]“ ein.



- Als Nächstes müssen wir den Antrieb für die Sollwertquelle programmieren. Der Sollwert ist der Sollwert, den der Antrieb mit der überwachten Prozessgröße in Einklang bringen soll. Sollwertquellen können die Tastatur, ein analoges Signal (darf nicht derselbe Analogeingang wie die überwachte Prozessgröße sein) oder ein vordefinierter interner Sollwert sein. Stellen Sie „Standard-Sollwertquelle (P201:002)“ je nach Bedarf auf eine der folgenden Optionen ein: „Tastatur [1]“, „Analogeingang 2 [3]“ oder „PID-Vorgabe 1 [11]“. Wenn Sie „PID-Vorgabe 1 [11]“ als Sollwert verwenden, stellen Sie sicher, dass Sie den gewünschten Sollwert auch in „Vorgabe 1 (P451.001)“ programmieren.

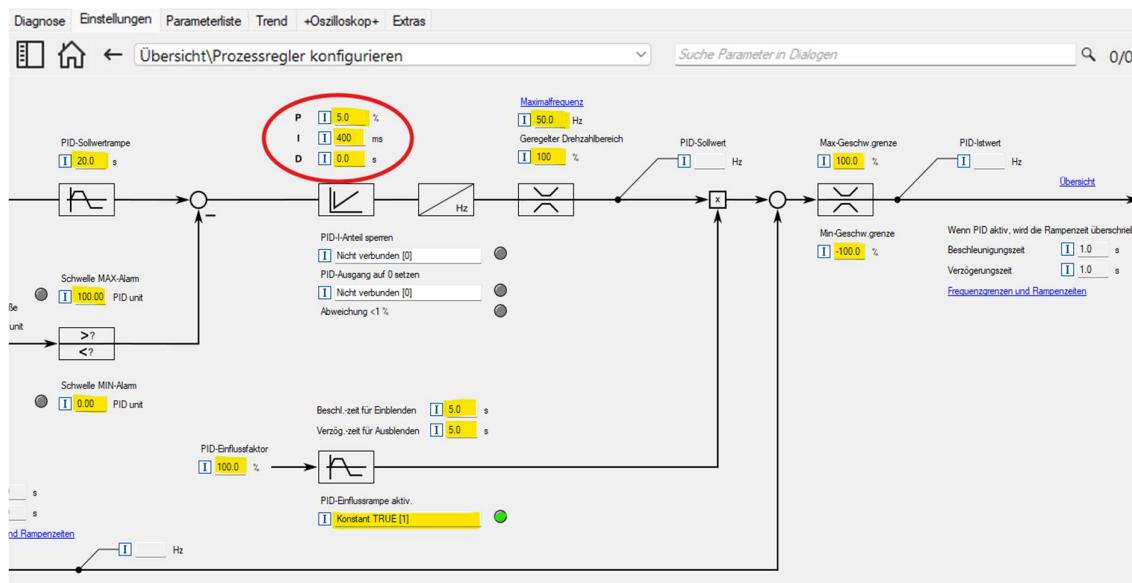
The screenshot shows the software interface for configuring a frequency converter. The top navigation bar includes 'Diagnose', 'Einstellungen', 'Parameterliste', 'Trend', '+Oszilloskop+', 'Extras', and a search bar 'Suche Parameter in Dialogen'. The main window is titled 'Übersicht\Flexible I/O-Konfiguration\Sollwertumschaltung'. It contains sections for 'Frequenzregelung', 'PID-Regelung', and 'Drehmomentregelung', each with dropdown menus for selecting the source of the setpoint. Below these is a note: 'Bei allgemeinen Drehzahlanwendungen muss der Benutzer eine Referenz für den relevanten (Standard-) Hauptsollwert festlegen. Bei Anwendungen, die nur einen Sollwert erfordern (keine Übersteuerung gefordert), ist der Standardsollwert der einzige Parameter, der eingestellt werden muss.' A note below states: 'Wenn es erforderlich ist, den Standard-Sollwert zu übersteuern, muss der übersteuende Sollwert eingestellt werden.' The 'Oversteuern mit analogem Eingang' section includes a 4-bit binary selection table and a 4x4 matrix for PID settings.

Bitte beachten Sie, dass der Sollwert in benutzerdefinierten PID-Einheiten angegeben wird, die wiederum in der analogen Eingangskanalkonfiguration der überwachten Prozessvariable konfiguriert sind. Programmieren Sie sowohl den „Min. PID-Wert (P43x:004)“ als auch den „Max. PID-Wert (P43x:005)“ entsprechend dem Signalbereich des analogen Sensors, der zur Überwachung der Prozessvariable verwendet wird. Geben Sie diesen Wert in PID-Einheiten ein (wenn der Sensor also 0–10 VDC = 20–100 PSI war, setzen Sie P43x:004 = 20,0 und P43x:005 = 100).



