

Intelligent Drivesystems, Worldwide Services



DE

AG 0101

## Antrieboptimierung

Leitfaden für PMSM - CFC Closed-Loop



## Dokumentation

<b>Titel:</b>	AG 0101	
<b>Bestell – Nr.:</b>	604 76 01	
<b>Baureihe:</b>	SK 200E, SK 500E	
<b>Gerätereihe:</b>	SK 200E, SK 210E, SK 220E, SK 230E, SK 205E, SK 215E, SK 225E, SK 235E, SK 520E, SK 530E, SK 535E, SK 540E, SK 545E	
<b>Gerätetypen:</b>	<b>SK 2xxE-111-123-A</b>	(1,1 kW, 1 ~ 220 - 240 V)
	<b>SK 2xxE-111-323-A ... SK 2xxE-112-323-A</b>	(1,1 - 5,5 kW, 3 ~ 220 - 240 V) <sup>1)</sup>
	<b>SK 2xxE-111-340-A ... SK 2xxE-551-340-A</b>	(1,1 – 5,5 kW, 3 ~ 380 - 500 V)
	<b>SK 5xxE-111-323- ... SK 5xxE-221-323-</b>	(1,1 - 2,2 kW, 1/3 ~ 230 V)
	<b>SK 5xxE-301-323- ... SK 5xxE-551-323-</b>	(3,0 – 5,5 kW, 3 ~ 230 V)
	<b>SK 5xxE-111-340- ... SK 5xxE-551-340-</b>	(1,1 – 5,5 kW, 3 ~ 400 V)

<sup>1)</sup> Baugröße IV (5,5) nur in den Varianten SK 2x0E

## Versionsliste

Titel, Datum	Bestellnummer	Version	Bemerkungen
AG 0101, August 2016	604 76 01 / 3216	1.0	Erste Ausgabe, basierend auf die aktuellen Handbücher BU 0200 DE / 1216, BU 0210 DE / 2509, BU 0500 DE / 0715, BU 0505 DE / 0715, BU 0510 DE / 3911

Tabelle 1: Versionsliste AG 0101

## Herausgeber

### Getriebebau NORD GmbH & Co. KG

Getriebebau-Nord-Straße 1 • 22941 Bargteheide, Germany • <http://www.nord.com/>  
Fon +49 (0) 45 32 / 289-0 • Fax +49 (0) 45 32 / 289-2253

## Allgemeine Hinweise

### Urheberrecht

© Getriebebau NORD GmbH & Co. KG, Alle Rechte vorbehalten

Jegliche Vervielfältigung, Bearbeitung oder Weitergabe der Inhalte dieses Dokuments, ob teilweise oder als Ganzes, ist verboten, soweit seitens der Getriebebau NORD GmbH & Co. KG keine ausdrückliche Erlaubnis erteilt wurde.

### Änderungsvorbehalt

NORD GmbH & Co. KG behält sich das Recht vor, jederzeit und ohne vorherige Ankündigung inhaltliche Änderungen an der Applikationsbeschreibung vorzunehmen.

### Vollständigkeit und Richtigkeit

Diese Applikationsbeschreibung ist unverbindlich und erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit bezüglich Aufbau und Parametrierung der Bauteile.

Es wurden alle Möglichkeiten genutzt, um die Richtigkeit der Inhalte dieser Applikationsbeschreibung zu gewährleisten. Sollten Sie dennoch Abweichungen zwischen den Angaben der Applikationsbeschreibung und anderer Dokumentationen (z. B. Handbücher) feststellen, hat der Inhalt der anderen Dokumentation Vorrang.

---

## **ACHTUNG**

## **Anwendung**

Dieses Applikationsbeispiel ist nur in Verbindung mit den Betriebsanleitungen der jeweiligen Frequenzumrichter und Technologieoptionen gültig. Erst unter diesen Voraussetzungen stehen alle, für eine sichere Inbetriebnahme des Frequenzumrichters relevanten, Informationen zur Verfügung.

---

## Haftungsausschluss

Diese Applikationsschrift dient als Hilfsmittel für Aufbau und Parametrierung einer Applikation mit NORD Produkten. Die Beschreibung erfolgt anhand eines anwendungsspezifischen Beispiels und kann als Orientierung für vergleichbare Applikationen herangezogen werden.

Da es sich um ein exemplarisches Beispiel handelt, übernimmt Getriebebau NORD GmbH & Co. KG keine Haftung für Personen-, Sach- oder Vermögensschäden und gewährt keine Garantie, weder ausdrücklich noch stillschweigend, hinsichtlich der in dieser Applikationsbeschreibung enthaltenen Informationen.

## Hinweis zum Leitfaden

Der Applikationsleitfaden wendet sich vorrangig an Projektierer sowie Inbetriebnahme- und Servicepersonal, die mit dem Umgang und den Funktionalitäten der elektronischen Antriebstechnik (Motoren und Frequenzumrichter) von Getriebebau NORD vertraut sind. Der Leitfaden gilt als Empfehlung zur schrittweisen Inbetriebnahme und Parametrierung der einzelnen Regler und Funktionseinstellungen sowie die Vorgehensweise zur Antriebs- bzw. Regleroptimierung.

Die Informationen und Empfehlungen beziehen sich auf die aktuell verfügbaren Antriebs- und Regelungskomponenten /-einstellungen, vorzugsweise der Standardprodukte von Getriebebau NORD. Der Leitfaden bezieht sich auf die aktuellen Software- und Hardwareversionen der Antriebstechnik, der zum Ausgabezeitpunkt des Leitfadens gültig war. Die Optimierungsabläufe sind unter Berücksichtigung der aktuellen Handbücher und Technischen Datenblättern der Antriebstechnik vorzunehmen. Die Ausgabeversionen der Handbücher und Technischen Datenblättern können unter Umständen abweichen.

Im Anschluss sind einige Hinweise und Erläuterungen zur Handhabung / Nutzung des Applikationsleitfadens aufgeführt.

### Strukturkennzeichen

Einzelne Kapitelbereiche und Anwendungsschritte sind für „geübte“ Anwender grafisch bzw. zur schnelleren Orientierung mit den folgenden Strukturkennzeichen versehen:

Kennzeichnung	Bedeutung
Schritt 1	Der <b>Schritt</b> (1, 2, usw.) dient dem „vertrauten“ Anwender zur schnelleren Übersicht und Handhabung des Leitfadens. Z. T. sind die Schritte auch als Querverweis bzw. als Hyperlink zu nutzen, siehe  1.3 "Überblick (schematische Vorgehensweise)".
Information	Die <b>Information</b> zeigt an, dass im Folgenden nur Informationen zum entsprechenden Kapitelbereich aufgeführt sind und gibt dem Anwender detaillierte bzw. hilfreiche Zusatzinformationen.
Handlungsanweisung	Die <b>Handlungsanweisung</b> zeigt an, dass im Folgenden der Anwender aktiv u. a. zur Parametrierung, Prüfung oder auch Optimierung aufgefordert wird.
Information & Handlungsanweisung	<b>Information &amp; Handlungsanweisung</b> zeigt an, dass im Folgenden hilfreiche Zusatzinformationen sowie die Aufforderung zur aktiven Handlung durch den Anwender beschrieben werden.

Abbildung 1: Übersicht Strukturkennzeichen

### Querverweise und Hyperlinks

Zur leichteren bzw. schnelleren Anwendung des Leitfadens, sind Querverweise vorab mit einem Symbol  gekennzeichnet. Mittels Mausklick auf den Querverweis - siehe  9.1 "Handbücher" - gelangt der Anwender direkt zu dem entsprechenden Kapitel, der Information oder auch auf das jeweilige Dokument.

Des Weiteren sind auch Hyperlinks (beispielsweise [M7000 Elektromotoren](#)) verwendet worden, mit dem der Anwender direkt auf das jeweilige Handbuch, Datenblatt, Ansprechpartner usw. zur entsprechenden Seite auf die Getriebebau NORD Homepage gelangt.

### Anwenderkennzeichen

Dem Anwender werden durch bestimmte Hand-Symbole u. a. wichtige Hinweise auf Zusatzinformationen, Kurvenverläufe sowie das zu erlangende Ziel der Regleroptimierung dargestellt.

	Beachtung und Hinweis von wichtigen Zusatzinformationen
	Definition und Zielsetzung zur vorzunehmenden Optimierung
	Teilerfolg bei einem optimierten Kurvenverlauf der Regleroptimierung
	Ziel eines optimalen Kurvenverlauf der Regleroptimierung

Abbildung 2: Übersicht Anwenderkennzeichen

### Symbolik

	Hinweis auf weitere Informationen
	Automatische Parameteränderung
	Veränderung auf
	Händische Parametrierung
	Anzeige prüfen
*	Fußnoten / Abweichung, z. B. Gerätetypen
[V]	Einheit des Parameterwertes
[-01]	Array-Nr.
{1}	Funktions-Nr. / Wert
{1 = Aus}	Funktionsbeschreibung, Funktionsnummer entspricht der Funktionsbezeichnung

Abbildung 3: Übersicht Symbolkennzeichen

### Parameter-Darstellung

Die Darstellungsform der einzelnen Parameter wurde so gewählt, dass die „fett“ geschriebenen Parameterbezeichnungen wie z. B. **Motorliste P200** dem Anwender die Relevanz innerhalb eines Kapitels anzeigt. Wenn der Parameter nicht „fett“ dargestellt wird, wie z. B. Feldschwäch Grenze P320, so handelt es sich nur um eine untergeordnete bzw. nicht näher erläuterte Information.

Durch bestimmte Konfigurationen unterliegen Parameter bestimmten Bedingungen. Im Folgenden sind die relevanten / verwendeten Symbole zur Erläuterung aufgelistet:

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)	
			NORD-Motor	Fremdmotor
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>				
P240 <sup>①</sup> (P) <sup>②</sup>	EMK Spannung PMSM <sup>④</sup>	<sup>⑥</sup> 0	<sup>⑦</sup> 0 → 341	<sup>⑧</sup> 0 → 296
P241 [-01] <sup>③</sup>	Induktivität PMSM (d-Achse) [mH] <sup>⑤</sup>	20	<sup>⑦</sup> 20 → 22,6	<sup>⑨</sup> 20 → 24,3
P241 [-02]	Induktivität PMSM (q-Achse) [mH]	20	<sup>⑦</sup> 20 → 45,9	<sup>⑧</sup> 20 → 24,3

- ① Parameter-Nummer
- ② Parametersatzabhängige Parameter (P), sind abhängig von der Auswahl, siehe  Parameter P100, Supervisor-Parameter (S), sind abhängig von der Einstellung, siehe  Parameter P003
- ③ Array-Wert und Beschreibung des Array-Parameters
- ④ Parameter-Text: Bezeichnung / Bedeutung, NORD CON Anzeigetext
- ⑤ Einheit des Parameters
- ⑥ Default-Wert (Werkseinstellung) des Parameters
- ⑦ Einstellung des Parameters für NORD-Motoren
- ⑧ Einstellung des Parameters für Fremdmotoren
- ⑨ Handhabungs-Symbol, siehe  Symbolik

Abbildung 4: Übersicht Parameterdarstellung

### Parameter- und Funktionsbezeichnung

Im Folgenden ist beispielsweise ein Parameter mit Bezeichnung, Nummer und mit entsprechender Funktionsauswahl (Nummer und Bezeichnung) erläutert:

<sup>①</sup> <sup>②</sup> <sup>③</sup> <sup>④</sup>  
**Motorliste P200 mit Anwahl der Funktion {109 = 3,0 kW 400 V 100T2/4}**

- ① Parameterbezeichnung
- ② Parameter-Nummer
- ③ Funktions-Nummer
- ④ Funktionsbeschreibung / Funktionsbezeichnung bzw. NORD CON Anzeigetext

Abbildung 5: Übersicht Parameter- und Funktionsbezeichnung

## Schnellübersicht für erfahrende Anwender

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>14</b>
1.3	Überblick (schematische Vorgehensweise) .....	18
<b>2</b>	<b>Hardware</b> .....	<b>21</b>
2.2	Synchronmotoren (PMSM / IPMSM).....	22
2.3	Frequenzumrichter - Motor Zuordnung .....	23
<b>3</b>	<b>Grundinbetriebnahme</b> .....	<b>28</b>
3.1	Betriebsanzeige Einstellungen .....	29
3.2	Weitere Einstellungen .....	29
3.3	Motordaten .....	30
3.3.1	Motorlisten.....	32
3.3.2	NORD – Motoren Motortypenschild / Datenblatt.....	33
3.3.3	Fremdmotoren Motortypenschild / Datenblatt.....	35
3.3.4	Motoren-Identifikation .....	40
3.4	Optimierung Motordaten .....	42
3.4.1	NORD - Motoren.....	43
3.4.2	Fremdmotoren .....	43
3.4.3	EMK-Konstante .....	44
3.4.4	Statorinduktivität.....	46
3.5	Inkrementaldrehgeber (IG).....	48
3.5.1	Parametrierung Drehgeber (IG).....	48
3.5.4	Inkrementaldrehgeber (IG) mit Nullspur .....	51
3.5.5	Drehzahlregelung aktivieren.....	52
3.6	Absolutwertdrehgeber (AG) .....	53
3.6.1	Parametrierung CANopen Drehgeber (AG).....	53
3.6.2	Parametrierung CANopen Schnittstelle .....	54
3.7	Rotorlage-Identifikation .....	58
3.7.1	Verfahren zur Ermittlung der Startrotorlage.....	59
<b>4</b>	<b>Stromregelung</b> .....	<b>62</b>
4.1	Weitere Einstellungen .....	64
4.2	NORD CON .....	64
4.2.1	Fernbedienen .....	65
4.2.2	Oszilloskop .....	66
4.3	Momenten- und Feldstromregler.....	68
4.3.3	Kriterien .....	70
4.4	Optimierungsablauf.....	71
4.5	Einstellung Leerlaufstrom.....	73
<b>5</b>	<b>Drehzahlregelung</b> .....	<b>74</b>
5.1	Weitere Einstellungen .....	75
5.2	NORD CON .....	76
5.2.1	Fernbedienen .....	76
5.2.2	Oszilloskop .....	77
5.3	Drehzahlregler .....	78
5.3.3	Kriterien .....	81
5.4	Optimierungsablauf.....	81

<b>6</b>	<b>Lageregelung</b> .....	<b>84</b>
6.1	Weitere Einstellungen .....	87
6.2	NORD CON .....	88
6.2.1	Steuern .....	88
6.2.2	Oszilloskop .....	90
6.2.3	Geräteübersicht .....	91
6.4	Lageregler .....	92
6.4.1	Parametrierung Wegmeßsystem .....	93
6.4.2	Lageregelung aktivieren .....	93
6.4.3	Positionierung .....	93
6.4.5	Kriterien .....	96
6.5	Optimierungsablauf .....	97
<b>7</b>	<b>Reluktanzdrehmoment</b> .....	<b>98</b>
7.1	Weitere Einstellungen .....	99
7.2	NORD CON .....	100
7.2.1	Fernbedienen .....	100
7.2.2	Geräteübersicht .....	100
7.3	Reluktanzwinkel .....	102
7.3.2	Kriterien .....	104
7.4	Optimierungsablauf .....	105
<b>8</b>	<b>Parameterlisten</b> .....	<b>107</b>
8.1	Grundinbetriebnahme .....	107
8.2	Stromregelung .....	108
8.3	Drehzahlregelung .....	110
8.4	Lageregelung .....	112
8.5	Reluktanzdrehmoment .....	114

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>14</b>
1.1	Vorwort zur Regleroptimierung .....	16
1.2	Feldorientierte Regelung.....	17
1.2.1	Drehmoment Berechnung .....	17
1.3	Überblick (schematische Vorgehensweise) .....	18
<b>2</b>	<b>Hardware</b> .....	<b>21</b>
2.1	Systemkomponenten .....	21
2.2	Synchronmotoren (PMSM / IPMSM).....	22
2.3	Frequenzumrichter - Motor Zuordnung .....	23
2.4	Auslegung Drehgeber Auflösung .....	24
2.5	Auswahl Inkrementaldrehgeber (IG) .....	25
2.6	Auswahl Absolutwertdrehgeber (AG).....	26
<b>3</b>	<b>Grundinbetriebnahme</b> .....	<b>28</b>
3.1	Betriebsanzeige Einstellungen .....	29
3.2	Weitere Einstellungen .....	29
3.3	Motordaten.....	30
3.3.1	Motorlisten.....	32
3.3.2	NORD – Motoren Motortypenschild / Datenblatt.....	33
3.3.3	Fremdmotoren Motortypenschild / Datenblatt.....	35
3.3.4	Motoren-Identifikation .....	40
3.3.5	Ersatzschaltbild .....	42
3.4	Optimierung Motordaten .....	42
3.4.1	NORD - Motoren.....	43
3.4.2	Fremdmotoren .....	43
3.4.3	EMK-Konstante .....	44
3.4.4	Statorinduktivität.....	46
3.5	Inkrementaldrehgeber (IG).....	48
3.5.1	Parametrierung Drehgeber (IG).....	48
3.5.2	Anschluss Drehgeber (IG).....	49
3.5.3	Funktionsprüfung Drehgeber (IG).....	51
3.5.4	Inkrementaldrehgeber (IG) mit Nullspur .....	51
3.5.5	Drehzahlregelung aktivieren.....	52
3.6	Absolutwertdrehgeber (AG) .....	53
3.6.1	Parametrierung CANopen Drehgeber (AG).....	53
3.6.2	Parametrierung CANopen Schnittstelle .....	54
3.6.3	Anschluss CANopen Drehgeber (AG).....	55
3.6.4	Funktionsprüfung CANopen Drehgeber (AG).....	56
3.7	Rotorlage-Identifikation .....	58
3.7.1	Verfahren zur Ermittlung der Startrotorlage.....	59
<b>4</b>	<b>Stromregelung</b> .....	<b>62</b>
4.1	Weitere Einstellungen .....	64
4.2	NORD CON .....	64
4.2.1	Fernbedienen .....	65
4.2.2	Oszilloskop .....	66
4.3	Momenten- und Feldstromregler.....	68
4.3.1	P-Anteile Stromregler .....	69
4.3.2	I-Anteile Stromregler.....	69
4.3.3	Kriterien .....	70
4.4	Optimierungsablauf.....	71
4.5	Einstellung Leerlaufstrom.....	73

<b>5</b>	<b>Drehzahlregelung</b> .....	<b>74</b>
5.1	Weitere Einstellungen .....	75
5.2	NORD CON .....	76
5.2.1	Fernbedienen .....	76
5.2.2	Oszilloskop .....	77
5.3	Drehzahlregler .....	78
5.3.1	P-Anteil Drehzahlregler .....	80
5.3.2	I-Anteil Drehzahlregler .....	80
5.3.3	Kriterien .....	81
5.4	Optimierungsablauf .....	81
<b>6</b>	<b>Lageregelung</b> .....	<b>84</b>
6.1	Weitere Einstellungen .....	87
6.2	NORD CON .....	88
6.2.1	Steuern .....	88
6.2.2	Oszilloskop .....	90
6.2.3	Geräteübersicht .....	91
6.3	Funktionsprüfung Drehgeber (IG/AG) .....	92
6.4	Lageregler .....	92
6.4.1	Parametrierung Wegmeßsystem .....	93
6.4.2	Lageregelung aktivieren .....	93
6.4.3	Positionierung .....	93
6.4.4	P-Anteil Lageregler .....	96
6.4.5	Kriterien .....	96
6.5	Optimierungsablauf .....	97
<b>7</b>	<b>Reluktanzdrehmoment</b> .....	<b>98</b>
7.1	Weitere Einstellungen .....	99
7.2	NORD CON .....	100
7.2.1	Fernbedienen .....	100
7.2.2	Geräteübersicht .....	100
7.3	Reluktanzwinkel .....	102
7.3.1	Wert Reluktanzwinkel .....	104
7.3.2	Kriterien .....	104
7.4	Optimierungsablauf .....	105
<b>8</b>	<b>Parameterlisten</b> .....	<b>107</b>
8.1	Grundinbetriebnahme .....	107
8.2	Stromregelung .....	108
8.3	Drehzahlregelung .....	110
8.4	Lageregelung .....	112
8.5	Reluktanzdrehmoment .....	114
<b>9</b>	<b>Weiterführende Dokumentationen</b> .....	<b>116</b>
9.1	Handbücher .....	116
9.2	Technische Informationen / Datenblätter .....	116
9.3	TIs – Richtlinien .....	116
9.3.1	TIs - Inkrementaldrehgeber (IG) .....	116
9.3.2	TIs - CANopen Absolutwertdrehgeber (AG) .....	117
9.3.3	TIs - Optionen / Zubehörkomponenten .....	117
<b>10</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>118</b>
10.1	Abkürzungen .....	118

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Strukturkennzeichen .....	4
Abbildung 2: Übersicht Anwenderkennzeichen .....	5
Abbildung 3: Übersicht Symbolkennzeichen .....	5
Abbildung 4: Übersicht Parameterdarstellung .....	6
Abbildung 5: Übersicht Parameter- und Funktionsbezeichnung .....	6
Abbildung 6: Stromregler .....	14
Abbildung 7: Drehzahlregler .....	14
Abbildung 8: Lage- bzw. Positionierregler .....	15
Abbildung 9: Regelkreis .....	16
Abbildung 10: Vektordarstellung der Ströme .....	17
Abbildung 11: Standard Inkrementaldrehgeber .....	25
Abbildung 12: Standard CANopen Drehgeber .....	26
Abbildung 13: Exemplarische Motortypenschilder .....	30
Abbildung 14: Exemplarische Datenblätter .....	30
Abbildung 15: NORD-Motor Datenblatt SK 100T2/4 BRE40 FHL TF .....	34
Abbildung 16: Fremdmotor Datenblatt Kollmorgen AKM5 .....	36
Abbildung 17: Grafik für Optimum Strom / EMK-Konstante .....	45
Abbildung 18: RJ45 WAGO- Anschlussmodul .....	55
Abbildung 19: Regelgrößenverläufe .....	62
Abbildung 20: NORD CON .....	64
Abbildung 21: Fernbedienen Stromregelung, Sollwert und Freigabe .....	65
Abbildung 22: Fernbedienen Stromregelung, Sollwert und Freigabe .....	65
Abbildung 23: Oszilloskop Einstellungen für Trigger und Abtastrate / -dauer .....	66
Abbildung 24: Einstellung der Auflösung für die Zeitachse, Kommentarbeispiel .....	66
Abbildung 25: Legende / Bedeutung der Messfunktion .....	66
Abbildung 26: Oszilloskop Kanal-Einstellungen der drei Messwerte .....	67
Abbildung 27: Scope-Aufnahme starten .....	67
Abbildung 28: Initialisierungsphase Scope-Aufnahme .....	67
Abbildung 29: Kurzschlussmessung vom SK 200E Frequenzumrichter .....	71
Abbildung 30: Kurvenverlauf P-Anteil des Stromreglers .....	72
Abbildung 31: Kurvenverlauf I-Anteil des Stromreglers .....	73
Abbildung 32: Fernbedienen Drehzahlregelung, Sollwert und Freigabe .....	76
Abbildung 33: Oszilloskop Einstellungen für Trigger und Abtastrate / -dauer .....	77
Abbildung 34: Einstellung der Auflösung für die Zeitachse, Kommentarbeispiel .....	77
Abbildung 35: Oszilloskop Kanal-Einstellungen der vier Messwerte .....	77
Abbildung 36: Scope-Aufnahme starten .....	77
Abbildung 37: Beispiel optimierter Kurvenverlauf des Drehzahlreglers .....	78
Abbildung 38: Beispiel mit zu hohem P-Anteil des Drehzahlreglers .....	79
Abbildung 39: Kurvenverlauf P-Anteil des Drehzahlreglers .....	82
Abbildung 40: Kurvenverlauf I-Anteil des Drehzahlreglers .....	83
Abbildung 41: Fahrprofil Lageregelung .....	86
Abbildung 42: Standard Steuern Ansicht .....	88
Abbildung 43: Steuern Lageregelung, Sollwert und Freigabe .....	88
Abbildung 44: Steuern Lageregelung, Steuerbits links Sollposition 0, rechts Sollposition 1 .....	89
Abbildung 45: Oszilloskop Einstellungen für Trigger und Abtastrate / -dauer .....	90
Abbildung 46: Einstellung der Auflösung für die Zeitachse, Kommentarbeispiel .....	90
Abbildung 47: Oszilloskop Kanal-Einstellungen der vier Messwerte .....	90
Abbildung 48: Scope-Aufnahme starten .....	90
Abbildung 49: Geräteübersicht Lageregelung, Anzeigeeinstellungen .....	91
Abbildung 50: Geräteübersicht Lageregelung, Auswahl Anzeige .....	91
Abbildung 51: Beispiel optimierter Kurvenverlauf des Lagereglers .....	94
Abbildung 52: Beispiel mit zu klein (links) und zu hohem (rechts) P-Anteil des Lagereglers .....	95
Abbildung 53: Kurvenverlauf P-Anteil des Lagereglers .....	97
Abbildung 54: Fernbedienen Reluktanzdrehmoment, Sollwert und Freigabe .....	100
Abbildung 55: Geräteübersicht Reluktanzdrehmoment, Anzeigeeinstellungen .....	100
Abbildung 56: Geräteübersicht Reluktanzdrehmoment, Auswahl Anzeige .....	101
Abbildung 57: Grafik für Optimum Strom / Reluktanzwinkel IPMSM .....	102
Abbildung 58: Beispiel optimierter Reluktanzwinkel .....	103
Abbildung 59: Beispiel mit zu hohem (rechts) und zu kleinem (links) Reluktanzwinkels .....	103
Abbildung 1: Kurvenverlauf Reluktanzwinkel IPMSM .....	106

Abbildung 61: Parameterübersicht Grundinbetriebnahme .....	107
Abbildung 62: Parameterübersicht optimierter Stromregler Seite 1 .....	108
Abbildung 63: Parameterübersicht optimierter Stromregler Seite 2 .....	109
Abbildung 64: Parameterübersicht optimierter Drehzahlregler Seite 1 .....	110
Abbildung 65: Parameterübersicht optimierter Drehzahlregler Seite 2 .....	111
Abbildung 66: Parameterübersicht optimierter Lageregler Seite 1 .....	112
Abbildung 67: Parameterübersicht optimierter Lageregler Seite 2 .....	113
Abbildung 68: Parameterübersicht optimierter Reluktanzwinkel Seite 1 .....	114
Abbildung 69: Parameterübersicht optimierter Reluktanzwinkel Seite 2 .....	115

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Versionsliste AG 0101 .....	2
Tabelle 2: Ablaufdiagramm zur Vorgehensweise .....	20
Tabelle 3: Systemkomponenten .....	21
Tabelle 4: Standard Inkrementaldrehgeber .....	25
Tabelle 5: Standard Absolutwertdrehgeber .....	26
Tabelle 6: SK 2xxE Schnittstellenanschluss des Systembus .....	55
Tabelle 7: Handbücher .....	116
Tabelle 8: TIs - Richtlinien .....	116
Tabelle 9: TIs – Inkrementaldrehgeber (IG).....	116
Tabelle 10: TIs – CANopen Absolutwertdrehgeber (AG).....	117
Tabelle 11: Optionen und Zubehörkomponenten .....	117

## 1 Einleitung

Dieser Leitfaden erläutert die schrittweise Vorgehensweise zur Optimierung der einzelnen Regelungsfunktionen, sowie die vorzunehmende Parametrierung in den jeweiligen Frequenzumrichtern.

Es wird nur der **CFC Closed-Loop Betrieb** betrachtet, der folgende Vorteile gegenüber dem Betrieb im VFC Open-Loop hat:

- hohe Drehmomenten – Steifigkeit
- volles Drehmoment bei Drehzahl „Null“
- hohe Drehzahlgenauigkeit
- kurze Anregelungszeiten möglich

Der **CFC Closed-Loop Betrieb**, auch als Servo Modus Betrieb bezeichnet, ist eine Betriebsart mit Drehgeberrückführung.

In den dezentralen Frequenzumrichtern vom Typ SK 2xxE sowie der Schaltschrankvariante vom Typ SK 5xxE sind mehrere unterschiedliche Reglerfunktionalitäten implementiert.

Somit besteht die Möglichkeit, die funktionellen und anwendungsspezifischen Anforderungen der zu realisierenden Applikation individuell mittels der 4 verfügbaren Regler zu optimieren.

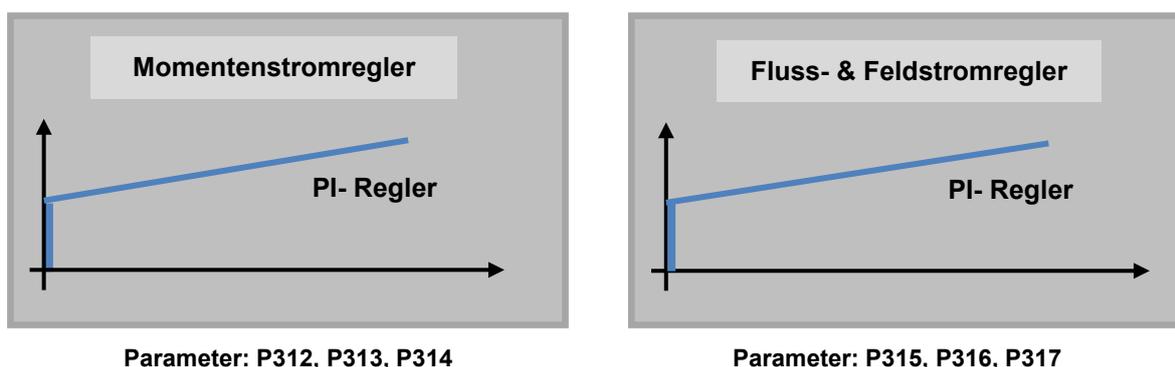


Abbildung 6: Stromregler

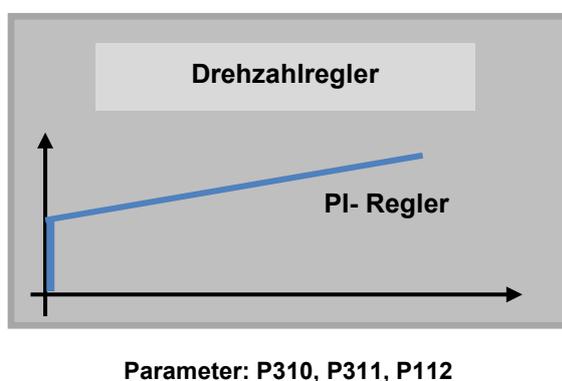
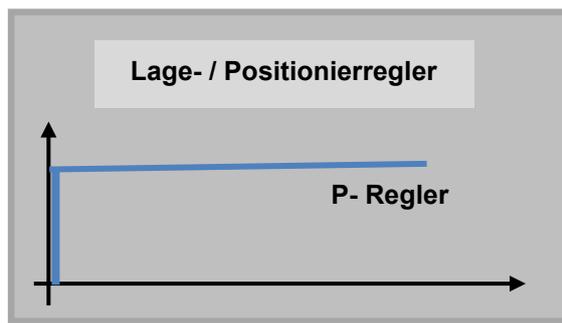


Abbildung 7: Drehzahlregler



Parameter: P611

Abbildung 8: Lage- bzw. Positionierregler

Dieser Leitfaden zur Antriebsoptimierung wird anhand eines dezentralen **SK 200E-401-340-A** Frequenzumrichters in Kombination mit einem **3,0 kW** NORD IE4 Synchronmotor (IPMSM, d. h. Interior Permanent Magnet Synchronous Motor) mittels **NORD CON** Oszilloskop Aufzeichnungen beschrieben.

Als Projektierungs- und Inbetriebnahmeunterstützung steht eine Richtlinie, die speziell für die IE4 Synchronmotoren von Getriebebau NORD erstellt wurde, zur Verfügung. Näheres ist in der Technischen Information TI 80\_0010, siehe  9.3 "TIs – Richtlinien" beschrieben.

Der korrekte Anschluss der Komponenten an die Steuerungs- und Leistungsklemmen sowie weiterführende Informationen zu den verwendeten Funktionen sind den jeweiligen Handbüchern zu entnehmen, siehe  9.1 "Handbücher".

Dieser Leitfaden kann unter Berücksichtigung abweichender Bezeichnungen (z. B. Anschlussklemmen, Parameterstruktur) und Funktionalitäten (z. B. Drehgebersystemen) sinngemäß, auf andere Performancestufen der dezentralen **SK 2xxE** und die der Schaltschrank  $\geq$  **SK 520E** Frequenzumrichter, übertragen werden.

## 1.1 Vorwort zur Regleroptimierung

Das Prinzip einer Regelung ist das fortlaufende:

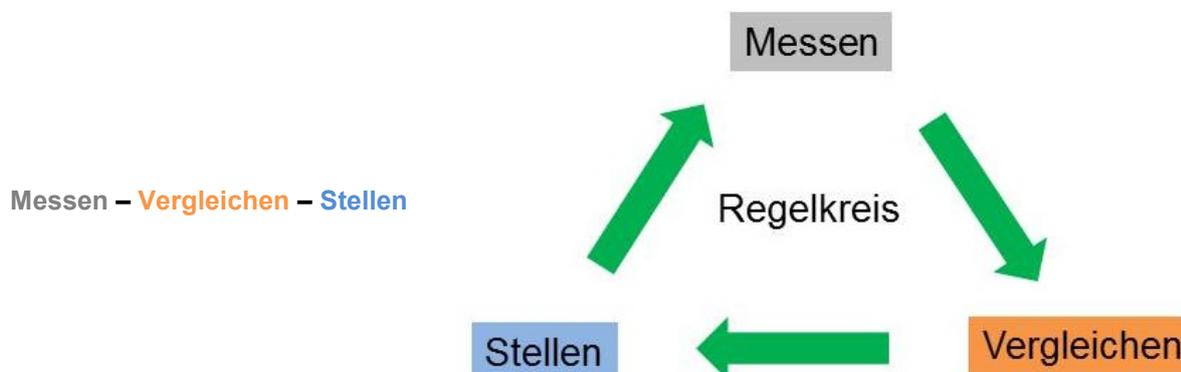


Abbildung 9: Regelkreis

Die **Regelgröße** wird dabei mittels Sensoren (z. B. Inkrementaldrehgeber) gemessen. Der Wert der Regelgröße wird mit dem **Sollwert** verglichen. Die Differenz ist die **Regelabweichung**. Aus der Regelabweichung wird unter Berücksichtigung der dynamischen Eigenschaften der **Regelstrecke** die Stellgröße bestimmt.

Ein Regelkreis dient dazu, eine vorgegebene physikalische Größe, die sogenannte Regelgröße, auf einen gewünschten Wert (Sollwert) zu bringen und dort zu halten, unabhängig von eventuell auftretenden Störungen. Um die Regelungsaufgabe zu erfüllen, muss der Augenblickswert der Regelgröße – der **Istwert** – gemessen und mit dem Sollwert ständig verglichen werden. Bei auftretenden Abweichungen muss in geeigneter Art und Weise nachgestellt und somit möglichst zeitnah reagiert werden. Um diese Aufgabe technisch zu lösen, gibt es die Regelungstechnik. Sie baut im Wesentlichen auf die mathematische Beschreibung und Modellbildung des Systems Regelkreis. Der Regelkreis besteht vereinfacht dargestellt aus den Hauptteilen **Regler** und **Regelstrecke**.

Der Regler ermittelt aus der Regelabweichung - unter Berücksichtigung der dynamischen Eigenschaften der Regelstrecke - die Korrekturmaßnahmen und regelt nach. Die Regelstrecke ist der Teil des Regelkreises, der vom Regler ausgeregelt werden soll.

(Quelle siehe [www.rn-wissen.de](http://www.rn-wissen.de))

### Information

### Optimierungshinweise

Für eine optimale Optimierung der einzelnen Regler, sollten folgende Betriebsbedingungen beim Optimierungsablauf berücksichtigt werden.

- Stromregelung im statischen Betrieb ohne Last
- Drehzahl- und Lageregelung im dynamischen Betrieb mit Last

Anwendungsspezifische Applikationsbedingungen sind ebenfalls bei der Optimierung zu beachten.

## 1.2 Feldorientierte Regelung

Vorab einige Informationen zum Motormodell bzw. der **feldorientierten Regelung**, auch bekannt unter Stromvektorregelung, im Frequenzumrichter.

Bei einem feldorientierten **PMSM-Modell** (Permanent Magnet Synchronous Motor) werden die 3-phasigen Ströme und Spannungen zu Raumzeigern, welche sich aus den Komponenten „d“ und „q“ zusammensetzen.

Das folgende Diagramm zeigt die Orientierung der d-Komponente des drehenden Koordinatensystems an dem Feld des Rotors der **PMSM** in der Raum-Raumzeiger- bzw. **Vektor-Darstellung**.

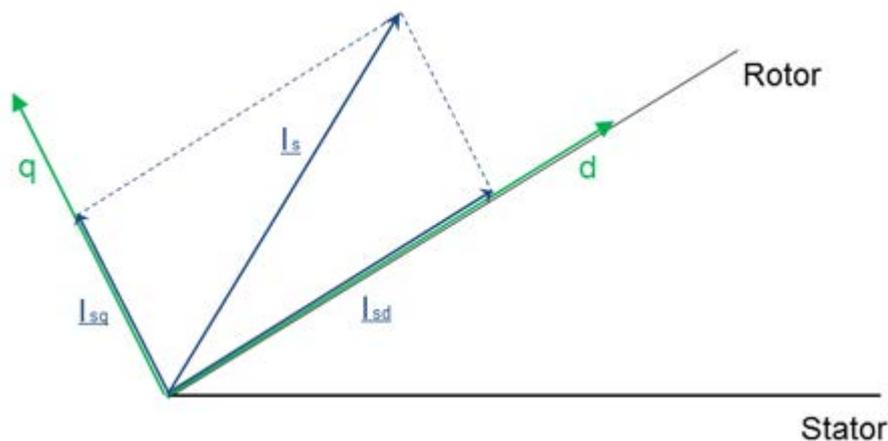


Abbildung 10: Vektordarstellung der Ströme

$I_s$ :	Strang – Motorstrom ( $\approx$ Nennstrom)	[A]
$I_{sd}$ :	feldschwächender Strom (eingestellt durch Regelung auf 0 $\approx$ Leerlaufstrom)	[A]
$I_{sq}$ :	momentbildender Strom (Momentenstrom ( $\approx$ Läuferstrom))	[A]

Die **Stromkomponenten**  $I_{sd}$  (feldschwächender Strom /  $\approx$  Aktueller **Feldstrom** P721) und  $I_{sq}$  (momentbildender Strom,  $\approx$  Akt. **Momentenstrom** P720) stehen senkrecht aufeinander.  $I_s$  ist der gesamte Strangstrom ( $\approx$  Aktueller **Strom** P719).

Aus diesem Zusammenhang ergibt sich die folgende vereinfachte Beziehung:

$$I_s = \sqrt{(I_{sd}^2 + I_{sq}^2)}$$

CFC Closed-Loop Betrieb: Im Grunddrehzahlbereich bis zur Bemessungsfrequenz ist  $I_{sd} = I_0 =$  Leerlaufstrom.

$I_s$ :	Strang – Motorstrom (P203 / $\approx$ P719)	[A]
$I_{sd}$ :	feldschwächender Strom (P209 / $\approx$ P721) auf „0“ einzustellen	[A]
$I_{sq}$ :	momentbildender Strom oder Läuferstrom ( $\approx$ P720)	[A]

### 1.2.1 Drehmoment Berechnung

Das **Drehmoment M** wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$M \approx \Phi \cdot I_{sq}$$

$M$ :	Moment	[Nm]
$\Phi$ :	magnetischer Fluss	[Wb]
$I_{sq}$ :	momentbildender Strom oder Läuferstrom (Anzeige $\sim$ P720)	[A]

Wenn  $I_{sq}$  also größer wird, muss auch das **Moment M** steigen.

