



# Betriebsanleitung

MTA Zweiachsregler MCP-48-20-02

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines .....	4
1.1	Lieferumfang und Verantwortlichkeiten .....	4
1.2	Mitgeltende Dokumente .....	4
1.3	Verantwortlichkeit des Betreibers .....	5
2	Sicherheit .....	6
2.1	Bestimmungsgemäße Verwendung .....	6
2.1.1	Leistungsmerkmale .....	6
2.1.2	Potentialtrennung .....	6
2.2	Vorhersehbare Fehlanwendung .....	7
2.3	Sicherheitskennzeichnung .....	7
2.3.1	Aufbau Sicherheitshinweise .....	7
2.3.2	Sicherheitskennzeichnung und ihre Bedeutung .....	8
2.3.3	Im Dokument verwendete Symbole .....	8
2.4	Allgemeine Sicherheitshinweise .....	9
2.5	Restgefahren .....	10
2.6	Anforderungen an das Personal .....	10
2.6.1	Bedienverbote und Bedieneinschränkungen .....	10
2.6.2	Sorgfaltspflicht des Personals .....	11
2.6.3	Ausbildung des Personals .....	11
3	Technische Daten .....	12
3.1	Typenschlüssel / Produktvarianten .....	12
3.2	Umgebungsbedingungen .....	12
3.3	Leistungsdaten .....	12
3.4	Abmessungen .....	14
3.5	Controllerstruktur des Antriebsreglers .....	14
4	Klemmenübersicht .....	16
4.1	Ansicht .....	16
4.2	Pin-Nummerierung .....	17
4.3	Digitale Eingänge - Klemmen X10 und X11 .....	17
4.4	Versorgung Steuerplatine - Klemme X21 .....	18
4.5	Digitale Ausgänge - Klemme X20 .....	18
4.6	CAN-Bus Anschluss - Klemme X24 .....	18
4.7	Temperaturüberwachung und Bremsenanschluss - Klemmen X12 und X25 .....	18
4.8	Geberrückführung / Encoderstecker - Klemmen X3 und X5 .....	19
4.9	Geberrückführung Sin/Cos Encoder - Klemmen X13 und X19 .....	20
4.10	Anschluss für externes Interface Klemme X17 .....	21
4.11	Leitfrequenz Ein-/Ausgang - Klemme X16 .....	21
4.12	Option Safe Torque Off (STO) – Klemmen X22 und X23 .....	23
4.13	Leistungsversorgung - Klemmen XM14 und XM24 .....	23
4.14	Motoranschlüsse – Klemmen XM12 und XM22 .....	24
4.15	PE-Anschluss XM13 und XM23 .....	24
4.16	Bremschopperanschluss – Klemmen XM 11 und XM 21 .....	25
4.17	Mini-USB X18 .....	26

5	LEDs.....	27
6	DIP-Schalter .....	28
6.1	Nutzung der DIP-Schalter .....	28
7	Betrieb.....	29
7.1	Erstinbetriebnahme.....	29
7.1.1	Verkabelung.....	29
7.1.2	Allgemeine Hinweise für die Erstinbetriebnahme .....	29
7.1.3	Digitalmodus .....	29
7.1.4	CAN.....	30
7.1.5	Parametrierung des Antriebsreglers für einen neuen Motor- und Bremse.....	33
7.1.6	Fehlersuche und Störungsbeseitigung bei Erstinbetriebnahme.....	35
7.2	Betriebsarten und Funktionsbeschreibung .....	35
7.2.1	Übersicht .....	35
7.2.2	Offset-Bestimmung und Nutrastkompensation (Modus 0) .....	36
7.2.3	Geschwindigkeitsmodi.....	37
7.2.4	Drehmomentmodi .....	38
7.2.5	Positioniermodus mit Sollwertvorgabe über CAN (Modus 2) .....	39
7.2.6	Synchron-Geschwindigkeits-Modi (Modi 7 und 8).....	39
7.2.7	Synchron-Positionier-Modus mit Sollwertvorgabe über CAN-Bus (Modus 10).....	40
7.3	Quickstop.....	40
8	STO (Safe Torque Off) .....	43
8.1	Schematischer Anschlussplan .....	43
8.2	Pegel.....	43
8.3	Funktionserklärung.....	43
8.4	Zustandsdiagramm STO.....	44
9	Regler .....	45
9.1	Reglerstrukturen.....	45
9.1.1	PID-Drehzahlregler.....	46
9.1.2	Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler.....	47
9.1.3	Positionsregler .....	48
9.2	Voreingestellte Parametrierung des Antriebsreglers.....	49
9.3	Vorgehensweise Parameterermittlung.....	49
9.3.1	Einstellung des PID-Drehzahlregler.....	49
9.3.2	Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler.....	52
9.3.3	Einstellung PID-Positionsregler.....	54
10	Wartung.....	57
10.1	Sicherheitshinweise für Wartung und Montage.....	57
11	Fehlerbehebung .....	58
11.1	Fehlertabelle .....	58
11.1.1	Motorcontroller (Subindices = 1 und 2).....	58
11.1.2	Applikationscontroller (Subindex = 3):.....	60
11.2	Fehleranalyse .....	62
11.2.1	CAN.....	62
11.3	Weitere Fehler .....	62