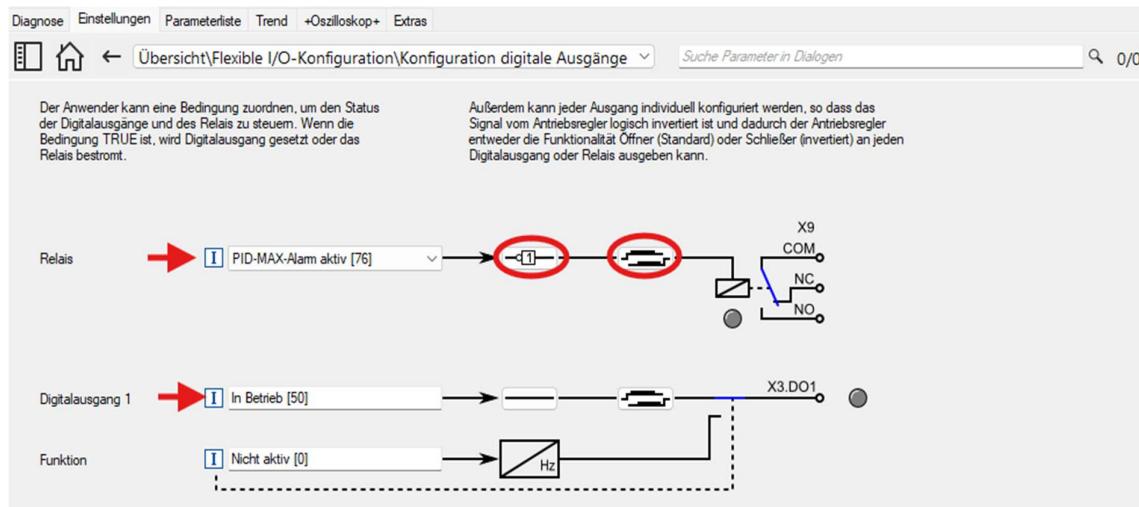
Der PID-Regelkreis muss anschließend am laufenden System für die Anwendung optimiert werden. Dies geschieht unter einer Last, die allein von der laufenden Hauptpumpe getragen werden kann. Ein gängiges Verfahren zur PID-Optimierung ist folgendes:

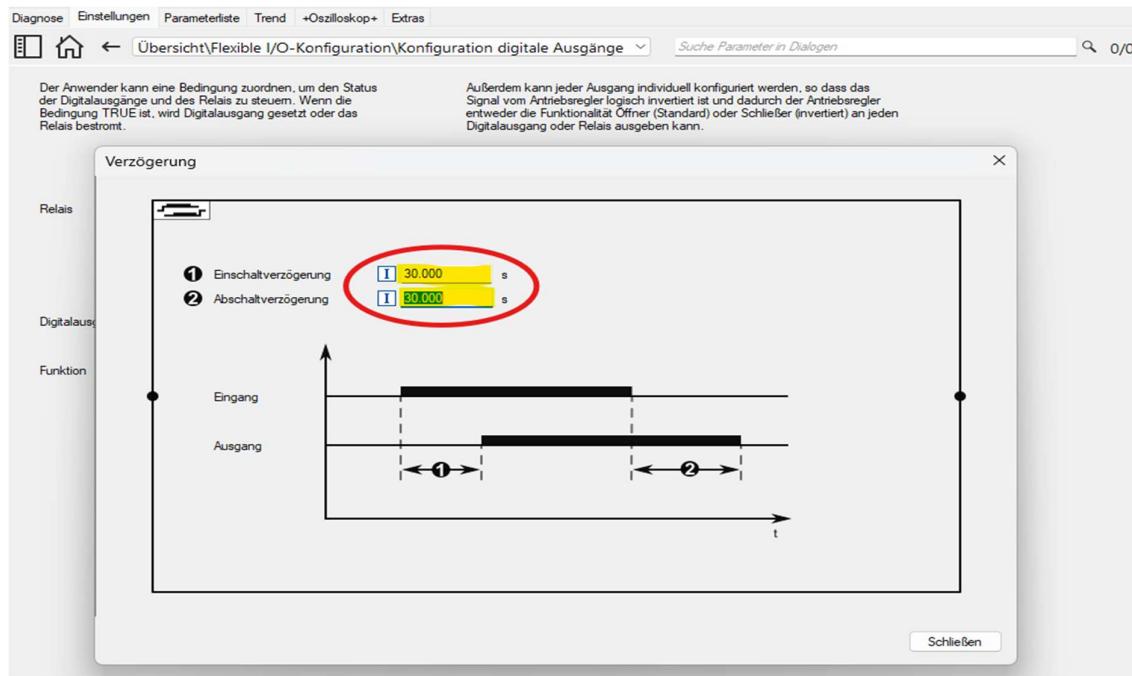
1. Stellen Sie die Nachstellzeit für den I-Anteil in „PID I-Anteil (P602.000)“ auf 6000 ms ein, um den I-Anteil zu deaktivieren. Mit dieser Einstellung und der Standardeinstellung „PID D-Anteil (P603.000)“ arbeitet der Prozessregler als P-Regler.
2. Erhöhen Sie die Verstärkung des P-Anteils schrittweise in „PID P-Anteil (P601.000)“, bis das System instabil wird (schwingt).
3. Reduzieren Sie die Verstärkung erneut, bis das System wieder stabil ist (nicht mehr schwingt).
4. Reduzieren Sie die Verstärkung um weitere 15 %.
5. Stellen Sie die Nachstellzeit für den I-Anteil in „PID I-Anteil (P602.000)“ ein. Bei dieser Einstellung ist zu beachten, dass eine zu niedrige Nachstellzeit zu Überschwingen führen kann, insbesondere bei großen Sprüngen der Regelabweichung.
6. Optional: Stellen Sie die Verstärkung des D-Anteils in „PID D-Anteil (P603.000)“ ein.
7. Bei dieser Einstellung ist zu beachten, dass der D-Anteil sehr empfindlich auf elektrische Störungen in der Rückführung sowie auf Digitalisierungsfehler reagiert. Für die meisten Systeme kann der „PID D-Anteil (P603:000)“ auf dem Wert 0 belassen werden. Dies ist typischerweise nur für extrem schnell reagierende Systeme erforderlich.