### 1.3 Überblick (schematische Vorgehensweise)

Schritt	Beschreibung zur Vorgehensweise / Optimierungsablauf	 Dokumentation / Kapitel sonstige Informationen
"Schritt 1"	<b>Hardware</b> Auswahl, Aufbau und Anschluss	 <a href="#">Handbuch BU 0200</a>  <a href="#">Handbuch BU 0500</a>  <a href="#">Handbuch BU 0505</a>   2 "Hardware"
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Installations- und Anschlussarbeiten</li> <li>– Leistungs- und Steuerklemmen</li> <li>– DIP-Schalter</li> <li>– Motoranschluss (Y / ▲ prüfen)</li> <li>– Synchronmotoren (PMSM, IPMSM, SPMSM)</li> <li>– Frequenzumrichter ↔ Synchronmotor Zuordnung</li> <li>– Auslegung Drehgeber Auflösung</li> <li>– Auswahl Drehgebersystem (IG / AG)</li> <li>– Auswahl Drehgebertyp: Daten Inkremental- und / oder Absolutwertdrehgeber, Universaldrehgeber</li> </ul>	
"Schritt 2"	<b>Grundinbetriebnahme / Motordaten</b> Parametrierung gemäß Motorliste, Typenschild, Datenblatt	 <a href="#">NORD CON – Handbuch BU 0000</a>   <a href="#">Handbuch BU 0200</a>  <a href="#">Handbuch BU 0500</a>  <a href="#">Handbuch BU 0505</a>   3.3 "Motordaten"
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– NORD CON Parametrierung</li> <li>– Betriebsanzeigen anpassen</li> <li>– Maximale Frequenz (P105) anpassen</li> <li>– Auswahl Motorenhersteller bzw. Motorendaten</li> <li>– Motorliste, Motortypenschild oder Datenblatt (ggf. Motorhersteller kontaktieren)</li> <li>–  Motordaten / Kennlinienparameter (P2xx)</li> <li>– NORD-Motor oder Fremdmotor</li> <li>– Parameteridentifikation (P220) (Identifikation <math>R_s</math> oder Identifikation Motor)</li> <li>– Statorwiderstand (P208), Anzeige prüfen</li> <li>– Spannungskonstante <math>k_e</math>, Statorinduktivitäten <math>L_d / L_q</math></li> <li>– EMK-Spannung PMSM (P240)</li> <li>– Induktivität PMSM (P241) [-01] &amp; [-02]</li> <li>– Reluktanzwinkel IPMSM (P243)</li> <li>– Spitzenstrom PMSM (P244)</li> <li>– Massenträgheit PMSM (P246),  Massenträgheit</li> <li>– Optimierung spezifischer Motordaten Fremdmotor</li> </ul>	
"Schritt 3"	<b>Inkrementaldrehgeber (IG)</b> Parametrierung, Anschluss und Inbetriebnahme	 <a href="#">Handbuch BU 0200</a>  <a href="#">Handbuch BU 0500</a>  <a href="#">Handbuch BU 0505</a>   3.5 "Inkrementaldrehgeber (IG)"
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inkrementaldrehgeber Daten</li> <li>–  Regelungsparameter (P3xx)</li> <li>– Drehgeber Auflösung (P301)</li> <li>– Drehgeber mit Nullspur</li> <li>– Sync. Nullimpulsgeber (P335)</li> <li>– Steuerklemmen (P420 [-01] ... [-03])</li> <li>– Anschluss, siehe  Technisches Datenblatt</li> <li>– Funktionsprüfung IG Drehgeber</li> <li>– Drehzahlrückführung / Servo Modus (P300)</li> </ul>	

	<p><b>Absolutwertdrehgeber (AG)</b>            Parametrierung, Anschluss und Inbetriebnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CANopen Kombi Absolutwertdrehgeber mit (IG)</li> <li>- Absolutwertdrehgeber Daten</li> <li>-  Zusatzparameter (P5xx) und Positionierungsparameter (P6xx)</li> <li>- Drehgeber Auflösungen (P605)</li> <li>- CANopen Parameter (P514 &amp; P515) einstellen</li> <li>- Anschluss, siehe  Technisches Datenblatt</li> <li>- Funktionsprüfung CANopen AG Drehgeber</li> </ul>	<p> <a href="#">Handbuch BU 0210</a>   <a href="#">Handbuch BU 0510</a></p> <p>            3.6 "Absolutwertdrehgeber (AG)"</p>
	<p><b>Verfahren zur Ermittlung der Startrotorlage</b>            Auswahl und Parametrierung Rotorlage-Identifikation</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regelverfahren PMSM (P330)</li> <li>- Geberoffset PMSM (P334)</li> <li>- Sync. Nullimpulsgeber (P335),  IG Drehgeber</li> </ul>	<p>  <b>Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. "Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden."</b></p>



"Schritt 4"	<p><b>Stromregelung</b>            Momentenstromregler (P312, P313, P314)            Feldstromregler (P315, P316, P317)</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leerlaufstrom (P209) anpassen</li> <li>- NORD CON Fernbedienung</li> <li>- NORD CON Oszilloskop</li> <li>- Trigger, Abtastzeit, Kanaleinstellungen usw.</li> <li>- Momentenstromregler P (P312)</li> <li>- Momentenstromregler I (P313)</li> <li>- Feldstromregler P (P315)</li> <li>- Feldstromregler I (P316)</li> </ul>	<p>            4 "Stromregelung"</p>



"Schritt 5"	<p><b>Drehzahlregelung</b>            Drehzahl Regler (P310, P311)</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hochlaufzeit (P102)</li> <li>- Tippfrequenz (P113)</li> <li>- NORD CON Fernbedienung</li> <li>- NORD CON Oszilloskop</li> <li>- Trigger, Abtastzeit, Kanaleinstellungen usw.</li> <li>- Drehzahlregler P (P310)</li> <li>- Drehzahlregler I (P311)</li> </ul>	<p>            5 "Drehzahlregelung"</p>



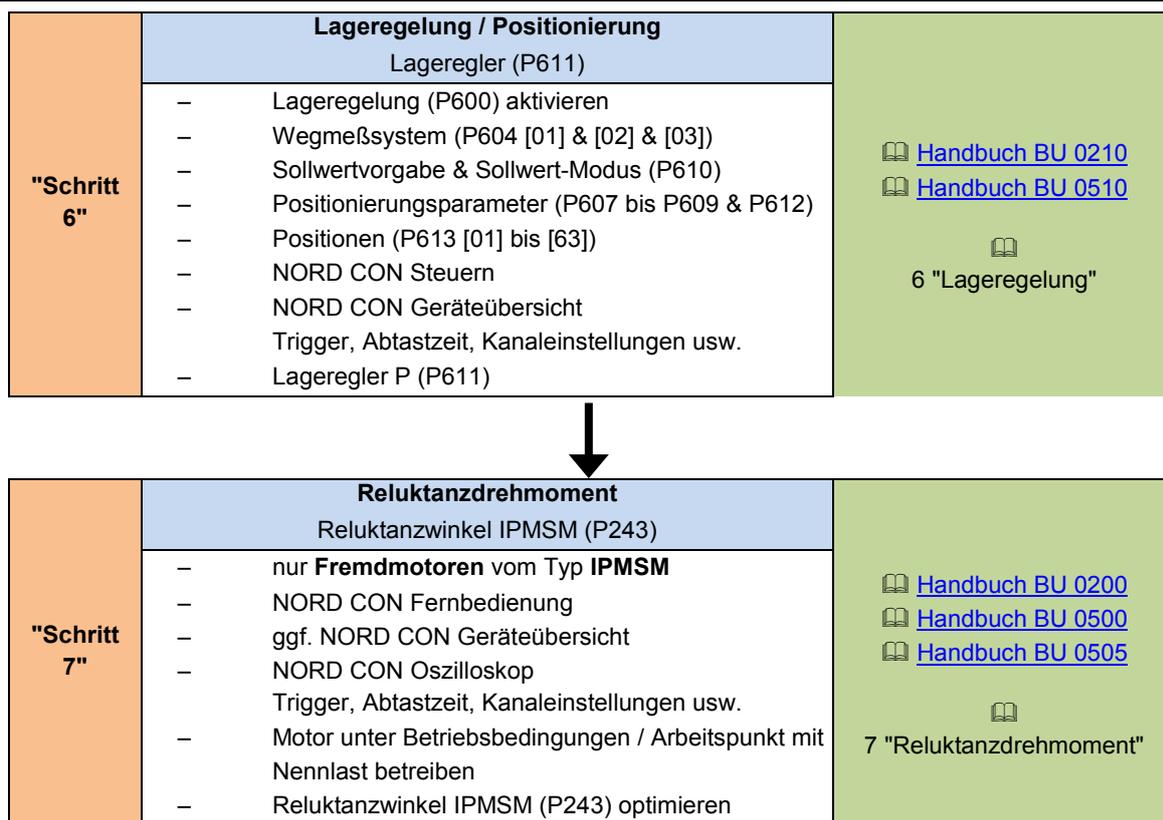


Tabelle 2: Ablaufdiagramm zur Vorgehensweise

 **GEFAHR**

**Lebensgefahr**

Jeder einzelne Inbetriebnahmeschritt ist durch einen Funktionstest **auf Richtigkeit zu überprüfen**. Dabei sind geeignete **Vorkehrungen** zu treffen, die eine Beschädigung der Anlage oder Gefährdung von Menschen bei Fehlverhalten der Anlage unterbinden (z. B.: Bremsenansteuerung bei Hubwerken, mechanische Kopplungen von Parallelantrieben etc.).

## 2 Hardware

### Schritt 1

#### Information

Alle von Getriebebau NORD gelieferten Frequenzumrichter sind in ihrer Werkseinstellung für die Standardanwendungen mit 4 poligen Asynchronmotoren (ASM) gleicher Leistung und Spannung vorprogrammiert.

Des Weiteren sind die Motordaten aller eigengefertigten **IE4 Synchronmotoren** (IPMSM) für den Leistungsbereich von **1,1 kW** bis **5,5 kW** im Frequenzumrichter hinterlegt. Bei Verwendung von permanent erregten Synchronmotoren anderer Hersteller, müssen die Daten vom Motortypenschild bzw. Datenblatt des Synchronmotors eingegeben werden.

In dieser Konstellation sind die Frequenzumrichter grundsätzlich betriebsfähig und können weitergehend, der Applikationsanforderungen entsprechend, noch konfiguriert werden. Dazu gehören Einstellungen wie z. B. für das verwendete Drehgebersystem, die Rampenzeiten und die Schnittstellen, sowie u. a. die Bussystemkonfiguration.

In begrenztem Umfang kann die Konfiguration jedoch auch mit Hilfe integrierter DIP- Schalter erfolgen (siehe  9.1 "Handbücher").



#### Information

#### Konfiguration über DIP- Schalter

Eine Vermischung von DIP-Schalter Konfiguration und (Software-) Parametrierung ist zu vermeiden. Die DIP-Schaltereinstellungen am Frequenzumrichter haben Vorrang gegenüber der Parametereinstellung.

### 2.1 Systemkomponenten

Für diesen Leitfadens wurde bei dem Testaufbau eine 4 kW Frequenzumrichter / 3 kW Synchronmotor Kombination verwendet:

Anzahl	Bezeichnung	Kenndaten
1	Frequenzumrichter SK 200E	SK 200E-401-340-A
1	Anschlusseinheit SK 200E	SK T14-2-200-3
1	3,0 kW bzw. 4,0 kW, Synchronmotor (IPMSM), IE4, 4 polig	SK 100 T2/4 BRE40 TF IG+AG
1	CANopen Absolutwertdrehgeber mit Inkrementalspur / AG4	Auflösung 8192/4096 Striche
1	Bremswiderstand, extern, 400 Ω, 100 W	SK BRE4-1-400-100

Tabelle 3: Systemkomponenten

Mit diesen Systemkomponenten werden die einzelnen Regelungsoptimierungen, anhand zahlreicher NORD CON Oszilloskop-Aufnahmen, in den folgenden Kapiteln exemplarisch dargestellt.



#### Information

#### Versionsstände

Aufgrund von Software- Updates kann es vorkommen, dass die in diesem Leitfadens beschriebenen Parameter von dem Firmware Versionsstand vom verwendeten Frequenzumrichter abweichen. Deshalb ist darauf zu achten, dass sowohl die aktuelle **NORD CON - Version** als auch die **Softwareversion** dem aktuellsten **Firmware Versionsstand** (siehe  **Parameter Software-Version P707**) vom Frequenzumrichter entsprechen.

Die von Getriebebau NORD gefertigten **IE4 Synchronmotoren** sind erst ab der **NORD CON** Version **V2.3** implementiert worden.

## 2.2 Synchronmotoren (PMSM / IPMSM)

Synchronmotoren **PMSM** (**P**ermanent **M**agnet **S**ynchronous **M**otor) sind wie die von Getriebbau NORD gefertigten IE4 Synchronmotoren **IPMSM** (**I**nterior **P**ermanent **M**agnet **S**ynchronous **M**otor) energiesparende Antriebe, die **ausschließlich** nur am **Frequenzumrichter** betrieben werden dürfen!

Getriebbau NORD bietet derzeit Synchronmotoren der Effizienzklasse **IE4** im **Leistungsbereich** von **1,1 kW** bis **5,5 kW** der **Motorenbaugrößen 80** bis **100** an.

### ACHTUNG

### Netzbetrieb

Synchronmotoren und die von Getriebbau NORD gefertigten IE4 Synchronmotoren **dürfen nicht** direkt am **Netz** betrieben werden! Ein am Antrieb befestigter **Sicherheitsaufkleber** weist explizit den Anwender darauf hin.

Bei Nichtbeachtung besteht die Gefahr einer Beschädigung des Synchronmotors durch unzulässige Strombelastung.

Die nordspezifischen IE4 Synchronmotoren sind mit, im Rotorpaket platzierten, Permanentmagneten ausgestattet. Diese sind in Taschen eingelegt und werden als sogenannter IPMSM bezeichnet. Sie bieten aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades besonders bei Applikationen mit hohen Betriebszeiten (S1-Betrieb) Vorteile bei der Energieeinsparung.



Alle **IE4 Synchronmotoren** von Getriebbau NORD sind **keine Servomotoren**.

Bedingt durch Anregelungszeiten und die elektrischen Zeitkonstanten ist das dynamische Verhalten durchaus mit den Motoren (ASM) der Effizienzklasse IE1 und IE2 vergleichbar.

Die nordspezifischen Synchronmotoren (d. h. sogenannte NORD-Motoren) mit der Effizienzklasse IE4 haben **keinen Schlupf**. Sie sind für verschiedene Nenndrehzahlen bzw. Betriebspunkte ausgelegt:

1. 2100 rpm bei 70 Hz, 400 V in Y bzw. 230 V in ▲
2. 3000 rpm bei 100 Hz, 400 V in ▲

### Information

### Fremdmotoren

Synchronmotoren bzw. **Fabrikate** anderer **Hersteller** (d. h. sogenannte Fremdmotoren) können an den von Getriebbau NORD gefertigten Frequenzumrichtern betrieben werden.

Vorab sollten aber generell **alle Frequenzumrichter – Synchronmotoren Kombinationen** projektierungstechnisch von **Getriebbau NORD** geprüft werden!

### 2.3 Frequenzumrichter - Motor Zuordnung

Synchronmotoren (PMSM) und die IE4-Synchronmotoren (IPMSM) von Getriebebau NORD können sowohl mit dezentralen SK 2xxE Frequenzumrichtern, sowie der Schaltschrankvariante SK 5xxE aller Performancestufen betrieben werden.

Die zu wählende Zuordnung des **Frequenzumrichters** zum **Synchronmotor** (PMSM / IPMSM) erfolgt vorrangig, wie beim Asynchronmotor (ASM), nach der **Leistung** und dem **Strom**.

<i>Frequenzumrichternennleistung</i>	$\geq$	<i>Motornennleistung</i>
<i>Frequenzumrichternennstrom</i>	$\geq$	<i>Motornennstrom</i>

#### **ACHTUNG**

#### **Belastung der Antriebseinheit**

Die Zuordnungen der Synchronmotoren zu den jeweiligen Frequenzumrichtern gelten für den Betrieb bis zur Nenn Drehzahl.

Höhere **Drehzahlen** und **Überlasten** erfordern eine gesonderte Projektierung bzw. **Rücksprache** mit **Getriebebau NORD**.

Bei Nichtbeachtung besteht die Gefahr einer Schädigung des Motors bzw. Getriebes durch unzulässige Beanspruchung der Bauteile.

#### **Information**

#### **Fremdmotoren**

Der Betrieb der IE4-Synchronmotoren von Getriebebau NORD mit Frequenzumrichtern anderer Hersteller ist grundsätzlich möglich. Die Verantwortung für eine erfolgreiche Inbetriebnahme liegt jedoch beim Anwender selbst. Ebenso ist die Motorperformance, bzw. das Erreichen von Wirkungsgraden, die der IE4 Effizienzklassifizierung entsprechen, abhängig vom Frequenzumrichter und dessen Funktionen und Einstellungen.

## 2.4 Auslegung Drehgeber Auflösung

Für die richtige Auswahl des **Drehgebers** bzgl. der maximalen **Auflösung** sollte die maximale Grenzfrequenz gemäß folgender Faustformel berücksichtigt werden:

$$\frac{f_{\max} \times 60}{n_{\max}} = \text{Drehgeber Auflösung}$$

$$\frac{205000 \text{ [Hz]} \times 60 \text{ [s]}}{n_{\max} \text{ [rpm]}} \geq \text{Drehgeber Auflösung " [Strichzahl}_{\max} \text{ ]"}"$$

$$\frac{205000 \text{ [Hz]} \times 60 \text{ [s]}}{1500 \text{ [rpm]}} = 8200 \quad 8200 \geq 8192 \text{ Striche} \quad \text{Drehgeber Auflösung } (n_{\max} = 1500 \text{ rpm})$$

$$\frac{205000 \text{ [Hz]} \times 60 \text{ [s]}}{3000 \text{ [rpm]}} = 4100 \quad 4100 \geq 4096 \text{ Striche} \quad \text{Drehgeber Auflösung } (n_{\max} = 3000 \text{ rpm})$$

$f_{\max}$ : maximale Grenzfrequenz Digitaleingänge [Hz]  
 $n_{\max}$ : maximale Drehzahl des Motors [rpm]



Sämtliche von Getriebebau NORD definierten Standard Drehgeber, d. h. die empfohlenen Drehgebersysteme und -typen, ermöglichen den „sicheren“ Betrieb in einem sehr weiten Verstellbereich (z. B. 0 bis 100 Hz). D. h. die minimale Strichzahl<sub>min</sub> ist bereits, in Bezug auf die Drehgeber Auflösung, berücksichtigt.

## 2.5 Auswahl Inkrementaldrehgeber (IG)

Die richtige Auswahl, die Parametrierung und der Anschluss eines **HTL-Inkrementaldrehgebers (IG)** an einen dezentralen **SK 2xxE** Frequenzumrichter sowie eines **TTL-Inkrementaldrehgebers** oder **Sinus Gebers** (z. B. **SIN/COS-Geber**) an einen **SK 53xE** bzw. **SK 54xE** Schaltschrank-Frequenzumrichter sind z. T. bereits zuvor bzw. werden in den weiteren Kapiteln genauer beschrieben.



Als **Standard-Inkrementaldrehgeber** sind von Getriebebau NORD unterschiedliche Drehgeber mit einer Kabellänge von 1,5 m definiert worden:

Abbildung 11: Standard Inkrementaldrehgeber

FU-Typ	NORD Daten		Versorgung Spannung / DC	IG Auflösung	
	Material-Nr. Lieferant	Bezeichnung		Typ	Inkremente
SK 2xxE	19551021 Fritz Kübler GmbH	IG 42 10-30 V HTL 4096 D12 5820 1,5 m	10 ... 30 V	HTL / Gegentakt	4096 Striche
SK 53xE SK 54xE	19551022 Fritz Kübler GmbH	IG 41 10-30 V TTL 4096 D12 5820 1,5 m	10 ... 30 V	TTL / RS422	4096 Striche

Tabelle 4: Standard Inkrementaldrehgeber



Es sollte unter Berücksichtigung der **maximalen Grenzfrequenz** bei der Auswahl des Drehgebers die **höchstmögliche Auflösung** gewählt und möglichst ein Drehgebersystem mit einer **Spannungsversorgung** von **10 ... 30 V** verwendet werden.

Weitere technische Daten zu den Inkrementaldrehgebern wie z. B. die entsprechende Auflösung, Schnittstelle usw. sind dem Katalog [M7000 Elektromotoren](#) sowie dem Kapitel 9.3.1 "TIs - Inkrementaldrehgeber (IG)" zu entnehmen.

Detaillierte Informationen zum Anschluss eines:

- **HTL-Inkrementaldrehgebers** am **SK 2xxE**
- **TTL-Inkrementaldrehgebers** am **≥ SK 53xE**
- **SIN/COS-Drehgebers** am **SK 54xE**

sind entsprechend den Handbüchern [BU 0200](#), [BU 0500](#) und [BU 0505](#) zu entnehmen.

Informationen zur **POSICON** Funktionalität sind in den Zusatz-Handbüchern [BU 0210](#) und [BU 0510](#) beschrieben, siehe Kapitel 9.1 "Handbücher".

**i Information**

**Drehgeber Funktionsprüfung**

Nach dem Abschluss der Anschlussarbeiten und der Grundinbetriebnahme sollte die **einwandfreie Funktionsweise** des Inkrementaldrehgebers (IG) **immer überprüft** werden. Detaillierte **Informationen** und **Warnhinweise zur Prüfung** und **Aktivierung** des Drehgebers sind im Kapitel  3.5.3 "Funktionsprüfung Drehgeber (IG)" beschrieben.

Für die **Aktivierung** der **Drehgeberrückführung (CFC Closed-Loop Betrieb)** muss unter der Registerkarte „**Regelungsparameter**“ der Parameter **Servo Modus P300** auf die Funktion {1 = **An (CFC Closed-Loop)**} gesetzt werden.

**2.6 Auswahl Absolutwertdrehgeber (AG)**

Die richtige Auswahl, die Parametrierung und der Anschluss eines **CANopen Absolutwertdrehgebers** an einen dezentralen **SK 2xxE** bzw. Schaltschrank  $\geq$  **SK 53xE** Frequenzumrichter sind unterschiedlich. Des Weiteren können für die Lageregelung an einem Schaltschrank **SK 54xE** Frequenzumrichter weitere Absolutwertdrehgebertypen angeschlossen werden. An dessen Universal Geber-Interface bzw. Klemmenblock X14 können auch weitere Drehgebersysteme wie SSI-, BISS-, Endat- und Hiperface-Geber angeschlossen werden.



Als **Kombi Standard-Absolutwertdrehgeber** sind von Getriebebau NORD mehrere **CANopen Multiturn** Drehgeber definiert worden:

Abbildung 12: Standard CANopen Drehgeber

FU-Typ	NORD Daten		AG Auflösung		IG Auflösung	
	Material-Nr. Lieferant	Bezeichnung Typ	Singleturn	Multiturn	Typ	Inkremente
SK 2xxE	19551886 Fritz Kübler GmbH	AG4 AG&IG CANOPEN 8192-4096/2048 HTL D12BUSH	13 Bit / 8192 Striche	12 Bit / 4096 Striche	HTL	2048 Striche
	19556994 Baumer IVO GmbH & Co. KG	AG6 AG&IG IVO CANOPEN 8192- 65K/2048 HTL D=12	13 Bit / 8192 Striche	16 Bit / 65536 Striche	HTL / Gegentakt	2048 Striche
SK 53xE SK 54xE	19551881 Fritz Kübler GmbH	AG1 AG&IG CANOPEN 8192-4096/2048 TTL D12BUSH	13 Bit / 8192 Striche	12 Bit / 4096 Striche	TTL / RS422	2048 Striche
	19556995 Baumer IVO GmbH & Co. KG	AG3 AG&IG IVO CANOPEN 8192- 65K/2048 TTL D=12	13 Bit / 8192 Striche	16 Bit / 65536 Striche	TTL / RS422	2048 Striche

Tabelle 5: Standard Absolutwertdrehgeber



Es sollte unter Berücksichtigung der **maximalen Grenzfrequenz** bei der Auswahl des Drehgebers die **höchstmögliche Auflösung** gewählt und möglichst ein Drehgebersystem mit einer **Spannungsversorgung** von **10 ... 30 V** verwendet werden.

Weitere technische Daten zu den Absolutwertdrehgebern wie z. B. die entsprechende Bauart, Schnittstelle usw. sind dem Katalog  [M7000 Elektromotoren](#) sowie dem Kapitel  9.3.2 "TIs - CANopen Absolutwertdrehgeber (AG)" zu entnehmen.

Detaillierte Informationen zum Anschluss und der Parametrierung der Kombi Standard-Absolutwertdrehgeber mit CANopen Schnittstelle sind in den Zusatz-Handbüchern BU 0210 und BU 0510 zu entnehmen, siehe Kapitel  9.1 "Handbücher".

## **ACHTUNG**

### **Drehgebermontage**

Ein **Kombi-Absolutwertdrehgeber** (Single- und Multiturn mit integrierter Inkrementalspur) muss **zwingend** an das **Wellenende** des **Motors** montiert werden.

Sonstige zu verwendende Absolutwertdrehgeber (z. B. Typ AG1 / Material-Nr. 19551881 / Kübler Typ 8.5888.0421.2102. S010.K014) müssen **nicht zwingend** am Wellenende des Motors montiert werden.

Dazu muss das Übersetzungsverhältnis im Frequenzumrichter mit Hilfe der Parameter Übersetzung P607 und Untersetzung P608 parametrieren. Ansonsten kann es zu **Ungenauigkeiten** bei der **Drehzahl-** (IG-Spur) und / oder der **Lageregelung** führen.

Für den Absolutwertdrehgeber muss das Drehgebersystem im Parameter **Wegmeßsystem P604**, sowie die entsprechenden **Auflösungen / Strichzahlen** und der Drehgebertyp (**Single-** oder **Multiturn**) im Parameter **Absolutwertgeber P605** parametrieren werden.

Detaillierte Informationen sind dem jeweiligen Handbuch der Frequenzumrichter, siehe  9.1 "Handbücher" bzw. dem Kapitel  3.6.1 "Parametrierung CANopen Drehgeber (AG)" zu entnehmen.

## **Information**

### **Lageregelung aktivieren**

Für die **Positionierung / Lageregelung** (CFC Closed-Loop Betrieb) muss unter der Registerkarte „**Positionierungsparameter**“ die Lageregelung mit dem Parameter **Lageregelung P600** eingeschaltet, bzw. die gewünschte Funktionalität (Auswahl des Rampentyps) parametrieren, werden. Näheres zur Aktivierung der Lageregelung siehe  6.4.2 "Lageregelung aktivieren".

### 3 Grundinbetriebnahme

#### Schritt 2

#### Information

Vor der Grundinbetriebnahme sollte bei Verwendung eines, nicht im werksseitigen Auslieferungszustand befindlichen, Frequenzumrichters, generell eine Rücksetzung aller Parameter, mittels Parameter **Werkseinstellung P523**, vorgenommen werden. Dieser Parameter ist unter der Registerkarte „Zusatzparameter“ zu finden.

Alle Parameter, die nicht explizit in diesem Leitfaden erwähnt werden, sollten somit in der Werks- bzw. Standardeinstellung belassen werden. Nähere Informationen sind dem jeweiligen Handbuch der Frequenzumrichter, siehe  9.1 "Handbücher" zu entnehmen.

#### Information

#### Parametrierung

Sonstige **anwendungsspezifische Einstellungen**, wie z. B. die Bremsenzeiten (Einfallszeit Bremse P107 und Lüftzeit Bremse P114), werden in diesem Leitfaden **nicht** beschrieben und sind vom Anwender **eigenständig anzupassen!** Für die Regelungsoptimierung müssen lediglich die **Hochlaufzeit P102**, welche für die Drehzahlregelung und zusätzlich auch bei der Lageregelung noch die **Bremszeit P103**, angepasst werden.

Einige weitere Parameter **müssen** ggf. für die jeweilige Regleroptimierung verändert werden, um aussagekräftige Scope-Aufnahmen zu erhalten.



Nach Abschluss der einzelnen **Regleroptimierungen** sind diese **Parameter** entsprechend den jeweiligen Applikationsanforderungen wieder **anzupassen**.

#### ACHTUNG

#### Funktionseinschränkung

Die folgenden Frequenzumrichter-Funktionen der Parameter stehen dem Anwender bei Synchronmotoren Anwendungen nur **bedingt** bzw. nicht zur Verfügung:

- **Ausschaltmodus P108**  
 Funktion {3 = DC-Bremsung sofort}  
 Funktion {5 = Kombinierte Bremsung}
- **Fangschaltung P520**  
 Funktion {1 - 4 = alle Funktionalitäten} \*

\* erst ab der Software-Version  $\geq 2.1 R0$  beim **SK 2xxE**,  $\geq 3.1 R0$  beim **SK 5xxE** bzw.  $\geq 2.3 R0$  beim **SK 54xE** verfügbar

Eine irrtümliche Parametrierung dieser Funktionen, findet beim Betrieb des Antriebes keine Anwendung bzw. wird automatisch im Frequenzumrichter trotz Parametrierung nicht aktiviert.

#### 3.1 Betriebsanzeige Einstellungen

##### Handlungsanweisung

Für die Optimierungen der jeweiligen Regler sind vorab die beiden folgenden Parameter zu prüfen bzw. einzustellen.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>BETRIEBSANZEIGEN</b>			
P001	Auswahl Anzeige	0 *	☞ 0 → 2 (Sollfrequenz [Hz])
P003	Supervisor-Code	1 **	☞ 1 → 3 (alle Parameter sichtbar) nur für SK 2xxE
* 0 entspricht Istfrequenz [Hz]			
** 1 entspricht alle Parameter sind sichtbar, außer P3xx / P6xx			

Die Regleroptimierungen für den Drehzahl- und Lageregler sollten generell im **dynamischen** Betrieb unter **Lastbedingungen** mit der Vorgabe eines Sollwertes vorgenommen werden. Deshalb sollte die **Auswahl Anzeige P001** von der Funktion {0 = Istfrequenz} auf {2 = Sollfrequenz} geändert werden. Die Sollfrequenz wird in der Einheit [Hz] angezeigt.

Die Optimierung des Stromreglers wird hingegen im **statischen** Betrieb ohne Sollwertvorgabe und ohne Last durchgeführt.

#### Information

#### Supervisor-Code

Die Registerkarten **Regelungsparameter** P3xx und **Positionierung** P6xx werden bei den **dezentralen SK 2xxE Frequenzumrichtern** mittels des Parameters **Supervisor-Code P003 {3 = alle Parameter sichtbar}** erst freigeschaltet und somit sichtbar. In der NORD CON Darstellung sind alle Registerkarten immer sichtbar.

Bei den **Schaltschrank SK 5xxE Frequenzumrichtern** sind alle Registerkarten bereits in der **Werkseinstellung {1 = alle Parameter sichtbar}** freigeschaltet bzw. werden angezeigt.

#### 3.2 Weitere Einstellungen

Für den Betrieb von Synchronmotoren mit Nennfrequenzen > 50 Hz ist zusätzlich der folgende Parameter zwingend einzustellen.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>BASISPARAMETER</b>			
P105 (P)	Maximale Frequenz [Hz]	50,0	☞ 50,0 → 70,0



Aufgrund der „geänderten“ Motordaten eines Synchronmotors bzw. der höheren **Motor Nennfrequenz P201**, ist eine Änderung des Wertes im Parameter **Maximale Frequenz P105** vorzunehmen.

In Abhängigkeit der gewählten **Betriebsart** und Applikationsanforderung, kann der Wert für die **Maximale Frequenz P105** auch anwendungsspezifisch variieren. Der Wert sollte nicht **größer** als der Wert für die **Motor Nennfrequenz P201** gewählt werden, damit der Betrieb nicht im Feldschwächebereich erfolgt.

### 3.3 Motordaten

#### Information

Die Wicklungen eines Getriebebau NORD IE4 **Synchronmotors (IPMSM)** bzw. von PMSM und SPMSM Antrieben anderer Hersteller, können grundsätzlich auf 2 Arten (Y / ▲), in Abhängigkeit der Netzspannung, verschaltet werden. Je nach Schaltung dürfen die Synchronmotoren nur mit **Frequenzumrichtern** an unterschiedlichen Netzen (u. a. 230 V, 50 Hz und 400 V, 50 Hz) betrieben werden und weisen somit auch unterschiedliche **U/f - Kennlinien** auf.

Type SK 100T2/4							
3-Mot. No.							
Th.Cl.155 (F) IP 55	S1 IEC 60034 (H)						
V Δ/Y	Hz	kW	HP	A	cosφ	min <sup>-1</sup>	%
222/385	70	3,0	4,0	9,39/5,40	0,92	2100	91,4
317	100	4,0	5,4	8,90	0,90	3000	92,1
U <sub>n</sub>	400-460 V	VPWM	CT	SF 1,5	I <sub>sf</sub> 14,0/8,1 A		
K <sub>E</sub>	93/161 mVmin	K <sub>T</sub>	1,5/2,6 Nm/A	I <sub>max</sub>	28,7/16,5 A		
R <sub>str</sub>	1,33 Ω	L <sub>d</sub>	22,6 mH	L <sub>σ</sub>	45,9 mH		

<b>KOLLMORGEN</b>		<b>EAC</b>	
3 Φ PM SERVOMOTOR			
MODEL:	Arms		
Cust P/N:	Nm		
I <sub>cs</sub>	V DC		
T <sub>cs</sub>	RPM		
V <sub>s</sub>	kW		
N <sub>rtid</sub>	OHMS (L-L) 25 °C		
P <sub>rid</sub>			
R <sub>m</sub>			
SERIAL #			
Ambient 40 °C	IP		
Made in Czech Republic BCZ		www.Kollmorgen.com	

Abbildung 13: Exemplarische Motortypenschilder  
Getriebebau NORD

Fremdfabrikat (Quelle: KOLLMORGEN \*)  
\* Betriebsanleitung AKM, Edition 2014

Datenblatt / datasheet		Motor typ: 100T2/4	
3 Phasen-Motor / 3 phase-motor		Motor type:	
<b>Elektrische Daten:</b>	<b>Electrical data:</b>	<b>Auftragsdaten:</b>	
Spannungseingangsart	V	230	400
Spannung	Δ Y Δ		
Stromschaltung			
Connection of stator			
Frequenz (f)	Hz	70	100
Umdrehungszahl (n)	1/min	2100	3000
Nennleistung (M <sub>n</sub> )	Nm	13,6	12,7
Rated motor torque			
Nennleistung (P <sub>n</sub> )	kW	3,0	4,0
Output			
Induzierte Spannung (U <sub>i</sub> )	V	195	338
Induced Voltage			
Nennstrom (I <sub>n</sub> )	A	9,39	5,40
Current			
Maximaler Strom (I <sub>max</sub> )	A	28,7	16,5
Maximum current			
Maximales Drehmoment (M <sub>max</sub> )	Nm	42	42
Peak torque			
Wirkungsgrad	η (%)	91,4	92,1
Efficiency			
<b>Prüfdaten:</b>		<b>Tested data:</b>	
Schallleistungspegel (L <sub>WA</sub> )	dB(A)	51	(1500rpm)
Sound level			
Induktive D-Achse (L <sub>d</sub> )	mH	22,6	U1-U2
Inductance			
Induktive D-Achse (L <sub>σ</sub> )	mH	45,9	U1-U2
Inductance			
Wirkungsgrad bei 20 °C (R)		1,33	U1-U2
Resistance stator winding at 20 °C			
Überstromfaktor (I <sub>1</sub> )	K		
(gemessen nach der Widerstandsmethode)			
Temperaturerhöhung			
(at the stator winding resistance method)			
Isolationswiderstand (R <sub>iso</sub> )	> 100	Mega Ω	
Insulation resistance			
Spannungsprüfung	2352	V / 5 sek.	
Winding test			
Schwingeklasse	A		
Class of vibration			
<b>Vorschriften:</b>		<b>Classification authorities:</b>	
DIN EN 60034 Teil 1:3,7		IE4	

Abbildung 14: Exemplarische Datenblätter

#### AKM Installation [7] Technical Data

#### 7.6 Technical Data AKM5

U <sub>n</sub>	Data	Symbol	500	510	520	530	534	536	538
Electrical data	Standstill torque*	M <sub>s</sub> [Nm]	4,70	4,79	4,90	5,34	6,43	6,48	6,60
	Standstill current	I <sub>s</sub> [A]	2,75	2,84	2,94	3,29	4,02	5,3	5,3
	max. mains voltage	U <sub>m</sub> [VAC]	480						
75VDC	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	---	---	---	---	---	---	---
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	---	---	---	---	---	---	---
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	---	---	---	---	---	---	---
110V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	---	---	---	---	---	---	---
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	---	---	---	---	---	---	---
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	---	---	---	---	---	---	---
230V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	1200	1500	3000	3500	---	---	---
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	4,41	4,62	3,87	2,95	---	---	---
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	0,88	1,08	1,22	1,38	---	---	---
400V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	2500	3000	3500	---	---	---	---
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	3,98	3,62	1,95	---	---	---	---
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	1,04	0,37	1,23	---	---	---	---
480V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	3000	3000	3000	---	---	---	---
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	3,90	3,84	1,95	---	---	---	---
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	1,16	0,22	1,23	---	---	---	---
Mechanical data	Peak current	I <sub>max</sub> [A]	8,2	9,45	18	29,2	8	14,2	17,7
	Peak torque	M <sub>max</sub> [Nm]	11,6	11,3	11,9	21,3	21,9	21,6	21,9
	Torque constant	K <sub>t</sub> [Nm/A]	1,72	0,99	0,8	0,82	2,79	1,79	1,44
Power cable spec. EN60224-1:2006 Table 4, Column B2	Minimum cross section	mm <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	1	1,5

Operating voltage	UBR [VDC]	24 ± 10 %	Release delay time	t <sub>BR</sub> [ms]	118
Electrical power @ 20°C	PBR [W]	16,0 ± 7 %	Engage delay time	t <sub>BR</sub> [ms]	30
Moment of inertia	JBR [kgm <sup>2</sup> ]	0,214	Weight of the brake	GBR [kg]	1,1
			Typical backlash	t <sub>back</sub> [mm]	0,31

Die Motordaten werden im Frequenzumrichter unter der Registerkarte „**Motordaten / Kennlinienparameter**“ in die Parametern **P201 - P209** parametrieren. Für **Synchronmotoren** sind, gegenüber Asynchronmotoren, noch **weitere** motorenspezifische **Motordaten** relevant bzw. zu parametrieren. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten diese motorspezifischen Daten eines Synchronmotors in die Parameter **P240 - P247** zu schreiben.

Die Auswahl der Eingabemöglichkeiten richtet sich danach, ob es sich um einen IE4 Synchronmotor von Getriebebau NORD oder um ein Synchronmotor eines anderen Herstellers / Fremdfabrikat handelt.

Es stehen diese beiden Möglichkeiten der Parametrierung für Synchronmotoren zur Verfügung:

#### 1. **NORD – Motoren (IE4 Synchronmotoren (IPMSM))**

- Auswahl mittels Parameter **Motorliste P200** und der **Funktion {109 = 3,0 kW 400 V 100T2/4} automatische**  Eintragung der Motordaten in die Parameter (P201 - P209 und P240- P246)
- Statorwiderstandsmessung  $R_s$  mittels **Para.-identifikation P220** und Auswahl der **Funktion {1 = Identifikation  $R_s$ }**

#### 2. **Fremdmotoren (Synchronmotoren (SPMSM) anderen Herstellern)**

- Daten vom **Motortypenschild** und / oder **Datenblatt** übernehmen
- **händische**  Eingabe der Motordaten in die Parameter (P201 - P207 und P240- P246)
- Statorwiderstandsmessung  $R_s$  mittels **Para.-identifikation P220** und Auswahl **Funktion {1 = Identifikation  $R_s$ }**
- mit anschließender **Optimierung** der Motordaten für die Parameter (P240, P241, P246), siehe  3.4 "Optimierung Motordaten"

Sind die Motordaten des **Synchronmotors** für die Parameter **Statorwiderstand  $R_s$** , **Statorinduktivität  $L_d$**  und  **$L_q$**  nicht bekannt, so besteht die weitere Möglichkeit die Daten mittels einer **Motoren-Identifikation** zu ermitteln:

**Parameteridentifikation** mittels Parameter **Para.-identifikation P220** und Auswahl der **Funktion {2 = Identifikation Motor}**

- gilt nur für **Synchronmotoren** anderer Hersteller / **Fremdfabrikate** wenn keine Motordaten des **Fremdmotors** bekannt sind
- gilt nur für **NORD-Motoren** bei (Feldtestgeräten, Sondermotoren usw.)
- es werden nur der **Statorwiderstand  $R_s$**  im Parameter **Statorwiderstand P208** und die **Statorinduktivität  $L_d$**  im Parameter **Induktivität P241 [-01]** ermittelt
- die **Statorinduktivität  $L_q$**  im Parameter **Induktivität P241 [-02]** wird rechnerisch aus  **$L_d$**  bestimmt
- anschließende Optimierung der spezifischen Motordaten

## Handlungsanweisung

### 3.3.1 Motorlisten

Handelt es sich um einen IE4 Synchronmotor von **Getriebebau NORD**, so sollte dieser mittels des Parameters **Motorliste P200**, aus einer Liste der verfügbaren 4 poligen **IE4 Synchronmotoren** (IPMSM), ausgewählt werden. Es werden durch die Auswahl des Motortyps die entsprechenden Parameter **P201 - P209** und **P240 - P246 automatisch** ⚙️ gesetzt.

#### Information

#### NORD-Motordaten

Die in den Frequenzumrichtern hinterlegten Motordaten sind **nur** für die von **Getriebebau NORD** gefertigten **IE1 Asynchron-** und **IE4 Synchronmotoren** hinterlegt. Die Werte sind aus den motorspezifischen Datenblättern bzw. den Typenschildangaben berechnet worden!

Der **Motor cos phi P206** wird mit angegeben bzw. über die Motorliste P200 vorbesetzt, **ist** aber bei Synchronmotoren **nicht** von **Relevanz**.