11.4 Häufige Störungen bei Erstinbetriebnahme eines Motors .....	63
12 Lieferumfang/Zubehör .....	64
12.1 Lieferumfang .....	64
12.2 Zubehör .....	64
13 Demontage und Lagerung .....	65
13.1 Demontage .....	65
13.2 Lagerung und Transport .....	65
14 Entsorgung .....	66
15 Anhang B .....	67
15.1 Tabellenverzeichnis .....	67
15.2 Abbildungsverzeichnis .....	68

# 1 Allgemeines

## 1.1 Lieferumfang und Verantwortlichkeiten

Der Zweiachsregler MCP-48-20-02MCP wurde unter Verantwortung der MTA GmbH, A-4482 Ennsdorf, entwickelt, gebaut und in Verkehr gebracht.

Der Regler wird zur stufenlosen Regelung der Drehzahl von zwei Synchronmotoren (BLDC-Motoren) verwendet. Die beiden Motoren können dabei unabhängig voneinander oder synchronisiert geregelt werden.

Die in dieser Anleitung angegebenen Informationen, Daten und Hinweise waren zum Zeitpunkt der Drucklegung auf dem neuesten Stand. Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Anleitung können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Komponenten geltend gemacht werden.

Die in dieser Anleitung dargestellten verfahrenstechnischen Hinweise und Schaltungs-ausschnitte sind Vorschläge, deren Übertragbarkeit auf die jeweilige Anwendung überprüft werden muss. Für die Eignung der angegebenen Verfahren und Schaltungs-vorschläge übernimmt MTA keine Gewähr.

Es wird keine Haftung übernommen für Schäden und Betriebsstörungen, die entstehen durch:

- Missachten der Betriebsanleitung
- Eigenmächtige Veränderungen am Produkt
- Bedienungsfehler
- Unsachgemäßes Arbeiten an und mit den Produkten

Nachträgliche Änderungen an dem Regler durch den Betreiber liegen nicht im Verantwortungsbereich des Herstellers.

Diese Betriebsanleitung ist Bestandteil des Lieferumfangs.

Sie ist in Zugriffsnähe bereitzuhalten und bleibt auch bei Geräteveräußerung bei der Anlage.

## Urheberrechte

© 2023 MTA GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Diese Anleitung und alle dazugehörigen Dokumente sind nur für den Betreiber des Gerätes und dessen Personal bestimmt. Sie dürfen Dritten, insbesondere Wettbewerbern nicht zugänglich gemacht werden. Dies gilt auch für Auszüge.

Zu widerhandlungen können Schadenersatzforderungen nach sich ziehen und strafrechtlich verfolgt werden.

Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung von MTA in irgendeiner Form kopiert, übertragen, gespeichert oder in irgendeine Sprache übersetzt werden.

## 1.2 Mitgelieferte Dokumente

Neben dieser Betriebsanleitung sind die mitgelieferten Dokumente zu beachten:

- CAN-Doku (MCP-48-20-02\_Software\_Documentation.pdf)
- EDS-Datei (MCP-48-20-02.eds)
- STO-Handbuch

Der Regler entspricht den Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG für unvollständige Maschinen. Die bestimmungsgemäße Verwendung des Reglers in Maschinen oder Anlagen ist so lange untersagt, bis der Maschinen- oder Anlagenbauer die CE-Konformität der gesamten Maschine oder Anlage bestätigt.