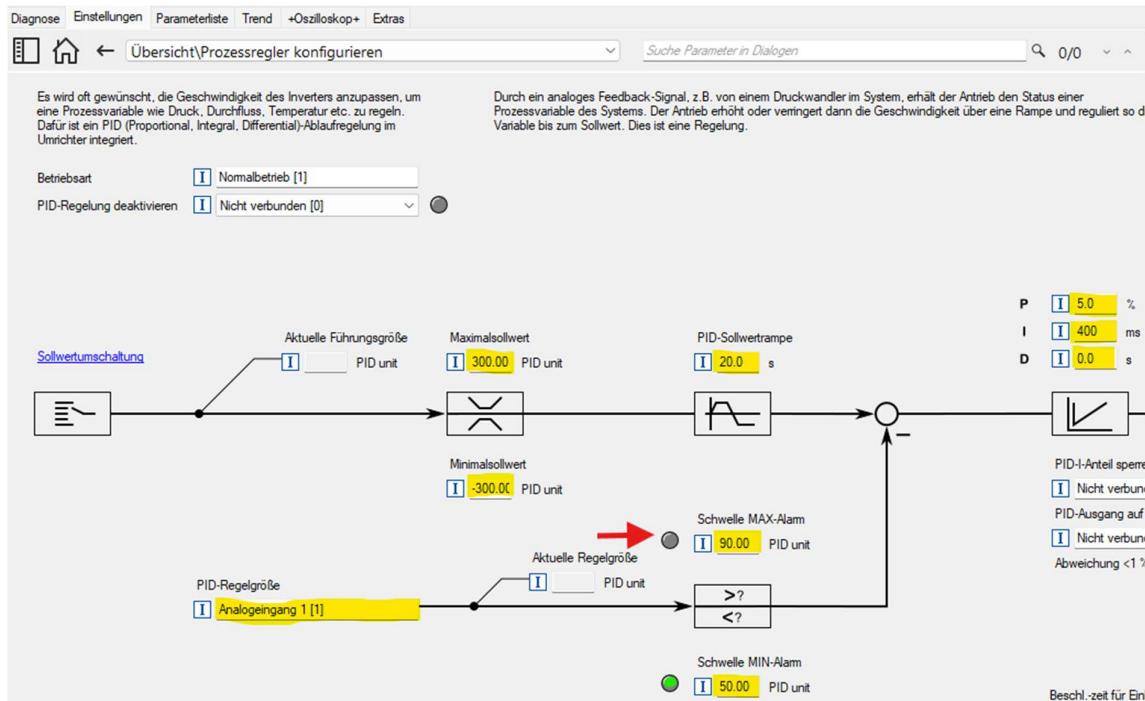
Nun müssen die Auslösebedingungen für den Digitalausgang 1 und den Relaisausgang des Hauptpumpenantriebs zum Starten und Stoppen des Boosterpumpenantriebs festgelegt werden.

- Konfigurieren Sie die Funktion „Digitale Ausgänge: Relais (P420:001)“ für „PID-MAX-Alarm aktiv [76]“ und die Invertierung der digitalen Ausgänge: Relais (P421:001) auf „Invertiert [1]“. Dies ist die Standardeinstellung. Die Zuordnungen werden später durch Parameterumschaltung geändert, um die Anwendungssteuerung abzuschließen.
- Setzen Sie die Funktion „Digitale Ausgänge: Digitalausgang 1 (P420:002)“ auf „Läuft [50]“.
- Stellen Sie die „Relais: Einschaltverzögerung (0x4018:004)“ und „Relais: Ausschaltverzögerung (0x4018:003)“ auf einen Wert ein, der LÄNGER ist als der für „Beschleunigungszeit 1 (P220:000)“ und „Verzögerungszeit 1 (P221:000)“ eingestellte Wert. Es wird empfohlen, den Wert, um mindestens 50 % zu erhöhen (wenn also die Beschleunigungszeit 1 auf 20 Sekunden eingestellt ist, stellen Sie die Ein- und Ausschaltverzögerungen auf mindestens 30 Sekunden ein). Dies ist notwendig, um eine Hysterese zu erzeugen und die Steuerbarkeit des Systems zu gewährleisten.