Der **Leerlaufstrom P209** wird nach Eingabe der Motordaten mittels Motorliste P200, **nur** für die **IE4 Synchronmotoren**, immer **automatisch** ⚙️ auf den Wert „0“ parametrier.

#### Vorgehensweise

Im Parameter **Motorliste P200** stehen für z. B. für einen von Getriebebau NORD gefertigten IE4 Synchronmotor des Typs **SK100 T2/4** folgende Funktionen zur Auswahl:

- Funktion {103} = 2,2 kW / 230 V ⇒ 230 V Frequenzumrichter  
Motor in Y geschaltet, Nenndrehzahl 1500 rpm
- Funktion {108} = 3,0 kW / 230 V ⇒ 230 V Frequenzumrichter  
Motor in ▲ geschaltet, Nenndrehzahl 2100 rpm
- Funktion {109} = 3,0 kW 400 V ⇒ 400 V Frequenzumrichter  
Motor in Y geschaltet, Nenndrehzahl 2100 rpm
- Funktion {113} = 4,0 kW 400 V ⇒ 400 V Frequenzumrichter  
Motor in ▲ geschaltet, Nenndrehzahl 3000 rpm

Mit Auswahl der **Funktion {109 = 3,0 kW 400 V 100T2/4}** werden, nur für **NORD-Motoren** anschließend die folgenden Motordaten / Kennlinienparameter **automatisch** ⚙️ gesetzt:

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>			<b>NORD-Motor</b>
P200 (P)	Motorliste	0	⚙️ 0 → 109 (3,0 kW 400 V 100T2/4)
P201 (P)	Motor Nennfrequenz [Hz]	50,0 *	⚙️ 50,0 → 70,0
P202 (P)	Motor Nenndrehzahl [rpm]	1445 *	⚙️ 1445 → 2100
P203 (P)	Motor Nennstrom [A]	8,3 *	⚙️ 8,3 → 5,4
P204 (P)	Motor Nennspannung [V]	400 *	⚙️ 400 → 385
P205 (P)	Motor Nennleistung [kW]	4 *	⚙️ 4 → 3
P206 (P)	Motor cos phi	0,8 *	⚙️ 0,8 → 0,92
P207 (P)	Motorschaltung	1 *	⚙️ 1 → 0 (Stern)
P208 (P)	Statorwiderstand [Ω]	3,44 *	⚙️ 3,44 → 1,44 (gemessen)
P209 (P)	Leerlaufstrom [A]	4,4 *	⚙️ 4,4 → 0 **
P220 (P)	Para.-identifikation	0	⚙️ 0 → 1 (Identifikation R <sub>s</sub> )

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER			NORD-Motor
P240 (P)	EMK Spannung PMSM [V]	0	☞ 0 → 341
P241 [-01]	Induktivität PMSM (d-Achse) [mH]	20	☞ 20 → 22,6
P241 [-02]	Induktivität PMSM (q-Achse) [mH]	20	☞ 20 → 45,9
P243 (P)	Reluktanzwinkel IPMSM [°]	0	☞ 0 → 10
P244 (P)	Spitzenstrom PMSM [A]	5 ***	☞ 5 → 14
P246 (P)	Massenträgheit PMSM [kg*cm <sup>2</sup> ]	5	☞ 5 → 45,8
P247 (P)	Umschaltfre.VFC PMSM [%]	25	☞ 25 (belassen)

\* abhängig von der FU-Leistung bzw. den Parametern P200 / P220

\*\* ☞ auf „0“ bei IE4 Synchronmotor von Getriebebau NORD  
☞ auf „0“ bei Synchronmotoren anderer Hersteller

\*\*\* frequenzrichterabhängig, SK 5xxE Werkseinstellung Wert = 20

Der **Statorwiderstand P208** sollte immer mit der automatischen Statorwiderstandsmessung ermittelt, eingestellt und abschließend kontrolliert werden, siehe **Para.-identifikation P220** und der **Funktion {1 = Identifikation R<sub>S</sub>}**.

#### Information

#### Statorwiderstand

Der einzugebende bzw. gemessene Wert des **Statorwiderstands P208** eines Strangs (sollte dieser verfügbar sein) bezieht sich immer auf eine **Umgebungstemperatur** von ca. **20 °C**.

Bei den, von Getriebebau NORD gefertigten IE4 Synchronmotoren, ist der Statorwiderstandswert zusätzlich auf dem Motortypenschild gestempelt.



Der Parameter **Massenträgheit P246** beschreibt das Trägheitsmoment der Antriebsmaschine. Die Werkseinstellung von **5 kg\*cm<sup>2</sup>** ist für die **meisten Applikationsanwendungen ausreichend**.

Für hochdynamische Anwendungen sollte jedoch idealer Weise das Massenträgheitsmoment des gesamten Antriebssystems parametrieren werden.

Dieses führt zu einer Verbesserung der dynamischen Eigenschaften. Die Werte sind den technischen Datenblättern zu entnehmen bzw. beim Hersteller zu erfragen.

#### Information & Handlungsanweisung

### 3.3.2 NORD – Motoren Motortypenschild / Datenblatt

Die Motordaten können dem Motortypenschild, siehe  3.3 "Motordaten" und / oder dem herstellereigenen Datenblatt entnommen werden. Die herstellereigenen Motorangaben sollten entsprechend unter der Registerkarte „**Motordaten / Kennlinienparameter**“ parametrieren werden.

#### NORD-Motor

Bei NORD-Motoren sollten die Motordaten, **generell** mittels der Auswahl des **Motortyps**, über den Parameter **Motorliste P200**, wie z. B. Funktion **{109 = 3,0 kW 400 V 100T2/4}**, parametrieren werden.

Datenblatt / datasheet		Getriebelbau: NORD Gearbox & Co. KG Getriebebau Nord Str. 1 D - 22941 Bargheide www.nord.com	
<b>3 Phasen-Motor / 3 phase-motor</b>		Motortyp : Motor type:	<b>100T2/4</b>
<b>Elektrische Daten:</b>	<b>Electrical data:</b>	<b>Auftragsdaten: / Order data:</b>	
Spannungsversorgung Voltage supply:	V	230	400
Ständerschaltung: Connection of stator:		Δ	Y
Frequenz (f): Frequency:	Hz	70	100
Drehzahl (n): Speed:	1/min	2100	3000
Nenn Drehmoment (M <sub>N</sub> ): rated motor torque:	Nm	13,6	12,7
Nennleistung (P): Output:	kW	3,0	4,0
Induzierte Spannung (U <sub>i</sub> ): Induced Voltage:	V	195	338
Nennstrom (I): Current:	A	9,39	5,40
Maximal Strom (I <sub>max</sub> ): Maximum current:	A	28,7	16,5
Maximales Drehmoment (M <sub>max</sub> ): Peak torque:	Nm	42	42
Wirkungsgrad Efficiency:	η (%)	91,4	92,1
<b>Prüfdaten: / Tested data:</b>		<b>Allgemeindaten: / General data:</b>	
Schalldruckpegel (L <sub>WA</sub> ): Noise level:	dB(A)	S1	(1500rpm)
Induktivität D-Achse (L <sub>D</sub> ): Inductance:		22,6 U1-U2	mH
Induktivität Q-Achse (L <sub>Q</sub> ): Inductance:		45,9 U1-U2	mH
Wicklungswiderstand bei 20°C (R): Resistance stator winding at 20°C:		1,33 U1-U2	Ω
Übertemperatur (T): (gemessen nach der Widerstandsmethode) Temperature rise: (at the stator winding resistance method)			K
Isolationswiderstand (R <sub>iso</sub> ): Insulation resistance:		> 100	Mega Ω
Stehspannungsprüfung: Winding test:		2352	V / 5 sek.
Schwingstärke: Class of vibration:			A
<b>Motoroptionen: / Motor options:</b>		<b>Vorschriften: / Classification authorities:</b>	
		DIN EN 60034 Teil: 1,3,7	
		IE4	
		Technische Änderungen Vorbehalten. Technical data are subject to change.	

Abbildung 15: NORD-Motor Datenblatt SK 100T2/4 BRE40 FHL TF

Falls ein **NORD-Motor** nicht mittels des Parameters **Motorliste P200** ausgewählt werden kann, sind die Motordaten gemäß Motortypenschild bzw. vom Datenblatt zu parametrieren. Der **Leerlaufstrom P209** muss dann explizit vom Anwender, immer **händisch** , auf den Wert „0“ parametrieren werden.



Die motorspezifischen Werte für die **Spannungskonstante k<sub>e</sub>**, den **Statorwiderstand R<sub>s</sub>** und die **Statorinduktivitäten L<sub>d</sub>** und **L<sub>q</sub>** sind in den Datenblättern aufgeführt oder z. T. auch auf dem Motortypenschild gestempelt. Der Parameter **Reluktanzwinkel IPMSM P243** ist auf den Wert **10°** zu parametrieren. Die Werte für die beiden Parameter **Spitzenstrom PMSM P244** und der **Massenträgheit PMSM P246** sind ebenfalls, gemäß Datenblatt bzw. den Herstellerangaben, anzupassen.

#### 3.3.3 Fremdmotoren Motortypenschild / Datenblatt



Dieses **Kapitel** kommt nur bei **Fremdmotoren** bzw. **Synchronmotoren anderer Hersteller** zur Anwendung.

Bei Applikationsanwendungen mit einem **NORD - Motor**, kann dieses **Kapitel komplett übersprungen** werden!

Bei Synchronmotoren eines anderen **Herstellers** bzw. **Fabrikats**, besteht **nur** die Möglichkeit, die Motordaten vom **Motortypenschild** zu übernehmen oder dem herstellerspezifischen **Datenblatt** zu entnehmen. Die Motordaten sind vom Anwender im Frequenzumrichter unter der Registerkarte „**Motordaten / Kennlinienparameter**“ in die Parametern **P201 - P209** einzutragen bzw. zu parametrieren. Bei Synchronmotoren sind gegenüber Asynchronmotoren noch weitere motorspezifische Motordaten relevant bzw. einzutragen. Die zusätzlichen herstellerspezifischen Motordatenwerte sind vom Anwender in die Parameter **P240 - P246** einzutragen.

#### ACHTUNG

#### Fremdfabrikate

Es darf die Auswahl bzw. die Vorbelegung der Motordaten (P2xx) für Fremdfabrikate **nicht** über den Parameter **Motorliste P200**, wie z. B. mit der Funktion {109 = 3,0 kW, 400 V, 100T2/4} erfolgen! Ansonsten wird bei der Berechnung des PMSM-Modells auf „falsche“ Motordatenwerte aufgesetzt. Da es sich um herstellerspezifische Daten der Synchronmotoren handelt, sollte bei Unstimmigkeiten immer der **Hersteller** des Antriebes kontaktiert werden!

Die motorspezifischen Werte für die **Spannungskonstante  $k_e$** , den **Statorwiderstand  $R_s$**  und die **Statorinduktivitäten  $L_d$  und  $L_q$**  sind üblicherweise in den Datenblättern aufgeführt oder sind z. T. auch auf dem Motortypenschild gestempelt.

Falls beim **Fremdmotor** der **Motor Nennstrom P203** nicht auf dem Motortypenschild steht oder dem herstellerspezifischen Datenblatt zu entnehmen ist, kann dieser gemäß der folgenden Formel auch berechnet werden:



$$I_N = \frac{M_N}{K_{Trms}} \triangleq P_{203} = \frac{M_N}{K_{Trms}}$$

$I_N$ : Motor Nennstrom [A]

$P_{203}$ : Motor Nennstrom [A]

$M_N$ : Motor Nennmoment [Nm]

$K_{Trms}$ : Drehmomentkonstante [Nm/A]

#### Information

#### Motordaten der Fremdfabrikaten

Der **Motor cos phi P206** wird z. T. vom Hersteller mit angegeben, **ist** aber bei Synchronmotoren **nicht** von **Relevanz**. Aus der Eingabe der **Motor Nennfrequenz P201** und der **Motor Nenndrehzahl P202** wird die Polpaarzahl automatisch ermittelt. Bei Synchronmotoren kann es gelegentlich zu Abweichungen kommen. Bitte an den Service von Getriebebau NORD wenden.

Der **Leerlaufstrom P209** muss bei **Synchronmotoren** anderer **Hersteller**, d. h. generell bei allen **Fremdmotoren**, vom Anwender immer **händisch** , auf den Wert „0“ parametrieren werden.

Der Parameter **Reluktanzwinkel IPMSM P243** ist nach Angaben des Herstellers einzustellen. Die Werte für die beiden Parameter **Spitzenstrom PMSM P244** und der **Massenträgheit PMSM P246** sind ebenfalls, gemäß Datenblatt bzw. den Herstellerangaben, anzupassen.

AKM Installation | 7 Technical Data

**7.6 Technical Data AKM5**

U <sub>N</sub>	Data	Symbol [Unit]	AKM									
			51E	51G	51H	51K	52E	52G	52H	52K	52M	
<b>Electrical data</b>												
	Standstill torque*	M <sub>0</sub> [Nm]**	4.70	4.75	4.79	4.90	8.34	8.43	8.48	8.60	8.60	
	Standstill current	I <sub>0rms</sub> [A]**	2.75	4.84	6	9.4	2.99	4.72	5.9	9.3	13.1	
	max. Mains voltage	U <sub>N</sub> [VAC]	480									
75VDC	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
115V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	—	—	—	2500	—	—	—	—	—	
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	—	—	—	4.15	—	—	—	—	—	
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	—	—	—	1.09	—	—	—	—	—	
230V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	1200	2500	3000	5500	—	1500	1800	3000	4500	
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	4.41	4.02	3.87	2.35	—	7.69	7.53	6.80	5.20	
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	0.55	1.05	1.22	1.35	—	1.21	1.42	2.14	2.45	
400V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	2500	3000	6000	—	1500	2500	3500	5500	—	
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	3.98	2.62	1.95	—	7.61	7.06	6.26	3.90	—	
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	1.04	1.37	1.23	—	1.20	1.85	2.3	2.25	—	
480V	Rated speed	n <sub>n</sub> [rpm]	3000	3000	6000	—	2000	3000	4000	6000	—	
	Rated torque*	M <sub>n</sub> [Nm]	3.80	1.94	1.95	—	7.28	6.66	5.77	3.25	—	
	Rated power	P <sub>n</sub> [kW]	1.19	1.22	1.23	—	1.52	2.09	2.42	2.04	—	
	Peak current	I <sub>0max</sub> [A]	8.2	14.5	18	28.2	9	14.2	17.7	27.9	39.4	
	Peak torque	M <sub>0max</sub> [Nm]	11.6	11.7	11.7	11.9	21.3	21.5	21.6	21.9	21.9	
	Torque constant	K <sub>T,rms</sub> [Nm/A]	1.72	0.99	0.8	0.52	2.79	1.79	1.44	0.93	0.66	
	Voltage constant	K <sub>E,rms</sub> [mV/min]	110	63.6	51.3	33.5	179	115	92.7	60.1	42.4	
	Winding resistance p-p	R <sub>ps</sub> [Ω]	8.98	2.87	1.97	0.75	8.96	3.70	2.35	0.96	0.49	
	Winding inductance p-p	L [mH]	36.6	12.1	7.9	3.40	44.7	18.5	11.9	5.00	2.50	
<b>Mechanical data</b>												
	Rotor moment of inertia	J [kgcm <sup>2</sup> ]	3.4			6.2						
	Pole number	-	10			10						
	Static friction torque	M <sub>R</sub> [Nm]	0.022			0.04						
	Thermal time constant	t <sub>TH</sub> [min]	20			24						
	Weight standard	G [kg]	4.2			5.8						
	Radial load permitted	F <sub>R</sub> [N]							(→ # 179)			
	Axial load permitted	F <sub>A</sub> [N]							(→ # 179)			
<b>Power cable acc. EN60204-1:2006 Table 6, Column B2</b>												
	Minimum cross section	mm <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5	

\* Rated data with reference flange Aluminium 305mm \* 305mm \* 12.7mm

\*\* Derating in case of built-in Encoder 6%, with built-in Encoder and Brake 10%

**Brake data**

Holding torque @ 120°C	MBR [Nm]	14.5	Release delay time	tBRH [ms]	115
Operating voltage	UBR [VDC]	24 ± 10 %	Engage delay time	tBRL [ms]	30
Electrical power @ 20°C	PBR [W]	19.5 ± 7 %	Weight of the brake	GBR [kg]	1.1
Moment of inertia	JBR [kgcm <sup>2</sup> ]	0.214	Typical backlash	[°mech.]	0.31

Abbildung 16: Fremdmotor Datenblatt Kollmorgen AKM5

Für den Testaufbau mit einem Fremdmotor, wurde ein **SK 540E-221-323-A** Frequenzumrichter und ein Synchronmotor der Firma **Kollmorgen**, mit der Bezeichnung **AKM5** verwendet.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>		<b>Fremdmotor</b>	
P201 (P)	Motor Nennfrequenz [Hz]	50,0 *	👉 50,0 → 208,3
P202 (P)	Motor Nenndrehzahl [rpm]	1440 *	👉 1440 → 2500
P203 (P)	Motor Nennstrom [A]	5,2 *	👉 5,2 → 1,5
P204 (P)	Motor Nennspannung [V]	400 *	👉 400 (belassen)
P205 (P)	Motor Nennleistung [kW]	2,2 *	👉 2,2 → 1,04
P206 (P)	Motor cos phi	0,74 *	👉 0,74 (belassen)
P207 (P)	Motorschaltung	0 *	👉 0 (belassen)
P208 (P)	Statorwiderstand [Ω]	2,43 *	👉 2,43 → 4,45 (gemessen)
P209 (P)	Leerlaufstrom [A]	3,8 *	👉 3,8 → 0 **
P220 (P)	Para.-identifikation	0	👉 0 → 1 (Identifikation R <sub>S</sub> )
P240 (P)	EMK Spannung PMSM [V]	0	👉 0 → 275
P241 [-01]	Induktivität PMSM (d-Achse) [mH]	20	👉 20 → 8,5
P241 [-02]	Induktivität PMSM (q-Achse) [mH]	20	👉 20 → 18,3
P243 (P)	Reluktanzwinkel IPMSM [°]	0	👉 0 (belassen)
P244 (P)	Spitzenstrom PMSM [A]	20 ***	👉 20 → 8,2
P246 (P)	Massenträgheit PMSM [kg*cm <sup>2</sup> ]	5	👉 5 → 3,4

\* abhängig von der FU-Leistung bzw. dem Parametern P200 / P220

\*\* 👉 auf „0“ bei Synchronmotoren anderer Hersteller

\*\*\* frequenzumrichterabhängig, SK 2xxE Werkseinstellung Wert = 5

Nach der Parametereingabe der Motordaten sollte nur bei Fremdmotoren noch eine **Optimierung** der **weiteren Motordaten** vorgenommen werden.

Mit der **Motoren-Identifikation**, siehe 📖 **Para.-identifikation P220** und der Funktion {1 = **Identifikation R<sub>S</sub>**} sollte der Statorwiderstand gemessen werden. Anschließend sollte noch eine **Optimierung** der weiteren **Motordaten** nach Kapitel 📖 3.4 "Optimierung Motordaten" vorgenommen werden.

Die **Spannungskonstante k<sub>e</sub>**, die den Wert für die Gegeninduktionsspannung des Synchronmotors angibt, wird auf dem Motortypenschild sowie im Datenblatt angegeben. Die Spannungskonstante k<sub>e</sub> gibt die induzierte Spannung des Feldes (vom Rotor in den Stator) bezogen auf die Motordrehzahl an.

## EMK-Spannung PMSM P240

Die **EMK-Spannung PMSM P240** wird mittels der **Spannungskonstante  $k_e$**  nach der folgenden Formel berechnet:

$$EMK - Spannung PMSM = k_e * n_N \triangleq P_{240} = k_e * P_{202}$$

$k_e$ :	Spannungskonstante	[mV/min]
$n_N$ :	Nenndrehzahl	[rpm]
$P_{202}$ :	Motor Nenndrehzahl	[rpm]
$P_{240}$ :	EMK-Spannung PMSM	[V]

Der berechnete Wert für die **EMK-Spannung PMSM P240** sowie die dem Datenblatt bzw. Motortypenschild zu entnehmenden Werte für die **Statorinduktivitäten  $L_d$  und  $L_q$**  sind entsprechend im Frequenzumrichter zu parametrieren.

## Induktivität PMSM P241

**[-01]** für **d-Achse**  $\triangleq$  **Statorinduktivität  $L_d$**

**[-02]** für **q-Achse**  $\triangleq$  **Statorinduktivität  $L_q$**

Die Werte für die beiden Statorinduktivitäten  $L_d$  und  $L_q$ , im Parameter **Induktivität PMSM P241 [-01]** und **[-02]** können bei Fremdmotoren mittels der Parameteridentifikation, siehe  **Para.-identifikation P220** über die Auswahl der Funktion **{2 = Identifikation Motor}** ermittelt werden.

Da die **Statorinduktivität** der **d-Achse** ungleich der **q-Achse** ist,

$$L_d \neq L_q \quad \text{Induktivität PMSM P241 [-01]} \neq \text{Induktivität PMSM P241 [-02]}$$

muss bei, von Getriebebau NORD gefertigten IE4 Synchronmotoren (NORD-Motoren) und Fremdmotoren vom Typ IPMSM, zusätzlich das **Reluktanzdrehmoment** bzw. der Parameter **Reluktanzwinkel IPMSM P243** berücksichtigt werden.

## Reluktanzwinkel IPMSM P243

Der **Reluktanzwinkel IPMSM P243**, gibt den zusätzlichen **Winkel** an, der sich aus der Anisotropie (Richtungsabhängigkeit) der Induktivität in der **d-** und **q-Achse** ergibt.

## Information

## SPMSM Antriebe

Bei Anwendungen mit SPMSM (**S**urface **P**ermanent **M**agnet **S**ynchronous **M**otor), d. h. Synchronmotoren mit Oberflächenmagneten, muss der Parameter **Reluktanzwinkel IPMSM P243** auf „0“ eingestellt bzw. auf der Werkseinstellung **{0 °}** belassen werden.

Der motorenspezifische Reluktanzwinkel (**10 °** für **IE4 Synchronmotoren** von Getriebebau NORD) sollte bei **Fremdfabrikaten** immer **unter Lastbedingungen** experimentell ermittelt werden. Näheres siehe Kapitel  9.1 "Handbücher". Bei IE4 Synchronmotoren von Getriebebau NORD wird der Wert von **10 ° automatisch** , mit der Auswahl der Synchronmotoren mittels Motorliste P200, gesetzt.



Nach Abschluss der Grundinbetriebnahme der IPMSM Antriebe von anderen Herstellern, sollte mit einer **gleichmäßigen Last** ( $> 0,5 \times M_N$ ) der Antrieb im **CFC Closed-Loop** Betrieb (siehe  **Servo Modus P301** mit der **Funktion** {1 = An (CFC Closed-Loop)}) laufen gelassen werden.

Detaillierte Informationen sind dem jeweiligen Handbuch der Frequenzumrichter, siehe  7 "Reluktanzdrehmoment" zu entnehmen.

#### Spitzenstrom PMSM P244

In dem Parameter **Spitzenstrom PMSM P244** wird der Spitzenstrom des Antriebssystems eingetragen. Dieser Parameter dient quasi als Motorschutz und verhindert eine Entmagnetisierung des Antriebes. Der Wert ist beim Hersteller zu erfragen bzw. ggf. dem Motortypenschild oder dem Datenblatt zu entnehmen.

#### Massenträgheit PMSM P246

In dem Parameter **Massenträgheit PMSM P246** wird das Massenträgheitsmoment des Antriebssystems eingetragen. Die Werkseinstellung von **5 kg\*cm<sup>2</sup>** ist für die meisten Anwendungsfälle genügend. Bei hochdynamischen Anwendungen, wie z. B. dynamischen Fördersystemen, sollte idealerweise der tatsächliche Wert ermittelt und eingetragen werden.

Die Werte für die Synchronmotoren sind den herstellereigenen technischen Daten zu entnehmen bzw. beim Hersteller zu erfragen. Der Anteil der externen Schwungmasse (z. B. Getriebe, Maschine) ist zu berechnen bzw. kann alternativ experimentell ermittelt werden.

Die korrekte Einstellung des Parameters **Massenträgheit PMSM P246** führt zu einer Verbesserung der dynamischen Antriebseigenschaften.

Detaillierte Informationen sind dem jeweiligen Handbuch der Frequenzumrichter, siehe  9.1 "Handbücher" zu entnehmen.

### 3.3.4 Motoren-Identifikation

Sind die Motordaten für den **Statorwiderstand**  $R_s$  und die **Statorinduktivität**  $L_d$  und  $L_q$  nicht bekannt, d. h. weder Datenblatt noch Motortypenschild sind vorhanden, besteht die Möglichkeit, diese Motorangaben mittels einer Motoren-Identifikation automatisch zu ermitteln.

Hierzu müssen allerdings die Motordaten für die Parameter:

- **Motor Nennfrequenz P201**
- **Motor Nenndrehzahl P202** ca. Werte, da Abhängigkeit der Polpaarzahl (2 / 4)
- **Motor Nennspannung P204**
- **Motor Nennleistung P205**
- **Motorschaltung P207**

dem Anwender bekannt sein und im Frequenzumrichter unter der Registerkarte „**Motordaten / Kennlinienparameter**“ parametrieren werden.

#### Motor Nennfrequenz P201

Die Motor Nennfrequenz wird aus der **Motor Nenndrehzahl P202** nach der folgenden Formel berechnet:

$$f = \frac{n * p}{60} \triangleq P_{201} = \frac{P_{202} * p}{60}$$

$f$ :	Frequenz	[Hz]
$n$ :	Drehzahl	[rpm]
$p$ :	Polpaarzahl	[-]
$P_{201}$ :	Motor Nennfrequenz / Frequenz	[Hz]
$P_{202}$ :	Motor Nenndrehzahl	[rpm]

Der berechnete Wert wird im Parameter **Motor Nennfrequenz P201** eingetragen.

#### Para.-identifikation P220

Mittels des Parameters **Para.-identifikation P220** besteht die Möglichkeit vom Frequenzumrichter die **Motordaten** für **Statorwiderstand**  $R_s$  und die **Statorinduktivität**  $L_d$  und  $L_q$  **automatisch**  zu ermitteln.

#### Information

#### Parameter-Identifikation SK 5xxE

Bei den **SK 5xxE** Frequenzumrichtern ist für die **Para-identifikation P220** die Funktion **{2 = Identifikation Motor}** **nur** für Frequenzumrichter / Motorpaarungen  $\leq 7,5 \text{ kW}$  (bei 400 V) bzw.  $\leq 4,0 \text{ kW}$  (bei 230 V) möglich.

Für **SK 5xxE** Anwendungen  $\geq 11,0 \text{ kW}$  ist die Funktion **{2 = Identifikation Motor}** **nicht freigegeben**.

Für den dezentralen **SK 2xxE** Frequenzumrichter ist die Funktion **{2 = Identifikation Motor}** für den gesamten Leitungsbereich möglich.

Die **Para.-identifikation P220** muss im **kalten Motorzustand** ( $15 \text{ °C} \geq T_{\text{Motor}} \leq 25 \text{ °C}$ ) durchgeführt werden.

Es kann zwischen den beiden folgenden Funktionen gewählt werden:

- Funktion {1 = **Identifikation  $R_s$** }:

Bei der **Identifikation  $R_s$**  wird nur der **Statorwiderstand P208** durch mehrfaches Messen ermittelt.

- Funktion {2 = **Identifikation Motor**}:

Mittels **Identifikation Motor** werden nur im Motorstillstand für Synchronmotoren der **Statorwiderstand  $R_s$**  und die **Statorinduktivität  $L_d$**  gemessen. Aus dem gemessenen  $L_d$  Wert wird der Wert  $L_q$  berechnet.

Die ermittelten Statorwerte werden automatisch  $\odot$  in die Parameter **Statorwiderstand P208** und **Induktivität PMSM P241 [-01] + [-02]** eingetragen.



Bei **NORD-Motoren** sollte für die **Para.-Identifikation P220** bzw. für die Messung des **Statorwiderstand** (siehe  Parameter Statorwiderstand P208) vorzugsweise nur die Funktion {2 = **Identifikation  $R_s$** } genutzt werden!

---

#### **Information**      **Statorwiderstands- und Statorinduktivitätswert**

Der gemessene Statorwiderstandswert wird im Parameter **Statorwiderstand P208** nach abgeschlossener Messung **automatisch  $\odot$**  eingetragen bzw. angezeigt.

Bei „falschen“ Widerstandswerten sollte die Einstellung der Motorschaltung P207 bzw. auch der Motoranschluss im Anschusssklemmenkasten kontrolliert werden.

Der ermittelte Statorinduktivitätswert  $L_d$  der **d-Achse** wird im Parameter **Induktivität PMSM P241 [-01]** nach abgeschlossener Messung **automatisch  $\odot$**  eingetragen. Der Induktivitätswert  $L_q$  für die **q-Achse** wird aus der ermittelten Statorinduktivität  $L_d$  der **d-Achse** errechnet und direkt im Parameter **Induktivität PMSM P241 [-02]** eingetragen.



Bei **IPMSM** Anwendungen (Interior **P**ermanent **M**agnet **S**ynchronous **M**otor) passt ungefähr der errechnete Induktivitätswert  $L_q$  im Parameterarray **Induktivität PMSM P241 [-02]**.

Für **SPMSM** Anwendungen (**S**urface **P**ermanent **M**agnet **S**ynchronous **M**otor) sind die Induktivitätswerte beider Achsen Komponenten ( $L_d = L_q$ ) **identisch** zu parametrieren, d. h. für die **Parametrierung** sind die Werte in den beiden Parameterarrays

**Induktivität PMSM P241 [-02] = Induktivität PMSM P241 [-01]**  
gleich zu setzen.

### Information

#### 3.3.5 Ersatzschaltbild

Generell werden alle zur Regelung benötigten Daten aus den Angaben des Typenschildes (siehe  3.3 "Motordaten") bzw. dem herstellerspezifischen Datenblatt ermittelt. Die benötigten Daten beziehen sich auf die Daten des elektrischen Ersatzschaltbildes (ESB) der PMSM.

Bei der **Para.-identifikation P220** wird anhand von Messsignalen nur auf den **Statorwiderstand  $R_s$**  und die **Statorinduktivität  $L_d$**  bzw.  $L_q$  des ESB geschlossen.



Die zur Regelung benötigten Daten aus dem Ersatzschaltbild (ESB) unterliegen z. T. einer Abhängigkeit von der Temperatur (Motor sowie Umgebung). Eine **Korrekturanpassung der Werte** bei erhöhten Motortemperaturen wird durch die **Regelung automatisch** vorgenommen. Wird der **Statorwiderstand** bei höheren Umgebungstemperaturen bzw. erst nach längerem Betrieb des Motors gemessen, so ergeben sich dadurch „falsche“ **Startwerte** für die **automatische Temperaturkorrektur**.



### Information

### Anzeige gemessener Werte

Werden die Motordaten mittels der **Para.-identifikation P220** und der Funktion {1 = Identifikation  $R_s$ } ermittelt, so kann der **Statorwiderstandswert  $R_s$**  zum einen im Parameter **Statorwiderstand P208** als auch im Parameter **Auswahl Anzeige P001** überprüft werden.

Wenn bei der **Para-Identifikation P220** die Funktion {2 = Identifikation Motor} gewählt wird, werden zusätzlich nur im Parameter **Induktivität PMSM P241 [-01]** und [-02] die Werte der Statorinduktivitäten  $L_d$  und  $L_q$  angezeigt.

Im Register „**Betriebsanzeigen**“ unter dem Parameter **Auswahl Anzeige P001** sind die entsprechenden Werte des Ersatzschaltbildes z. T. auszuwählen, welche – erst nach Freigabe des Frequenzumrichters – zur Anzeige gebracht werden sollen. Sonstige aus den Motordaten berechneten Werte sowie weitere Daten des Ersatzschaltbild können hingegen **nicht** angezeigt werden.

## 3.4 Optimierung Motordaten

### Handlungsanweisung

Die Motordaten von **Synchronmotoren** sind prinzipiell **motoren-** bzw. **herstellerspezifisch**. Die Bezeichnungen der **weiteren Motordaten** sind in den Datenblattangaben der jeweiligen Hersteller und z. T. auch auf den Motortypenschildangaben der Fremdmotoren teilweise unterschiedlich bezeichnet.

Bei einem Betrieb von **Fremdmotoren** an **Frequenzumrichtern** der Firma **Getriebebau NORD** wird **empfohlen**, immer nach der Grundinbetriebnahme des Synchronmotors (Eingabe der Motordaten vom Motortypenschild / Datenblatt), dass der Anwender noch eine **Optimierung** einzelner, motorspezifischer Motordaten, d. h. der folgenden Parameter vornimmt.

Diese Parameter sind unter der Registerkarte „**Motordaten / Kennlinienparameter**“ zu finden und entsprechend zu optimieren:

- **EMK-Spannung PMSM P240**
- **Induktivität PMSM P241**
- **Reluktanzwink. IPMSM P243**
- **Massenträgheit PMSM P246**

Das Reluktanzdrehmoment sollte nur bei Fremdmotoren des Typs IPMSM, vom Anwender ggf. noch optimiert werden. Die Vorgehensweise zur Optimierung des Parameters Reluktanzwink. IPMSM P243 wird im  Kapitel 7 "Reluktanzdrehmoment" beschrieben.

Das Massenträgheitsmoment hingegen, sollte nur bei bestimmten bzw. unter anwendungsspezifischen Voraussetzungen optimiert werden.

### 3.4.1 NORD - Motoren

Die Motordaten sind für die IE4 **Synchronmotoren** von **Getriebebau NORD**, siehe  Parameter **Motorliste P200**, bereits in der **Systemsoftware** der beiden Frequenzumrichterreihen **SK 2xxE** und **SK 5xxE** in der Motorliste **implementiert**.



Eine **Optimierung** der **spezifischen Motordaten** der von **Getriebebau NORD** gefertigten **IE4 Synchronmotoren** sind nur in **Ausnahmefällen** bzw. nur bei **Sonderanwendungen** erforderlich bzw. vom Anwender vorzunehmen.

Diese gilt generell für alle **NORD-Motoren** (z. B. Feldtestantriebe, Sonderanfertigungen usw.), die nicht unter dem Parameter **Motorliste P200** zu finden sind.

Bei Sonderanwendungen, Sondermotoren und Applikationsproblemen wird **empfohlen**, sich immer an den **Service** von **Getriebebau NORD** zu wenden.

### 3.4.2 Fremdmotoren

Fremdmotoren bzw. **Fremdfabrikate** sind **motoren-** bzw. **herstellerspezifisch** und sollten für den Betrieb an den **Frequenzumrichtern** von **Getriebebau NORD** immer, nach Eingabe der **Motordaten** (vom Motortypenschild / Datenblatt), noch optimiert werden.

Die Optimierung sollte im Anschluss der **Grundinbetriebnahme**, siehe  3 "Grundinbetriebnahme", und der nach der

- Parametrierung der Motordaten vom **Motortypenschild** oder **Datenblatt**
- Motoren-Identifikation mittels **Para.-identifikation P220** Funktion {1 = Identifikation R<sub>s</sub>}

vom Anwender abschließend vorgenommen werden.

### 3.4.3 EMK-Konstante

Die **EMK-Konstante** bzw. **EMK-Spannung PMSM P240** kann mittels der **Spannungskonstante  $k_e$**  berechnet werden, siehe  3.3.2 "NORD – Motoren Motortypenschild / Datenblatt" und anschließend optimiert werden.



Die EMK-Konstante bzw. der Parameter **EMK-Spannung PMSM P240** eines Synchronmotors kann **nicht** bei **stillstehendem Motor** identifiziert werden. Der Wert kann jedoch bei leerlaufendem Antrieb experimentell **ermittelt** und **optimiert** werden.

Bei der Optimierung der **EMK-Spannung PMSM P240** sollte wie folgt vorgegangen werden:

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>		<b>Fremdmotor</b>	
P209 (P)	Leerlaufstrom [A]	4,4 *	👉 <b>3,8 → 0</b>
P240 (P)	EMK Spannung PMSM [V]	0	👉 <b>275 → optimal</b>
P247 (P)	Umschaltfre.VFC PMSM [%]	25	👉 25 (belassen)
<b>REGELUNGSPARAMETER</b>			
P300 (P)	Servo Modus	0 (Aus = VFC Open-Loop)	👉 0 (belassen)

\* 🔄 auf „0“ bei IE4 Synchronmotor von Getriebebau NORD  
👉 auf „0“ bei Synchronmotor anderer Hersteller

Bei leerlaufenden Synchronmotor kann die **EMK-Konstante** mittels „ausgeschaltetem“ Parameter **Servo Modus P300**, sprich **Funktion {0 = Aus (VFC Open-Loop)}** mit den folgenden Vorgaben optimiert werden:

- **Leerlaufstrom P209 = „0“** und
- ausreichender Sollwertvorgabe, d. h. **Sollfrequenz > Umschaltfre.VFC PMSM P247**



**Ziel ist es, den optimalen Wert für den Parameter EMK-Spannung PMSM P240 zu ermitteln.**

Der „richtige“ Wert für die **EMK-Konstante** ist gefunden, wenn der **Aktuelle Strom P719** im Leerlauf den Wert „0“ bzw. **nahezu „0“** annimmt.

Die folgende Grafik zeigt das Optimum für die EMK Spannung PMSM P240 Einstellung:

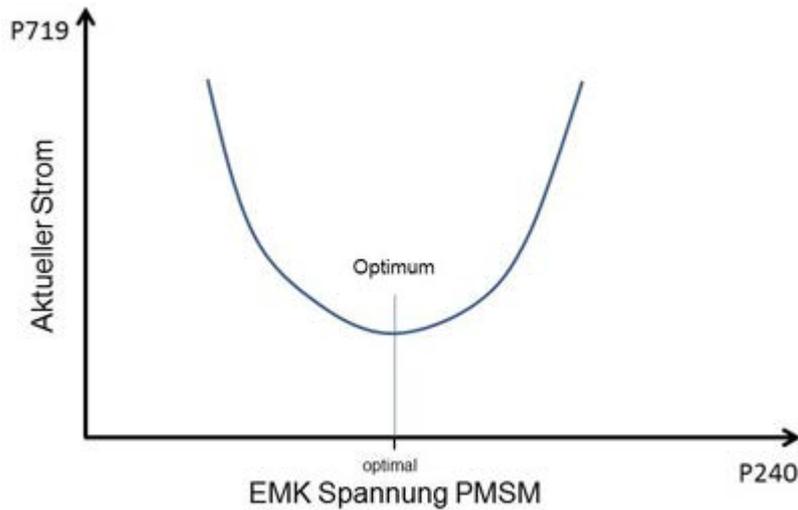


Abbildung 17: Grafik für Optimum Strom / EMK-Konstante

Man beginnt zunächst mit kleineren Sollwertvorgaben / Sollfrequenzen und führt eine erste Optimierung der **EMK-Spannung PMSM P240** durch. Anschließend erhöht man dann die **Sollfrequenz** bis kurz vor Erreichen des **Feldschwächebereichs** und nimmt anschließend noch einen Feinabgleich vor.

### 3.4.4 Statorinduktivität

Nach der Übernahme der Statorinduktivität aus den herstellerspezifischen Datenblättern, siehe  3.3.2 "NORD – Motoren Motortypenschild / Datenblatt", sollte die **Statorinduktivität  $L_d$**  noch optimiert werden.



Die **Statorinduktivität  $L_d$**  bzw. der Parameter **Induktivität PMSM P241 [-01]** eines Synchronmotors kann **nicht** bei **stillstehendem Antrieb** optimiert werden.

Der Wert für  $L_d$  kann und **darf** erst im Anschluss der **korrekten Ermittlung** der **EMK-Konstanten**, bei **leerlaufendem Antrieb**, experimentell ermittelt werden.

Zur Optimierung der **Induktivität PMSM P241 [-01]** sollte wie folgt vorgegangen werden:

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER		Fremdmotor	
P203 (P)	Motor Nennstrom [A]	8,3	☞ 5,2 → 1,5
P209 (P)	Leerlaufstrom [A]	4,4 *	☞ 0 → 1,5
P241 [-01]	Induktivität PMSM (d-Achse) [mH]	20	☞ 8,5 → optimal
P241 [-02]	Induktivität PMSM (q-Achse) [mH]	20	☞ 18,3 → errechnet **
P247 (P)	Umschaltfre.VFC PMSM [%]	25	☞ 25 (belassen)
REGELUNGSPARAMETER			
P300 (P)	Servo Modus	0 (Aus = VFC Open-Loop)	☞ 0 (belassen)
* ☞ auf „0“ bei IE4 Synchronmotor von Getriebebau NORD ☞ auf „0“ bei Fremdmotoren / Synchronmotor anderer Hersteller ** siehe Hinweise zu IPMSM bzw. SPMSM			

Bei leerlaufenden Synchronmotor kann die **Statorinduktivität  $L_d$**  ebenfalls im „ausgeschalteten“ **Servo Modus P300**, sprich **Funktion {0 = Aus (VFC Open-Loop)}** und einer

- möglichst hohen Sollwertvorgabe (**Sollfrequenz** sollte minimal < **Feldschwächebereich**)

optimiert werden.