Die Verantwortung für die Einhaltung der EG-Richtlinien in der Maschinenanwendung liegt beim Weiterverwender. Bei der Entwicklung des Antriebsreglers MCP-48-20-02 kamen Europeanormen,

Harmonisierungsdokumente, nationale Normen sowie hersteller- und kundenspezifische Vorgaben zur Anwendung.

### 1.3 Verantwortlichkeit des Betreibers

- Der Betreiber hat die geltenden nationalen Unfallverhütungsvorschriften und technischen Regeln einzuhalten.
- Der Betreiber darf die Anlage nur von geschultem und zuverlässigem Personal bedienen lassen.
- Die Betriebsanleitung muss jederzeit greifbar in Nähe der Anlage aufbewahrt werden.
- Der Betreiber hat dafür Sorge zu tragen, dass die Bediener diese Betriebsanleitung und die Betriebsanleitungen der mitgelieferten Dokumente gelesen und verstanden haben, bevor sie die Anlage bedienen (z. B. durch schriftliche Bestätigung der Unterweisung).
- Der Betreiber hat Unbefugte von der Bedienung der Anlage fernzuhalten.
- Veränderungen an der Anlage dürfen nur nach Rücksprache mit dem Hersteller vorgenommen werden.

## 2 Sicherheit

### 2.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Der Zweiachsregler MCP-48-20-02 wird zur stufenlosen Regelung der Drehzahl von zwei permanent-erregten Synchronmotoren (BLDC-Motoren) verwendet. Die beiden Motoren können dabei unabhängig voneinander oder synchronisiert geregelt werden. Durch ein optimiertes Regelkonzept wird ein idealer Gleichlauf und eine sehr hohe Positioniergenauigkeit über den gesamten Drehzahlbereich **gewährleistet. Speziell im Stillstand oder bei „Schleichfahrten“** wird die Fahrgeschwindigkeit optimal geregelt.

#### 2.1.1 Leistungsmerkmale

Der Zweiachsregler MCP-48-20-02 besitzt folgende Leistungsmerkmale:

- Regelung von zwei Synchronmotoren (Zweiachsregler)
- Synchronisation der beiden Antrieben zueinander (Drehmoment-Synchron)
- Spannungsbereich bis maximal 60 V
- Dauerstrom 20 A<sub>rms</sub> bei Montage auf metallischem Untergrund
- Maximaler Spitzenstrom 90 A<sub>peak</sub> pro Motor
- Drehzahlregelung, Drehmomentregelung, Positionsregelung, Gleichlaufregelung
- I/Os pro Motorabgang:
  - 10 x digitale Eingänge pro Motorabgang
  - 1 x digitaler Ausgang pro Motorabgang
- Anschluss für Bremswiderstand pro Motorausgang (Bremschopperausgang)
- CAN-Schnittstelle standardmäßig ausgeführt
- Temperaturüberwachung für Motoren und Bremswiderstände
- SSI-Interface für ein externes zusätzliches Wegmesssystem (Funktion softwaremäßig derzeit nicht implementiert – auf Anfrage des Kunden möglich)
- Geberschnittstelle für magnetische Encoder pro Motor
- Geberschnittstelle für sin/cos-Winkelgeber pro Motor (Funktion softwaremäßig derzeit nicht implementiert – auf Anfrage des Kunden möglich)
- Parametrierbarer Leitfrequenz Ein- und Ausgang für die Synchronisation mehrerer Zweiachsregler untereinander
- Optional STO-Funktion



#### 2.1.2 Potentialtrennung

Der Aufbau des Zweiachsreglers setzt sich aus einzelnen Modulen zusammen, die aus einem Steuerteil und zwei Leistungsteilen bestehen und voneinander galvanisch getrennt sind. Dies bietet die Möglichkeit, den Zweiachsregler mit unterschiedlichen Bezugspotentialen einzusetzen. Die verschiedenen Bezugspotentiale sind in der Dokumentation wie folgt deklariert:

- GND für Steuerteil
- GNDISO1 für Leistungsteil 1 bzw. Motor 1
- GNDISO2 für Leistungsteil 2 bzw. Motor 2

Die verschiedenen Bezugspotentiale können auf unterschiedliche Weise verbunden werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass keine Potentialverschiebungen auftreten, da diese zu einem möglichen Fehlverhalten des Zweiachsreglers bis hin zur Zerstörung führen können. Es wird eine galvanische Trennung zwischen dem GND-Steuerteil und den GNDISO1 & GNDISO2 Leistungsteilen empfohlen.