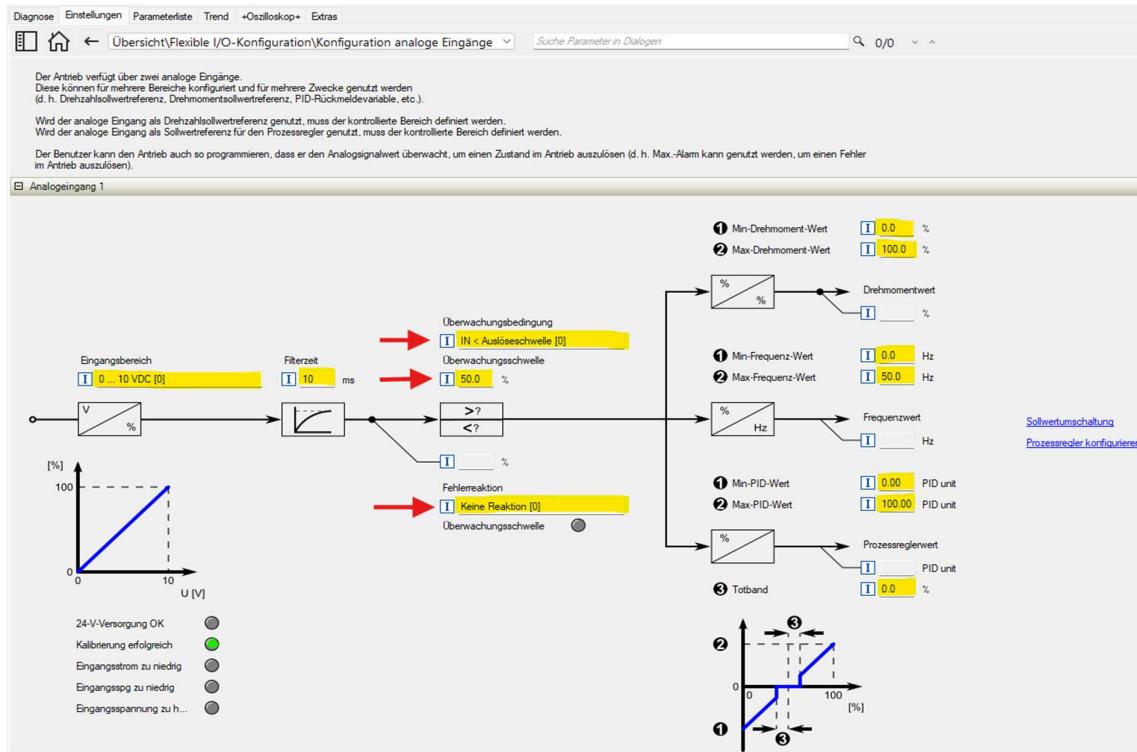


- Stellen Sie die „MAX-Alarmschwelle (P608:002)“ auf den höchsten Wert ein, den das System über dem Sollwert tolerieren kann, um den Druck festzulegen, bei dem die Druckerhöhungspumpe abgeschaltet werden soll. Dieser Wert wird in PID-Einheiten eingegeben.



- Stellen Sie „Analogeingang 1: Überwachungsbedingung (P430:009)“ auf „IN< Triggerschwelle [0]“ ein.

- Stellen Sie anschließend den Wert von „Analogeingang 1: Überwachungsschwelle (P430:008)“ auf den minimal zulässigen Druckabfall des Druckmessumformers in der Anwendung ein, um den Punkt festzulegen, an dem die Druckerhöhungspumpe einschalten soll. Hinweis: Dieser Wert wird als Prozentsatz des Gesamtbereichs von Analogeingang 1 eingestellt. Er wird NICHT in PID-Einheiten angegeben.
- Stellen Sie „Analogeingang 1: Fehlerreaktion (P430:010)“ auf „Keine Reaktion [0]“ ein.



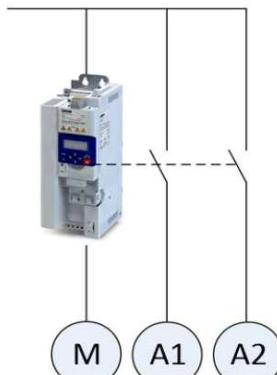
Abschließend muss die Parameterumschaltung konfiguriert werden, um die gewünschte Regelung zu erreichen. Stellen Sie Folgendes ein:

- „Aktivierung des Parametersatzes (P755:000)“ = „Auswahl geändert (sofort) [3]“
- „Auswahl des Parametersatzes (Bit 0) (P400:041)“ = „Fehler Analogeingang 1 [81]“
- Konfigurieren Sie sowohl die Parameter „Digitalausgangsfunktion: Relais (P420:001)“ als auch „Invertierung der Digitalausgänge: Relais (P421:001)“ so, dass sie wie unten gezeigt für „Wert 1“ und „Wert 2“ umgeschaltet werden:

## Kaskadenregelung mit FU und Schützensteuerung

Diese Funktion ermöglicht die Steuerung mehrerer Antriebe in Lüfter- und Pumpenanwendungen. Der Hauptantrieb wird vom Umrichter gesteuert und die (maximal zwei) Zusatzantriebe werden bei Bedarf direkt über Schütze zugeschaltet. Der Hauptantrieb wird vom PID-Regler oder einer anderen alternativen Sollwertquelle (digitale/analoge Eingänge, Keypad, Netzwerk) gesteuert. Die Schaltzyklen der Zusatzantriebe werden abhängig von der tatsächlichen Last (PID-Regler) ausgelöst.

Beispiel mit Frequenzumrichter i550 cabinet:

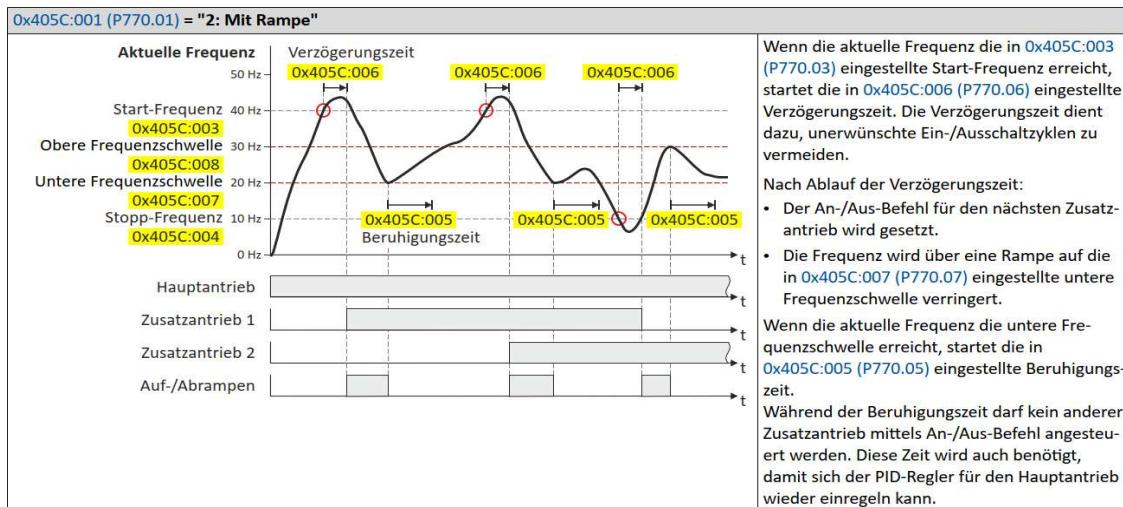
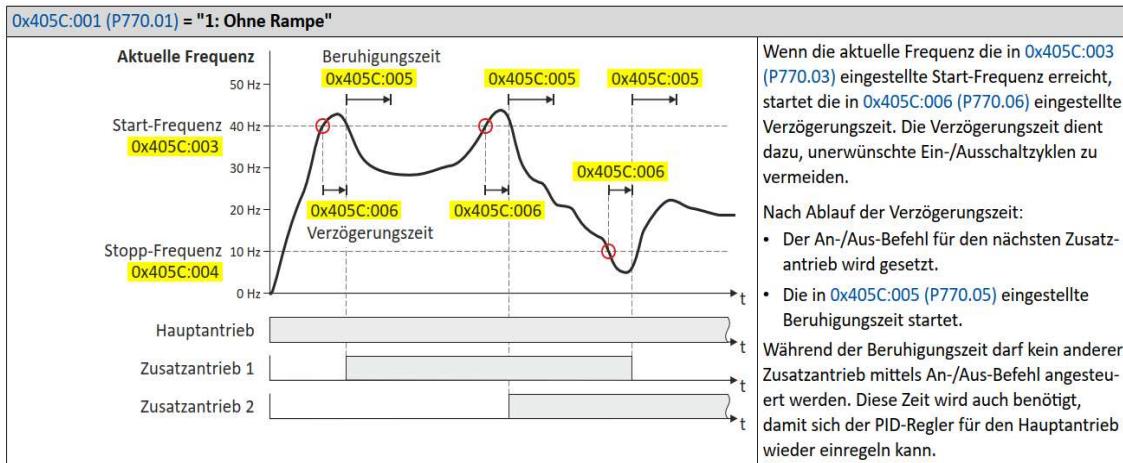


M Hauptantrieb  
A1 Zusatzantrieb 1  
A2 Zusatzantrieb 2

Für die Ansteuerung der Leistungsschütze können zusätzliche Relais erforderlich sein, wenn der Strom-/Spannungsbereich vom Relais/Digitalausgang für eine direkte Ansteuerung nicht ausreicht.

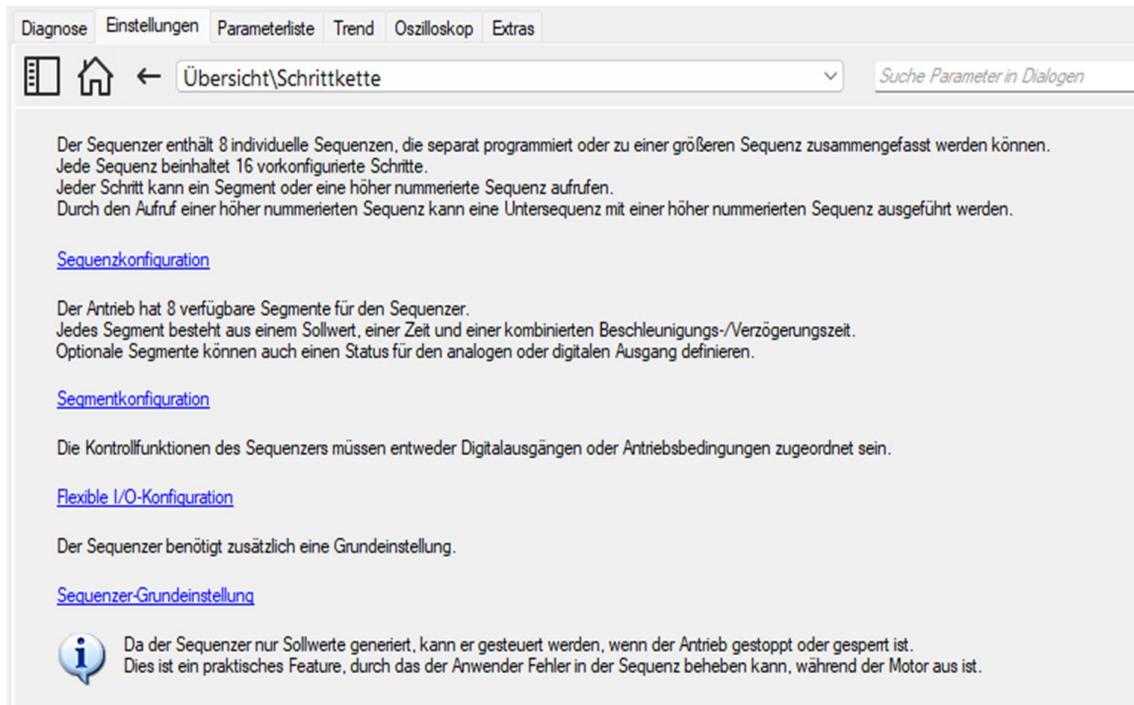
## Betriebsarten

Für die Kaskadenfunktion stehen zwei Betriebsarten zur Auswahl, "ohne Rampe" und "mit Rampe". Die folgenden Diagramme veranschaulichen das jeweilige Verhalten.



## 13 Sequenzer

Der i500 verfügt über einen internen erweiterten Sequenzer. Dieser kann verwendet werden, um zusätzliche Steuerungen bei sich wiederholenden Pumpvorgängen überflüssig zu machen. Einzelheiten hierzu finden Sie in der Inbetriebnahmeanleitung des i510 oder i550.