Anschließend wird der Parameter **Leerlaufstrom P209** auf den Wert des **Motor Nennstroms P203** gesetzt.



**Ziel ist es, den optimalen Wert für die Statorinduktivität  $L_d$  bzw. den Parameter Induktivität PMSM P241 [-01] zu ermitteln.**

#### Induktivität PMSM P241 [-01]

Der „richtige“ bzw. optimale Wert für die **Statorinduktivität  $L_d$**  ist gefunden, wenn der Parameter **Aktueller Strom P719** im Leerlauf dem Wert des eingestellten **Leerlaufstroms P209** entspricht.

Andernfalls ist der Parameter für die **Induktivität PMSM P241 [-01]** so lange zu korrigieren, bis der Wert im Parameter **Aktueller Strom P719** ungefähr dem des **Leerlaufstroms P209** bzw. des **Motor Nennstroms P203** entspricht.

#### Induktivität PMSM P241 [-02]

Bei der Parametrierung der **Statorinduktivitäten** ist auf die **Bauart** bzw. Typ des **Synchronmotors** (PMSM) zu beachten:

- **IPMSM**

Bei **IPMSM** Antrieben sollte der Wert der **Statorinduktivität**  $L_q$  im Parameter **Induktivität PMSM P241 [-02]** für die **q-Achse** nicht verändert werden.

- **SPMSM**

Bei **SPMSM** Antrieben, sollten die beiden Werte für die **Statorinduktivität**  $L_d$  und  $L_q$  immer **gleich** sein, sprich der Parameter **Induktivität PMSM P241 [-02]** für **q-Achse** muss auf den **identischen** Wert vom Parameter **Induktivität PMSM P241 [-01]** für **d-Achse** parametrieren werden.

### 3.5 Inkrementaldrehgeber (IG)

#### Schritt 3

#### Information & Handlungsanweisung

Für die Drehzahlrückführung werden in der Regel **Inkrementaldrehgeber (IG)** eingesetzt, die als Messwertnehmer die Drehbewegung in elektrische Signale (TTL bzw. HTL) wandeln. Es können sowohl Inkrementaldrehgeber mit, als auch ohne Nullspur verwendet werden.

Als Standard-Drehgeber von Getriebebau NORD stehen drei unterschiedliche Drehgeber Auflösungen (1024, 2048 und 4096) zur Verfügung. Als Standard Drehgeber ist eine Auflösung von 4096 Strichen (Pulse / Umdrehung) im Frequenzumrichter werkseitig voreingestellt. Technische Daten zu dem Inkrementaldrehgeber, wie z. B. die entsprechende Anschlussbelegung sind dem Katalog [M7000 Elektromotoren](#) zu entnehmen.

#### ACHTUNG

#### Drehgebermontage

Der Inkrementaldrehgeber muss **zwingend** an das **Wellenende des Motors** montiert sein. Ansonsten kann es zu **Ungenauigkeiten** bei der **Drehzahl-** und / oder **Lageregelung** führen.

#### Handlungsanweisung

#### 3.5.1 Parametrierung Drehgeber (IG)

Für den Anschluss des Inkrementaldrehgebers an die Steuerklemmen des dezentralen **SK 2xxE** Frequenzumrichters, bedarf es einer angepassten Parametrierung der **Digitaleingängen DIN2** und **DIN3** über den Parameter **Digitaleingänge P420 [-02]** und **[-03]**. Ebenso ist der Anschluss eines IGs mit **Nullspur** über **DIN1** im Parameter **Digitaleingänge P420 [-01]** zu parametrieren, näheres siehe [3.5.2 "Anschluss Drehgeber \(IG\)"](#).

Für die Regelung im **CFC Closed-Loop** Betrieb (Servo Modus) muss zwingend die Drehzahlregelung mit Drehzahlmessung über einen Inkrementaldrehgeber (IG) aktiviert werden. Dazu steht unter der Registerkarte „**Regelungsparameter**“ der Parameter **Servo Modus P300** mit der Funktion **{1 = An (CFC Closed-Loop)}** zur Verfügung.

#### Information

#### Freischaltung Regelungsparameter

Die Registerkarten **Regelungsparameter P3xx** wird bei den **dezentralen SK 2xxE Frequenzumrichtern** mittels des Parameters **P003 Supervisor-Code {3 = alle Parameter sichtbar}** freigeschaltet.

Bei den **Schaltschrank SK 53xE** sowie **SK 54xE Frequenzumrichtern** ist die Registerkarte standardmässig bereits in der **Werkseinstellung** freigeschaltet.

Für das Drehgebersystem muss die entsprechende Strichzahl / Auflösung im Parameter **Drehgeber Aufl. P301**, unter Berücksichtigung des entsprechenden Vorzeichens (Anbauposition beachten), parametrieren werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
REGELUNGSPARAMETER			
P300 (P)	Servo Modus	0 (Aus = VFC Open-Loop)	siehe  3.5.5 "Drehzahlregelung aktivieren"
P301	Drehgeber Aufl.	6 *	 <b>6 → 5</b> (2048 Striche)

\* 6 entspricht 4096 Striche

#### Inkrementaldrehgeber (IG) mit Nullspur

Bei Anwendungen mit einem Inkrementaldrehgeber mit Nullspur, muss der Offset zwischen Nullimpuls und tatsächlicher Rotorlage „0“ im Parameter **Geberoffset PMSM P334 händisch**  eingestellt.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
REGELUNGSPARAMETER			
P334 (S)	Geberoffset PMSM [rev]	0,000	 <b>0 → 0,491</b> *
P335 **	Sync. Nullimpulsgeber **	0	siehe  3.5.4 "Inkrementaldrehgeber (IG) mit Nullspur"

\* Wert siehe  Aufkleber im Motorklemmenkasten

\* Parameter P335 Sync. Nullimpulsgeber gibt es nur beim SK 54xE

Detaillierte Informationen zu den Parametern **Geberoffset PMSM P334** und **Sync. Nullimpulsgeber P335** sind u. a. dem Kapitel  9.1 "Handbücher" zu entnehmen.

#### 3.5.2 Anschluss Drehgeber (IG)

Der Anschluss des Inkrementaldrehgebers an die Steuerklemmen der Frequenzumrichter erfolgt bei den beiden Frequenzumrichterreihen **SK 2xxE** und **SK 5xxE** unterschiedlich und bedarf einer jeweils angepassten Parametrierung. Ebenso ist der Anschluss eines Inkrementaldrehgebers mit **Nullspur** bei den beiden Frequenzumrichterreihen unterschiedlich.

##### SK 2xxE

Beim dezentralen **SK 2xxE** Frequenzumrichter erfolgt der Anschluss des Inkrementaldrehgebers (**HTL**) ausschließlich über die beiden **Digitaleingänge DIN2** (Klemme 22) und **DIN3** (Klemme 23). Diese sind unter der Registerkarte „**Steuerklemmen**“ im Parameter **Digitaleingänge P420 [-02]** sowie **[-03]** **zwingend** auf die Funktion **{0 = keine Funktion}** zu schalten.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
STEUERKLEMMEN			
P420 [-01]	Digitaleingänge (DIN1)	1	 <b>1 → 43</b> (nur bei IG mit Nullspur)
P420 [-02]	Digitaleingänge (DIN2)	2	 <b>2 → 0</b>
P420 [-03]	Digitaleingänge (DIN3)	4	 <b>4 → 0</b>



Sollte der **Inkrementaldrehgeber** angeschlossen sein und die **Digitaleingänge DIN2** und **DIN3** **nicht** auf die Funktion **{0 = keine Funktion}** parametrierter sein, so kommt es bei der Freigabe des Antriebs zu einer „klackernden“ **Geräuschentwicklung!**

Der Anschluss von **Inkrementaldrehgebern** mit **Nullspur** darf ausschließlich nur am **Digitaleingang 1** (DIN1) erfolgen. Es **wird** auch nur das Signal **+ Nullspur** an der Klemme 21 (DIN1) angeschlossen.

Im Parameter **Digitaleingänge P420 [-01]** wird mit der Auswahl der Funktion **{43 = 0-Spur HTL-Geber DI1}** über den Nullimpuls u. a. das **Startverhalten** der **Synchronisation** der **Rotorlage** bestimmt.

### SK 520E bis SK 545E

Der Anschluss des Inkrementaldrehgebers (**TTL**) erfolgt für die Schaltschrankfrequenzumrichter der Performancestufen **≥ SK 520E** über die Klemmenleiste X6 (Klemmen 51 ... 54).



Der Anschluss von **Inkrementaldrehgebern** mit **Nullspur** erfolgt nur bei den **SK 540E** und **SK 545E** Schaltschrankfrequenzumrichtern am **Universal Geber-Interface**, Klemmenblock **X14** an den Klemmen **63** (Signal CLK-) und **64** (Signal CLK+).



## Information

## Spannungsversorgung

Es sollten hierbei Drehgebersysteme mit einer geeigneten Spannungsversorgung (10 V ... 30 V) projektiert und verwendet werden.

Die Technischen Daten hierzu sind dem Katalog  [M7000 Elektromotoren](#) bzw. den Datenblätter  9.3.1 "TIs - Inkrementaldrehgeber (IG)" zu entnehmen.

#### 3.5.3 Funktionsprüfung Drehgeber (IG)

Nach Abschluss der Anschlussarbeiten sowie der Grundinbetriebnahme, sollte immer die „fehlerfreie“ Funktionsweise der Inkrementaldrehgeber (IG) **überprüft** werden.



Das Vorzeichen (+ bzw. - Strichzahlen) ist **abhängig** von der **Anbauposition** des IG auf der Motorwelle. Entspricht beispielsweise die Drehrichtung vom IG nicht der Einstellung der Drehrichtung vom Frequenzumrichter (**sinnvolle Vorgabe: positive Werte = Rechtslauf**) so muss eine **negative** Strichzahl unter der **Drehgeber Aufl. P301** eingestellt werden.

#### Information

#### Drehgeber Drehzahl prüfen

Zur Überprüfung der korrekten Auswahl der **Drehgeber Auflösung P301** steht im Register „**Informationsparameter**“ der Parameter **Drehzahl Drehgeber P735** zur Verfügung.

Zur Funktionsprüfung der parametrisierten Drehgeberfunktion, kann der Motor z. B. mit einen Sollwert von z. B. **10 Hz** in Abhängigkeit der Motor Nennfrequenz P201 z. B. 50 Hz oder 70 Hz im **Rechtslauf** freigegeben werden. Damit sollte sich bei einem 4poligen Motor im Parameter **Drehzahl Drehgeber P735** ein Wert von ca. **300 rpm** ergeben.

Je nach Anwendungsfall kann der Wert für die Drehzahl Drehgeber P735 auch abweichen, da u. a. die Einstellung des Parameters Maximale Frequenz P105 und die gewählte Sollwertquelle, mit zu berücksichtigen sind.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
INFORMATIONEN, nur lesen			
P735	Drehzahl Drehgeber		ca. 300 rpm

#### 3.5.4 Inkrementaldrehgeber (IG) mit Nullspur

Die **Nullspur** eines Inkrementaldrehgebers wird beim SK 54xE Frequenzumrichter nur dann ausgewertet werden, wenn am Universal Geber-Interface, Klemmenblock X14 kein Universaldrehgeber angeschlossen ist. Näheres siehe  3.5.2 "Anschluss Drehgeber (IG)".

Die **Nullspur** eines Inkrementaldrehgebers kann entweder zur Bestimmung der

- Rotornulllage des Synchronmotors bzw. des PMSM



Der Parameter **Regelverfahren PMSM P330** ist bei Verwendung von Inkrementaldrehgebern mit Nullspur entweder auf die **Funktion**

- {0 = spannungsgesteuert} oder
- {1 = Testsignalverfahren}

einzustellen.

Der **Geberoffset** zwischen der **d-Achse** des **Rotors** und des **Nullimpulses** wird bei den IE4 gefertigten Synchronmotoren von Getriebebau NORD ausgemessen und mittels eines **Aufklebers** im Klemmenkasten in „rpm“ und „°“ dokumentiert.

Näheres siehe P334 Geberoffset PMSM  3.5.1 "Parametrierung Drehgeber (IG)".

bzw. zur Synchronisierung des

- Nullpunkt (Referenzpunkt) vom Inkrementaldrehgeber.

Zur Synchronisation des Nullimpulses des Inkrementaldrehgebers steht der folgende Parameter zur Verfügung.

### Sync. Nullimpulsgeber P335

Zur Synchronisation stehen unterschiedliche Funktionen zur Auswahl:

- **Funktion {0 = Sync. ausgeschaltet}**  
Die Synchronisation ist deaktiviert bzw. ausgeschaltet und entspricht der Werkseinstellung.
- **Funktion {1 = Sync. Rotorlage PMSM}**  
Die Synchronisation der Rotorlage einer PMSM, also eines Synchronmotors ist aktiviert bzw. eingeschaltet.
- **Funktion {2 = Sync. Referenz Pos.}**  
Die Synchronisation des Referenzpunktes bei Positionierungsanwendungen (POSICON) ist aktiviert bzw. eingeschaltet.
- **Funktion {3 = Sync. PMSM+Pos.}**  
Sowohl die Synchronisierung der Rotorlage einer PMSM / eines Synchronmotors, als auch die des Referenzpunktes, bei Positionierungsanwendungen (POSICON) ist aktiviert bzw. eingeschaltet.

### 3.5.5 Drehzahlregelung aktivieren

Für die Aktivierung der Drehgeberrückführung (**CFC Closed-Loop** Betrieb) muss unter der Registerkarte „**Regelungsparameter**“ der Parameter **Servo Modus P300** auf die Funktion {1 = An (CFC Closed-Loop)} gesetzt werden.



#### VORSICHT

#### Aktivierung Servo Modus

Diese Einstellung sollte jedoch erst nach erfolgter Drehrichtungsprüfung des Inkrementaldrehgebers vorgenommen werden.

Ansonsten kann es zu einem unerwarteten Bewegungsablauf (verkehrte Drehrichtung) kommen. In deren Folge sind sowohl Materialschäden als auch Verletzungen an Personen möglich.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>REGELUNGSPARAMETER</b>			
P300	(P) Servo Modus	0 (Aus = VFC Open-Loop)	☞ 0 → 1 (An = CFC Closed-Loop)

## 3.6 Absolutwertdrehgeber (AG)

### Information & Handlungsanweisung

Für die Drehzahlrückführung können u. a. auch **Kombi-Absolutwertdrehgeber (AG)** mit einer separaten **Inkrementalspur (IG-Spur)** eingesetzt werden, die als Messwertaufnehmer die Drehbewegung in elektrische Signale (TTL bzw. HTL) wandeln. Es können sowohl **CANopen Absolutwertdrehgeber**, als auch diverse **Universaldrehgeber** verwendet werden.

Als Standard-Drehgeber von Getriebebau NORD stehen vier unterschiedliche Drehgeber Typen mit 13 Bit Singleturn Auflösung (8192), sowie 12 Bit (4096) bzw. 16 Bit (65536) Multiturn Auflösungen zur Verfügung. Für die Inkrementalspur wird als Standard Auflösung eine Strichzahl von 2048 (Pulse / Umdrehung) genutzt und ist im Frequenzumrichter werksseitig bereits voreingestellt. Technische Daten zu den **CANopen Absolutwertdrehgebern**, wie z. B. die entsprechende Anschlussbelegung sind dem Katalog [M7000 Elektromotoren](#) zu entnehmen.

### ACHTUNG

### Drehgebermontage

Ein **Kombi-Absolutwertdrehgeber** (Single- und Multiturn mit integrierter Inkrementalspur) muss **zwingend** an das **Wellenende** des **Motors** montiert werden.

Sonstige zu verwendende Absolutwertdrehgeber (z. B. Typ AG1 / Material-Nr. 19551881 / Kübler Typ 8.5888.0421.2102. S010.K014) müssen **nicht zwingend** am Wellenende des Motors montiert werden.

Dazu muss das Übersetzungsverhältnis im Frequenzumrichter mit Hilfe der Parameter Übersetzung P607 und Untersetzung P608 parametrieren werden. Ansonsten kann es zu **Ungenauigkeiten** bei der **Drehzahl-** (IG-Spur) und / oder der **Lageregelung** führen.

### Handlungsanweisung

#### 3.6.1 Parametrierung CANopen Drehgeber (AG)

Für die Regelung im **CFC Closed-Loop** Betrieb muss bei einem **CANopen Kombi Standard-Absolutwertdrehgeber (AG)** mit zusätzlicher **Inkrementalspur (IG)** zwingend die Drehzahlregelung mit Drehzahlmessung aktiviert werden. Dazu steht unter der Registerkarte „**Regelungsparameter**“ der Parameter **Servo Modus P300** mit der Funktion **{1 = An (CFC Closed-Loop)}** zur Verfügung.

Für das Drehgebersystem mit Inkremental-Signalen muss die entsprechende Strichzahl / Auflösung im Parameter **Drehgeber Aufl. P301**, unter Berücksichtigung des entsprechenden Vorzeichens (Anbauposition beachten), parametrieren werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
REGELUNGSPARAMETER			
P300 (P)	Servo Modus	0 (Aus = VFC Open-Loop)	👉 0 → 1 (An = CFC Closed-Loop)
P301	Drehgeber Aufl.	6 *	👉 6 → 5 (2048 Striche)

\* 6 entspricht 4096 Striche

Für die Positionserfassung der Lageregelung müssen für einen **Kombi Standard-Absolutwertdrehgeber** mit einer **CANopen** Schnittstelle (siehe Kapitel [2.6 "Auswahl Absolutwertdrehgeber \(AG\)"](#)) zusätzliche Parameter unter der Registerkarte „**Positionierung**“ eingestellt werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
<b>POSITIONIERUNG / REGELUNGSPARAMETER</b>			
P604	Wegmeßsystem	0	☞ <b>0</b> → <b>1</b> (CANopen absolut)
P605 [-01]	Absolutwertgeber (Multi)	10	☞ <b>10</b> → <b>12</b> (4096 Striche)
P605 [-02]	Absolutwertgeber (Single)	10	☞ <b>10</b> → <b>13</b> (8192 Striche)

### 3.6.2 Parametrierung CANopen Schnittstelle

Für die Kommunikationsschnittstelle eines **CANopen Kombi Standard-Absolutwertdrehgebers** (siehe Kapitel 2.6 "Auswahl Absolutwertdrehgeber (AG)") mit dem Frequenzumrichter müssen weitere Parameter unter der Registerkarte „**Zusatzparameter**“ eingestellt werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
<b>ZUSATZPARAMETER</b>			
P514	CAN-Baudrate * [kBaud]	5 **	☞ 5 (250 kBaud) ** (belassen)
P515 [-01]	CAN-Adresse * <i>Slaveadresse</i>	32 <sub>(dez)</sub> ***	☞ 32 (belassen)
P515 [-02]	CAN-Adresse * <i>Broadcastslaveadres.</i>	32 <sub>(dez)</sub> ***	☞ 32 (belassen)
P515 [-03]	CAN-Adresse * <i>Masteradresse</i>	32 <sub>(dez)</sub> ***	☞ 32 (belassen)
		* Systembus	
			** frequenzumrichterabhängig, ≥ SK 530E Werkseinstellung Wert = 4
			*** frequenzumrichterabhängig, ≥ SK 530E Werkseinstellung Wert = 50

Die Standardeinstellungen für die Parameter **CAN-Baudrate P514** sowie die **CAN-Adresse P515** Array [-01 ... -03] variieren zwischen den dezentralen **SK 2xxE** und den Schaltschrank ≥ **SK 530E** Frequenzumrichtern. Diese beiden Parameter sind bei anwendungsspezifischen Anforderungen bzw. Abweichungen entsprechend anders zu parametrieren.

#### Information

#### CANopen Parametrierung

Für den Anschluss des Kombi Standard-Absolutwertdrehgebers an den jeweiligen Frequenzumrichter ist die **Standard-Adresseneinstellung** am CANopen Absolutwertdrehgeber bereits werksseitig auf den Wert / Adresse {33} bzw. {51} eingestellt.

Bei den Schaltschrank ≥ **SK 530E** Frequenzumrichtern ist die **Standard-Baudrateneinstellung** Baudrate / Funktion {4 = 125 kBaud} gegenüber den dezentralen **SK 2xxE** Frequenzumrichtern mit {5 = 250 kBaud} abweichend und wird bereits werksseitig am CANopen Absolutwertdrehgeber von Getriebbau NORD eingestellt.

#### 3.6.3 Anschluss CANopen Drehgeber (AG)

Der Anschluss und die erforderliche externe 24 V Spannungsversorgung des **CANopen Absolutwertdrehgebers** sind bei den Frequenzumrichterreihen SK 2xxE und  $\geq$  SK 530E unterschiedlich.

##### SK 2xxE

Direkter Anschluss an die jeweilige Busoption mit Systembus-Schnittstelle an den Klemmen:

Klemme	Bezeichnung	Funktion	Information
44	VO / 24 V	24 V Versorgung	
40	GND / 0 V	0 V Versorgung	
77	SYS H	Systembus +	SYS H / (CAN High)
78	SYS L	Systembus -	SYS L / (CAN Low)
		Schirm	großflächig über EMV-Kabelverschraubung erden

**Tabelle 6: SK 2xxE Schnittstellenanschluss des Systembus**

Detaillierte Informationen zum Anschluss eines **CANopen Absolutwertdrehgebers** am **SK 2xxE** sind dem Zusatz-Handbuch  BU 0210 und dem Handbuch  BU 0200 zu entnehmen, siehe Kapitel  9.1 "Handbücher".

##### SK 53xE und SK 54xE

Für den Anschluss bzw. für die externe 24 V Spannungsversorgung des CANopen Absolutwertdrehgebers steht für Anwendungen mit  $\geq$  **SK 530E** Frequenzumrichtern ein optionales **RJ45 WAGO- Anschlussmodul** (Material-Nr. 278910300) zur Verfügung.



Detaillierte Informationen zum Anschluss eines **CANopen Absolutwertdrehgebers** am  $\geq$  **SK 530E** Frequenzumrichter und zum RJ45 WAGO- Anschlussmodul sind dem Zusatz-Handbuch  BU 0510 und den Handbüchern  BU 0500 bzw.  BU 0505 zu entnehmen, siehe Kapitel  9.1 "Handbücher".

**Abbildung 18: RJ45 WAGO- Anschlussmodul**

### 3.6.4 Funktionsprüfung CANopen Drehgeber (AG)

Nach dem Abschluss der Anschlussarbeiten und der Grundinbetriebnahme sollte immer die einwandfreie Funktionsweise der **CANopen Absolutwertdrehgeber (AG)** überprüft werden.

#### Information

#### CANopen Status

Der **CANopen Status** der Schnittstelle des AGs und des Frequenzumrichters kann mit dem Parameter **CANopen Zustand P748** unter der Registerkarte „Informationsparameter“ ausgewertet bzw. geprüft werden.

Eventuell sind noch weitere CANopen Teilnehmer (Knoten/Adressen) an den CANopen Feldbus angeschlossen, so dass Doppeladressvergaben, unterschiedliche Baudraten usw. parametrieren wurden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
INFORMATIONEN, nur lesen			
P748 [-01]	CANopen Zustand * [hex]		 Anzeige des CANopen Status prüfen

\* Systembus

Der Parameter **CANopen Zustand P748** zeigt bitcodiert den Status des CANbus / CANopen, d. h. somit auch den CANopen NMT State an. Detaillierte Informationen sind dem jeweiligen Handbuch der Frequenzumrichter, siehe  9.1 "Handbücher" zu entnehmen.

#### Vorgehensweise

Sowohl bei der Funktionsprüfung des CANopen Drehgebers als auch bei der Inbetriebnahme der Lageregelung empfiehlt es sich, eine bestimmte Vorgehensweise einzuhalten.



#### VORSICHT

#### Aktivierung Servo Modus

Stellen Sie sicher, dass Not - Aus und Sicherheitskreise funktionsfähig sind! Bei Hubwerkanwendungen müssen vor dem „ersten“ Einschalten Maßnahmen getroffen werden, die ein Abstürzen der Last verhindern. Des Weiteren sollte für die Lastübernahme die Parameter **Einfallzeit Bremse P107** und **Lüftzeit Bremse P114** erst nach der **Optimierung des Drehzahlreglers**, optimiert werden.

Ansonsten kann es zu einem unerwarteten Bewegungsablauf (verkehrte Drehrichtung) kommen. In deren Folge sind sowohl Materialschäden als auch Verletzungen an Personen möglich.

#### 1 Achse ohne Lageregelung in Betrieb nehmen

Nach Eingabe aller Parameter sollte der Antrieb zuerst ohne Lage- und Drehzahlregelung in Betrieb genommen werden.

Hierzu muss die Drehzahlregelung im Parameter **Servo Modus P300** mit der Funktion {0 = Aus (VFC Open-Loop)} als auch die Lageregelung mittels Parameter **Lageregelung P600** und der Funktion {0 = Aus}, ausgeschaltet werden.

#### 2 Inbetriebnahme Drehzahlregelung

Falls keine Drehzahlregelung gewünscht bzw. kein Inkrementaldrehgeber genutzt wird, kann dieser Schritt übersprungen werden, ansonsten sollte der **Servo Modus P300** auf die Funktion {1 = An (CFC Closed-Loop)} eingeschaltet werden

#### Information

#### Servo Modus

Falls der Antrieb nach der Aktivierung des **Servo Modus P300** mit der Funktion {1 = An (CFC Closed-Loop)} nur mit kleiner Geschwindigkeit und großer Stromaufnahme läuft, liegt zumeist ein Fehler in der Verdrahtung oder der Parametrierung des Inkremental-drehgeberanschlusses vor. Die häufigste Ursache ist eine falsche Zuordnung von Motordrehrichtung zu Drehgeberzählrichtung.

Die Optimierung des Drehzahlreglers wird erst mit Inbetriebnahme des Lagereglers vorgenommen, da sich das Verhalten des Lageregelkreises durch Ändern der Drehzahlreglerparameter beeinflussen lässt.

#### 3 Inbetriebnahme Lageregelung

Nach Einstellen der beiden Parameter **Wegmeßsystem P604** und **Absolutwertgeber P605** muss überprüft werden, ob die Istposition richtig erfasst wird. Die Istposition wird im Parameter **Aktuelle Position P601** angezeigt.

Der Wert muss stabil sein und größer werden, wenn der Motor mit Freigabe rechts angesteuert wird. Falls sich der Wert beim Verfahren der Achse nicht verändert, muss die Parametrierung und der Anschluss des Drehgebers überprüft werden. Das gleiche gilt, wenn der Anzeigewert für die Istposition springt, obwohl die Achse sich nicht bewegt.

#### 4 Sollposition vorgeben und anfahren

Anschließend sollte eine Sollposition in der Nähe der aktuellen Position vorgegeben und mittels Freigabe des Antriebes angefahren werden.

#### Information

#### AG Drehgeber Funktionsprüfung

Die Drehgeber-Position des AG kann mit dem Parameter **Aktuelle Position P601** beispielsweise mittels NORD CON geprüft werden. Falls die Wirkrichtung beim Absolutwertdrehgeber nicht stimmt, d. h. die Achse läuft nach Freigabe des Antriebs nicht zur Sollposition „hin“ sondern von ihr „weg“, spricht es für eine „falsche bzw. fehlerhafte“ Zuordnung der Drehrichtung zwischen Motor und Drehgeber. Dann besteht die Möglichkeit durch eine **negative Eingabe** des Übersetzungswertes im Parameter **Übersetzung P607**, diese zu drehen.

Unter der Registerkarte „**Positionierungsparameter**“ wird mit dem Parameter **Wegmeßsystem P604** für die **Positions-Istwerterfassung** das entsprechende Drehgebersystem parametrieret.



Die Wirkrichtung des AG bzw. das Vorzeichen (+ oder - Strichzahlen) ist **abhängig** von der **Anbauposition** des IG auf der Motorwelle. Entspricht beispielsweise die **Drehrichtung** vom IG nicht der Einstellung der Drehrichtung vom Frequenzrichter (sinnvolle Vorgabe: **positive Werte = Rechtslauf**) so muss eine **negative** Strichzahl unter der **Drehgeber Aufl. P301** eingestellt werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
<b>POSITIONIERUNG / REGULUNGSPARAMETER</b>			
P601	Aktuelle Position [rev]	---	☞ Anzeige prüfen
P602	Aktuelle Soll-Pos. [rev]	---	☞ Anzeige prüfen
P603	Aktuelle Pos.-Diff. [rev]	---	☞ Anzeige prüfen
P604	Wegmeßsystem	0	☞ <b>0 → 1</b> (CANopen absolut)
P607 [-02]	Übersetzung (Absolutwertgeber)	1	
P608 [-02]	Untersetzung (Absolutwertgeber)	1	

Wenn die Funktionsprüfung abgeschlossen wurde und die Lageistwerterfassung einwandfrei arbeitet, kann der Lageregler entsprechend der weiteren Vorgehensweise, siehe  6 "Lageregelung", optimiert werden.

### 3.7 Rotorlage-Identifikation

#### Handlungsanweisung

Zur Bestimmung der **Startrotorlage** ist ein **Ermittlungsverfahren**, in Abhängigkeit vom verwendeten Drehgebersystem (IG oder AG), notwendig.

#### ACHTUNG

#### Positionierungsfehler

Bei Anwendungen mit **Inkrementaldrehgeber-Rückführung** ist es nach jedem **Netzeinschaltvorgang erforderlich**, eine **Startbestimmung** der **Rotorlage** durchzuführen.

Bei Nichtbeachtung besteht die Gefahr einer fehlerhaften Positionierung bzw. Beschädigung des Antriebes und oder des Gesamtsystems.

Es können für die **Rotorlagen-Identifikation**, sowohl Inkrementaldrehgeber (IG) mit, als auch ohne Nullspur, genutzt werden.

Das Ermittlungsverfahren wird dazu unter der Registerkarte „**Regelungsparameter**“, mittels des Parameters **Regelverfahren PMSM P330** und anhand der gewünschten Funktionalität, eingestellt.

Für die **Rotorlagen-Identifikation** und für die Einstellung spezifischer Parameterwerte des Drehgebersystems, stehen noch weitere Parameter zur Verfügung:

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>			
P212	(P) (S) Schlupfkompensation [%]	100	☞ (ggf. prüfen)
P213	(P) (S) Verst. Isd-Regelung [%]	100	☞ (ggf. prüfen)
<b>REGELUNGSPARAMETER</b>			
P300	(P) Servo Modus	0 (Aus = VFC Open-Loop)	☞ 1 (An = CFC Closed-Loop)
P330	(S) Regelverfahren PMSM	1 (Testsignalverfahren)	☞ <b>1</b> → ... (drehgebersystemabhängig)
P334	(S) Geberoffset PMSM [rev]	0,000	☞ <b>0,000</b> → ... (drehgebersystemabhängig)
P335	Sync. Nullimpulsgeber	0	☞ <b>0</b> → ... (drehgebersystemabhängig)

#### Information

#### Applikationen mit Bremse

Die Rotorlagen-Identifikation mittels des Parameters **Regelverfahren PMSM P330** ist bei Verwendung einer **Bremse** (z. B. Lüften der Bremse) **nur bedingt** möglich.



Zur Bestimmung der Startrotorlage ist beim Ermittlungsverfahren nur die **Freigabe** des **Antriebes** notwendig, d. h. die Sollwertvorgabe kann auf **0 Hz** belassen werden.

### 3.7.1 Verfahren zur Ermittlung der Startrotorlage

Die Bestimmung der **Startrotorlage** erfolgt mittels des Parameters **Regelverfahren PMSM P330**. Es stehen, in Abhängigkeit vom eingesetzten Drehgebersystem, vier unterschiedliche Funktionen bei Synchronmotoren zur Auswahl.



Die einzustellenden Funktionen für die Rotorlageerkennung / Regelverfahren sind von der Frequenzumrichterreihe sowie der verwendeten Performancestufe abhängig!

Der Parameter **Regelverfahren PMSM P330** ist bei **Inkrementaldrehgebern** entweder auf die **Funktion {0 = spannungsgesteuert}** oder **{1 = Testsignalverfahren}** einzustellen.

Bei **Absolutwertdrehgebern** entweder auf die **Funktion {2 = Wert v. Universalgeb.}** oder **{3 = Wert v. CANopengeber}** einzustellen.

Detaillierte Informationen zu den jeweiligen Drehgebern und deren Parametrierung, sind dem jeweiligen Zusatz-Handbuch **POSICON Positioniersteuerung** (siehe  BU 0210 oder  BU 0510) siehe  <dg\_ref\_source\_inline>Handbücher</dg\_ref\_source\_inline> zu entnehmen.

#### **Funktion {0 = spannungsgesteuert}** (nur für Inkrementaldrehgeber)

Beim ersten Start der Maschine wird ein Spannungszeiger eingepreßt, welcher dafür sorgt, dass der Rotor der Maschine auf die Rotorlage „Null“ ausgerichtet wird. Diese Art der Start-Rotorlageermittlung kann nur genutzt werden, wenn bei Frequenz „Null“ kein Gegenmoment von der Maschine anliegt (z. B. Schwungmassenantriebe). Wenn diese Bedingung erfüllt ist, ist dieses Verfahren zur Rotorlageermittlung sehr genau (<math><1^\circ</math> elektrisch).

Die Funktion **{0 = spannungsgesteuert}** darf nur bei horizontalen bzw. „momentfreien“ Anwendungen (ohne Bremse) genutzt werden. Bei Hubwerksanwendungen ist dieses Verfahren „prinzipiell“ ungeeignet, da immer ein Gegenmoment vorliegt. Das Verfahren wird bei Parameteränderungen oder Netzausfall / Netzausschalten immer wieder automatisch „neu“ gestartet. Wird die Rotorlage bei unter „Spannung“ stehendem Frequenzumrichter „verdreht“, wird dieses unter der Voraussetzung, dass der Inkrementaldrehgeber angeschlossen ist, automatisch berücksichtigt.

#### **Funktion {1 = Testsignalverfahren}** (nur für Inkrementaldrehgeber)



Die einzustellende Funktion **{1 = Testsignalverfahren}** für die Rotorlageerkennung / Regelverfahren darf **nur** bei **Synchronmotoren** mit in **Taschen integrierten Permanentmagneten**, d. h. sogenannte **IPMSM** (Interior Permanent Magnet Synchronous Motor) angewendet werden!

Detaillierte Informationen zu den IE4 Synchronmotoren von Getriebebau NORD sind der Technischen Information **TI 80-0010**, näheres siehe  <dg\_ref\_source\_inline>TIs Richtlinien</dg\_ref\_source\_inline>, zu entnehmen.

Die Startrotorlage wird mittels eines Testsignals ermittelt. Dieses Verfahren funktioniert auch bei geschlossener Bremse im Stillstand, erfordert aber eine PMSM mit ausreichender Anisotropie zwischen der Statorinduktivität  $L_d$  und  $L_q$ , siehe  <dg\_ref\_source\_inline>Statorinduktivität</dg\_ref\_source\_inline>.

Dieser Unterschied ist bei den IE4 Synchronmotoren von Getriebebau NORD (IPMSM) gegeben. Je höher diese Anisotropie (Richtungsabhängigkeit) ist, desto genauer arbeitet das Verfahren. Mittels des Parameters **Schlupfkompensation P212** kann die Spannungshöhe des Testsignals verändert werden.

Mit dem Parameter **Verst. ISD-Regelung P213** wird die Lage des Rotorlagereglers entsprechend angepasst. Mit dem Testsignalverfahren wird bei Motoren, welche prinzipiell für die Verfahren geeignet sind, eine Rotorlagegenauigkeit von  $5^\circ \dots 10^\circ$  (je nach Synchronmotor und Anisotropie) elektrisch erreicht.

Bei Parameteränderungen oder Netzausfall / Netzausschalten wird die Rotorlage immer wieder automatisch „neu“ ermittelt.

## Information

### IG mit Nullspur

Ist auf der Motorachse ein **Inkrementaldrehgeber** mit „Nullspur“ vorhanden, so kann auch die „Nullspur“ verwendet werden, um die Startrotorlage genauer zu bestimmen. Der **Nullimpuls** kann sowohl bei den dezentralen **SK 2xxE** und bei den **SK 54xE** Frequenzumrichtern zur **Synchronisation der Rotorlage** verwendet werden.

Detaillierte Informationen zur Parametrierung und Anschluss eines Inkrementaldrehgeber mit Nullspur sind dem Kapitel, siehe  <dg\_ref\_source\_inline>Inkrementaldrehgeber</dg\_ref\_source\_inline> zu entnehmen.

#### Funktion {2 = Wert v. Universalgeb.} (Universalgeber nur bei ≥ SK 54xE)

Bei diesem Verfahren wird die Startrotorlage aus der absoluten Lage eines Universalgebers bestimmt (HiPerface, EnDat mit Sin/Cos-Spur, BISS mit Sin/Cos-Spur oder SSI mit Sin/Cos-Spur). Der Typ des Universalgebers wird im Parameter **Wegmeßsystem P604** (siehe  Funktion {8 - 15}) eingestellt.

Damit diese Lageinformation eindeutig ist, muss bekannt sein oder ermittelt werden, wie die Rotorlage im Verhältnis zur absoluten Lage des Universalgebers liegt. Dies geschieht mittels des Offset-Parameters **Geberoffset PMSM P334**.



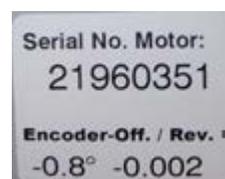
Synchronmotoren werden von **Getriebebau NORD** immer mit einer definierten Startrotorlage bzw. **Geberoffset** ausgeliefert. Der Wert / Geberoffset wird immer in „°“ und „rev“ Angaben am Synchronmotor, mittels eines Aufklebers im Klemmenkasten, dokumentiert.

Für den Fall, dass dieser Wert nicht bekannt ist, kann der **Offsetwert** auch mit den Einstellungen der Funktion {0 = spannungsgesteuert} oder {1 = Testsignalverfahren} des Parameters **Regelverfahren PMSM P330** ermittelt werden. Dazu wird der Antrieb einmal mit der Einstellung der Funktion {0 = spannungsgesteuert} oder {1 = Testsignalverfahren} gestartet. Nach dem ersten Start steht der ermittelte Offsetwert im Parameter **Geberoffset P334**.

## Information

### Geberoffset Aufkleber

Dieser **Wert** im Parameter **Geberoffset P334** ist **flüchtig**, somit nur im RAM vom Frequenzumrichter gespeichert. Um den Wert ins EEPROM zu überschreiben, muss der Wert verstellt werden und dann wieder auf den ursprünglich ermittelten Wert zurück parametrieren. Anschließend kann bei leerlaufendem Synchronmotor noch ein Feinabgleich vorgenommen werden.



Dazu wird der Antrieb im **Servo Modus P300** auf die Funktion {1 = An (CFC Closed-Loop)} parametrieren und mit einer möglichst hohen Drehzahl, aber ≤ Feldschwächebereich, gefahren. Der Offsetwert wird jetzt ausgehend vom Startpunkt langsam so verändert, dass der Wert der **Spannungskomponente  $U_{sd}$**  im Parameter **Spannung-d P723** möglichst den ‚Wert „0“ annimmt. Dabei ist ein Ausgleich zwischen positiver und negativer Drehrichtung zu suchen. Im Allgemeinen ist der Wert „0“ nicht erreichbar, da der Antrieb durch das Lüfter-Rad des Synchronmotors bei höheren Drehzahlen leicht belastet ist. Der Universal-Geber sollte sich auf der Motorachse befinden.

#### Funktion {3 = Wert v. CANopengeber} (nur für CANopen Absolutwertdrehgeber)

Identische Funktionsbeschreibung wie bei Funktion {2 = Wert v. Universalgeb.}, siehe zuvor, jedoch wird zur Startrotorlageermittlung bzw. der absoluten Lage anstatt eines Universalgebers ein **CANopen** Absolutwertdrehgeber verwendet. Der Typ bzw. die Funktion des CANopen Absolutwertdrehgebers wird im Parameter **Wegmeßsystem P604** (siehe  Funktion {1, 5 - 7} eingestellt.

Zur Ermittlung der **Startrotorlagebestimmung** von Inkrementaldrehgebern wird mit dem Parameter **Regelverfahren PMSM P330** eine Messgenauigkeit von ca.  $\pm 3$  bis  $10^\circ$  (elektrisch) erreicht.



Bei den **CANopen Kombi Standard-Absolutwertdrehgeber** von Getriebebau NORD ist normalerweise keine Bestimmung der Startrotorlage erforderlich. Die Drehgeberausrichtung wird werksseitig vorgenommen und erfordert keine weitere Geberoffset-Ermittlung. Falls der Drehgeber nicht ausgerichtet bzw. durch einen Stoß oder Demontage am Synchronmotor verstellt ist, muss dieser neu ausgerichtet werden.