**Die Vorgaben im Kapitel „Technische Daten“ und die mitgeltenden Dokumentationen sind zu beachten.**

		<b>GEBOT</b>
	<p>Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehören auch das Lesen, Kennen und Beachten der Betriebsanleitung und die Einhaltung der Instandhaltungs- und Wartungsvorschriften. Das Einrichten, Bedienen und Instandhalten darf nur durch eingewiesenes Fachpersonal, welches alle Dokumente gelesen und verstanden hat, erfolgen.</p>	

Die Wartungsarbeiten sind regelmäßig durchzuführen. Beim Austausch defekter Teile sind nur freigegebene Ersatzteile zu verwenden.



Der Einsatzbereich des Zweiachsreglers ist im gewerblichen Bereich, innerhalb von Gebäuden. Der Zweiachsregler ist transportabel (siehe Kapitel 13.2).

## 2.2 Vorhersehbare Fehlanwendung

Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendungen sind:

- Anschluss anderer Vorrichtungen an den Regler sowie Änderung eines beliebigen Teils der Elektrik, Elektronik und der Software.

Bei Schäden infolge von Nichtbeachtung der Hinweise in dieser Betriebsanleitung übernimmt MTA GmbH keine Haftung.


		<b>GEBOT</b>
	<p>Ein Öffnen des Gehäuses sowie jegliche Veränderung am Produkt sind grundsätzlich untersagt. Für Personen-/Sachschäden sowie Betriebsstörungen, die dadurch entstehen, übernimmt der Hersteller MTA GmbH keine Haftung. Sollten aus bautechnischen Gründen Veränderungen nötig sein, ist das ausschließlich mit vorheriger Absprache und schriftlicher Genehmigung durch die MTA GmbH zulässig.</p>	

## 2.3 Sicherheitskennzeichnung

### 2.3.1 Aufbau Sicherheitshinweise


Sicherheitshinweise sind gekennzeichnet mit einem Sicherheitskennzeichen und einem Gefahrenhinweis.


Die Gefahrenhinweise sind in drei Kategorien, abhängig von der Schwere der Verletzung, unterteilt. Entsprechend der Schwere werden verschiedene Signalwörter verwendet.

	<b>GEFAHR</b>
<p>Tod, schwere Körperverletzung oder erheblicher Sachschaden wird eintreten, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.</p>	






	<b>WARNUNG</b>
<p>Tod, schwere Körperverletzung oder erheblicher Sachschaden kann eintreten, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.</p>	

	<b>VORSICHT</b>
<p>Leichte Körperverletzung oder Sachschaden kann eintreten, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.</p>	









	<b>GEBOT</b>
<p>Dieser Hinweis gibt wichtige Informationen zur sachgemäßen und sorgfältigen Verwendung der Einrichtung/Maschine. Leichte Verletzungen von Personen und/oder Gesundheitsschäden und Störungen des Gerätes oder dessen Umgebung können aus der Nichtbeachtung dieses Symbols entstehen.</p>	

### 2.3.2 Sicherheitskennzeichnung und ihre Bedeutung

Die Bedeutung der Sicherheitskennzeichen wird durch Form und Farben signalisiert.

Form	Farben	Bedeutung
	Sicherheitsfarbe rot Kontrastfarbe weiß	Verbot
	Sicherheitsfarbe gelb Kontrastfarbe schwarz	Warnung
	Sicherheitsfarbe blau Kontrastfarbe weiß	Gebot




### 2.3.3 Im Dokument verwendete Symbole



Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung
	Warnung vor einer Gefahrenstelle		Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung
	Warnung vor Stoßverletzung		Warnung vor Gefährdung durch Quetschen
	Warnung vor Handverletzung		Warnung vor heißen Oberflächen
	Vor Wartung oder Reparatur freischalten		Bedienungsanleitung lesen und beachten




## 2.4 Allgemeine Sicherheitshinweise

Grundvoraussetzung für den sicherheitsgerechten Umgang und den störungsfreien Betrieb der Anlage ist die Kenntnis der grundlegenden Sicherheitshinweise und der Arbeitsschutzvorschriften. Diese Betriebsanleitung enthält alle wichtigen Hinweise, um die Anlage sicher zu betreiben.