The screenshot shows the software interface with a navigation bar at the top: Diagnose, Einstellungen, Parameterliste, Trend, Oszilloskop, Extras. Below the bar, a breadcrumb navigation shows 'Übersicht\Schrittkette'. A search bar 'Suche Parameter in Dialogen' is on the right. The main content area contains text about the Sequencer, followed by several hyperlinks: 'Sequenzkonfiguration', 'Segmentkonfiguration', 'Flexible I/O-Konfiguration', and 'Sequenzer-Grundeinstellung'. A blue info icon with a white 'i' is present, followed by a note: 'Da der Sequenzer nur Sollwerte generiert, kann er gesteuert werden, wenn der Antrieb gestoppt oder gesperrt ist. Dies ist ein praktisches Feature, durch das der Anwender Fehler in der Sequenz beheben kann, während der Motor aus ist.'

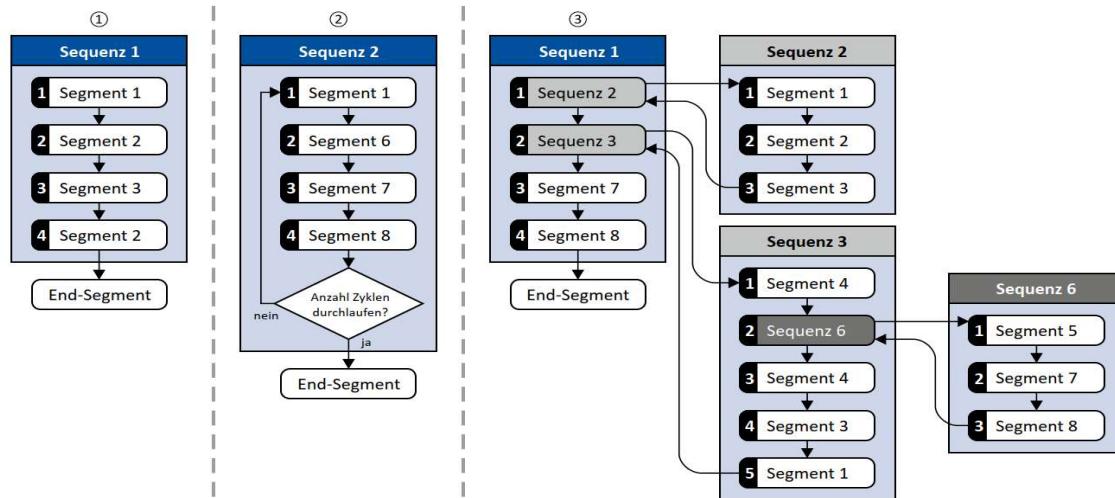
Mit der Funktion "Sequenzer" lässt sich eine programmierte Abfolge ("Sequenz") von Sollwerten an die Motorregelung übergeben. Die Weiterschaltung zum nächsten Sollwert kann zeit- oder ereignisgesteuert erfolgen. Optional kann die Funktion "Sequenzer" auch die digitalen und analogen Ausgänge ansteuern.

**Der Sequenzer erzeugt nur Sollwerte. Der Sequenzer steuert jedoch nicht den Motorbetrieb (gibt keine Start- und Stoppbefehle aus). In der Ausführung mit IO-Link wird diese Funktion nicht angeboten.**

### Grundlagen: Sequenzen, Schritte und Segmente

- Insgesamt lassen sich Sequenzen mit den Nummern 1 bis 8 konfigurieren.
- Jede Sequenz besteht aus 16 konfigurierbaren Schritten.
- Jeder Schritt einer Sequenz kann ein sogenanntes "Segment" aufrufen.
  - Ein Segment enthält u. a. voreingestellte Sollwerte (Drehzahlsollwert, PID-Sollwert, Drehmoment-sollwert), eine kombinierte Beschleunigung/Verzögerung für den Drehzahlsollwert und optional eine Konfiguration für die digitalen und analogen Ausgänge.
  - Es lassen sich 8 verschiedene Segmente und ein End-Segment konfigurieren.

- Alternativ zum Aufruf eines einzelnen Segments lässt sich aus einem Schritt heraus auch eine komplette Sequenz (mit höherer Nummer) aufrufen. Dadurch lassen sich verschachtelte Sequenzen realisieren oder mehrere Sequenzen zu einer Sequenz zusammenfassen.



## Inbetriebnahme

Für die Inbetriebnahme des Sequenzers empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Segmente (inklusive End-Segment) konfigurieren.

Details: [Segmentkonfiguration Seite 106](#)

2. Sequenzen konfigurieren:

- a) Die Segmente den einzelnen Schritten einer Sequenz zuordnen.
- b) Anzahl der Zyklen (Durchläufe) für die jeweilige Sequenz einstellen.

Details: [Sequenzkonfiguration Seite 117](#)

3. Grundeinstellung des Sequenzers vornehmen:

- a) Den gewünschten Betriebsmodus (Zeit- und/oder Schrittbetrieb) einstellen.
- b) Optional den Sequenz-Ende-Modus und den Sequenz-Start-Modus anpassen.

Details: [Sequenzer-Grundeinstellung Seite 121](#)

4. Steuerung des Sequenzers konfigurieren:

- a) Den Funktionen zur Auswahl einer Sequenz geeignete Trigger (z. B. Digitaleingänge) zuordnen.
- b) Den Funktionen zur Steuerung des Sequenzers (Starten, Stoppen, Abbrechen, ...) geeignete Trigger zuordnen.