## 4 Stromregelung

### Schritt 4

#### Information

Die Stromregelung setzt sich aus zwei unterschiedlichen **PI-Reglern** zusammen:

- Momentenstromregler (P312, P313, P314)
- Feldstromregler (P315, P316, P317)

Diese teilen sich jeweils in die Parameter P312 / P315 für den **P-Anteil** sowie in die Parameter P313 / P316 für einen **I-Anteil** auf. Des Weiteren vervollständigen zwei weitere „Grenz-Parameter“ P314 bzw. P317 den jeweiligen Regler. Diese dienen zur Begrenzung des maximalen Spannungshubs (📖 9.1 "Handbücher").

#### Information

Die Einstellungen für den **P-Anteil** sowie **I-Anteil** des jeweiligen Reglers sollten **immer** den **gleichen Einstellwert** haben, d. h.  $P312 = P315$  und  $P313 = P316$ . Auf die Grenz-Parameter P314 bzw. P317 wird in diesem Leitfaden **nicht** weiter eingegangen!

#### Reglerwerte

Die folgenden Grafiken zeigen mehrere Regelgrößenverläufe / Einschwingverhalten, die nach einem Sollwertsprung bei unterschiedlichen **PI-Regler** Einstellungen entstehen.

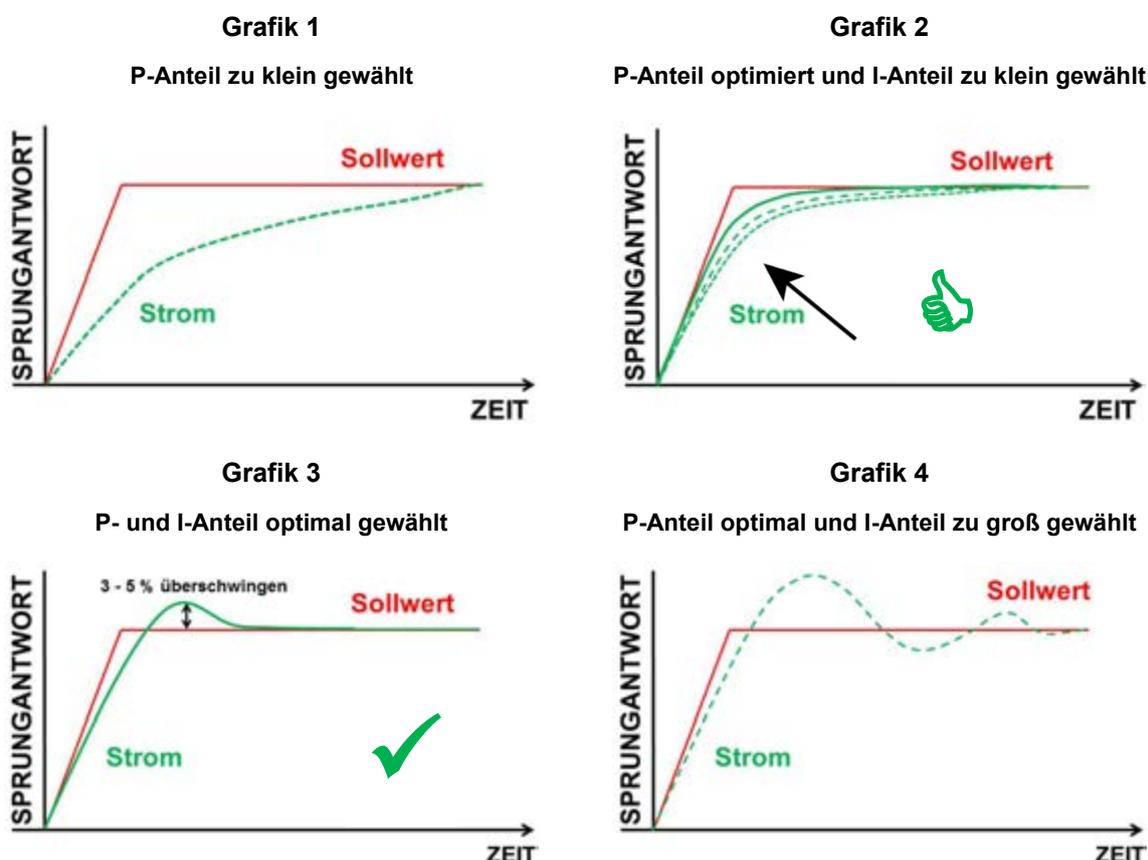


Abbildung 19: Regelgrößenverläufe

Die verschiedenen Regelgrößenverläufe, der **Sollwert** ist in **ROT** und der **Istwert** in **GRÜN** dargestellt, beschreiben die Dynamikverläufe des Einschwingverhaltens, welche über die einzelnen Regelungsparameter (**P-** und **I-Anteil**) des Reglers eingestellt werden.

Um einen Stromregler systematisch einzustellen wird empfohlen, generell die folgenden **Optimierungsschritte** vorzunehmen.

### Überblick Optimierungsablauf

- **I-Anteil** auf einen **kleinen Wert** einstellen
- **P-Anteil** vom **Standardwert** aus in z. B. **50 % Schritten erhöhen** bis kein schnellerer Anstieg des Istwertes (**Magnetisierungsstrom ~P721**) mehr erreicht werden kann. Es ergibt sich ein Kurvenverlauf nach **Grafik 2**.
- Es folgt die **Erhöhung** des **I-Anteils** in z. B. **20 % / ms Schritten** bis ein **Überschwingen** von ca. **3 bis 5 %** erreicht ist.  
**Grafik 3** zeigt den optimierten Kurvenverlauf, wobei in dieser Grafik das Überschwingen zur Veranschaulichung leicht vergrößert dargestellt ist.

Die **Grafik 1** zeigt den Verlauf mit einem zu gering gewählten P-Anteil. **Grafik 4** zeigt hingegen den Verlauf des Istwertes bei einem zu groß eingestellten I-Anteil. Hier sollte der I-Anteil wieder schrittweise verkleinert werden, um einen Kurvenverlauf nach **Grafik 3** einzustellen.



**Ziel ist es, den Kurvenverlauf des Magnetisierungsstroms ~P721 mit den „richtigen“ Einstellungen der P- und I-Anteile zu optimieren.**

Im Kapitel  4.4 "Optimierungsablauf" ist die praktische Umsetzung zur Optimierung eines Stromreglers beschrieben.

## 4.1 Weitere Einstellungen

### Handlungsanweisung

Für die Optimierung des Stromreglers ist vorab zwingend der folgende Parameter einzustellen.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>			
P209 (P)	Leerlaufstrom [A]	8,3 *	☞ 0 → z. B. <b>5,4</b> (Motor Nennstrom P203) **
* abhängig von der FU-Leistung, bzw. dem P200 / P220			
** ☞ auf „0“ bei IE4 Synchronmotor von Getriebebau NORD ☞ auf „0“ bei Synchronmotor anderer Hersteller			
<b>ZUSATZPARAMETER</b>			
P505 (P)	Abs. Minimalfrequenz [Hz]	2,0	☞ <b>2,0</b> (prüfen, ob Werkseinstellung)

Für die Optimierung des Stromreglers bei Synchronmotoren, darf die Abs. Minimalfrequenz P505 nicht „0“ sein. Es empfiehlt sich, den Wert auf der Werkseinstellung zu belassen.



Des Weiteren ist bei der Optimierung zu beachten, dass nach einer Änderung eines motorspezifischen Parameterwertes (P2xx), immer erneut die Rotorlage ermittelt werden (siehe  **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. "Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden."**) muss.

Erst nach der „erneuten“ Rotorlagenermittlung darf die Freigabe erfolgen bzw. die Messung durchgeführt werden.

Vor dem Starten der Scope-Aufzeichnung und Freigabe des Antriebes muss der **Sollwert** immer auf **0 % ≈ 0 Hz** gesetzt bzw. belassen werden.

## 4.2 NORD CON

### Information & Handlungsanweisung

Für die Programmierung, Bedienung und Optimierung der Regelungen sollte NORD CON verwendet werden.

Mittels dieser Software zum Steuern und Parametrieren können die Regleroptimierungen der NORD Frequenzumrichter vorgenommen werden. Mit der **Oszilloskop-Funktion** besteht z. B. die Möglichkeit die jeweiligen Optimierungsschritte anhand von mehreren Scope-Aufnahmen vorzunehmen bzw. zu bewerten.

Weitere Informationen zur aktuellsten Version sind dem folgendem Link zu entnehmen: [NORD CON](#)

Zum Steuern des Frequenzumrichters stehen die Funktionen **Fernbedienen** und **Steuern**, sowie für die Anzeige die **Geräteübersicht** zur Verfügung.

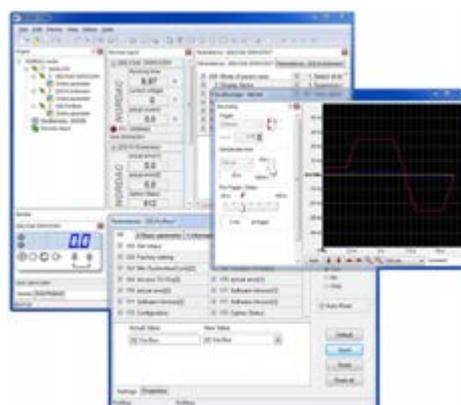
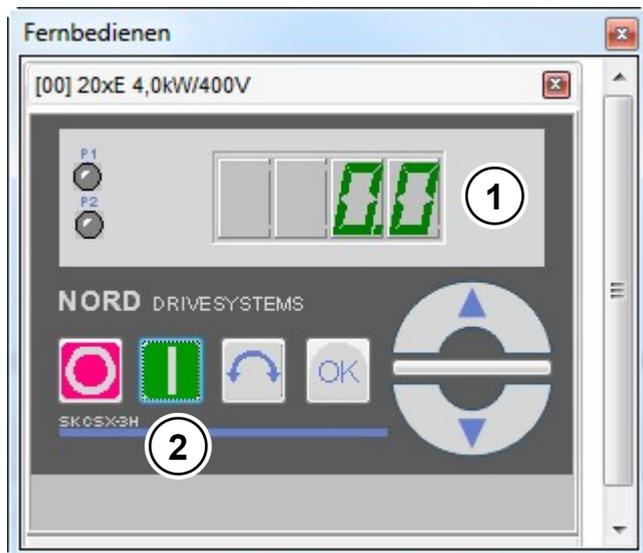


Abbildung 20: NORD CON

Detaillierte Informationen zu den unterschiedlichen Funktionen, wie z. B. der Schnittstellen-Konfiguration, der Bedienung, den Oszilloskop-Einstellungen usw., sind dem **NORD CON Handbuch BU 0000**, siehe  9.1 "Handbücher" zu entnehmen.

### 4.2.1 Fernbedienen

Folgende Einstellungen müssen zur Optimierung des Stromreglers, vor dem Starten der Scope-Aufnahmen, im **Fernbedienen Fenster** vorgenommen werden.



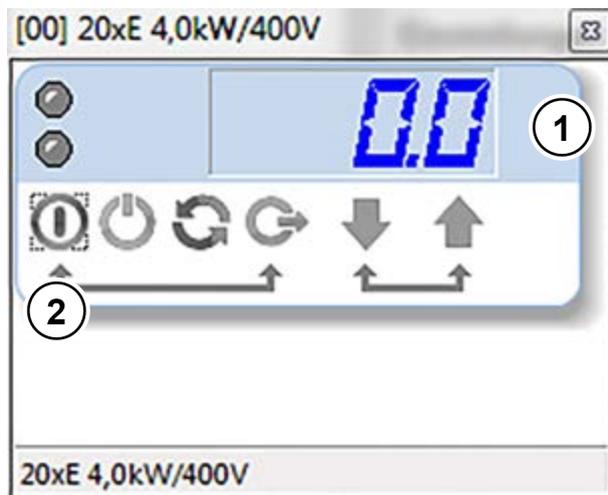
- ① Sollwert auf 0 %, d. h. Sollfrequenz auf 0 Hz belassen

alternative Anzeigemöglichkeit



- ② Freigabe Button betätigen

Abbildung 21: Fernbedienen Stromregelung, Sollwert und Freigabe



neuere Darstellung in NORD CON

Abbildung 22: Fernbedienen Stromregelung, Sollwert und Freigabe

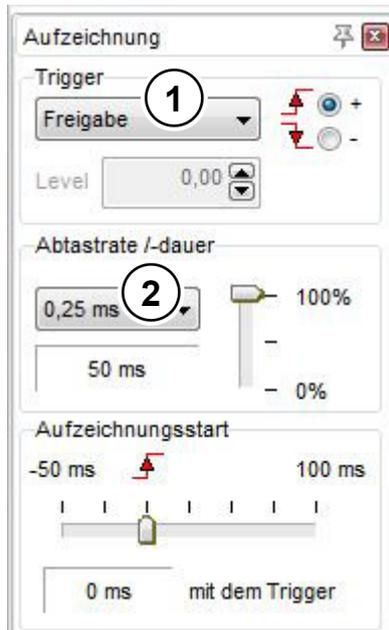
#### Information

#### Darstellung Fernbedienen

Die Darstellung des Fernbedienen Fensters kann bei abweichenden NORD CON Einstellungen und Versionsständen abweichen. Für SK 5xxE Frequenzumrichter wird z. B. das Fernbedienen Fenster anders dargestellt.

## 4.2.2 Oszilloskop

Folgende Einstellungen sollten, vor dem Starten der Scope-Aufnahmen, unter den beiden Registern **Aufzeichnung** bzw. **Kanaleinstellung** für die NORD CON **Oszilloskop Funktion** vorgenommen werden. Die Einstellungen und die grafische Darstellung in den Abbildungen können je nach Frequenzumrichtertyp, Versions- und Softwarestand abweichen.



- 1 Trigger auf Freigabe setzen
- 2 Abtastrate auf 0,25 ms einstellen  
→ Abtastdauer von 50 ms

### Hinweis

Die Abtastrate sollte so gewählt werden, dass die Scope-Aufnahmen den Abbildungen im Kapitel 4 "Stromregelung" entsprechen!

Abbildung 23: Oszilloskop Einstellungen für Trigger und Abtastrate / -dauer

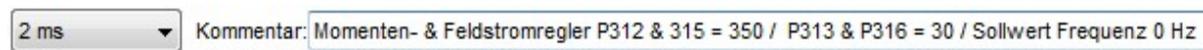


Abbildung 24: Einstellung der Auflösung für die Zeitachse, Kommentarbeispiel

Für die Auswahl der aufzunehmenden Messwerte stehen unterschiedliche Typen zur Verfügung. In Abhängigkeit des Reglers, sollten für die Scope-Aufnahmen vorzugsweise die „ungefilterten“ (~P7xx / mit ca. 250 µs) bzw. auch z. T. die „gefilterten“ (≈P7xx / mit ca. 50 ms) Werte, eingestellt werden.

Messfunktion	Beschreibung
{ = P[Nummer]} [Name]	Der Wert dieser Messfunktion wird in einem Zeitraster von ca. 100 ms aktualisiert und entspricht dem Wert des angegebenen Parameters.
[Name]	Der Wert dieser Messfunktion wird stark gefiltert und in einem Zeitraster von ca. 100 ms aktualisiert.
{ = P[Nummer]} [Name]	Der Wert dieser Messfunktion wird gefiltert und in einem Zeitraster von ca. 50 ms aktualisiert.
{ - P[Nummer]} [Name]	Der Wert dieser Messfunktion wird in einem Zeitraster von ca. 250 µs aktualisiert.

Abbildung 25: Legende / Bedeutung der Messfunktion

## Information

## Oszilloskop-Aufzeichnungen

Um eine bessere Darstellung der Messwerte in diesem Leitfaden zu erhalten, sind bei den Scope-Einstellungen die **Farben** in den **Kanal-Einstellungen** für die jeweiligen **Messwerte** angepasst worden.

Es wäre bei der Anwendung des Applikationsleitfadens generell von **Vorteil**, wenn bei den durchzuführenden **Optimierungen** / **Scope-Aufnahmen** (für z. B den Strom-, Drehzahl-, Lagereger, usw.), immer die **identischen Einstellungen**, für **Farbe** und **Auflösung** der anzuzeigenden **Messwerte**, gewählt werden.

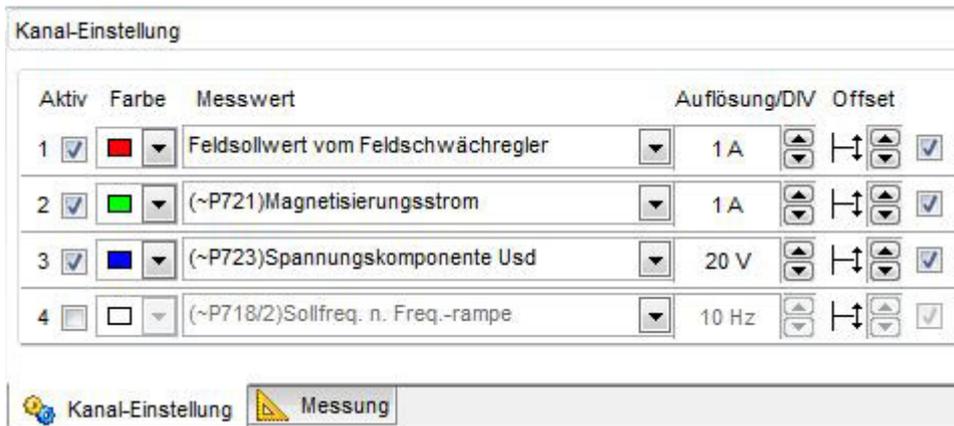


Abbildung 26: Oszilloskop Kanal-Einstellungen der drei Messwerte

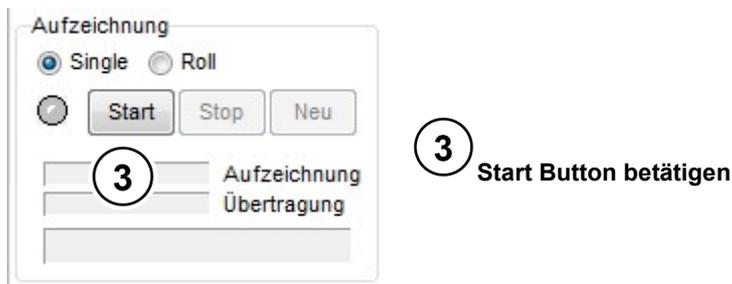


Abbildung 27: Scope-Aufnahme starten

### **i** Information

### Initialisierung

Nach der Betätigung des Start Buttons beginnt die Initialisierungsphase der Oszilloskop Aufnahme. Signalisiert wird es mit der  Signalleuchte. Deshalb darf die **Freigabe** erst nach **Ablauf** der **Initialisierungsphase** für die Aufzeichnung der Scope-Aufnahme erfolgen.

Der Abschluss der Initialisierungsphase wird mit einem  Farbwechsel signalisiert.



Abbildung 28: Initialisierungsphase Scope-Aufnahme

### 4.3 Momenten- und Feldstromregler

#### Information & Handlungsanweisung

Beim Stromregler sind generell sowohl der **P-** und **I-Anteil** des **Momentenstromreglers** als auch des **Feldstromreglers** immer gleichzeitig, bei den jeweiligen Optimierungsschritten, zu verändern.

Als Voreinstellung für die Optimierung des Stromreglers sollte der **P-Anteil** (P312 / P315) für den **1. Optimierungsschritt** jeweils auf **55 %** und der **I-Anteil** (P313 / P316) jeweils auf **5 % / ms** gesetzt werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>REGELUNGSPARAMETER</b>			
P312 (P)	Momentstromregler P [%]	400	👉 50 → <b>variieren</b>
P313 (P)	Momentstromregler I [%/ms]	50	👉 50 → <b>5</b>
P314 (P)	Grenze M.-stromregl. [V]	400	🔗 400 (belassen)
P315 (P)	Feldstromregler P [%]	400	👉 50 → <b>variieren</b>
P316 (P)	Feldstromregler I [%/ms]	50	👉 50 → <b>5</b>
P317 (P)	Grenze Feldstromregl. [V]	400	🔗 400 (belassen)

Die jeweiligen Änderungen der Regelungsparameter sind mittels der **NORD CON Oszilloskop Funktion** (📖 4.2.2 "Oszilloskop") zu prüfen.



Für die vorzunehmende Stromregelungsoptimierung ist **zwingend**, der im Kapitel 📖 4.1 "Weitere Einstellungen" beschriebene Parameter **Leerlaufstrom P209**, vorab anzupassen.

Die nächsten Optimierungsschritte und entsprechenden Scope-Aufnahmen sollten wie folgt ausgeführt werden:

#### **i** Information

#### Scope-Aufzeichnung

Kommt man in den Bereich, in dem Veränderungen des Kurvenverlaufes nicht mehr direkt ersichtlich sind, ist es hilfreich, sich aufgenommene Oszilloskop Aufzeichnungen abzuspeichern. Mittels der Möglichkeit sich **mehrere Aufzeichnungen gleichzeitig anzuzeigen** ist ein **direkter Vergleich** zur vorherigen Einstellung gegeben.

### 4.3.1 P-Anteile Stromregler

Die Parameter für den P-Anteil des **Momentenstromreglers P P312** und **Feldstromreglers P P315** ausgehend von dem Standardwert [50 %] solange in **50 % Schritten** erhöhen, bis kein schnellerer Anstieg des Istwertes, d. h. des **Magnetisierungsstrom  $\sim$ P721** mehr erreicht wird.

Der Kurvenverlauf ergibt sich nach der **Grafik 2** (siehe  4 "Stromregelung").



Die **Spannungskomponente  $U_{sd} \sim$ P723** bzw. der Parameter **Spannung -d P723** darf bei dieser Einstellung der P-Anteile den Maximalwert von **20 %** der **Motor Nennspannung P204** nicht übersteigen, d. h. bei 385 V sollte  $U_N \approx 77$  V entsprechen.

---

#### Information

#### Standardwert P-Anteile

Bei einigen Motorgrößen kann es vorkommen, dass mit der Standard-Einstellung für die **P-Anteile** des Stromreglers (**P312** und **P315**) der maximal zulässige Wert für die **Spannungskomponente  $U_{sd} \sim$ P723** bereits überschritten wird.

In diesem Fall müssen die **P-Anteile** für den Stromregler als **Startwert < 50 %** (Standardwert) gewählt werden.

### 4.3.2 I-Anteile Stromregler

Die Parameter für den I-Anteil des **Momentenstromreglers I P313** und **Feldstromreglers I P316** ausgehend von dem eingestellten Startwert [5 % / ms] solange in **5 % / ms Schritten** erhöhen, bis sich ein leichtes Überschwingen von ca. **3 %** bis **5 %** des Istwertes, d. h. des **Magnetisierungsstroms  $\sim$ P721** einstellt.

Der Kurvenverlauf ergibt sich nach der **Grafik 3** (siehe  4 "Stromregelung").



Die **Spannungskomponente  $U_{sd} \sim$ P723** bzw. der Parameter **Spannung -d P723** darf bei dieser Einstellung der I-Anteile den Maximalwert von **25 %** der **Motor Nennspannung P204** nicht übersteigen, d. h. bei 385 V entspricht  $U_N \approx 96$  V.

---

#### Information

#### Spannungskomponente $U_{sd}$

In Abhängigkeit der Motordaten kann sich ein schnelleres bzw. auch langsames Abfallen der **Spannungskomponente  $U_{sd} \sim$ P723** nach Erreichen des Maximalwertes ( $\approx$  **25 %** der **Motor Nennspannung P204**) einstellen.

### 4.3.3 Kriterien

Auf die folgenden Kriterien sind bei der Optimierung des Stromreglers zu achten:

**Ziel ist es, den Kurvenverlauf des Magnetisierungsstroms ~P721 unter Berücksichtigung der Kriterien mit den „richtigen“ Einstellungen der P- und I-Anteile zu optimieren:**



- Anstiegszeit des **Magnetisierungsstroms ~P721** minimal halten
- maximales Überschwingung von 3 – 5 % des **Magnetisierungsstroms ~P721** erzielen
- Amplitude der **Spannungskomponenten  $U_{sd}$  ~P723** max. 20 % bzw. 25 % von der **Motor Nennspannung P204** zulassen

---

#### **i** Information

#### **Optimierungsschritte**

In Abhängigkeit der Applikationsanwendung können die jeweiligen vorgegebenen Schrittweiten der Regleroptimierung auch abweichen. Des Weiteren können die Schrittweiten bei den letzten Optimierungsschritten auch noch feinstufiger gewählt werden.

---

### 4.4 Optimierungsablauf

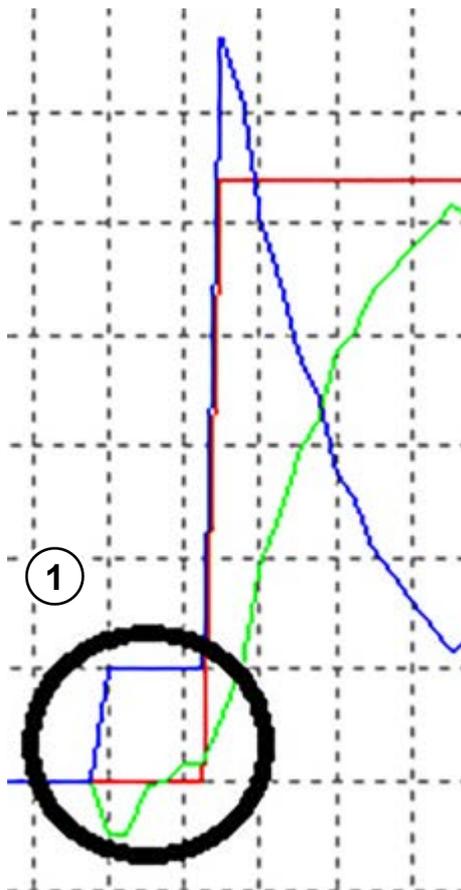
#### Handlungsanweisung

#### **i** Information

#### Kurzschlusserkennung

Es ist möglich, dass sich am Anfang des Kurvenverlaufes eine Schwingung einstellt. Diese Schwingung entsteht bei Frequenzumrichtern mit einer integrierten „**automatischen Kurzschlusserkennung**“.

Sie hat **keinen** Einfluss auf die Optimierung des Stromreglers.



① automatische Kurzschlussmessung  
SK 200E Frequenzumrichters 4,0 kW mit  
3,0 kW IPMSM (IE4)

Legende **Feldsollwert v. Feldsch.** **Magnetisierungsstrom ~P721** **Spannungskomponente ~P723**

Abbildung 29: Kurzschlussmessung vom SK 200E Frequenzumrichter

In den folgenden Abbildungen ist der Optimierungsprozess des Stromreglers, für den **3,0 kW Synchronmotor** der Effizienzklasse **IE4**, anhand einzelner Scope-Aufnahmen beispielhaft dargestellt.

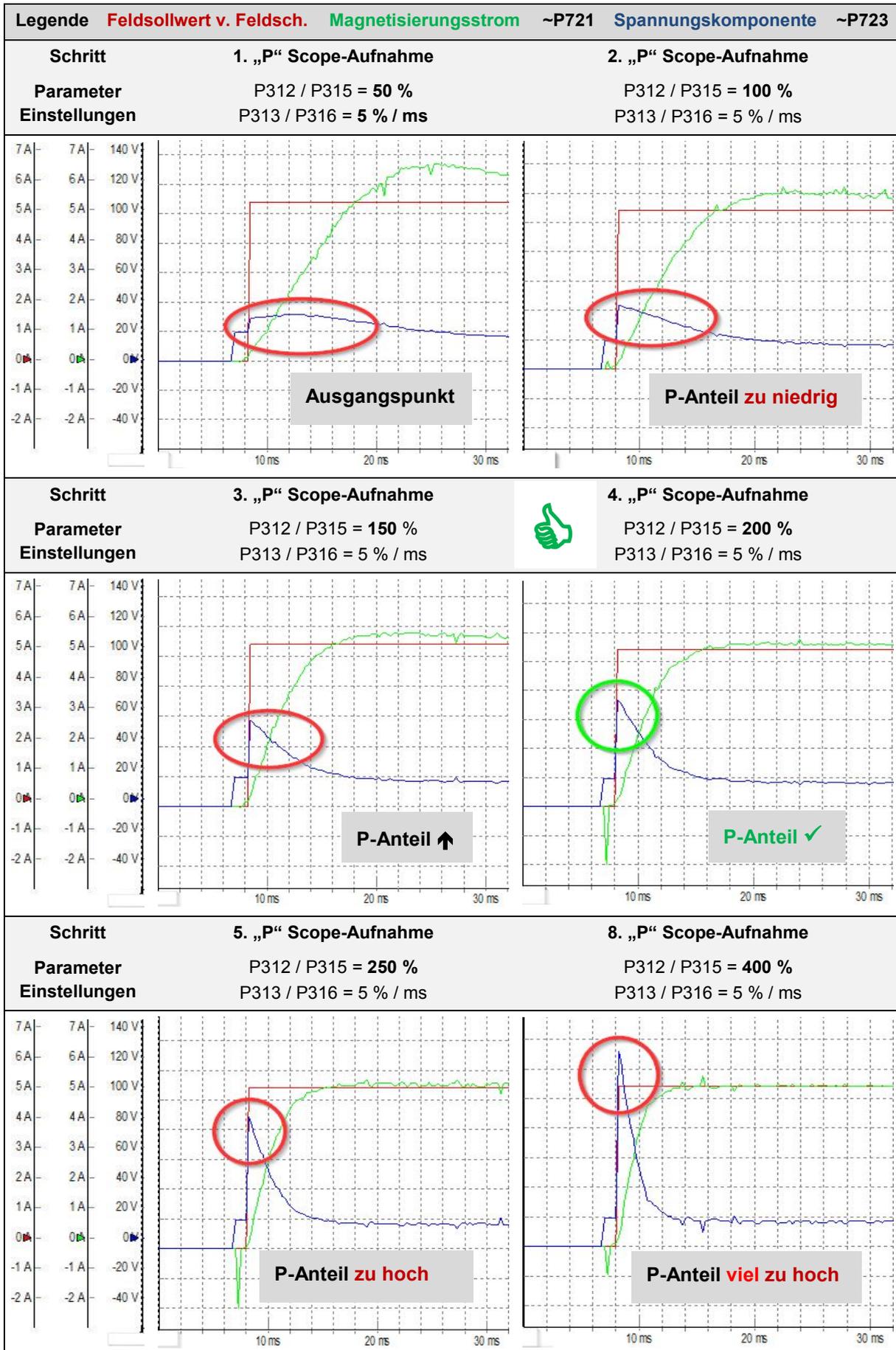


Abbildung 30: Kurvenverlauf P-Anteil des Stromreglers

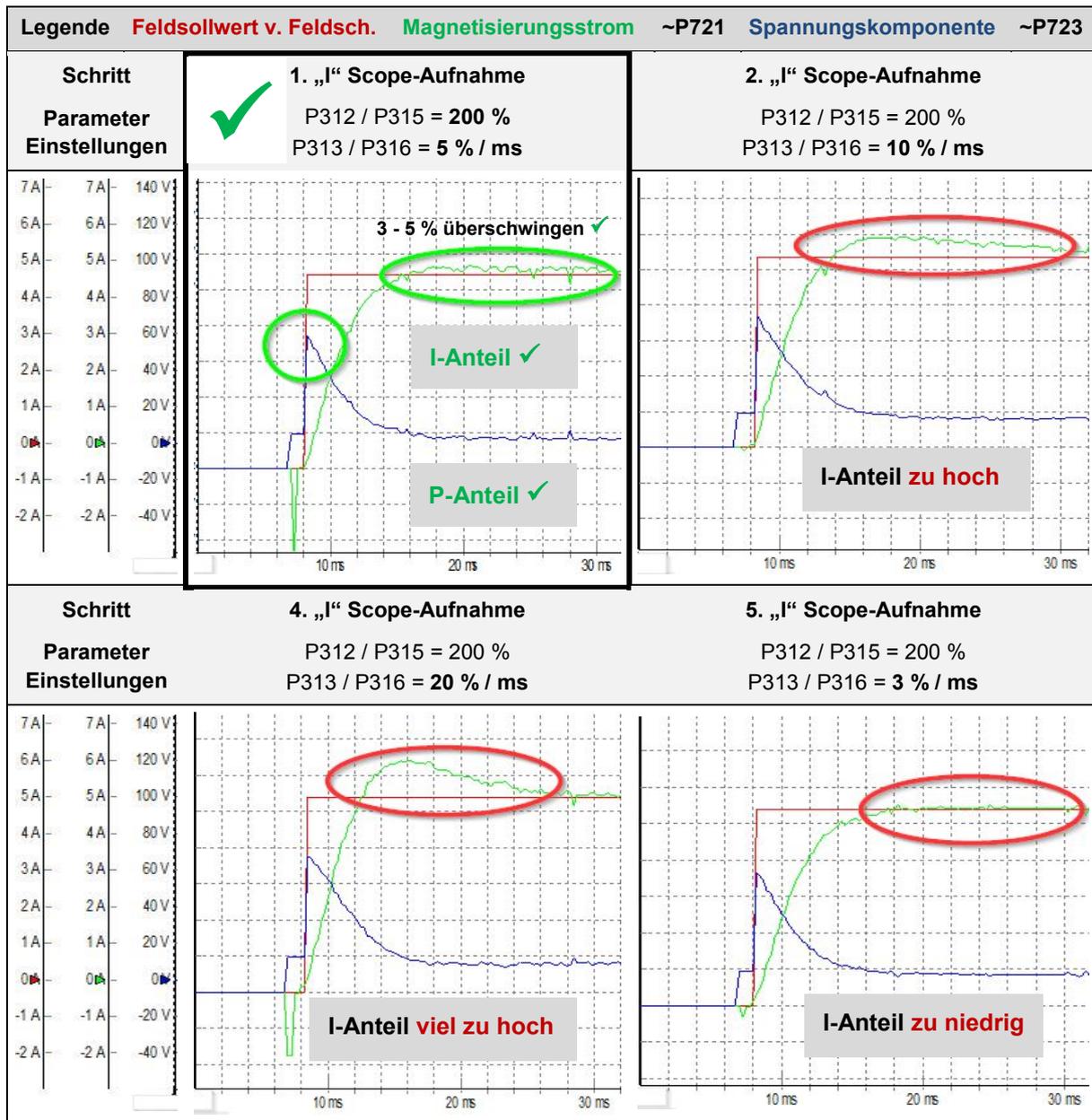


Abbildung 31: Kurvenverlauf I-Anteil des Stromreglers

### 4.5 Einstellung Leerlaufstrom

Nach Abschluss der Optimierung des Stromreglers ist der folgende Parameter wieder entsprechend einzustellen.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ..., P4)
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>			
P209 (P)	Leerlaufstrom [A]	8,3 *	☞ z. B. 5,4 → 0

\* abhängig von der FU-Leistung, bzw. dem P200 / P220

## 5 Drehzahlregelung

### Schritt 5

#### Information

Der Drehzahlregler ist ein **PI-Regler** und setzt sich aus den beiden folgenden Parametern zusammen.

- Drehzahlregler (P310, P311)

Der Parameter **Drehzahl Regler P P310** beeinflusst den **P-Anteil** des Reglers. Für den **I-Anteil** steht der Parameter **Drehzahl Regler I P311** zur Verfügung.

Um den Drehzahlregler für konstante Lasten systematisch einzustellen, wird empfohlen, generell die folgenden **Optimierungsschritte** vorzunehmen.

#### Überblick Optimierungsablauf

- **I-Anteil** auf einen **kleinen** Wert einstellen
- **P-Anteil** auf einen **kleinen** Wert einstellen und in z. B. **50 % Schritten erhöhen** bis der **Momentenstrom ~P720** einen möglichst **rechteckigen Verlauf** annimmt. Die **Drehzahl Drehgeber =P735** sollte einen linearen, ansteigenden Verlauf haben.
- Es folgt die **Erhöhung** des **I-Anteils** in z. B. **5 % / ms Schritten**, um den **rechteckigen Verlauf** des **Momentenstroms ~P720** weiterhin zu optimieren. Einhergehend mit dieser Optimierung ergibt sich ein **leichtes Überschwingen** in der Drehzahl.



**Ziel ist es, den Kurvenverlauf des Momentenstroms ~P720 mit der „richtigen“ Einstellung des P- und I-Anteil zu optimieren.**

Im Kapitel  5.4 "Optimierungsablauf" ist die praktische Umsetzung zur Optimierung eines Drehzahlreglers beschrieben.

### 5.1 Weitere Einstellungen

#### Handlungsanweisung

Für die Optimierung des Drehzahlreglers ist vorab die Rampenzeit unter der Registerkarte „**Basisparameter**“ in dem Parameter **Hochlaufzeit P102** entsprechend einzustellen. Des Weiteren sind ggf. die **Tippfrequenz P113** und die **Abs. Minimalfrequenz P505** zu parametrieren.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>BASISPARAMETER</b>			
P102 (P)	Hochlaufzeit [s]	2,0	☞ <b>2,0 → 0,3 *</b>
P113 (P)	Tippfrequenz [Hz]	0,0	☞ <b>0,0 → 50</b>
<b>ZUSATZPARAMETER</b>			
P505 (P)	Abs. Minimalfrequenz [Hz]	2,0	☞ <b>2,0 → 0,0</b>

\* Achtung: im Beispiel ohne Last eingestellt

#### Information

#### Bremsenanwendungen

Bei Anwendungen mit einer Bremse muss für die Optimierung der Regler auch der Parameter **Einfallzeit Bremse P107** ggfs. auch **Lüftzeit Bremse P114** parameteriert werden.

Ansonsten kommt es zu einer Fehlermeldung, da der Antrieb wegen der geschlossenen Bremse in Störung geht.

#### Information

#### Sollwert / Feldschwächebereich

Die **Optimierung des Drehzahlreglers muss unterhalb des Feldschwächebereichs** erfolgen!

Deshalb sind die **Sollwertvorgabe dem Auslegungsbereich** (70 Hz / 100 Hz – Kennlinien) entsprechend **anzupassen**. Bei einer Standard-Auslegung gemäß **70 Hz – Kennlinie** sollte der **Sollwert (Frequenz)** bei ca. **70 %** (ca. **50 Hz**) liegen.

Bei Anwendungen mit einem **Betriebspunkt (100 Hz – Kennlinie)** ist ein **Sollwert (Frequenz)** im Bereich von ca. **70 %** (d. h. ca. **70 Hz**) vorzugeben.

Der **Feldschwächebereich** für diese Applikation ist lastabhängig und beginnt damit oberhalb der **Motor Nennfrequenz P201**, d. h. hier bei **> 70 Hz**.



Die Einstellung der **Hochlaufzeit P102** muss so gewählt werden, dass der **Momentenstrom ~P720** möglichst **50 % - 100 %** des **Motor Nennstromes P203** (siehe **Typenschild / Motor Nennstrom**) bei der Optimierung erreicht wird.

Die Einstellung des **Momentenstroms ~P720 ( $I_{sq}$ )** sollte mit Hilfe der **NORD CON Oszilloskop Funktion** vorgenommen werden.



Vor dem Starten der Scope-Aufzeichnung und Freigabe des Antriebes muss der **Sollwert** auf einen Wert von ca. **70 %** der **Motor Nennfrequenz P201** (70 Hz) gesetzt werden. D. h. in diesem Beispiel (Frequenzumrichter 4,0 kW / Motorpaarung 3,0 kW) muss die Sollfrequenz von ca. **50 Hz** vorgegeben werden.

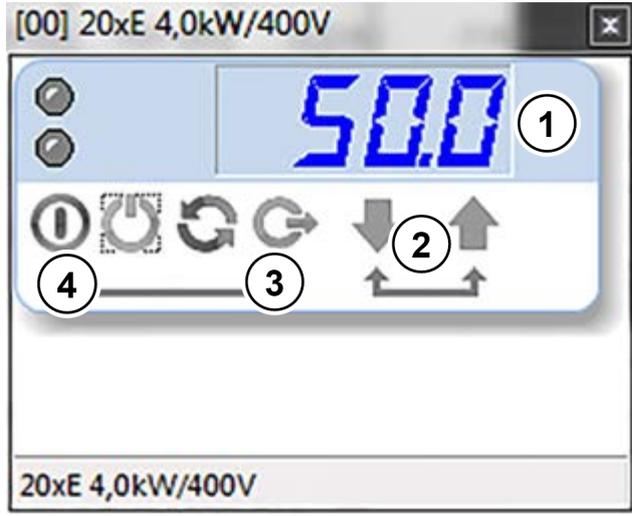
## 5.2 NORD CON

### Information & Handlungsanweisung

Weitere Informationen zu den Einstellungen sind dem Kapitel  4.2 "NORD CON" und folgenden zu entnehmen.

### 5.2.1 Fernbedienen

Folgende Einstellungen müssen zur Optimierung des Drehzahlreglers, vor dem Starten der Scope-Aufnahmen, im **Fernbedienen Fenster** vorgenommen werden.