- Die innerbetrieblichen Arbeitsschutzvorschriften sind zu beachten!
- Sicherheitsschalter und Sicherheitseinrichtungen niemals überbrücken, ausschalten oder umgehen.
- Sicherheitseinrichtungen ständig aktiviert halten.
- Bei ungewöhnlichen Geräuschen und Gerüchen, die Anlage sofort auf Fehler überprüfen und ggf. stillsetzen.
- Nur intaktes und passendes Werkzeug verwenden.
- Keine Werkzeuge, Werkstücke oder andere Gegenstände auf den Anlagen ablegen.

 	 <div style="background-color: #800000; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">GEFAHR</div>
	<p>Lebensgefahr durch Berühren spannungsführender Teile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Antriebe und die verwendeten Stromversorgungen müssen entsprechend den EN-Normen und VDE-Vorschriften so an das Netz angeschlossen werden, dass sie mit geeigneten Freischaltmitteln (z.B. Hauptschalter, Schütz, Leistungsschalter) vom Netz getrennt werden können. Vorsorglich müssen Entstörungsmaßnahmen für Schaltanlagen getroffen werden, wie z.B. Schütze und Relais mit RC-Gliedern bzw. Dioden beschalten</li> <li>• Die Antriebe entsprechen der Schutzklasse IP20. Es ist darauf zu achten, dass die Umgebung dieser Schutz- bzw. Verschmutzungsstufe entspricht.</li> <li>• Halten Sie elektrische Bedienelemente stets verschlossen. Vor dem Einschalten die dafür vorgesehenen Abdeckungen und Schutzvorrichtungen für den Berührungsschutz an den Geräten anbringen. Für Einbaugeräte ist der Schutz gegen direktes Berühren elektrischer Teile durch ein äußeres Gehäuse, wie beispielsweise einen Schaltschrank, sicherzustellen.</li> <li>• Sollten Umbauarbeiten durchgeführt werden (Anschließen des Motors etc.) so ist sicherzustellen, dass die Spannungsversorgung (Leistungs- und Steuerspannung) ausgeschaltet ist und die Kondensatoren entladen sind!</li> <li>• Führen Sie keine Arbeiten an spannungsführenden Teilen aus.</li> <li>• Wechseln Sie lose Verbindungen, beschädigte, angeschmorte oder durchgeschmorte Kabel sofort aus. Führen Sie Arbeiten nur bei ausgeschaltetem und abgeschlossenem Hauptschalter durch.</li> <li>• Vor Inbetriebnahme, auch für kurzzeitige Mess- und Prüfzwecke, stets den Schutzleiter an allen elektrischen Geräten entsprechend dem Anschlussplan anschließen oder mit Erdleiter verbinden. Auf dem Gehäuse können sonst hohe Spannungen auftreten, die elektrischen Schlag verursachen.</li> <li>• Vergewissern Sie sich, dass keine Kabel eingeklemmt bzw. gequetscht werden. Stellen Sie sicher, dass die Kabel so verlegt sind, dass sie keine Stolperfallen bilden oder beschädigt werden können.</li> <li>• Sorgen Sie dafür, dass alle Arbeiten nur von dafür ausgebildeten und an der Anlage unterwiesenen Fachkräften ausgeführt werden.</li> </ul>

  	<b>WARNUNG</b>
	<p>Gefahr durch heiße Oberflächen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Heiße Oberflächen auf dem angeschlossenen Motor möglich - Verbrennungsgefahr!</li> <li>Vor dem Zugriff Geräte nach dem Abschalten mindestens 10 Minuten abkühlen lassen.</li> </ul>