Details: [Sequenzer-Steuerfunktionen Seite 124](#)

## Steuerung

Der Sequenzer kann mit den folgenden Funktionen gesteuert werden. Details siehe Kapitel "Sequenzer-Steuerfunktionen". Seite 124

Funktion	Info
Sequenz auswählen (Bit 0) ... Sequenz auswählen (Bit 3)	Bit-codierte Auswahl der zu startenden Sequenz.
Sequenz starten	Die ausgewählte Sequenz wird gestartet. Der Start kann je nach Konfiguration flanken- oder zustandsgesteuert erfolgen.
Sequenz-Schritt vor	Sofortiger Sprung zum nächsten Schritt, unabhängig von der für das Segment eingestellten Zeit.
Sequenz pausieren	Der Sequenzer bleibt im aktuellen Schritt stehen. Der Ablauf der für das Segment eingestellten Zeit wird angehalten. Der Sequenzer-Sollwert bleibt weiterhin aktiv.
Sequenz aussetzen	Es erfolgt eine zeitweise Rückkehr zur normalen Sollwertsteuerung. Die Sequenz wird anschließend an dem Punkt fortgesetzt, wo sie ausgesetzt wurde.
Sequenz stoppen	Direkter Sprung zum End-Segment. Die weitere Ausführung ist abhängig vom ausgewählten Sequenz-Ende-Modus.
Sequenz abbrechen	Sofortige Rückkehr zur normalen Sollwertsteuerung. Das End-Segment wird nicht mehr ausgeführt.

### Flügelrad-Blockierschutz

Der Flügelrad-Blockierschutz ist eine Funktion einiger Pumpenantriebe. Er erkennt bei niedrigen Drehzahlen hohe Motorströme, um festzustellen, ob das Flügelrad durch Feststoffe blockiert ist. Er kann auch eine schnelle Umkehr durchführen, um die Blockierung zu lösen. Dies ist häufig bei Zerkleinerungspumpen erforderlich. **Der i500 kann diese Funktion dank seines Sequenzers und seiner Stromgrenzwerterkennung übernehmen.** Nachfolgend finden Sie die Parametereinstellungen für einen einfachen Flügelrad-Blockierschutz.

\*Hinweis: Bei einer Zerkleinerungspumpe sollte „Motorregelungsmodus (P300:000)“ auf „Sensorloser Vektor (SLVC) [4]“ eingestellt werden, um die schnelle dynamische Belastung des Zerkleinerungsvorgangs zu bewältigen.

Stromgrenzwertbedingung startet Sequenzer rückwärts (50 Hz, 0,5 Sekunden) Beschleunigung/Verzögerung = 1,0 Sekunde Sequenzende = Weiterlaufen

\*\*HINWEIS: Der Antrieb muss für Vorwärts-/Rückwärtlauf konfiguriert sein.

\* „Drehzahlbegrenzung (P304:000)“ = „Beide Drehrichtungen direkt [1]“

„Max. Strom (P324:000)“ = 1800 (dezimal)

„Sequenz starten (P400:031)“ = „Stromgrenze erreicht [78]“

„Sequenz auswählen (Bit 0) (P400:050)“ = „Konstante TRUE [1]“

„Sequenzmodus (P800:000)“ = „Zeitbetrieb [1]“

„Sequenzsegment 1: Frequenzsollwert (P801:001)“ = „-50,0“

„Sequenzsegment 1: Beschleunigung/Verzögerung (P801:002)“ = 1,0

Sequenzsegment 1: Zeit (P801:003) = 1,0

Sequenzende (P824:000) = Abbruch [3]

Sequenz 1: Schritt 1 (P830:001) = Segment 1 [1]

Zyklen Sequenz 1 (P831:000) = 1

## 14 Bedieneinheit mit benutzerdefinierten Einheiten

Bei den Antrieben der i500 Cabinet- und i500 Protec-Serie kann die Legende des Betriebsbildschirms auf sechs beliebige ASCII-Zeichen geändert werden, damit die Anzeige für die jeweilige Anwendung sinnvoll ist (z. B. „°F“, „°C“, „ft/sec“ usw.)

Befindet sich der Antrieb im PID-Modus, stellen Sie die Legende unter „Benutzereinheit PID-Regelung“ (0x2865:002 – P709:002) ein.

Befindet sich der Antrieb im Drehzahlmodus, stellen Sie die Legende unter „Benutzereinheit MS Drehzahlmodus“ (0x2865:001 – P709:001) ein.



Parameterliste					
	Adresse	Anzeigecodestelle	Bezeichnung	Wert	Einheit
Gruppe 0 - Favoriten	0x2602:002	P708:002	Handsteuerung: Keyp.-Drehrichtung wählen	Vorwärts [0]	
Gruppe 1 - Diagnose	0x2602:003	P708:003	Handsteuerung: Betriebsart	Manuelle Steuerung Aus [0]	
Gruppe 2 - Grundeinstellung	0x2865:001	P709:001	Einstellung Keypadanzeige: User-Einheit-MS vel...	?	
Gruppe 3 - Motorsteuerung	0x2865:002	P709:002	Einstellung Keypadanzeige: User-Einheit PID co...	degC	
Gruppe 4 - I/O-Einstellung	0x4006:001	P710:001	Lastverlusterkennung: Schwelle	0.0	%
Gruppe 5 - Netzwerkeinstellung	0x4006:002	P710:002	Lastverlusterkennung: Verzögerungszeit	0.0	s
Gruppe 6 - Prozessregler					
Gruppe 7 - Zusatzfunktionen					

Programmieren Sie außerdem im Geschwindigkeitsmodus einen Multiplikator mit „Skalierung der Geschwindigkeitsanzeige“ (0x4002:000 – P702:000), um Hz in die gewünschten Einheiten umzuwandeln (d. h. wenn 50 Hz 250 m/sec entsprechen, geben Sie einen Wert von 5,0 ein).