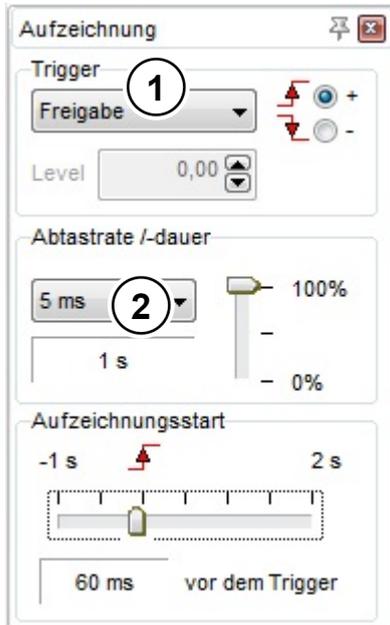
- ① Sollwert auf ca. 70 %, d. h. Sollfrequenz auf ca. 50 Hz einstellen
- ② Wert + bzw. Wert – Button nutzen
- ③ Bestätigung Button betätigen, zur Speicherung der Frequenz als Tippfrequenz in P113
- ④ Freigabe Button betätigen

Falls eine Tippfrequenz parametriert wurde, entfallen die Schritte ① ② und ③.

Abbildung 32: Fernbedienen Drehzahlregelung, Sollwert und Freigabe

## 5.2.2 Oszilloskop

Folgende Einstellungen sollten, vor dem Starten der Scope-Aufnahmen, unter den beiden Registern **Aufzeichnung** bzw. **Kanaleinstellung** für die NORD CON **Oszilloskop Funktion** vorgenommen werden. Die Einstellungen und die grafische Darstellung in den Abbildungen können je nach Frequenzumrichter- und Versions- und Softwarestand abweichen.



1 Trigger auf Freigabe setzen

2 Abtastrate auf 5 ms einstellen

→ Abtastdauer von 1 s

→ Abtastrate in Abhängigkeit der eingestellten Hochlaufzeit

### Hinweis

Die Abtastrate sollte so gewählt werden, dass die Scope-Aufnahmen den Abbildungen im Kapitel 5.4 "Optimierungsablauf" entsprechen!

Abbildung 33: Oszilloskop Einstellungen für Trigger und Abtastrate / -dauer

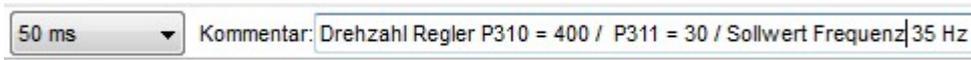


Abbildung 34: Einstellung der Auflösung für die Zeitachse, Kommentarbeispiel

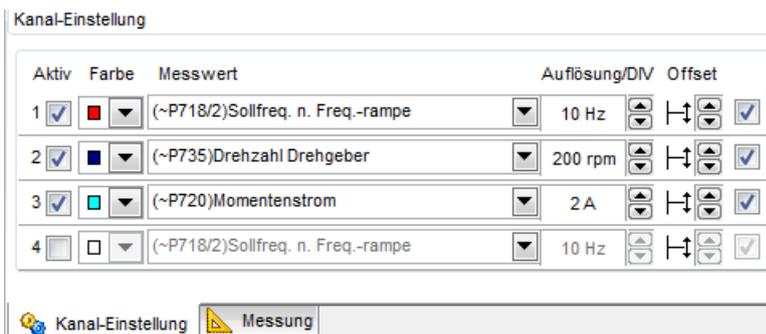


Abbildung 35: Oszilloskop Kanal-Einstellungen der vier Messwerte



3 Start Button betätigen

### Hinweis

Initialisierungsphase berücksichtigen, siehe Abbildungen im Kapitel 4.2.2 "Oszilloskop"

Abbildung 36: Scope-Aufnahme starten

### 5.3 Drehzahlregler

#### Information & Handlungsanweisung

Beim Drehzahlregler sind der **P-** und **I-Anteil** bei den jeweiligen Optimierungsschritten zu verändern. Als Voreinstellung für die Optimierung des Drehzahlreglers sollte für den **1. Optimierungsschritt** der **P-Anteil** (P310) auf **50 %** und der **I-Anteil** (P311) auf **5 % / ms** gesetzt werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
REGELUNGSPARAMETER			
P310 (P)	Drehzahl Regler P [%]	100	👉 100 → 50
P311 (P)	Drehzahl Regler I [%/ms]	20	👉 20 → 5

Die jeweiligen Änderungen der Regelungsparameter sind mittels der **NORD CON Oszilloskop Funktion** (siehe 📖 4.2 "NORD CON") zu prüfen.

In der folgenden Abbildung ist ein Kurvenverlauf eines **optimal** eingestellten Drehzahlreglers, bei einem 3,0 kW Synchronmotors der Effizienzklasse IE4, als Zielsetzung abgebildet.

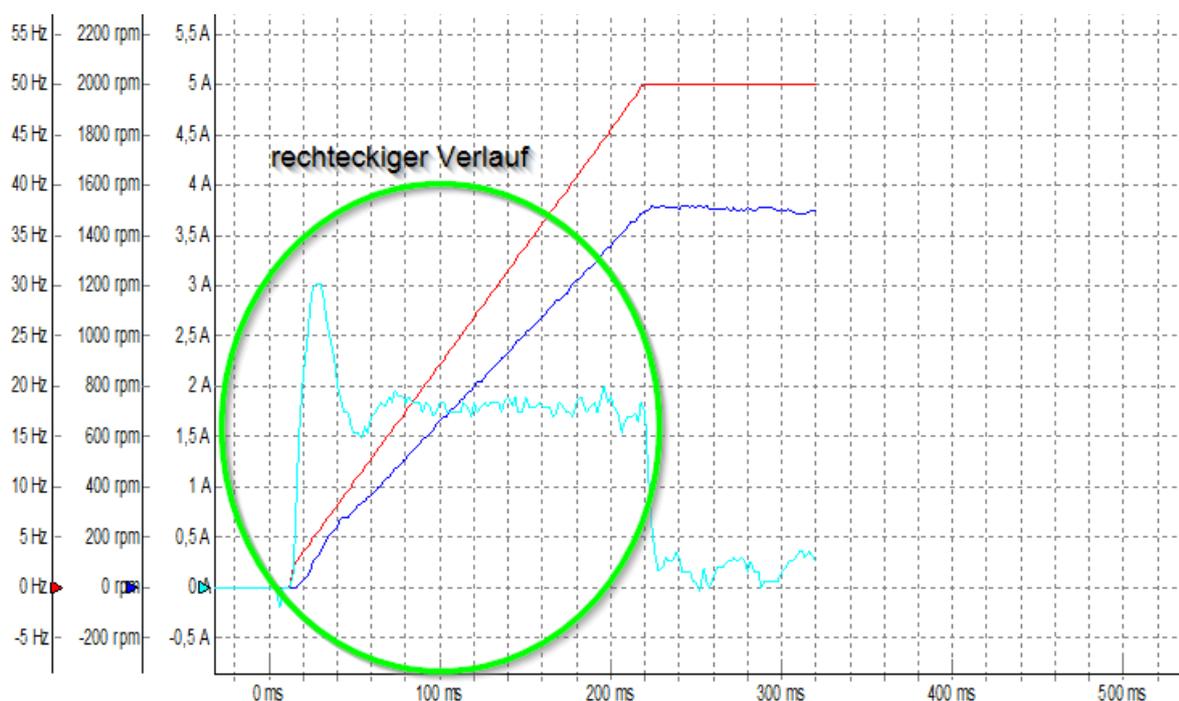


Abbildung 37: Beispiel optimierter Kurvenverlauf des Drehzahlreglers

Zu sehen ist in der linken Detailabbildung der nahezu **rechteckförmige Verlauf** des **Momentenstroms ~P720** während der Hochlaufphase sowie in der rechten Abbildung ein linear, gradliniger Anstieg der **Drehzahl Drehgeber ~P735**.

Außerdem ist in der vorigen linken Abbildung ein leichtes Überschwingen beim Erreichen des Sollwertes, d. h. der **Sollfreq. n. Freq.-rampe ~P718/2** ersichtlich.

Durch diese Einstellung wird sichergestellt, dass der Motor bei Aufschaltung der Hochlaufphase voll magnetisiert ist.



Der angestrebte rechteckförmige Verlauf des **Momentenstrom ~P720** während der Hochlaufphase kann sich unterschiedlich darstellen, da die Verlaufsform sich aus den anwendungsspezifischen Vorgaben ergibt.

Die folgende Abbildung zeigt den Kurvenverlauf bei einem „zu hoch“ eingestellten **P-Anteil** des Drehzahlreglers. Der zu hoch eingestellte Wert des **Drehzahl Regler P P310** führt zu einem Schwingen des **Momentenstroms ~P720**.

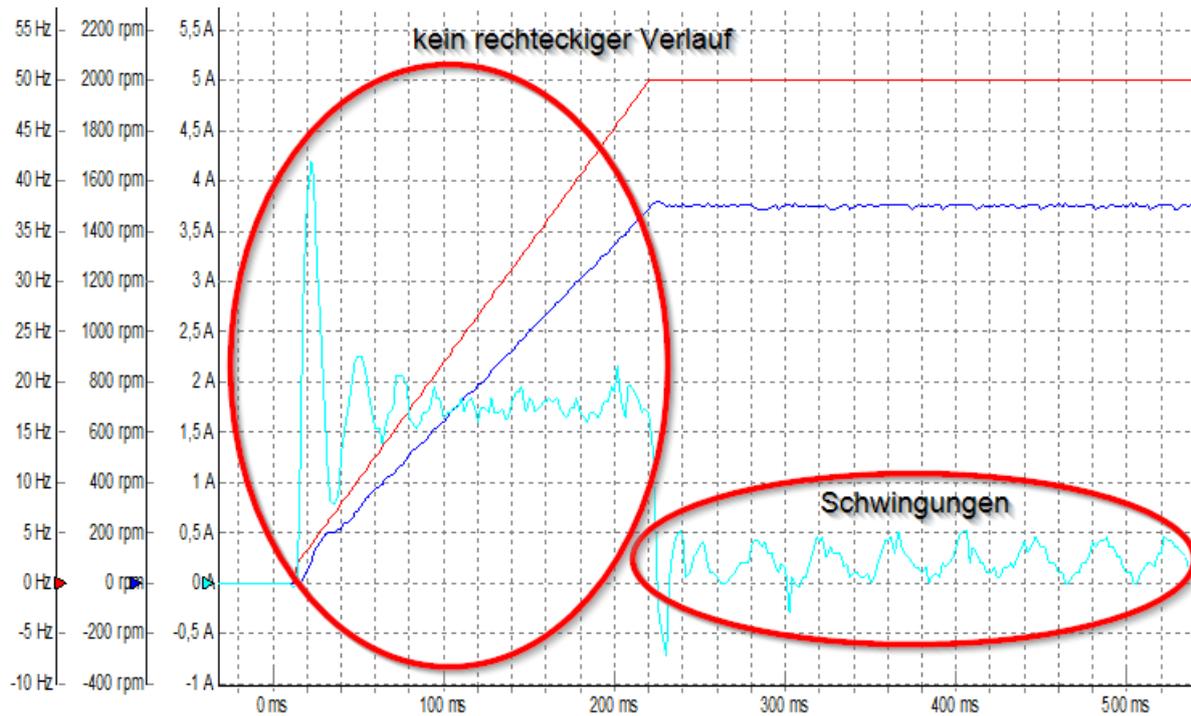


Abbildung 38: Beispiel mit zu hohem P-Anteil des Drehzahlreglers

Die nächsten Optimierungsschritte und Scope-Aufnahmen sollten wie folgt ausgeführt werden:

### Information

### Scope-Aufzeichnung

Kommt man in den Bereich, in dem Veränderungen des Kurvenverlaufes nicht mehr direkt ersichtlich sind, ist es hilfreich, sich aufgenommene Oszilloskop Aufzeichnungen abzuspeichern. Mittels der Möglichkeit sich **mehrere Aufzeichnungen gleichzeitig anzuzeigen** ist ein **direkter Vergleich** zur vorherigen Einstellung gegeben.

### 5.3.1 P-Anteil Drehzahlregler

Den Parameter für den **P-Anteil** solange in **50 % Schritten** erhöhen, bis möglichst ein rechteckigen Verlauf des Istwertes, d. h. der **Momentenstrom ~P720** erreicht wird. Die **Drehzahl Drehgeber ~P735** sollte dabei einen linearen, ansteigen Verlauf haben.

Der Kurvenverlauf ergibt sich nach der 2. Abbildung (siehe  5.3 "Drehzahlregler").

Die obere Einstellungsgrenze des **Drehzahl Regler P P310** ist erreicht, wenn eine weitere Erhöhung des **P-Anteils** zu keinem besseren Kurvenverlauf (im Sinne einer Rechteckform) mehr führt. Ein „**zu hoch**“ eingestellter **P-Anteil** kann zu Schwingungen des **Momentenstroms ~P720** sowie in der **Drehzahl Drehgeber ~P735** führen.



Ist der **P-Anteil** ermittelt, muss die Regelung im Betrieb von der Sollfrequenz (z. B. 50 Hz) bis auf 0 bis 3 Hz langsam runter gefahren werden. Es muss **geprüft** werden, dass während der **Bremsrampe** der **Momentenstrom ~P720 schwingungsfrei** bleibt.

Dieses dient u. a. zum Test, ob der eingestellte **P-Anteil** für alle Drehzahlen richtig eingestellt ist.

Ist der **P-Anteil** für eine gewählte Drehzahl (Sollwertvorgabe) **zu hoch** eingestellt, wird dieses durch Schwingungen im **Momentenstrom ~P720** und der damit einhergehenden **Geräusentwicklung** „**kratzendes Geräusch**“ während des Betriebes bzw. des Verfahrens erkennbar.

### 5.3.2 I-Anteil Drehzahlregler

Ausgehend von dem eingestellten Startwert [5 % / ms] solange den **I-Anteil** in kleinen **Schritten** (z. B. **5 % / ms**) erhöhen, bis sich ein nahezu **rechteckiger Verlauf** des **Momentenstroms ~P720** ergibt.

#### Information

#### Schrittweite I-Anteil

Bei hoher Trägheitsmasse der Anwendung (bezogen auf die Trägheitsmasse des Motor) sollte die **Schrittweite** nicht > **5 % / ms** sein.

Ist das Verhältnis  $J_{anw} / J_{Motor}$  **klein**, so kann die Erhöhung des **I-Anteils** auch in **größeren Schritten** erfolgen.

Die gewählte **Schrittweite** der Erhöhung des **I-Anteils**, sollte in dem Bereich von **5 bis 20** liegen.

Einhergehend mit der Erhöhung des **I-Anteils** ergibt sich ein **leichtes Überspringen** der **Drehzahl Drehgeber ~P735**. Bei „**zu hoch**“ eingestelltem **I-Anteil** wird die Rechteckform des **Momentenstroms ~P720** nach links oben verzerrt.

Der Kurvenverlauf ergibt sich nach der Scope Aufzeichnung im Schritt 6. „I“ Scope-Aufnahme 5.4 "Optimierungsablauf".



Ist der **I-Anteil** ermittelt, muss die Regelung im Betrieb von der Sollfrequenz (z. B. 50 Hz) bis auf 0 bis 3 Hz langsam runter gefahren werden. Es muss **geprüft** werden, dass während der **Bremsrampe** der **Momentenstrom ~P720 schwingungsfrei** bleibt.

Dieses dient u. a. zum Test, ob der eingestellte **I-Anteil** für alle Drehzahlen richtig eingestellt ist.

Ist der **I-Anteil** für eine gewählte Drehzahl (Sollwertvorgabe) **zu hoch** eingestellt, wird dieses durch Schwingungen im **Momentenstrom ~P720** und der damit einhergehenden **Geräusentwicklung** „**kratzendes Geräusch**“ während des Betriebes bzw. des Verfahrens erkennbar.

### 5.3.3 Kriterien

Auf die folgenden Kriterien sind bei der Optimierung des Drehzahlreglers zu achten:

**Ziel ist es, den Kurvenverlauf des **Momentenstroms ~P720** unter Berücksichtigung der Kriterien mit den „richtigen“ Einstellungen der P- und I-Anteile zu optimieren:**



- Verlauf des **Drehzahl Drehgebers ~P735** sollte linear und schwingungsfrei sein
- kein bzw. ein leichtes überschwingen (ca. 3 – 5 %) beim Erreichen des Sollwertes der **Drehzahl Drehgeber ~P735** bei der Optimierung des **I-Anteils**
- Rechtecksform des **Momentenstroms ~P720** in der Beschleunigungsphase
- keine Schwingungen im Verlauf des **Momentenstroms ~P720** nach Abschluss der Beschleunigungsphase
- keine „kratzende Geräuschentwicklung“ im Betrieb des Antriebes



Es kann während des Betriebes zu einer „**kratzende Geräuschentwicklung**“ kommen, die vorrangig bei Anwendungen mit Antrieben  $\geq 3$  kW wahrzunehmen ist. Beim Auftreten der Geräuschentwicklung sollte der P- oder auch der I-Anteil wieder reduziert werden.

---

#### Information

#### Optimierungsschritte

In Abhängigkeit der Applikationsanwendung können die jeweiligen vorgegebenen Schrittweiten der Regleroptimierung auch abweichen. Des Weiteren können die Schrittweiten bei den letzten Optimierungsschritten auch noch feinstufiger gewählt werden.

---

### 5.4 Optimierungsablauf

#### Handlungsanweisung

In den folgenden Abbildungen ist der Optimierungsprozess des Drehzahlreglers, für den **3,0 kW Synchronmotor** der Effizienzklasse **IE4**, anhand einzelner Scope-Aufnahmen beispielhaft dargestellt.

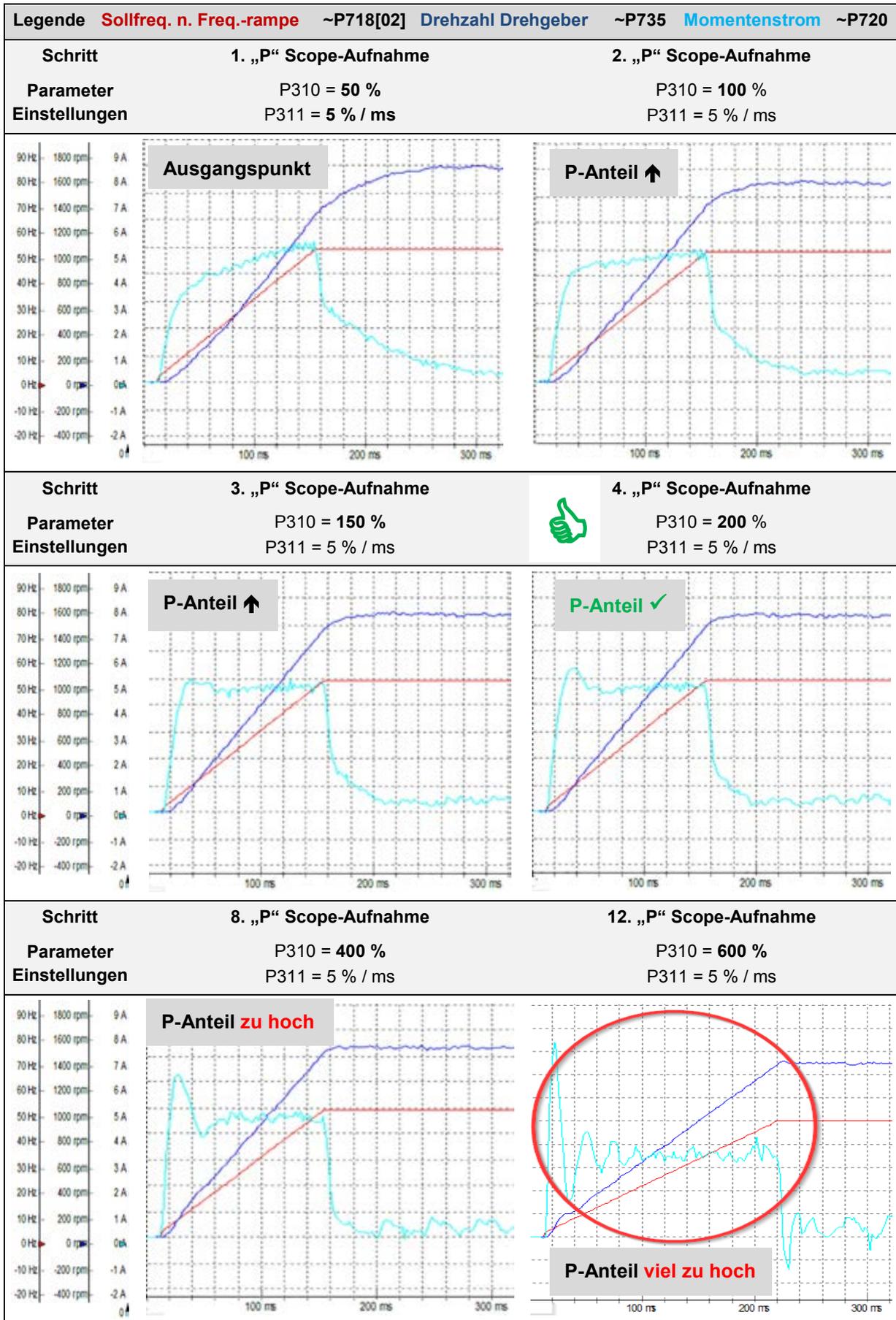
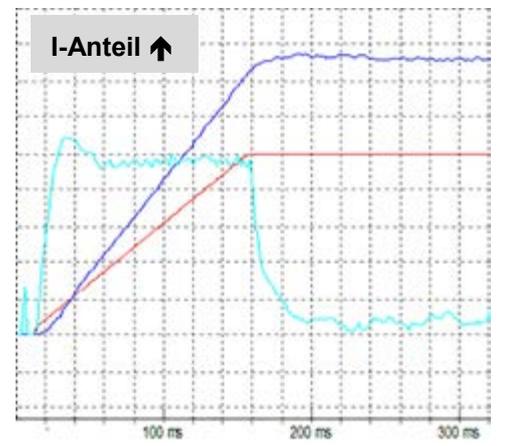
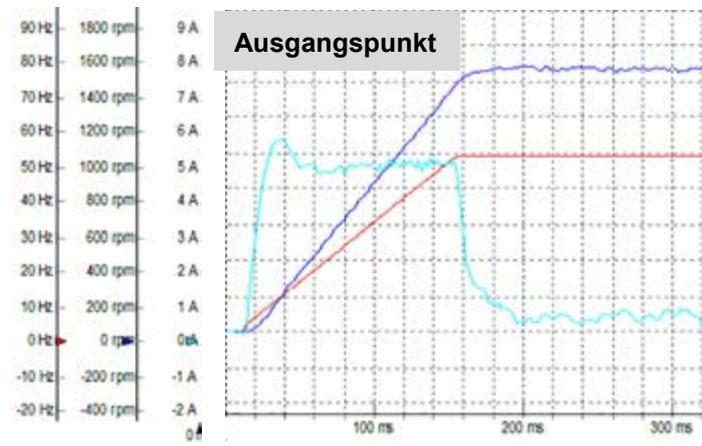


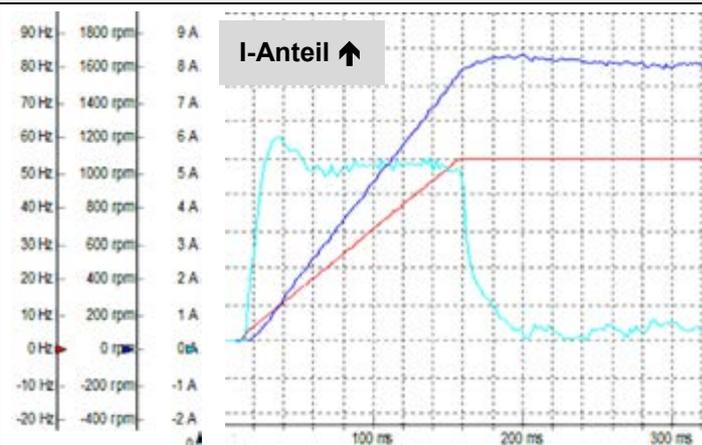
Abbildung 39: Kurvenverlauf P-Anteil des Drehzahlreglers

Legende Sollfreq. n. Freq.-rampe ~P718[02] Drehzahl Drehgeber ~P735 Momentenstrom ~P720

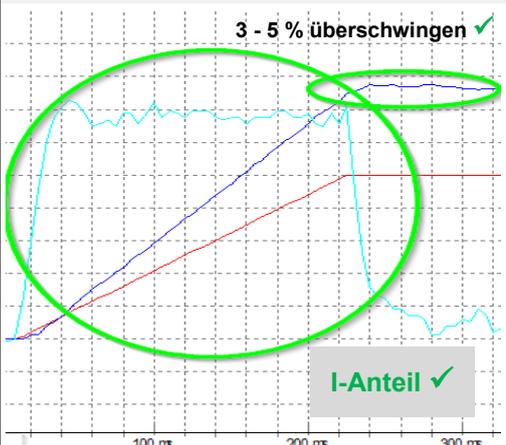
Schritt	1. „I“ Scope-Aufnahme	2. „I“ Scope-Aufnahme
Parameter Einstellungen	P310 = 200 % P311 = 5 % / ms	P310 = 200 % P311 = 10 % / ms



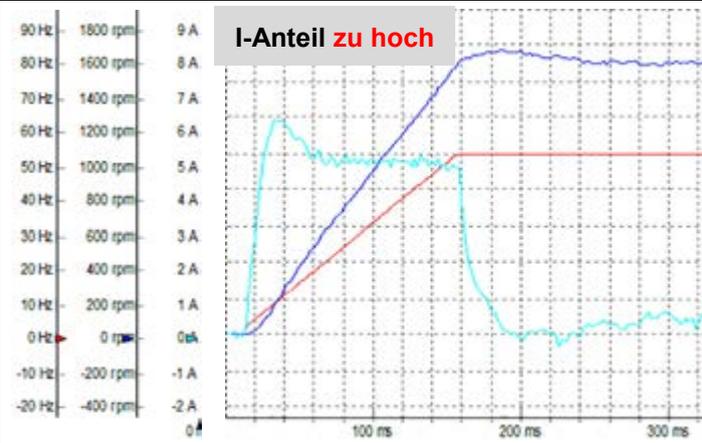
Schritt	3. „I“ Scope-Aufnahme
Parameter Einstellungen	P310 = 200 % P311 = 15 % / ms



Schritt	4. „I“ Scope-Aufnahme
Parameter Einstellungen	P310 = 200 % P311 = 20 % / ms



Schritt	6. „I“ Scope-Aufnahme
Parameter Einstellungen	P310 = 400 % P311 = 30 % / ms



Schritt	24. „I“ Scope-Aufnahme
Parameter Einstellungen	P310 = 400 % P311 = 120 % / ms

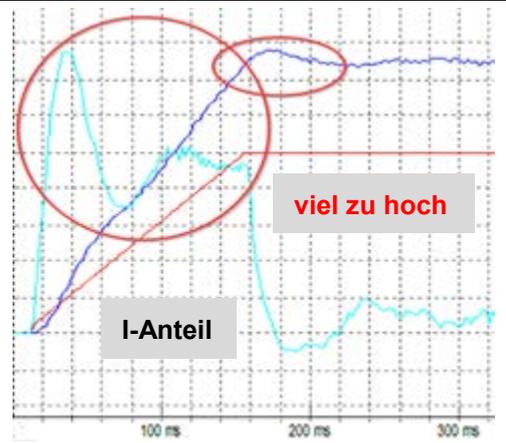


Abbildung 40: Kurvenverlauf I-Anteil des Drehzahlreglers

## 6 Lageregelung

### Schritt 6

#### Information

Der Lageregler kann in Verbindung mit einem **Drehgeber** als ein hochgenauer Positionierantrieb genutzt werden. Für die Drehzahlrückführung werden in der Regel unterschiedliche **Drehgebersysteme** wie z. B. **Inkrementaldrehgeber (IG)** oder auch **Absolutwertdrehgeber (AG)** eingesetzt, die als Messwertaufnehmer die Drehbewegung und Lageangaben (Position) in elektrische Signale wandeln.

Die Auswahl des zu verwendenden Drehgebersystems hängt von den Anwendungsanforderungen der Applikation ab. Dazu gehören u. a. die folgenden Eigenschaften wie z. B.:

- Geberart: Absolutwert- oder Inkrementaldrehgeber
- Gebertyp (TTL, HTL, Kombi, Single-, Multiturn) / Auflösung
- Applikationstyp (Winkelmessung, Lineare Wegmessung)
- Anschlusstechnik, Schnittstellen-Treiber, Feldbussystem, mit Kabel oder steckbar
- Bau- und Montageart (Flansch, Welle, Hohlwelle, Drehmomentstütze usw.)
- Elektronischen Features (Spannungsversorgung, Ausgangstreiber usw.)
- Umgebungsbedingung (Schutzart, Temperatur, ATEX usw.)



#### Information

#### Drehgeberauswahl

Für die dezentralen **SK 2xxE** Frequenzumrichter können **HTL-Inkrementaldrehgeber (IG)** sowie **CANopen Absolutwertdrehgeber (AG)** verwendet werden. Bei den Schaltschrank  $\geq$  **SK 530E** Frequenzumrichtern können **TTL-Inkrementaldrehgeber** und **CANopen Absolutwertdrehgeber** verwendet werden.

Bei der Performancestufe  $\geq$  **SK 540E** können des Weiteren **SIN/COS-Geber** und auch weitere **Absolutwertdrehgebertypen** wie z. B. **Hiperface-**, **Endat-**, **SSI-** und **BiSS-Geber** an dessen **Universal Geber-Interface**, Klemmenblock X14 angeschlossen werden.

Detaillierte Informationen zu den jeweiligen Gebertypen sind dem jeweiligen Zusatz-Handbuch **POSICON Positioniersteuerung** zu entnehmen, siehe  BU 0210 oder BU 0510 9.1 "Handbücher".

Folgende Merkmale und integrierte Frequenzumrichter-Funktionalitäten stehen für eine Lageregelung zur Verfügung:

- programmierbare Positionsspeicher
  - SK 2x5E sind es **63** absolute Positionen
  - SK 53xE sind es **63** absolute Positionen
  - SK 54xE sind es **252** absolute Positionen
- Positionen werden auch bei „starken“ Lastschwankungen gehalten
- zeitoptimale und sichere Fahrt bis zum Ziel, durch die Wegrechnungs-Funktionalität
- neben dem Anfahren von absoluten Positionen können auch bis zu 4 Schrittweiten (sogenannte Lageinkremente) im Frequenzumrichter hinterlegt werden
- Positionen können auch in einer Steuerung hinterlegt und über eine entsprechende Feldbusschnittstelle (z. B. CANopen) vorgegeben werden
- mittels Feldbusschnittstelle können die Positionen an den Frequenzumrichter übertragen werden

**ACHTUNG****Spannungsversorgung**

Für Frequenzumrichter-Anwendungen dürfen nur Drehgebertypen mit **10 – 30 V Versorgung** verwendet werden.

Für die Positionierfunktion **POSICON** stehen zusätzliche Parameter (P6xx), die für die Lageregelung erforderlich sind, unter der Registerkarte „**Positionierung**“, als eigenständige Menügruppe, dem Anwender zur Verfügung.

**i Information****Freischaltung POSICON**

Die Registerkarte „**Positionierung**“ wird bei den **dezentralen SK 2xxE Frequenzumrichtern** mittels des Parameters **Supervisor-Code P003 {3 = alle Parameter sichtbar}** freigeschaltet.

Bei den **Schaltschrank ≥ SK 530E Frequenzumrichtern** ist die Registerkarte „**Positionierung**“ P6xx standardmässig bereits in der **Werkseinstellung** freigeschaltet.

**Anwendungshinweise**

- Die Positionierfunktion / Konfiguration und das Steuern des Frequenzumrichters sowie die Lagesollwertvorgabe können über
  - **Digitaleingänge**
  - **Bus IO In Bits**
  - **USS - Protokoll** bzw. einem **Feldbussystem** (z. B. PROFIBUS DP, CANopen usw.) erfolgen
- Die Lageistwerterfassung kann mit Inkremental- oder Absolutwertdrehgeber erfolgen
- Umschaltung zwischen **Drehzahlregelung** und **Lageregelung** (Positionierung) mittels **Parametersatzumschaltung**
- **Gleichlauffunktionalität** zwischen **Master-** und **Slave-Antrieben** (einen und auch mehreren) mittels integrierter **Systembus-Schnittstelle**
- **Rundachsen-Funktion (Modulo-Achsen)** für Drehtisch- und ähnliche Anwendungen (diese steuert eine Endlosachse) **wegoptimiert**, je nach angeforderter Position dreht der Antrieb rechts oder links herum.

Die Ansteuerung des Frequenzumrichters wird beispielsweise mittels einer Positionsvorgabe über im Frequenzumrichter hinterlegten Positionen beschrieben. Die Positionsvorgabe und Freigabe des Antriebs wird in diesem Beispiel über die BUS IO In Bits realisiert. Als Drehgebesystem kann ein Inkrementaldrehgeber (IG) oder ein CANopen Kombi Standard-Absolutwertdrehgeber sowie auch weitere Drehgebertypen (nur ≥ SK 540E) verwendet werden.

Um die Lageregelung systematisch einzustellen bzw. zu optimieren wird empfohlen, generell die folgenden **Optimierungsschritte** vorzunehmen:

**i Information****Applikationshinweis Bremswiderstand**

Für die in diesem Leitfaden beschriebene Optimierung der Lageregelung wurde ein externer **Bremswiderstand**, siehe  2.1 "Systemkomponenten" verwendet. Wie Wahl für einen internen oder externen Bremswiderstand beim SK 2xxE ergeben sich aus den **Applikationsanforderungen**.

## Überblick Optimierungsablauf

- **Drehgebersystem** auswählen und entsprechend parametrieren
  - **Drehgebersystem Anschluss und Funktionsprüfung**
  - Schnittstelle für **Sollwert-** bzw. **Positionsvorgabe** auswählen und parametrieren
  - Beschleunigungs- und Bremsrampe sprich **Hochlaufzeit P102** und **Bremszeit P103** einstellen
  - **Anwahl / Vorgabe der Soll- bzw. Zielposition**
- 
- **P-Anteil** auf einen **kleinen Wert** einstellen und in z. B. **10 % Schritten erhöhen** bis sich ein möglichst **geradliniger** Drehzahlverlauf **Drehzahl Drehgeber =P735** einstellt. Dabei sollte eine Begrenzung durch die Bremsrampe / **Bremszeit P103** ersichtlich und wirksam sein.
  - Wird der **P-Anteil** zu groß eingestellt, ist dieses durch ein **Überschwingungen** der **Drehzahl Drehgeber =P735** in der **Istposition** beim Bremsen ersichtlich. Des Weiteren kommt es zu einem **Überschwingen** des **Momentenstroms ~P720** in diesem Bereich. In diesem Fall muss der **P-Anteil** wieder reduziert werden.

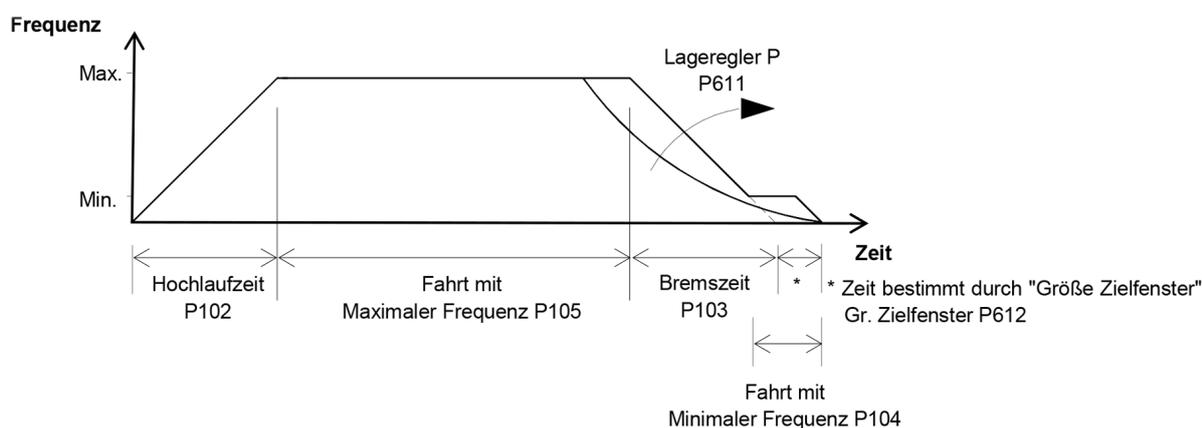


Abbildung 41: Fahrprofil Lageregelung

Detaillierte Informationen zu dem Fahrprofil bzw. einzustellenden Parametern, sind dem jeweiligen Zusatz-Handbuch **POSICON Positioniersteuerung** zu entnehmen (BU 0210 oder BU 0510 siehe  9.1 "Handbücher"). Des Weiteren sind die relevanten Parameter in den Kapiteln  6.4 "Lageregler" und 6.4.3 "Positionierung" beschrieben.



**Ziel ist es, einen möglichst optimalen Kurvenverlauf des Fahrprofils mit der „richtigen“ Einstellung des P- Anteils zu erlangen. Dabei sollte die Drehzahl Drehgebers =P735 der Bremsrampe folgen und kein Überfahren der Sollposition erfolgen.**

Im Kapitel  6.5 "Optimierungsablauf" ist die praktische Umsetzung zur Optimierung eines Lagereglers beschrieben.

### 6.1 Weitere Einstellungen

#### Handlungsanweisung

Für die Optimierung des Lagereglers sind vorab die folgenden Parameter einzustellen. Einige der Einstellungen sind hier aufgeführt, um die Ansteuerung, Positionsvorgabe und -anwahl beispielsweise mittels der Bus IO In Bits bzw. USS Schnittstelle darzustellen. Dieses kann aber je Anwendungsfall auch abweichen.

#### Information

#### Applikationshinweis

Die Rampenzeiten für die **Hochlaufzeit P102**, die **Bremszeit P103** sowie die **Sollwertvorgabe** (Drehzahlanforderung) ergeben sich aus den **Applikationsanforderungen**. Für die Nutzung der Funktion **Schleichfahrt** am Ende des Positioniervorgangs, ist die Minimale Frequenz P104 mit zu berücksichtigen. Diese wird während der Schleichfahrt genutzt.

Die einzustellenden Rampenzeiten sind unter der Registerkarte „**Basisparameter**“ in den Parametern **Hochlaufzeit P102** und **Bremszeit P103** einzustellen.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>BASISPARAMETER</b>			
P102 (P)	Hochlaufzeit [s]	2,0	☞ 2,0 → 0,3 *
P103 (P)	Bremszeit [s]	2,0	☞ 2,0 → 0,3 *
P104 (P)	Minimale Frequenz [Hz]	0,0	☞ 0,0 → ... **
<b>STEUERKLEMMEN</b>			
P480 [-11]	Funkt. Bus I/O In Bits <i>Bit 8 Bus Steuerwort</i>	0	☞ 0 → 55 (Bit 0 Lage(inkrementent)array)
<b>ZUSATZPARAMETER</b>			
P509	Quelle Steuerwort	0	☞ 0 → 2 (USS) ***
P510 [-01]	Quelle Sollwerte <i>Quelle Hauptsollwert</i>	0 (Auto)	☞ 0 (belassen) ***
P510 [-02]	Quelle Sollwerte <i>Quelle Nebensollwert</i>	0 (Auto)	☞ 0 (belassen) ***

\* anwendungsspezifisch einzustellen  
(Achtung: in diesem Beispiel ohne Last)

\*\* anwendungsspezifisch einzustellen  
(Hinweis: nur relevant bei Schleichfahrt / Gr. Zielfenster P612)

\*\*\* P510 Quelle Sollwert auf Werkseinstellung (0 = Auto) belassen

#### Information

#### Sollwert- und Positionsvorgaben

Die **Sollwertvorgabe** und die Einstellung der **Lageregelung P600** sollte dem **Auslegungsbereichs** (70 Hz / 100 Hz – Kennlinien) **entsprechen**.

Zum Optimieren des Lagereglers sollten die Sollpositionen entsprechend der **Applikationsanforderung** gewählt werden!

Bei der in diesem Leitfaden beschriebenen SK 200E Frequenzumrichter (4,0 kW) / Motorpaarung (3,0 kW) und der Versorgungsspannung von 400 V (50 Hz) wird für die Lageregelung die Funktion {2 = Lin. Rampe (Sollfreq)} eingestellt und eine **Sollwertvorgabe** von z. B. **65 %** gewählt.

Die Optimierung der Lageregelung sollten mit Hilfe der NORD CON Oszilloskop Funktion vorgenommen werden.



Vor dem Starten der Scope-Aufzeichnung und Freigabe des Antriebes wird der **Sollwert** auf einen Wert von 65 % gesetzt. D. h. in diesem Beispiel (Frequenzumrichter (4,0 kW) / Motorpaarung (3,0 kW) wird die Sollfrequenz von ca. **45 Hz** vorgegeben.

Zu beachten ist, dass als **erste** Positions Vorgabe die **Sollposition „0“** genutzt wird. Daraus ergibt sich im folgendem, dass als **zweite Sollposition „10“**, im Parameter **Position P613**, nur das Array **[-01]** zu parametrieren ist!

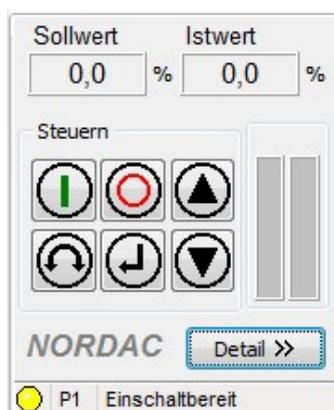
## 6.2 NORD CON

### Information & Handlungsanweisung

Weitere Informationen zu den Einstellungen sind dem Kapitel  4.2 "NORD CON" und folgenden zu entnehmen.

### 6.2.1 Steuern

Folgende Einstellungen müssen zur Lageregleroptimierung, vor dem Starten der Scope-Aufnahmen, im **Steuern Fenster** vorgenommen werden.



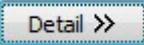
Durch Betätigung des Buttons  in der „Standard“ Ansicht wechselt das Steuern Fenster in die „Detail“ Ansicht.

Abbildung 42: Standard Steuern Ansicht



Abbildung 43: Steuern Lageregelung, Sollwert und Freigabe

1 Sollwert auf z. B. 65 %, d. h. Sollfrequenz auf 45,5 Hz einstellen, Wert + bzw. Wert – Button nutzen oder die 65 % direkt eintragen

2 im Steuerwort den Wert 047F für die Position 0 eintragen oder den Start Button betätigen bzw. den Wert 057F für die Position 1 eintragen

3 Alternativ kann eine weitere “Detaillierte Steuerung“ Ansicht geöffnet genutzt werden, in der die einzelnen Steuerbits direkt gesetzt werden.

4 Bit 3 ✓ setzen = *Betrieb freigeben*

5 Bit 8 ✓ setzen = *Position 1* vorgeben und dann erst Bit 3 ✓ setzen = *Betrieb freigeben*

4

Bit	Name	Status
0	<input checked="" type="checkbox"/> Betriebsbereit	1
1	<input type="checkbox"/> Spannung sperren	1
2	<input type="checkbox"/> Schnellhalt	1
3	<input checked="" type="checkbox"/> Betrieb freigeben	1
4	<input checked="" type="checkbox"/> Impulse freigeben	1
5	<input checked="" type="checkbox"/> Rampe freigeben	1
6	<input checked="" type="checkbox"/> Sollwert freigeben	1
7	<input type="checkbox"/> Fehler quittieren (0->1)	0
8	<input type="checkbox"/> Funktion 480.11 starten	0
9	<input type="checkbox"/> Funktion 480.12 starten	0
10	<input checked="" type="checkbox"/> Steuerdaten gültig	1
11	<input type="checkbox"/> Drehrichtung rechts ein	0
12	<input type="checkbox"/> Drehrichtung links ein	0
13	<input type="checkbox"/> Reserviert	0
14	<input type="checkbox"/> Parametersatz Bit 0 ein	0
15	<input type="checkbox"/> Parametersatz Bit 1 ein	0

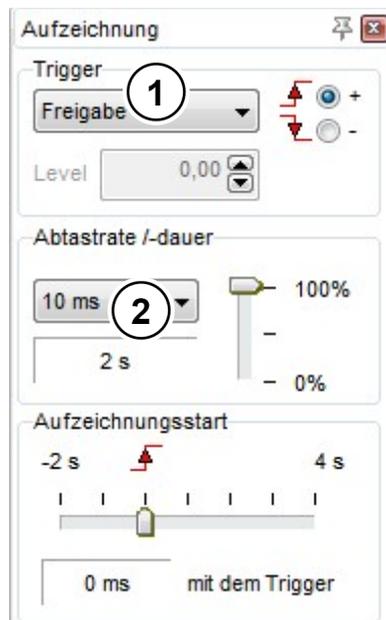
5

Bit	Name	Status
0	<input checked="" type="checkbox"/> Betriebsbereit	1
1	<input type="checkbox"/> Spannung sperren	1
2	<input type="checkbox"/> Schnellhalt	1
3	<input checked="" type="checkbox"/> Betrieb freigeben	1
4	<input checked="" type="checkbox"/> Impulse freigeben	1
5	<input checked="" type="checkbox"/> Rampe freigeben	1
6	<input checked="" type="checkbox"/> Sollwert freigeben	1
7	<input type="checkbox"/> Fehler quittieren (0->1)	0
8	<input checked="" type="checkbox"/> Funktion 480.11 starten	1
9	<input type="checkbox"/> Funktion 480.12 starten	0
10	<input checked="" type="checkbox"/> Steuerdaten gültig	1
11	<input type="checkbox"/> Drehrichtung rechts ein	0
12	<input type="checkbox"/> Drehrichtung links ein	0
13	<input type="checkbox"/> Reserviert	0
14	<input type="checkbox"/> Parametersatz Bit 0 ein	0
15	<input type="checkbox"/> Parametersatz Bit 1 ein	0

Abbildung 44: Steuern Lageregelung, Steuerbits links Sollposition 0, rechts Sollposition 1

## 6.2.2 Oszilloskop

Folgende Einstellungen sollten, vor dem Starten der Scope-Aufnahmen, unter den beiden Registern **Aufzeichnung** bzw. **Kanaleinstellung** für die NORD CON **Oszilloskop Funktion** vorgenommen werden. Die Einstellungen und die grafische Darstellung in den Abbildungen können je nach Frequenzumrichterartyp, Versions- und Softwarestand abweichen.



① Trigger auf Freigabe setzen

② Abtastrate auf 10 ms einstellen

→ Abtastdauer von 2 s

→ Abtastrate in Abhängigkeit der eingestellten Hochlaufzeit

### Hinweis

Die Abtastrate sollte so gewählt werden, dass die Scope-Aufnahmen den Abbildungen im Kapitel [6.5](#) "Optimierungsablauf" entsprechen!

Abbildung 45: Oszilloskop Einstellungen für Trigger und Abtastrate / -dauer



Abbildung 46: Einstellung der Auflösung für die Zeitachse, Kommentarbeispiel

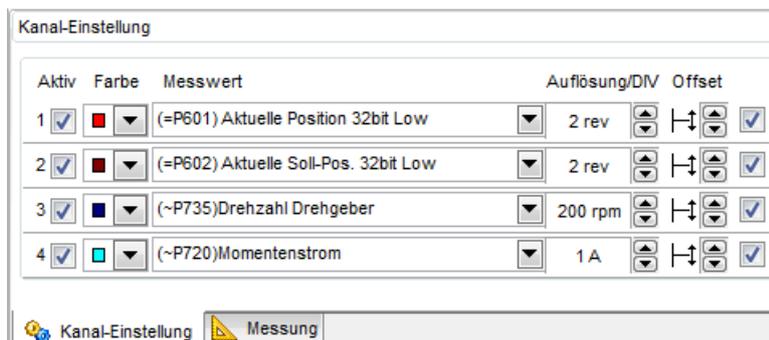


Abbildung 47: Oszilloskop Kanal-Einstellungen der vier Messwerte



③ Start Button betätigen

### Hinweis

Initialisierungsphase berücksichtigen, siehe Abbildungen im Kapitel [4.2.2](#) "Oszilloskop"

Abbildung 48: Scope-Aufnahme starten

### 6.2.3 Geräteübersicht

Mittels der folgenden Einstellungen der drei Anzeigemöglichkeiten in der NORD CON **Geräteübersicht Funktion**, kann der Positionierungsverlauf beobachtet werden.

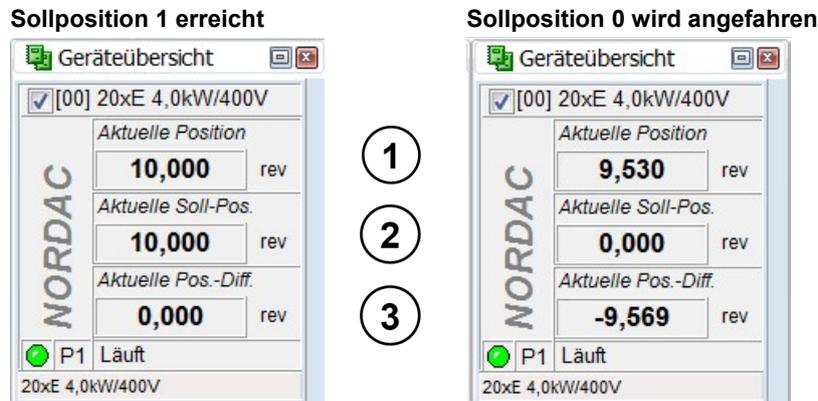


Abbildung 49: Geräteübersicht Lageregelung, Anzeigeeinstellungen

- ① Anzeige 1 auf *Aktuelle Position* einstellen
- ② Anzeige 2 auf *Aktuelle Soll-Pos.* einstellen
- ③ Anzeige 3 auf *Aktuelle Pos.-Diff.* Einstellen

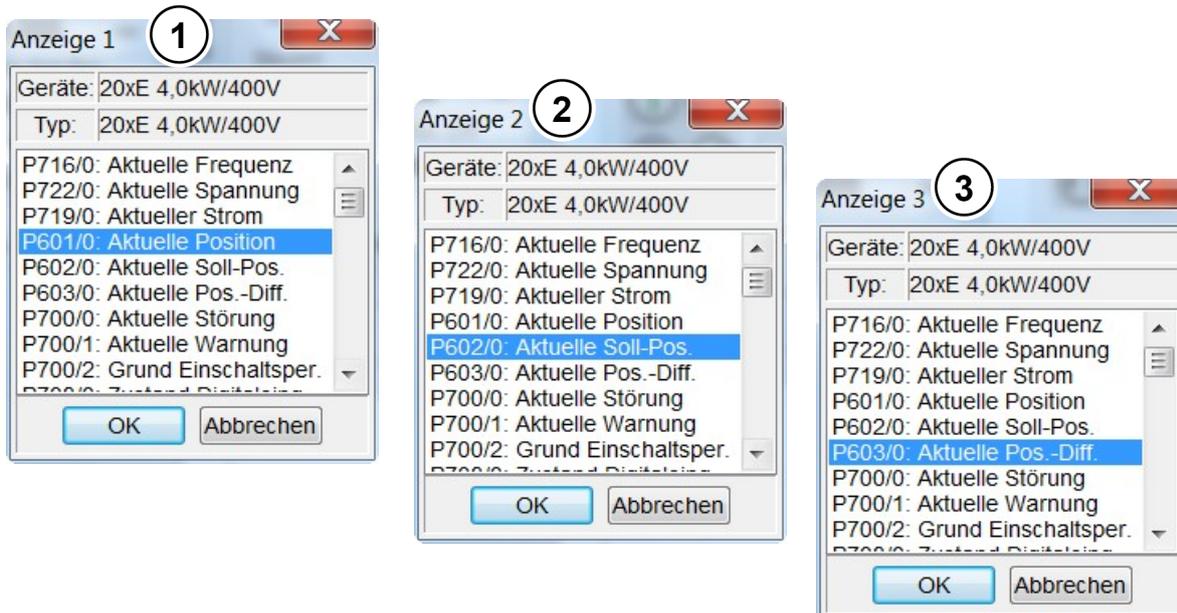


Abbildung 50: Geräteübersicht Lageregelung, Auswahl Anzeige

## 6.3 Funktionsprüfung Drehgeber (IG/AG)

### Information & Handlungsanweisung

Bei **Inkremental-** und **Absolutwertdrehgebern**, wie z. B. eines **CANopen Kombi Standard-Absolutwertdrehgebers** (AG) mit **integrierter Inkremental-Signalspur** (IG) sollte die Funktion bzw. Drehrichtungserfassung kontrolliert werden.

Weitere Informationen zur Funktionsprüfung des Inkrementaldrehgebers an den jeweiligen Frequenzrichter sind im Kapitel [3.5.3 "Funktionsprüfung Drehgeber \(IG\)"](#) beschrieben.

Des Weiteren empfiehlt sich bei der Inbetriebnahme des CANopen Absolutwertdrehgebers bzw. einer Funktionsprüfung der Lageregelung die Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge zu beachten. Näheres siehe [3.6.4 "Funktionsprüfung CANopen Drehgeber \(AG\)"](#).

## 6.4 Lageregler

### Information & Handlungsanweisung

Beim Lageregler ist der **P-Anteil** bei den jeweiligen Optimierungsschritten zu verändern.

Die Optimierung des Lagereglers kann für den **1. Optimierungsschritt** mit der Standard-Einstellung für den **P-Anteil** (P611) gestartet werden.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
POSITIONIERUNG			
P611	Lageregler P [%]	5	↺ 5 (Standard belassen)

Die jeweiligen Änderungen der Positionierungsparameter sind mittels der **NORD CON Oszilloskop Funktion** (siehe [4.2 "NORD CON"](#)) zu prüfen.

Zusätzlich sind je nach Anwendung weitere Parameter wie z. B die Positionen, die Rampenkriterien, das Wegmeßsystem usw. einzustellen.

### ACHTUNG

### Lageregelung

Bei einer abweichenden Einstellung der Lageregelung P600 von der Funktion {0 = Aus}, muss zwingend unter der Registerkarte „Basisparameter“ in den Parametern **Rampenverrundungen P106** die Werkseinstellungen {0 = Spannung sperren} und beim **Ausschaltmodus P108** die Funktion {1 = Rampe} parametrieren sein.

Dieses sollte vor der Einstellung bzw. Parametrierung der Lageregelung immer beachtet werden. Es stehen für die Positionierung vier verschiedene Varianten (Funktionen) für die Lageregelung P600 zur Verfügung.

Für die Positionserfassung der Lageregelung müssen u. a. für einen Kombi Standard-Absolutwertdrehgeber mit einer CANopen Schnittstelle (siehe [2.6 "Auswahl Absolutwertdrehgeber \(AG\)"](#)) einige weitere Parameter unter der Registerkarte „**Positionierung**“ eingestellt werden.

### 6.4.1 Parametrierung Wegmeßsystem

Für die Auswahl des Wegmeßsystem bzw. der Positionsermittlung mittels Drehgeberrückführung (**CFC Closed-Loop** Betrieb) müssen unter der Registerkarte „**Positionierung**“ einige Parameter entsprechend des eingesetzten Drehgebersystems gesetzt werden.

Detaillierte Informationen sind dem jeweiligen Handbuch der Frequenzumrichter, siehe  9.1 "Handbücher" bzw.  3.6.1 "Parametrierung CANopen Drehgeber (AG)" zu entnehmen.

### 6.4.2 Lageregelung aktivieren

Für die Aktivierung der Lageregelung bzw. der Positionsermittlung mittels Drehgeberrückführung (**CFC Closed-Loop** Betrieb) muss unter der Registerkarte „**Positionierung**“ der Parameter **Lageregelung P600** auf die Funktion {2 = Lin. Rampe (Sollfreq.)} gesetzt werden.



#### VORSICHT

#### Aktivierung Lageregelung

Diese Einstellung sollte jedoch erst nach erfolgter Drehrichtungsprüfung des Drehgebers vorgenommen werden.

Ansonsten kann es zu einem unerwarteten Bewegungsablauf (verkehrte Drehrichtung) kommen. In deren Folge sind sowohl Materialschäden als auch Verletzungen an Personen möglich.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
POSITIONIERUNG			
P600	(P) Lageregelung	0 (Aus)	 <b>0 → 2</b> (Lin. Rampe (Sollfreq.)) *
* anwendungsspezifisch einzustellen, Achtung: siehe  Hinweis Lageregelung 6.4 "Lageregler"			

### 6.4.3 Positionierung

Für die Positionierung bzw. Lageregelung stehen weitere Parameter unter der Registerkarte „**Positionierung**“ zur Verfügung, die anwendungsspezifisch vom Anwender einzustellen sind.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
POSITIONIERUNG			
P600	(P) Lageregelung	0 (Aus)	 → siehe  6.4.2 "Lageregelung aktivieren"
P601	Aktuelle Position [rev]	---	
P602	Aktuelle Soll-Pos. [rev]	---	
P603	Aktuelle Pos.-Diff. [rev]	---	
P604	Wegmeßsystem	0	 → siehe  3.6.1 "Parametrierung CANopen Drehgeber (AG)"
P605	[-01] Absolutwertgeber (Multi)	10	 → siehe  3.6.1 "Parametrierung CANopen Drehgeber (AG)"
P605	[-02] Absolutwertgeber (Single)	10	 → siehe  3.6.1 "Parametrierung CANopen Drehgeber (AG)"
P607	[-01] Übersetzung (Inkrement)	1	
P607	[-02] Übersetzung (Absolut)	1	

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
P607 [-03]	Übersetzung (Soll-Ist)	1	
P608 [-01]	Untersetzung (Inkrement)	1	
P608 [-02]	Untersetzung (Absolut)	1	
P608 [-03]	Untersetzung (Soll-Ist)	1	
P609 [-01]	Offset Position (Inkr) [rev]	0	
P609 [-02]	Offset Position (Abs) [rev]	0	
P610	Sollwert-Modus	0	0 (Positions Array)
P611	Lageregeler P [%]	5	
P612	Gr. Zielfenster [rev]	0	*
P613 [-01]	Position 1 [rev]	0	👉 0 → 10 **
P613 [-02]	Position 2 [rev]	0	
P613 [-03] - [-62]	Position 3 bis 62 [rev]	0	
P613 [-63]	Position 63 [rev]	0	
P625	Hysterese Ausgang [rev]	1	
P626	Vergleichslage Ausg. [rev]	0	
P630	Schleppfehler Pos. [rev]	0	
P631	Schleppfehler Abs/Ink [rev]	0	
P640	Einheit Pos. Wert	0	

\* anwendungsspezifisch einzustellen, auch als Schleichfahrt bekannt  
Achtung: sollte bei großen Schwungmassen und „Losen“ im Getriebe verwendet werden

\*\* anwendungsspezifisch einzustellen, Achtung: siehe Hinweis 📖  
Lageregelung 6.4 "Lageregler"

In der folgenden Abbildung ist ein Kurvenverlauf eines **optimal** eingestellten Lagereglers als Zielsetzung abgebildet.

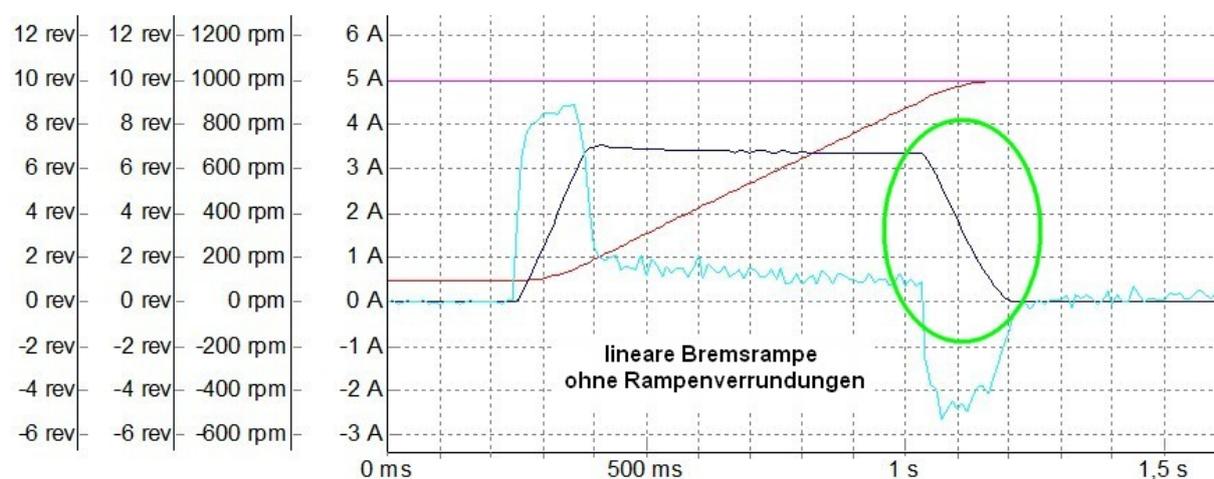


Abbildung 51: Beispiel optimierter Kurvenverlauf des Lagereglers

Zu sehen ist ein nahezu **schwingungsfreier Verlauf** des **Momentenstroms ~P720** beim Erreichen der Sollposition sowie ein linearer Verlauf der **Drehzahl Drehgeber =P735** ohne Rampenverrundung im Bremsverlauf.

Die folgende Abbildungen zeigen den Kurvenverlauf bei einem „zu klein“ und einem „zu hoch“ eingestellten **P-Anteil** des Lagereglers. Der zu klein eingestellte Wert des **Lagereglers P P611** führt zu einer **Rampenverrundung** der **Drehzahl Drehgeber =P735** beim Erreichen der Sollposition. Der zu hoch eingestellte Wert führt wiederum zu einem **Überschwingen** der **Drehzahl Drehgeber =P735** sowie ein ersichtliches **Schwingen** des **Momentenstroms ~P720** beim Erreichen der Sollposition.

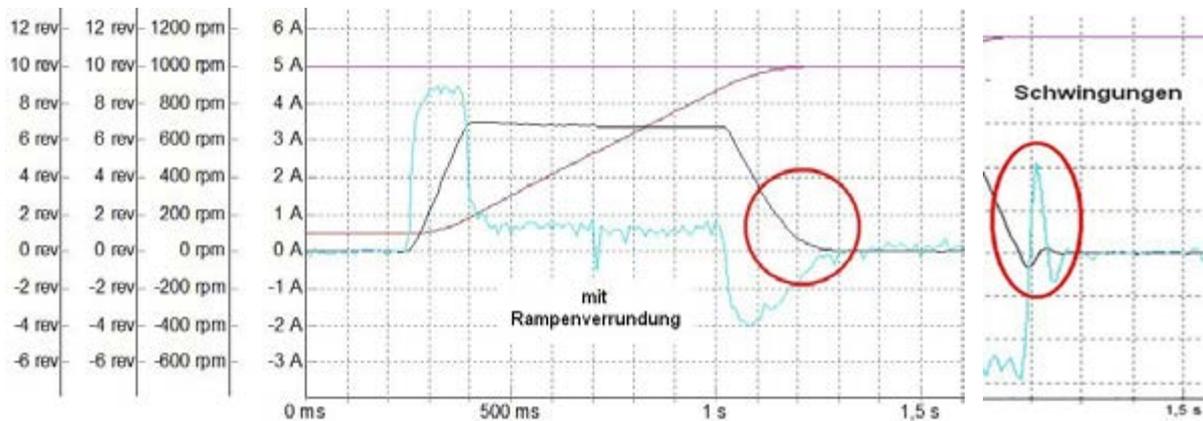


Abbildung 52: Beispiel mit zu klein (links) und zu hohem (rechts) P-Anteil des Lagereglers

Die nächsten Optimierungsschritte und Scope-Aufnahmen sollten wie folgt ausgeführt werden:

### **i** Information

### Scope-Aufzeichnung

Kommt man in den Bereich, in dem Veränderungen des Kurvenverlaufes nicht mehr direkt ersichtlich sind, ist es hilfreich, sich aufgenommene Oszilloskop Aufzeichnungen abzuspeichern. Mittels der Möglichkeit sich **mehrere Aufzeichnungen gleichzeitig anzuzeigen** ist ein **direkter Vergleich** zur vorherigen Einstellung gegeben.

#### 6.4.4 P-Anteil Lageregler

Den Parameter für den **P-Anteil** solange in **10 % Schritten** erhöhen, bis möglichst der **Drehzahl Drehgeber =P735** einen linearen Verlauf hat und dabei der Bremsrampe folgt. Des Weiteren dürfen keine Rampenverrundungen beim Bremsverlauf des **Drehzahl Drehgeber =P735** mehr ersichtlich sein.



Die richtige Einstellung des **P-Anteils** des Lagereglers hängt vom **dynamischen Verhalten** des **Gesamtsystems** ab.

**Faustformel:** Je größer die Massen und kleiner die Reibung des Systems ist, desto stärker ist die Schwingneigung des Systems und umso kleiner ist die maximal mögliche P - Verstärkung.

Der Kurvenverlauf ergibt sich nach der 1. Abbildung (siehe  6.4 "Lageregler").

Die obere Einstellungsgrenze des **Lagereglers P P611** ist erreicht, wenn eine weitere Erhöhung des **P-Anteils** zu keinem besseren Kurvenverlauf mehr führt. Ein „zu hoch“ eingestellter **P-Anteil** führt zu einem Überschwingen der **Drehzahl Drehgeber =P735** beim Erreichen der Sollposition.

Zur Ermittlung des **kritischen Wertes** wird der **P-Anteil** so lange erhöht, bis der Antrieb um die Position schwingt (Position kurz verlassen und wieder anfahren).

Empfohlener Richtwert: P-Anteil anschließend auf den **0,5 bis 0,7 - fachen Wert** einstellen.



Bei **POSICON Anwendungen** mit **unterlagerten Drehzahlregler** (Servo Modus P300 {1 = An (CFC Closed-Loop)}) empfiehlt sich bei Anwendungen mit großen Massen i. d. Regel eine von der Standardeinstellung abweichende Einstellung des Drehzahlreglers.

Als **P-Anteil** des **Drehzahlreglers** sollte im Parameter **Drehzahl Regler P P310** ein Wert von **100 % bis 150 %** gewählt werden. Als I-Anteil hat sich im Parameter **Drehzahl Regler I P311**, ein Wert zwischen **3 % / ms** und **5 % / ms** bewährt.

#### 6.4.5 Kriterien

Auf die folgenden Kriterien sind bei der Optimierung des Lagereglers zu achten:

**Ziel ist es, den Kurvenverlauf des Momentenstroms ~P720 unter Berücksichtigung der Kriterien mit den „richtigen“ Einstellung des P-Anteils zu optimieren:**



- Verlauf des **Drehzahl Drehgebers =P735** sollte linear und der Bremsrampe folgen
- kein Überschwingen der **Drehzahl Drehgeber =P735** beim Erreichen der Sollposition
- keine Rampenverrundungen der **Drehzahl Drehgeber =P735** beim Bremsverlauf bzw. in der Bremsrampe
- beim Erreichen der Sollposition sollten keine Schwingungen des **Momentenstroms ~P720** erkennbar sein

#### Information

#### Optimierungsschritte

In Abhängigkeit der Applikationsanwendung können die jeweiligen vorgegebenen Schrittweiten der Regleroptimierung auch abweichen. Des Weiteren können die Schrittweiten bei den letzten Optimierungsschritten auch noch feinstufiger gewählt werden.

### 6.5 Optimierungsablauf

Handlungsanweisung

In den folgenden Abbildungen ist der Optimierungsprozess des Lagereglers, für den **3,0 kW Synchronmotor** der Effizienzklasse **IE4**, anhand einzelner Scope-Aufnahmen beispielhaft dargestellt.

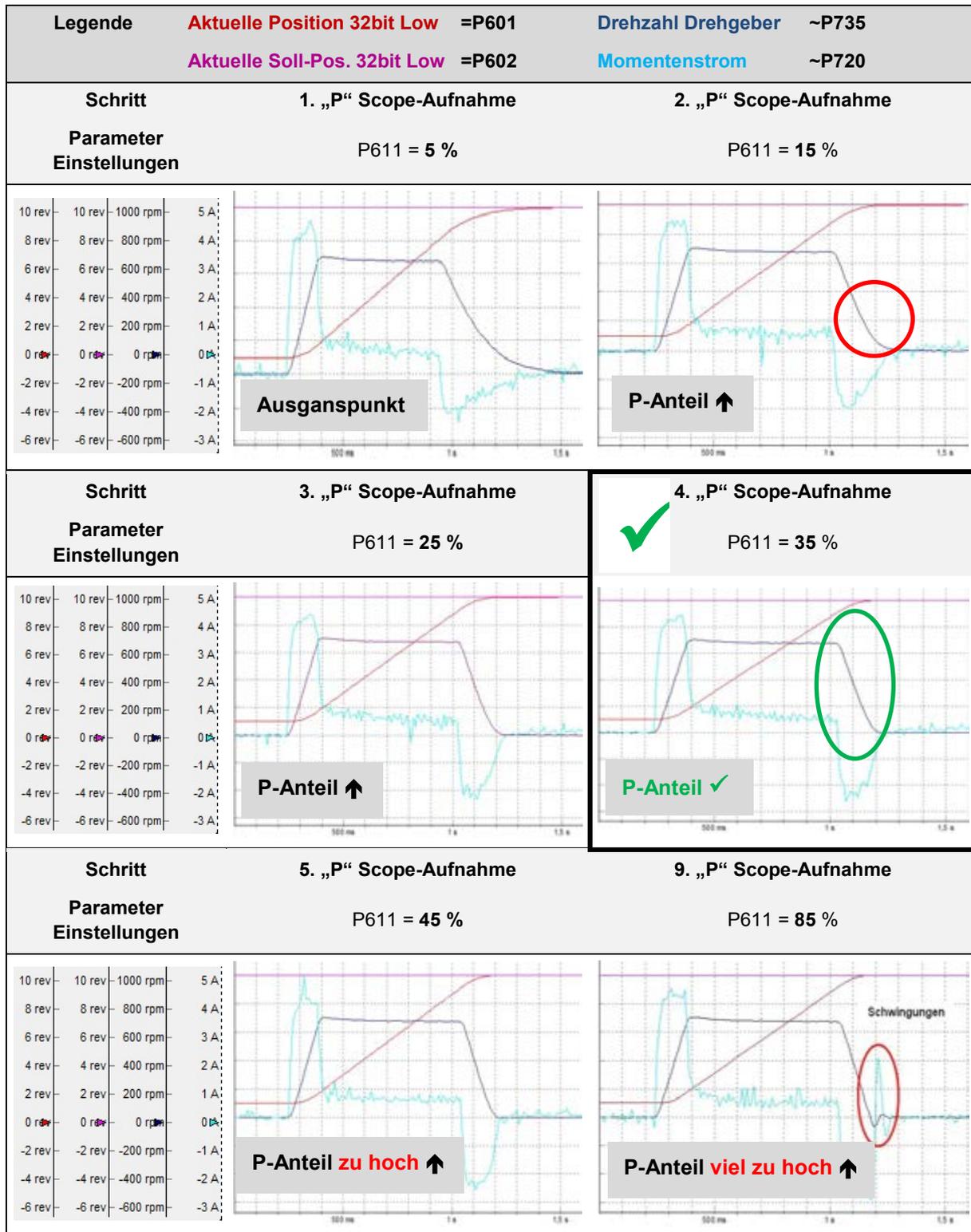


Abbildung 53: Kurvenverlauf P-Anteil des Lagereglers

## 7 Reluktanzdrehmoment

### Schritt 7

#### Information

Bei Applikationen mit einem Betriebspunkt, bei der eine **gleichmäßige** und **ausreichend hohe Last** bewegt wird, d. h. einer **Last > 0,5 M<sub>N</sub>**, kann bei einer entsprechenden Einstellung des Parameters **Servo Modus P300** auf die Funktion {1 = **CFC Closed-Loop**}, der ungefähre Reluktanzwinkel, siehe  Parameter **Reluktanzwinkel IPMSM P243**, ermittelt werden.

Die experimentelle Ermittlung muss immer **unterhalb** des **Feldschwächebereichs** erfolgen und sollte nur bei **IPMSM** Antrieben erfolgen. Mit der schrittweisen Veränderung des Parameters **Reluktanzwinkel IPMSM P243** muss die entsprechende Stromänderung im Parameter **Aktueller Strom P719** betrachtet und solange verändert werden, bis der Strom sein **Minimum** erreicht.

#### Hinweis



Eine **Ermittlung** bzw. **Optimierung** des **Reluktanzdrehmoments** darf **nicht** im **Feldschwächebereich** vorgenommen werden.

Je kleiner der Reluktanzwinkel ist, desto geringer ist der Reluktanzanteil der Synchronmaschine mit eingebetteten Magneten, d. h. bei sogenannten IPMSM Antrieben.

Weitere Informationen zum Reluktanzdrehmoment bzw. -winkel, sind dem Kapitel  3.3.2 "NORD – Motoren Motortypenschild / Datenblatt" zu entnehmen.

Die Ermittlung sollte abschließend gemäß der folgenden Vorgehensweise, erst nach den vorgenommenen Regleroptimierungen (siehe  Kapitel 4, 5 und 6) vorgenommen werden.

#### Überblick Optimierungsablauf

- **Reluktanzwinkel IPMSM P243** auf einen **Ausgangswert** von **0 °** einstellen und in z. B. **1 °** oder **2 ° Schritten** solange **erhöhen**, bis der **Aktuelle Strom P719** unter gleichmäßigen Betriebs- und Lastbedingungen, sein **Minimum** erreicht.
- Eine optimale Einstellung des **Reluktanzwinkel IPMSM P243** ist erreicht, wenn keine sichtbare Verbesserung der Kurvenverläufe mit Erhöhung des Wertes erreicht werden kann. Es ergibt sich ein Kurvenverlauf nach  **1.** bzw. **2. Abbildung 7.3** "Reluktanzwinkel".
- Bei der Optimierung ist auch auf den zu wählenden Sollwert entsprechend des Auslegungspunktes bzw. den Lastverhältnissen zu achten!



**Ziel ist es, unter Nennlastbedingungen bzw. im Betriebspunkt das Minimum des Aktuellen Stroms P719 mit der „richtigen“ Einstellung des Reluktanzwinkels zu erlangen.**

Im Kapitel  7.4 "Optimierungsablauf" ist die praktische Umsetzung zur Optimierung der Schlupfkompensation beschrieben.

### 7.1 Weitere Einstellungen

#### Handlungsanweisung

Für die Ermittlung bzw. Optimierung des Reluktanzdrehmoments sind alle Parameter der

- jeweiligen Regleroptimierung (siehe  voriges Kapitel) zu optimieren
- alle der applikationsspezifischen Anforderung entsprechenden Parameter

vorab einzustellen.

#### Information

#### Applikationshinweis

Alle vorab einzustellenden Parameter sowie die **Sollwertvorgabe** (Drehzahlanforderung) ergeben sich aus den **Applikationsanforderungen**. Bei der Einstellung der **Hochlaufzeit P102** ist darauf zu achten, dass der Frequenzumrichter **nicht** in die Strombegrenzung (Warnung **C004 = Überstrom Strommess.**) kommt.

Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks- einstellung	Einstellung bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>BASISPARAMETER</b>			
P113 (P)	Tippfrequenz [Hz]	0,0	 <b>0,0 → 65,0</b>
<b>REGELUNGSPARAMETER</b>			
P300 (P)	Servo Modus	0 (Aus = VFC Open-Loop)	 1 (An = CFC Closed-Loop)

Die Einstellung bzw. Optimierung des Reluktanzwinkels sollte anhand der Betrachtung des **Aktuellen Stroms P719** z. B. mit Hilfe der NORD CON Oszilloskop Funktion vorgenommen werden.



Vor dem Starten der Scope-Aufzeichnung und Freigabe des Antriebes muss der **Sollwert** auf einen Wert der Applikationsanforderung bzw. dem ausgelegten Arbeitspunkt entsprechend gesetzt werden. D. h. in diesem Beispiel (Frequenzumrichter 4,0 kW / Motorpaarung 3,0 kW) muss die Sollfrequenz von z. B. **65 Hz** vorgegeben werden.

## 7.2 NORD CON

### Information & Handlungsanweisung

Weitere Informationen zu den Einstellungen sind dem Kapitel  4.2 "NORD CON" und folgenden zu entnehmen.

### 7.2.1 Fernbedienen

Folgende Einstellungen müssen zur Optimierung des Reluktanzdrehmoments, vor dem Starten der Scope-Aufnahmen, im **Fernbedienen Fenster** vorgenommen werden.

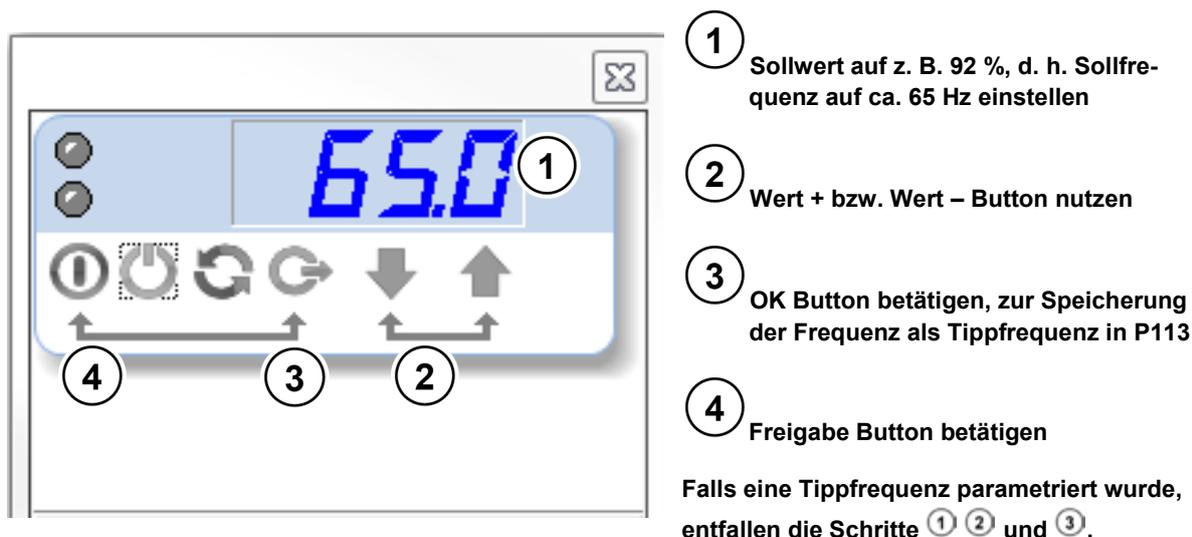


Abbildung 54: Fernbedienen Reluktanzdrehmoment, Sollwert und Freigabe

### 7.2.2 Geräteübersicht

Mittels der folgenden Einstellungen der drei Anzeigemöglichkeiten in der NORD CON **Geräteübersicht Funktion**, kann die Optimierung auch vorgenommen werden.

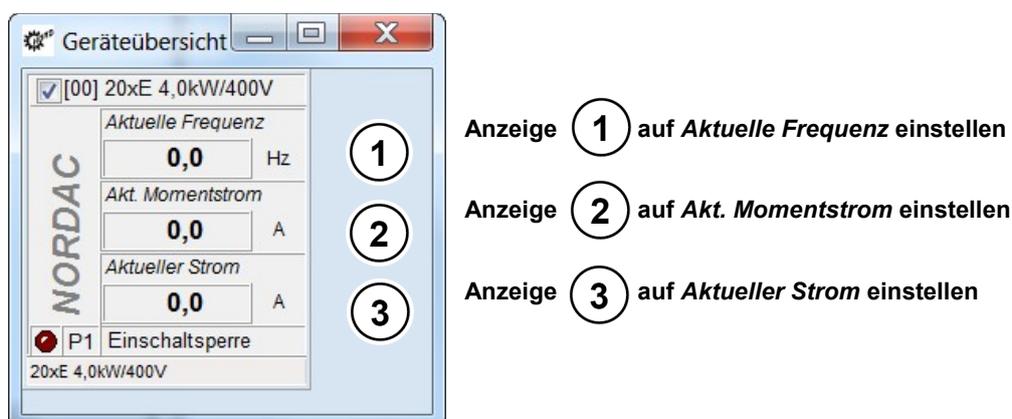


Abbildung 55: Geräteübersicht Reluktanzdrehmoment, Anzeigeeinstellungen

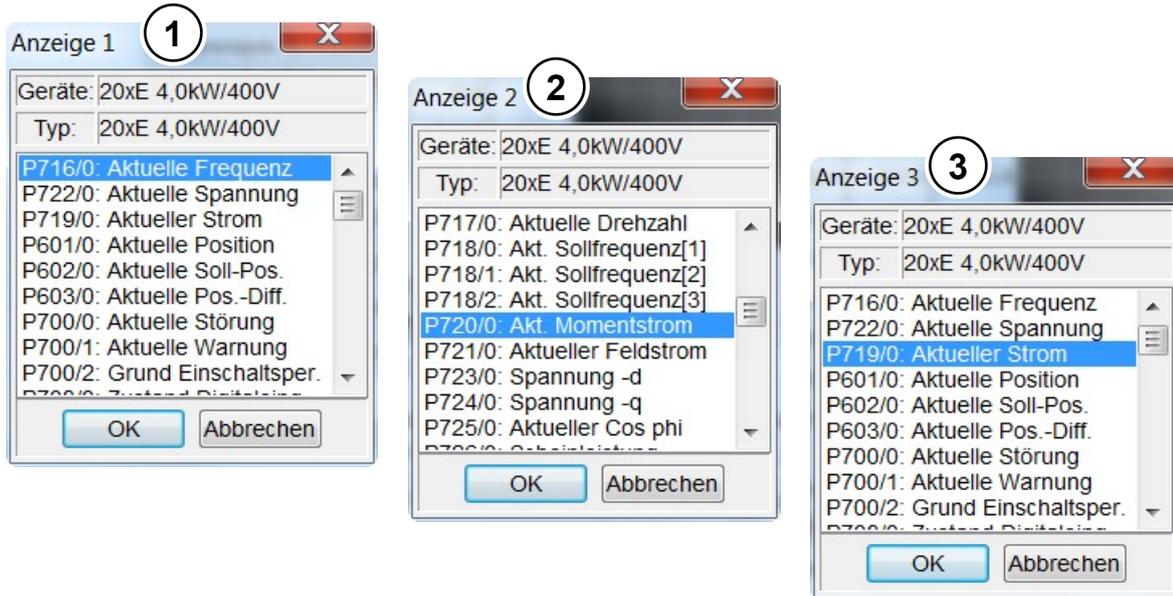


Abbildung 56: Geräteübersicht Reluktanzdrehmoment, Auswahl Anzeige

### 7.3 Reluktanzwinkel

**Information & Handlungsanweisung**

Bei der Ermittlung des Reluktanzdrehmoments ist der Reluktanzwinkel bei den jeweiligen Optimierungsschritten zu verändern.