Parameterliste					
	Adresse	Anzeigecodestelle	Bezeichnung	Wert	Einheit
Gruppe 0 - Favoriten	0x2022:014	P700:014	Gerätebefehle: Parametersatz 4 speichern	?	
Gruppe 1 - Diagnose	0x2022:015	P700:015	Gerätebefehle: Logbuch löschen	Aus / Fertig [0]	
Gruppe 2 - Grundeinstellung	0x2862:000	P701:000	Keypad-Sollwertschrittweite	1	
Gruppe 3 - Motorsteuerung	0x4002:000	P702:000	Skalierung Drehzahlanzeige	5.00	
Gruppe 4 - I/O-Einstellung	0x2864:000	P703:000	Keypad-Betriebsanzeige	0	
Gruppe 5 - Netzwerkeinstellung	0x2B84:001	P704:001	DC-Bremung: Strom	0.0	%
Gruppe 6 - Prozessregler					
Gruppe 7 - Zusatzfunktionen					

## 15 Schalter/Potentiometer-Set

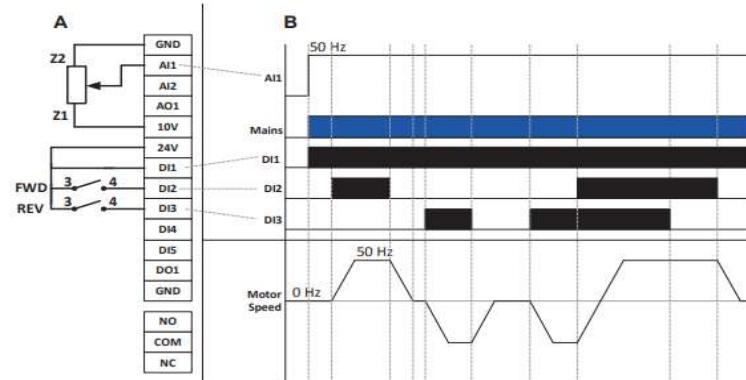
Mit dem Schalter-/Potentiometer-Set lassen sich einfache Steuersignale über Standard-E/A erzeugen und bereitzstellen. Dieses Beispiel zeigt eine lokale 2-Leiter-Steuerung des Umrichters.

- Das Potentiometer ist an Analogeingang 1 angeschlossen, der in der Standardeinstellung als Sollwertquelle konfiguriert ist. Mit dem Potentiometer lässt sich der Frequenzsollwert im Bereich von 0 Hz bis zur in 0x2916 (P211.00) eingestellten Maximalfrequenz variieren.
- Schalter in Stellung FWD startet den Motor in Vorwärtsdrehrichtung.
- Schalter in Stellung REV startet den Motor in Rückwärtsdrehrichtung.
- Schalter in Stellung 0 stoppt den Motor.



Steueranschlüsse

Lokale 2-Draht-Steuerung



A  
 B  
 Z1/Z2  
 FWD 3/4, REV 3/4

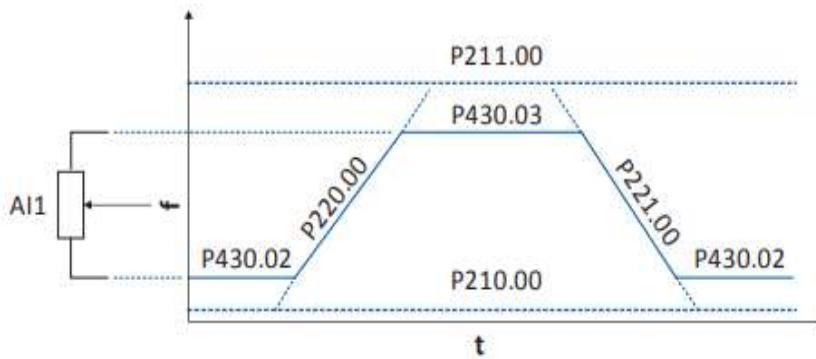
2-Draht-Steuerung  
 Antriebsverhalten  
 Anschlussklemmen Potentiometer  
 Anschlussklemmen Schalter

## Inbetriebnahme

### Parameter einstellen

1. Standardeinstellung mit **P700:1** laden.
2. Nachfolgende Parameter einstellen.

Display Code	Name	Einstellung
P400.02	Starten	Digitaleingang 1 [11]
P400.04	Fehler-Reset	Nicht verbunden [0]
P400.08	Run-Vorwärts	Digitaleingang 2 [12]
P400.09	Run-Rückwärts	Digitaleingang 3 [13]
P400:13	Drehrichtung umkehren	Nicht verbunden [0]
P400.18	Sollwert: Preset B0	Nicht verbunden [0]
P400.19	Sollwert: Preset B1	Nicht verbunden [0]
P210.00	Min. Frequenz	Anwendungsspezifisch
P211.00	Max. Frequenz	Anwendungsspezifisch
P220.00	Beschleunigung 1	Anwendungsspezifisch
P221.00	Verzögerung 2	Anwendungsspezifisch
P430.02	AI1 Freq @ min	Anwendungsspezifisch
P430.03	AI1 Freq @ max	Anwendungsspezifisch



## 16 Haftungsausschluss

Dieser Leitfaden dient ausschließlich zu Informationszwecken. Obwohl wir uns größte Mühe gegeben haben, die Richtigkeit der Informationen zu gewährleisten, können wir keine Garantie für Fehlerfreiheit oder Vollständigkeit übernehmen. Wir empfehlen Nutzern, alle Informationen zu überprüfen, bevor sie sich auf sie verlassen. Wir übernehmen keine Haftung für Verluste oder Schäden, die durch das Vertrauen auf diesen Leitfaden entstehen.