Als Voreinstellung für die Optimierung des Reluktanzdrehmoments sollte für den **1. Optimierungsschritt** der **Reluktanzwinkel** im Parameter **Reluktanzwinkel IPMSM P243** auf **0 °** gesetzt werden.

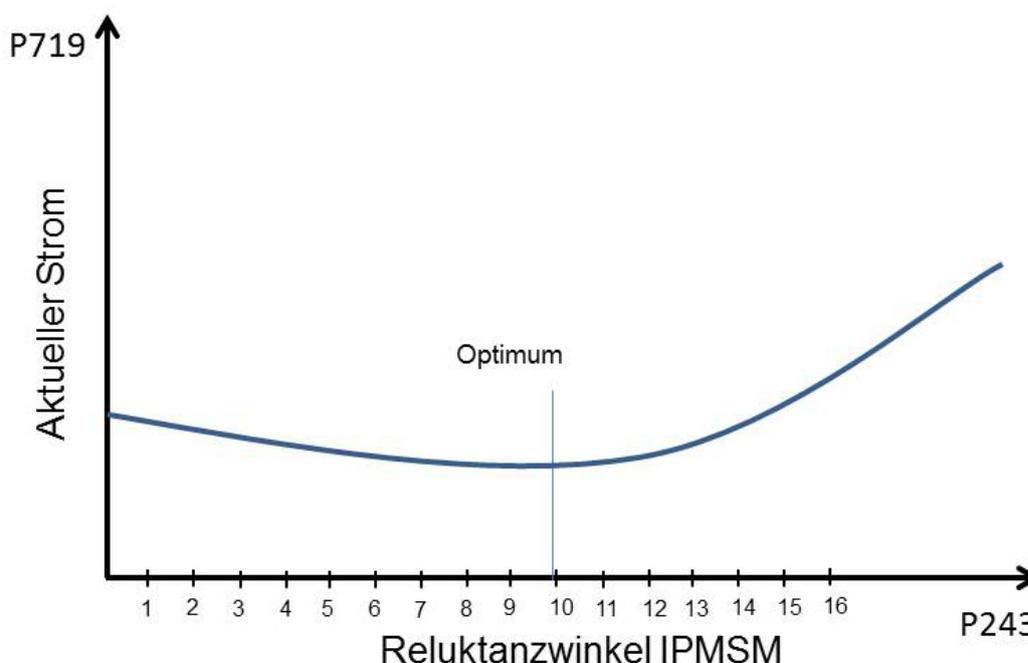
Parameter Nr. [-Array]	Bezeichnung [Einheit]	Werks-einstellung	Einstellung
			bezogen auf den Parametersatz (P1, ... , P4)
<b>MOTORDATEN / KENNLINIENPARAMETER</b>			
P243	(P) Reluktanzwinkel IPMSM [°]	10	👉 0 → optimal

Bei konstanter Belastung muss der **Reluktanzwinkel IPMSM P243** solange optimiert werden, bis der **Aktuelle Strom P719** ein Minimum erreichen.



Ein **nicht optimal** eingestellter Wert für den **Reluktanzwinkel** bewirkt eine **höhere Stromaufnahme** des **Antriebes** bei gleichen Lastverhältnissen. Die **Optimierung** sollte **immer** unter **Nennlastbetrieb** und den ausgelegten **Betriebsbedingungen** (Betriebsart, Betriebstemperatur, Lastverhältnissen usw. beachten) erfolgen!

Die folgende Grafik / Abbildung zeigt das Optimum für den **Reluktanzwinkel IPMSM P243** Einstellung:



**Abbildung 57: Grafik für Optimum Strom / Reluktanzwinkel IPMSM**

Die jeweilige Änderung des Reluktanzwinkels ist mittels der **NORD CON Oszilloskop Funktion** (📖 4.2 "NORD CON") zu prüfen.

In der folgenden Abbildung ist ein beispielhafter Kurvenverlauf eines **optimal** eingestellten Reluktanzwinkels, bei einem 3,0 kW IPMSM Synchronmotor (Fremdmotor), als Zielsetzung abgebildet.

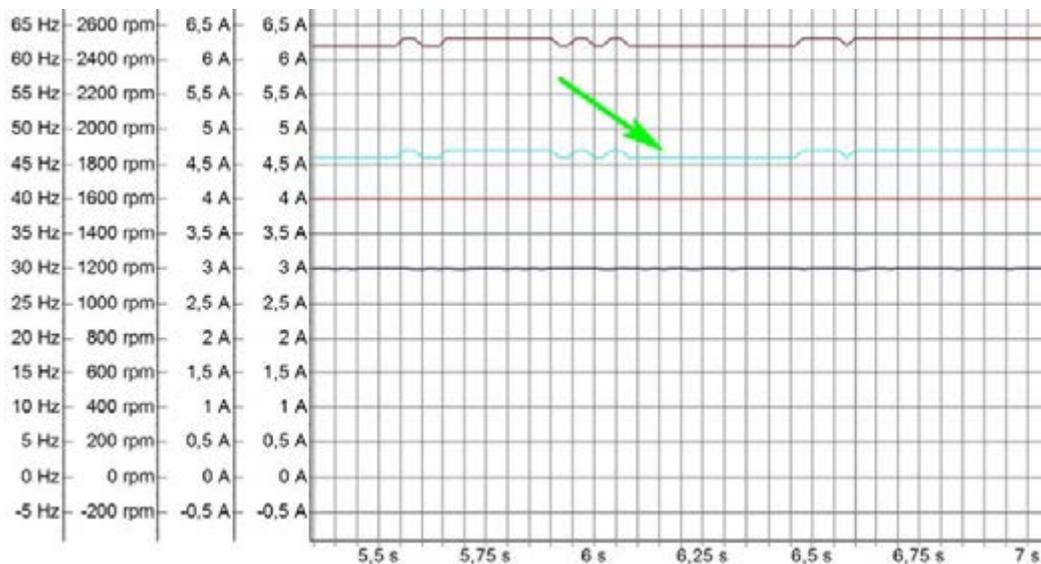


Abbildung 58: Beispiel optimierter Reluktanzwinkel

Zu sehen ist der **optimale Verlauf** des **Momentenstroms =P720** im Arbeitspunkt unter Nennlastbedingungen.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Kurvenverlauf bei einem „zu hoch“ und einem „zu klein“ eingestellten **Reluktanzwinkels**. Der „zu hoch“ bzw. auch ein „zu klein“ eingestellter Wert des **Reluktanzwinkels IPMSM P243** führt zu einem erhöhten **Momentenstrom =P720** bzw. einer höheren Motorstromaufnahme.

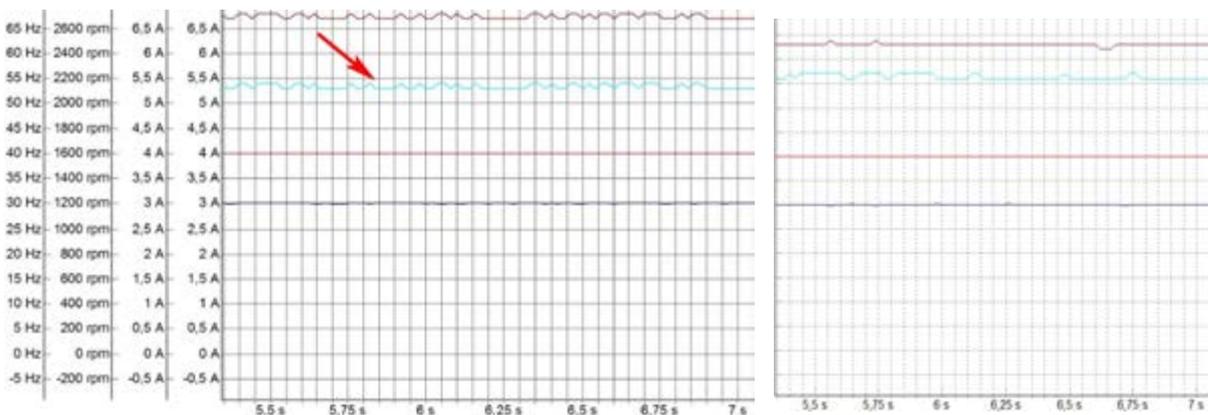


Abbildung 59: Beispiel mit zu hohem (rechts) und zu kleinem (links) Reluktanzwinkels

Die nächsten Optimierungsschritte und Scope-Aufnahmen sollten wie folgt ausgeführt werden:

### Information

### Scope-Aufzeichnung

Kommt man in den Bereich, in dem Veränderungen des Kurvenverlaufes nicht mehr direkt ersichtlich sind, ist es hilfreich, sich aufgenommene Oszilloskop Aufzeichnungen abzuspeichern. Mittels der Möglichkeit sich **mehrere Aufzeichnungen gleichzeitig anzuzeigen** ist ein **direkter Vergleich** zur vorherigen Einstellung gegeben.

### 7.3.1 Wert Reluktanzwinkel

Den Parameter für den **Reluktanzwinkel IPMSM P243** solange in z. B. **1 °** oder **2 ° Schritten** erhöhen bzw. verringern, bis möglichst der **Aktuelle Strom P719** z. B. bei Verfahrenwendungen während der Beschleunigungsrampe sein **Minimum** erlangt.

Der Kurvenverlauf ergibt sich nach der 1. Abbildung ( 7 "Reluktanzdrehmoment").

Die optimale Einstellung des **Reluktanzwinkel IPMSM 243** ist erreicht, wenn eine weitere Erhöhung oder Verringerung des **Wertes** zu keinem besseren Kurvenverlauf (im Sinne eines „minimalsten“ Stromverlaufs) mehr führt. Ein „**zu klein**“ bzw. auch „**zu hoch**“ eingestellter **Wert** wirkt sich auf den Verlauf des **Momentenstroms =P720** immer **steigernd** aus.

### 7.3.2 Kriterien

Auf die folgenden Kriterien sind bei der Optimierung des Reluktanzwinkels zu achten:



**Ziel ist es, das Minimum des Momentenstroms =P720 mit den „richtigen“ Einstellung des Reluktanzwinkels zu erlangen:**

- der Verlauf des **Momentenstroms =P720** sollte bei Verfahrenwendungen während der Beschleunigungsrampe unter **Nennlast** sein **Minimum** erlangen

---

#### Information

#### Optimierungsschritte

In Abhängigkeit der Applikationsanwendung können die jeweilige vorgegebene Schrittweite der Optimierung des Reluktanzdrehmoments auch abweichen. Des Weiteren kann die Schrittweite bei den letzten Optimierungsschritten auch noch feinstufiger gewählt werden.

---

## 7.4 Optimierungsablauf

### Handlungsanweisung

In den folgenden Abbildungen ist der Optimierungsprozess des Reluktanzwinkel IPMSM für einen **3,0 kW Synchronmotors** (Fremdmotor) anhand einzelner Scope-Aufnahmen beispielhaft dargestellt.

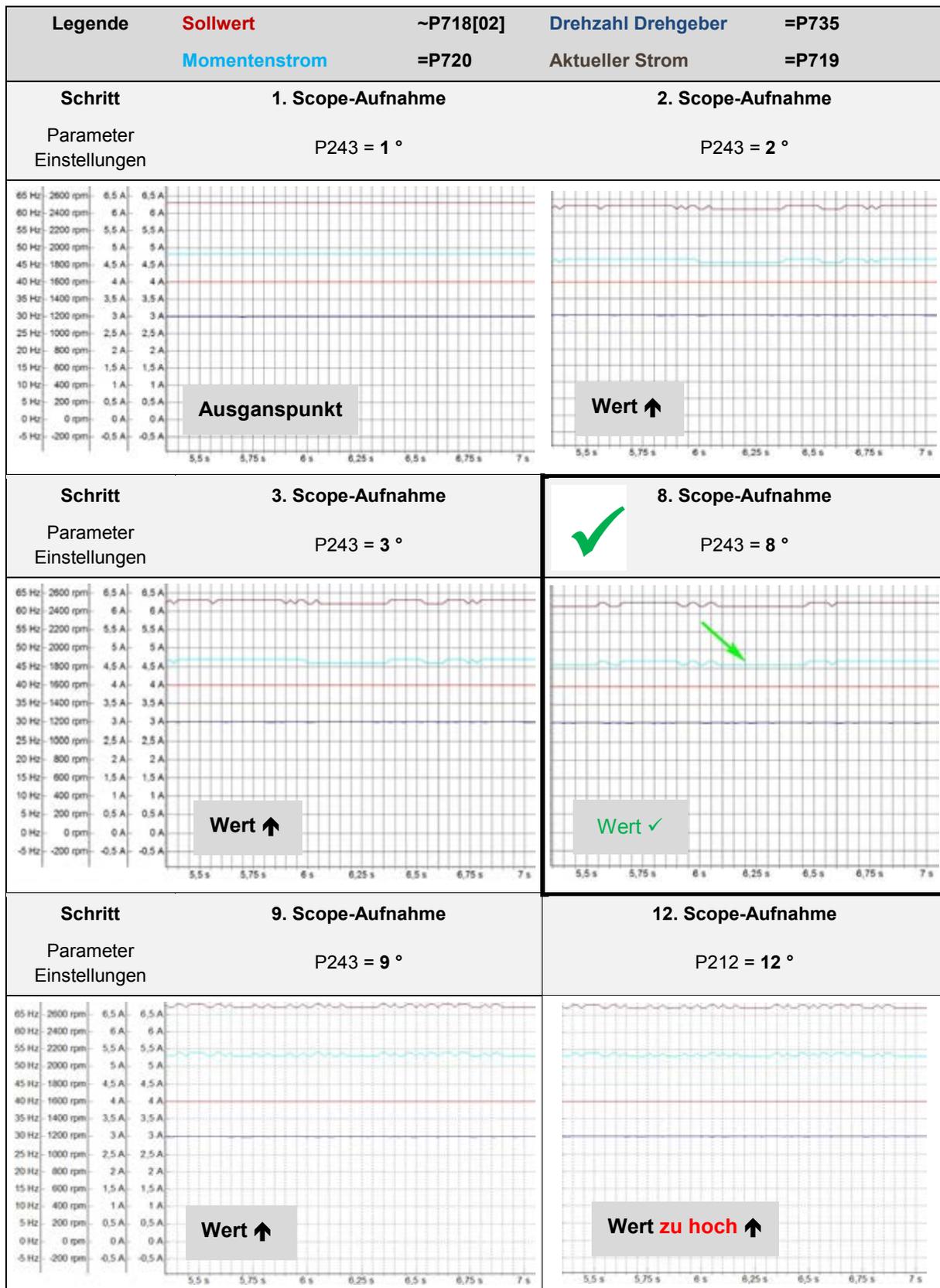


Abbildung 60: Kurvenverlauf Reluktanzwinkel IPMSM

## 8 Parameterlisten

Information

### 8.1 Grundinbetriebnahme

#### Parameterliste

Geräte-Name : Offline Parametrierung  
Geräte-Typ : 20xE 4,0kW/400V  
Datenbank : Grundeinstellung Parameter NORD IE4 100T2-4  
Filter : Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja



Nr	Index	Parameter-Name	Parametersatz 1	Parametersatz 2	Parametersatz 3	Parametersatz 4	Einheit
<b>Betriebsanzeigen</b>							
1	0	Auswahl Anzeige	Solffrequenz [2]				
3	0	Supervisor-Code	3				
<b>Basis-Parameter</b>							
105	0	Maximale Frequenz	70	50	50	50	Hz
<b>Motordaten</b>							
201	0	Motor Nennfrequenz	70	50	50	50	Hz
202	0	Motor Nenn Drehzahl	2100	1445	1445	1445	rpm
203	0	Motor Nennstrom	5,4	8,3	8,3	8,3	A
204	0	Motor Nennspannung	395	400	400	400	V
205	0	Motor Nennleistung	3	4	4	4	kW
206	0	Motor cos phi	0,92	0,8	0,8	0,8	
207	0	Motorschaltung	Stern [0]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	
208	0	Statorwiderstand	1,44	3,44	3,44	3,44	Ohm
209	0	Leerlaufstrom	0	4,4	4,4	4,4	A
240	0	EMK-Spannung PMSM	341	0	0	0	V
241	0	Induktivität PMSM[1]	22,6	20	20	20	mH
241	1	Induktivität PMSM[2]	45,9	20	20	20	mH
243	0	Reluktanzwink. IPMSM	10	0	0	0	°
244	0	Spitzenstrom PMSM	14	5	5	5	A
246	0	Massenträgheit PMSM	45,9	5	5	5	kg*cm²
<b>Regelungsparameter</b>							
300	0	Servo Modus	Anc/F C closed-loop [1]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	
301	0	Drehgeber Aufl.	2049 [5]				
330	0	Regelverfahren PMSM	Wert v. CANopengeber [3]				
334	0	Geberoffset PMSM	0,491				rev
<b>Steuerklemmen</b>							
420	1	Digitaleingänge[2]	keine Funktion [0]				
420	2	Digitaleingänge[3]	keine Funktion [0]				
<b>Zusatzparameter</b>							
501	0	Umrichtername					
<b>Positionierung</b>							
604	0	Wegmeßsystem	CANopen absolut [1]				
605	0	Absolutwertgeber[1]	12				Bit
605	1	Absolutwertgeber[2]	13				Bit

**Parameter-Anzahl** 26

Parameter ist nicht vom Parametersatz abhängig  
Der Wert ist ungültig

15.12.2015, 16:06:30
© NORD CON V2.4
1 / 1

Abbildung 61: Parameterübersicht Grundinbetriebnahme

## 8.2 Stromregelung

**Parameterliste**

Geräte-Name : Offline Parametrierung  
 Geräte-Typ : 20xE 4,0kW 400V  
 Datenbank : optimierter Stromregler Parameter NORD IE4 100T2-4  
 Filter : Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja



Nr	Index	Parameter-Name	Parameters atz 1	Parameters atz 2	Parameters atz 3	Parameters atz 4	Einheit
<b>Betriebsanzeigen</b>							
1	0	Auswahl Anzeige	Solffrequenz [2]				
3	0	Supervisor-Code	3				
<b>Basis-Parameter</b>							
105	0	Maximale Frequenz	70	50	50	50	Hz
<b>Motordaten</b>							
201	0	Motor Nennfrequenz	70	50	50	50	Hz
202	0	Motor Nennndrehzahl	2100	1445	1445	1445	rpm
203	0	Motor Nennstrom	5,4	8,3	8,3	8,3	A
204	0	Motor Nennspannung	305	400	400	400	V
205	0	Motor Nennleistung	3	4	4	4	kW
206	0	Motor cos phi	0,92	0,8	0,8	0,8	
207	0	Motorschaltung	Stern [0]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	
208	0	Statorwiderstand	1,44	3,44	3,44	3,44	Ohm
209	0	Leeranstrom	0 > 5,4	4,4	4,4	4,4	A
240	0	EMK-Spannung PMSM	341	0	0	0	V
241	0	Induktivität PMSM[1]	22,6	20	20	20	mH
241	1	Induktivität PMSM[2]	45,9	20	20	20	mH
243	0	Reluktanzwink. IPMSM	10	0	0	0	°
244	0	Spitzenstrom PMSM	14	5	5	5	A
246	0	Massenträgheit PMSM	45,8	5	5	5	kg*cm²
<b>Regelungsparameter</b>							
300	0	Servo Modus	An(CFC closed-loop) [1]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	
301	0	Drehgeber Aufl.	2048 [5]				
312	0	Momentstromregler P	200	400	400	400	%
313	0	Momentstromregler I	5	50	50	50	%/ms
315	0	Feldstromregler P	200	400	400	400	%
316	0	Feldstromregler I	5	50	50	50	%/ms
330	0	Regelverfahren PMSM	Wert v. CANopengeber [3]				
334	0	Geberoffset PMSM	0,491				rw
<b>Steuerklemmen</b>							
420	1	Digitaleingänge[2]	keine Funktion [0]				
420	2	Digitaleingänge[3]	keine Funktion [0]				
<b>Zusatzparameter</b>							
501	0	Umrichtername					

11.01.2016, 12:10:06
© NORD CON V2.4
1 / 2

Abbildung 62: Parameterübersicht optimierter Stromregler Seite 1

### Parameterliste

**Geräte-Name:** Offline Parametrierung  
**Geräte-Typ:** 20xE 4,0kW/400V  
**Datenbank:** optimierter Stromregler Parameter NORD IE4 100T2-4  
**Filter:** Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja



---

Nr	Index	Parameter-Name	Parametersatz 1	Parametersatz 2	Parametersatz 3	Parametersatz 4	Einheit
[Positionierung]							
604	0	Wegmeßsystem	CANopen absolut [1]				
605	0	Absolutwertgeber[1]	12				Bit
605	1	Absolutwertgeber[2]	13				Bit
<b>Parameter-Anzahl</b>		32					

**Legende**

Parameter ist nicht vom Parametersatz abhängig

[ ] Der Wert ist ungültig

---

11.01.2016, 12:10:06
© NORD CONV 2.4
2 / 2

Abbildung 63: Parameterübersicht optimierter Stromregler Seite 2

### 8.3 Drehzahlregelung

**Parameterliste**

Geräte-Name: Offline Parametrierung  
 Geräte-Typ: 20xE 4,0kW/400V  
 Datenbank: optimierter Drehzahlregler Parameter NORD IE4-100T2-4  
 Filter: Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja



Nr	Index	Parameter-Name	Parameters atz 1	Parameters atz 2	Parameters atz 3	Parameters atz 4	Einheit
<b>Betriebsanzeigen</b>							
1	0	Auswahl Anzeige	Sollfrequenz [2]				
3	0	Supervisor-Code	3				
<b>Basis-Parameter</b>							
102	0	Hochlaufzeit	0,3	2	2	2	s
105	0	Maximale Frequenz	70	50	50	50	Hz
113	0	Tippfrequenz	50	0	0	0	Hz
<b>Motordaten</b>							
201	0	Motor Nennfrequenz	70	50	50	50	Hz
202	0	Motor Nenn Drehzahl	2100	1445	1445	1445	rpm
203	0	Motor Nennstrom	5,4	8,3	8,3	8,3	A
204	0	Motor Nennspannung	385	400	400	400	V
205	0	Motor Nennleistung	3	4	4	4	kW
206	0	Motor cos phi	0,92	0,8	0,8	0,8	
207	0	Motorschaltung	Stern [0]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	
208	0	Statorwiderstand	1,44	3,44	3,44	3,44	Ohm
209	0	Leerlaufstrom	0	4,4	4,4	4,4	A
240	0	EMK-Spannung PMSM	341	0	0	0	V
241	0	Induktivität PMSM[1]	22,6	20	20	20	mH
241	1	Induktivität PMSM[2]	45,9	20	20	20	mH
243	0	Reluktanzwink. IPMSM	10	0	0	0	°
244	0	Spitzenstrom PMSM	14	5	5	5	A
246	0	Massenträgheit PMSM	45,8	5	5	5	kg*cm²
<b>Regelungsparameter</b>							
300	0	Servo Modus	An(CFC closed-loop) [1]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	
301	0	Drehgeber Aufl.	2048 [0]				
310	0	Drehzahl Regler P	200	100	100	100	%
312	0	Momentsstromregler P	200	400	400	400	%
313	0	Momentsstromregler I	5	50	50	50	%/ms
315	0	Feldstromregler P	200	400	400	400	%
316	0	Feldstromregler I	5	50	50	50	%/ms
330	0	Regelverfahren PMSM	Wert v. CANopengeber [3]				
334	0	Geberoffset PMSM	0,491				rev
<b>Steuerklemmen</b>							
420	1	Digitaleingänge[2]	keine Funktion [0]				
420	2	Digitaleingänge[3]	keine Funktion [0]				
<b>Zusatzparameter</b>							
501	0	Umrichtername					
505	0	Abs. Minimafrequenz	0	2	2	2	Hz

11.01.2016, 12:14:16
© NORD CON V2.4
1 / 2

Abbildung 64: Parameterübersicht optimierter Drehzahlregler Seite 1

### Parameterliste

Geräte-Name: Offline Parametrierung  
 Geräte-Typ: 20xE 4,0kW/400V  
 Datenbank: optimierter Drehzahlregler Parameter NORD IE4 100T2-4  
 Filter: Freigegeben. Aus, kein Standardwert. An, Info-Parameter. Nein, Supervisor. Ja



---

Nr	Index	Parameter-Name	Parametersatz 1	Parametersatz 2	Parametersatz 3	Parametersatz 4	Einheit
Positionierung							
604	0	Wegmeßsystem	CANopen absolut [1]				
605	0	Absolutwertgeber[1]	12				Bit
605	1	Absolutwertgeber[2]	13				Bit
<b>Parameter-Anzahl</b>		36					

**Legende**

Parameter ist nicht vom Parametersatz abhängig

[ ] Der Wert ist ungültig

---

11.01.2016, 12:14:16
© NORD CON V2.4
2 / 2

Abbildung 65: Parameterübersicht optimierter Drehzahlregler Seite 2

## 8.4 Lageregelung

### Parameterliste

Geräte-Name: Offline Parametrierung  
 Geräte-Typ: 20xE 4,0kW/400V  
 Datenbank: optimierter Lageregler Parameter NORD IE4 100T2-4  
 Filter: Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja



Nr	Index	Parameter-Name	Parameters atz 1	Parameters atz 2	Parameters atz 3	Parameters atz 4	Einheit
<b>Betriebsanzeigen</b>							
1	0	Auswahl Anzeige	Sollfrequenz [2]				
3	0	Supervisor-Code	3				
<b>Basis-Parameter</b>							
102	0	Hochlaufzeit	0,3	2	2	2	s
103	0	Bremszeit	0,3	2	2	2	s
105	0	Maximale Frequenz	70	50	50	50	Hz
113	0	Tippfrequenz	50	0	0	0	Hz
<b>Motordaten</b>							
201	0	Motor Nennfrequenz	70	50	50	50	Hz
202	0	Motor Nenn Drehzahl	2100	1445	1445	1445	rpm
203	0	Motor Nennstrom	5,4	8,3	8,3	8,3	A
204	0	Motor Nennspannung	385	400	400	400	V
205	0	Motor Nennleistung	3	4	4	4	kW
206	0	Motor cos phi	0,92	0,8	0,8	0,8	
207	0	Motorschaltung	Stern [0]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	
208	0	Statorwiderstand	1,44	3,44	3,44	3,44	Ohm
209	0	Leerlaufstrom	0	4,4	4,4	4,4	A
240	0	EMK-Spannung PMSM	341	0	0	0	V
241	0	Induktivität PMSM[1]	22,6	20	20	20	mH
241	1	Induktivität PMSM[2]	45,9	20	20	20	mH
243	0	Reluktanzwink. IPMSM	10	0	0	0	°
244	0	Spitzenstrom PMSM	14	5	5	5	A
246	0	Massenträgheit PMSM	45,9	5	5	5	kg*cm²
<b>Regelungsparameter</b>							
300	0	Servo Modus	An(CFC closed-loop) [1]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	
301	0	Drehgeber Aufl.	2048 [5]				
310	0	Drehzahl Regler P	200	100	100	100	%
312	0	Momentsstromregler P	200	400	400	400	%
313	0	Momentsstromregler I	5	50	50	50	%/ms
315	0	Feldstromregler P	200	400	400	400	%
316	0	Feldstromregler I	5	50	50	50	%/ms
330	0	Regelverfahren PMSM	Wert v. CANopengeber [3]				
334	0	Geberoffset PMSM	0,491				rev
<b>Steuerklemmen</b>							
420	1	Digitaleingänge[2]	keine Funktion [0]				
420	2	Digitaleingänge[3]	keine Funktion [0]				
480	10	Funkt. BusIO In Bits[11]	Bit 0 PosAnr / Inc. [55]				

11.01.2016, 12:13:07
© NORD CON V2.4
1 / 2

Abbildung 66: Parameterübersicht optimierter Lageregler Seite 1

**Parameterliste**



Geräte-Name : Offline Parametrierung  
 Geräte-Typ : 20xE 4,0kW/400V  
 Datenbank : optimierter Lageregler Parameter NORD IE4 100T2-4  
 Filter : Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja

Nr	Index	Parameter-Name	Parametersatz 1	Parametersatz 2	Parametersatz 3	Parametersatz 4	Einheit
<b>Zusatzparameter</b>							
501	0	Umrichtername					
509	0	Quelle Steuerwort	USS [2]				
<b>Positionierung</b>							
600	0	Lageregelung	Lin.Rampe(Sollfreq) [2]	Aus [0]	Aus [0]	Aus [0]	
604	0	Wegmeßsystem	CANopen absolut [1]				
605	0	Absolutwertgeber[1]	12				Bit
605	1	Absolutwertgeber[2]	13				Bit
811	0	Lageregler P	35				%
813	0	Position[1]	10				rev

Parameter-Anzahl 43

**Legende**

- Parameter ist nicht vom Parametersatz abhängig
- [ ] Der Wert ist ungültig

Abbildung 67: Parameterübersicht optimierter Lageregler Seite 2

## 8.5 Reluktanzdrehmoment

### Parameterliste

**Geräte-Name:** Offline Parametrierung  
**Geräte-Typ:** 20xE 4,0kW/400V  
**Datenbank:** optimierte Reluktanzwinkel Parameter NORD IE4 100T2-4  
**Filter:** Einstellung ndbx Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja



Nr	Index	Parameter-Name	Parameters atz 1	Parameters atz 2	Parameters atz 3	Parameters atz 4	Einheit
<b>Betriebsanzeigen</b>							
1	0	Auswahl Anzeige	Solffrequenz [2]				
3	0	Supervisor-Code	3				
<b>Basis-Parameter</b>							
102	0	Hochlaufzeit	0,3	2	2	2	s
103	0	Bremszeit	0,3	2	2	2	s
105	0	Maximale Frequenz	70	50	50	50	Hz
113	0	Tipffrequenz	50	0	0	0	Hz
<b>Motordaten</b>							
201	0	Motor Nennfrequenz	70	50	50	50	Hz
202	0	Motor Nenn Drehzahl	2100	1445	1445	1445	rpm
203	0	Motor Nennstrom	5,4	8,3	8,3	8,3	A
204	0	Motor Nennspannung	385	400	400	400	V
205	0	Motor Nennleistung	3	4	4	4	kW
206	0	Motor cos phi	0,92	0,8	0,8	0,8	
207	0	Motorschaltung	Stern [0]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	Dreieck [1]	
208	0	Statorwiderstand	1,44	3,44	3,44	3,44	Ohm
209	0	Leerlaufstrom	0	4,4	4,4	4,4	A
240	0	EMK-Spannung PMSM	341	0	0	0	V
241	0	Induktivität PMSM[1]	22,6	20	20	20	mH
241	1	Induktivität PMSM[2]	45,9	20	20	20	mH
243	0	Reluktanzwink. IPMSM	8	0	0	0	°
244	0	Spitzenstrom PMSM	14	5	5	5	A
246	0	Massenträgheit PMSM	45,0	5	5	5	kg*cm²
<b>Regelungsparameter</b>							
300	0	Servo Modus	An(CFC closed-loop) [1]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	Aus(VFC open-loop) [0]	
301	0	Drehgeber Aufl.	2048 [5]				
310	0	Drehzahl Regler P	200	100	100	100	%
312	0	Momentsstromregler P	200	400	400	400	%
313	0	Momentsstromregler I	5	50	50	50	%/ms
315	0	Feldstromregler P	200	400	400	400	%
316	0	Feldstromregler I	5	50	50	50	%/ms
330	0	Regelverfahren PMSM	Wert v. CANopengeber [3]				
334	0	Geberoffset PMSM	0,491				rev
<b>Steuerklemmen</b>							
420	1	Digitaleingänge[2]	keine Funktion [0]				
420	2	Digitaleingänge[3]	keine Funktion [0]				
480	10	Funkt. BusIO in Bits[11]	Bit 0 PosAn / Inc [55]				

11.01.2016, 12:11:37
© NORD CON V2.4
1 / 2

Abbildung 68: Parameterübersicht optimierter Reluktanzwinkel Seite 1

### Parameterliste

Geräte-Name : Offline Parametrierung  
 Geräte-Typ : 20xE 4,0kW/400V  
 Datenbank : optimierter Reluktanzwinkel Parameter NORD IE4 100T2-4  
 Filter : Einstellung ndbx Freigegeben: Aus, kein Standardwert: An, Info-Parameter: Nein, Supervisor: Ja



---

Nr	Index	Parameter-Name	Parametersatz 1	Parametersatz 2	Parametersatz 3	Parametersatz 4	Einheit
<b>Zusatzparameter</b>							
501	0	Umrichtername					
509	0	Quelle Steuerwort	USS [2]				
<b>Positionierung</b>							
600	0	Lageregelung	Ln.Rampe(Softfreq) [2]	Aus [0]	Aus [0]	Aus [0]	
604	0	Wegmeßsystem	CANopen absolut [1]				
605	0	Absolutwertgeber[1]	12				Bit
605	1	Absolutwertgeber[2]	13				Bit
611	0	Lageregler P	35				%
613	0	Position[1]	10				rev
<b>Parameter-Anzahl</b>		43					

**Legende**

- Parameter ist nicht vom Parametersatz abhängig
- [ ] Der Wert ist ungültig

---

11.01.2016, 12:11:37
© NORD CON V2.4
2 / 2

Abbildung 69: Parameterübersicht optimierter Reluktanzwinkel Seite 2

## 9 Weiterführende Dokumentationen

### Information

Für Rückfragen und weitere benötigten Informationen bezüglich dieses Dokuments, wenden Sie sich bitte an den [Service Elektronik](#) der Getriebefabrik NORD GmbH & Co. KG.

Auf Anfrage können auch weitere benötigte Informationen, wie z. B. nicht unter [www.nord.com](http://www.nord.com) - [Dokumentation](#) verfügbaren Technischen Datenblätter dem Anwender nach technischer Rücksprache gerne zur Verfügung gestellt werden.

### 9.1 Handbücher

Dokument	Bezeichnung
<a href="#">BU 0000</a>	NORD CON Software Handbuch (Hilfefunktion der Software ist zu bevorzugen)
<a href="#">BU 0200</a>	SK 200E – Handbuch
<a href="#">BU 0210</a>	POSICON für SK 200E - Handbuch
<a href="#">BU 0500</a>	SK 5xxE – Handbuch (SK 500E ... SK 535E)
<a href="#">BU 0505</a>	SK 54xE – Handbuch (SK 540E ... SK 545E)
<a href="#">BU 0510</a>	POSICON für SK 500E – Handbuch Positioniersteuerung ≥ SK 530E

Tabelle 7: Handbücher

### 9.2 Technische Informationen / Datenblätter

### 9.3 TIs – Richtlinien

Dokument	Bezeichnung
<a href="#">TI 80_0010</a>	Projektierungs- und Inbetriebnahme Richtlinie IE4-Motoren am Frequenzumrichter

Tabelle 8: TIs - Richtlinien

#### 9.3.1 TIs - Inkrementaldrehgeber (IG)

Dokument	Bezeichnung	Lieferant / Typ	Material-Nr.	Datenblatt
Anfrage an <a href="#">Service</a>	Inkrementaldrehgeber IG4 4096, TTL, 5 V, 1,5 m	Fritz Kübler GmbH 8.5820.0H10.xxxx.5093.xxxx	19551020	 A0828_5_8.5820.0H1 0.XXXX.5093.XXXX.pc
Anfrage an <a href="#">Service</a>	Inkrementaldrehgeber IG41 4096, TTL, 10 - 30 V, 1,5 m	Fritz Kübler GmbH 8.5820.0H30.xxxx.5093.xxxx	19551021	 A1495_1_8.5820.0H3 0.XXXX.5093.XXXX.pc
Anfrage an <a href="#">Service</a>	Inkrementaldrehgeber IG42 4096, HTL, 10 - 30 V, 1,5 m	Fritz Kübler GmbH 8.5820.0H40.xxxx.5093.xxxx	19551022	 A1451_0_8.5820.0H4 0.XXXX.5093.XXXX.pc

Tabelle 9: TIs – Inkrementaldrehgeber (IG)

### 9.3.2 TIs - CANopen Absolutwertdrehgeber (AG)

Dokument	Bezeichnung	Lieferant / Typ	Material-Nr.	Datenblatt
Anfrage an <a href="#">Service</a>	Absolutwertdrehgeber mit Inkrementalspur AG1 CANopen, Single / Multiturn 8192-4096/2048 TTL	Fritz Kübler GmbH 8.5888.0452.2102.S010.K014	19551881	 A1259_11_8.5888.0 452.2102.S010.K014
Anfrage an <a href="#">Service</a>	Absolutwertdrehgeber mit Inkrementalspur AG4 CANopen, Single / Multiturn 8192-4096/2048 HTL	Fritz Kübler GmbH 8.5888.0400.2102.S014.K029	19551886	 A1731_4_8.5888.04 00.2102.S014.K029_
Anfrage an <a href="#">Service</a>	Absolutwertdrehgeber mit Inkrementalspur AG6 CANopen, Single / Multiturn 8192-65K/2048 HTL	Baumer IVO GmbH & Co. KG GXMMS.Z18	19556994	 AZ4654-1.PDF
Anfrage an <a href="#">Service</a>	Absolutwertdrehgeber mit Inkrementalspur AG3 CANopen, Single / Multiturn 8192-65K/2048 TTL	Baumer IVO GmbH & Co. KG GXMMS.Z10	19556995	 AZ3903-1.PDF

Tabelle 10: TIs – CANopen Absolutwertdrehgeber (AG)

### 9.3.3 TIs - Optionen / Zubehörkomponenten

Dokument	Bezeichnung	Lieferant / Typ	Material-Nr.	Datenblatt
Anfrage an <a href="#">Service</a>	RJ 45 WAGO- Anschlussmodul	WAGO Kontakttechnik GmbH RJ45 Anschl. 24 V + CANopen	278910300	i. V.

Tabelle 11: Optionen und Zubehörkomponenten

## 10 Anhang

### 10.1 Abkürzungen

<b>AG</b>	Absolutwertdrehgeber	<b>IG</b>	Inkrementaldrehgeber
<b>ASM</b>	Asynchronmaschine /-motoren	<b>IO</b>	Input / Output
<b>BG</b>	Baugröße	<b>IPMSM</b>	Interior Permanent Magnet Synchronous Motor
<b>CAN</b>	Controller Area Network	<b>PMSM</b>	Permanent Magnet Synchronous Motor
<b>CANopen</b>	International standardisiertes Protokoll	<b>PI-Regler</b>	proportional–integral Regler
<b>CFC</b>	Current Flux Control	<b>P</b>	Parameter
<b>DIN</b>	Digital Eingang	<b>POSIICON</b>	Positioniersteuerung
<b>ENC</b>	Sondererweiterung Encoder	<b>SK</b>	Schlicht & Küchenmeister
<b>ESB</b>	Ersatzschaltbild	<b>SPMSM</b>	Surface Permanent Magnet Synchronous Motor
<b>FU</b>	Frequenzumrichter	<b>SSI</b>	Synchronous Serial Interface
<b>HTL</b>	High-Transistor-Logik	<b>TI</b>	Technische Information / Datenblatt (Datenblatt für NORD Zubehör)
<b>IE1</b>	Effizienzklasse Standard Motoren	<b>TTL</b>	Transistor-Transistor-Logik
<b>IE2</b>	Effizienzklasse Motoren mit höherem Wirkungsgrad	<b>VFC</b>	Voltage Flux Control
<b>IE4</b>	Effizienzklasse Motoren mit noch höherem Wirkungsgrad, z. B. Synchronmotoren		

## Notizen



**NORD DRIVESYSTEMS Group**

**Headquarters and Technology Center**  
in Bargteheide close to Hamburg, Germany

**Innovative drive solutions**  
for more than 100 branches of industries

**Mechanical products**  
Parallel shaft-, helical gear-, bevel gear- and worm gear units

**Electrical products**  
IE2/IE3/IE4-Motors

**Electronic products**  
Centralized and decentralized frequency inverters  
and motor starters

**7 state-of-the-art production plants**  
for all drive components

**Subsidiaries in 36 countries on 5 continents**  
providing local stock, assembly, production,  
technical support and customer service.

**More than 3,200 employees around the world**  
providing application-specific solutions for our customers.

**[www.nord.com/locator](http://www.nord.com/locator)**

**Headquarters:**

**Getriebebau NORD GmbH & Co. KG**

Getriebebau-Nord-Straße 1

22941 Bargteheide, Germany

Fon +49 (0) 4532 / 289-0

Fax +49 (0) 4532 / 289-2253

info@nord.com, www.nord.com

**Member of the NORD DRIVESYSTEMS Group**