    	<b>WARNUNG</b>
	<p>Gefahr durch unkontrollierte Bewegungen von Motoren: Gefährliche Bewegungen können durch fehlerhafte Ansteuerung von angeschlossenen Motoren verursacht werden. Die Ursachen können verschiedenster Art sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Unsaubere oder fehlerhafte Verdrahtung oder Verkabelung.</li> <li>Fehler bei der Bedienung der Komponenten.</li> <li>Fehler in den Messwert- und Signalgebern.</li> <li>Defekte oder nicht EMV gerechte Komponenten.</li> <li>Fehler in der Software im übergeordneten Steuerungssystem.</li> </ul> <p>Diese Fehler können unmittelbar nach dem Einschalten oder nach einer unbestimmten Zeitdauer im Betrieb auftreten. Der Personenschutz ist aus den oben genannten Gründen durch Überwachungen oder Maßnahmen, die anlagenseitig übergeordnet sind, sicherzustellen. Diese werden nach den spezifischen Gegebenheiten der Anlage einer Gefahren- und Fehleranalyse vom Anlagenbauer vorgesehen. Die für die Anlage geltenden Sicherheitsbestimmungen werden hierbei mit einbezogen. Durch Ausschalten, Umgehen oder fehlendes Aktivieren von Sicherheitseinrichtungen können willkürliche Bewegungen der Maschine oder andere Fehlfunktionen auftreten.</p>

## 2.5 Restgefahren



Restgefahr ist eine Gefahr, die trotz inhärent sicherer Konstruktion und technischer Schutzvorrichtungen ein unvermeidbares, durch die Verwendung eines Produkts gegebenes, nicht offensichtliches Risiko bedeutet. Der Gesamtanlagenhersteller/-Betreiber hat dafür zu sorgen, dass an der Anlage zur Warnung vor Restgefahren, die trotz durchgeführter Maßnahmen zur Risikominderung nicht beseitigt werden können, Symbole angebracht werden.

## 2.6 Anforderungen an das Personal

### 2.6.1 Bedienverbote und Bedieneinschränkungen

Die Anlage darf niemals von Personal bedient werden, das unter dem Einfluss von reaktionsmindernden Mitteln steht oder aus gesundheitlichen Gründen nicht zum Bedienen der Anlage in der Lage ist. Zu schulendes, anzulernendes, einzuweisendes oder im Rahmen einer allgemeinen Ausbildung befindliches Personal darf nur unter ständiger Aufsicht einer erfahrenen Person tätig werden.

### 2.6.2 Sorgfaltspflicht des Personals

		VORSICHT
	<p>Verletzungsgefahr durch unzureichende Schulung und Kenntnis der Anlage.</p> <p>Das Personal muss:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Betriebsanleitung gelesen und verstanden haben.</li> <li>in die Funktionsweise der Anlage eingewiesen sein.</li> <li>wissen, wie die einzelnen Arbeiten durchzuführen sind.</li> <li>zum Verwenden der Anlage gesundheitlich in der Lage sein.</li> </ul>	

### 2.6.3 Ausbildung des Personals

Arbeiten an der Anlage dürfen nur von zuverlässigem, geschultem und unterwiesenem Personal durchgeführt werden. Dabei sind die Zuständigkeiten des Personals für die einzelnen Lebensphasen (Transport, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung, Instandsetzen, Demontage, Entsorgung) klar festzulegen. Die Aufstellung zu den Zuständigkeiten finden Sie in der nachfolgenden Tabelle:

TÄTIGKEIT	Unterwiesene angeleitete Personen, Mindestalter 18 Jahre	Unterwiesenes Fachpersonal mit technischer Ausbildung	Unterwiesene Elektrofachkraft	Vorgesetzte mit entsprechender Fach- / Sachkompetenz
Inbetriebnahme		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bedienung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wartung elektrisch			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wartung mechanisch		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störungssuche/ Instandsetzung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Außerbetriebsetzung, Lagerung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verpackung, Transport		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Entsorgung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kontrolle, Unterweisung, Verantwortung, Einhaltung der Sicherheitsvorschriften				<input type="checkbox"/>

Tabelle 1: Ausbildung des Personals

## 3 Technische Daten

### 3.1 Typenschlüssel / Produktvarianten

Typenschlüssel		MCP	48	20	02
Antriebsregler / Motorcontrollerplatine	MCP				
Netzspannung	48 ... 48 VDC				
Nennausgangsstrom	20 ...20 A				
Motorabgänge (Anzahl)	2				

Tabelle 2: Typenschlüssel

Produktvariante	Ausführung
MCP-48-20-02	Basisausführung
MCP-48-20-02-STO	Ausführung mit Option STO

Tabelle 3: Produktvarianten

### 3.2 Umgebungsbedingungen

Bereich	Wert
Lagertemperatur	-20 °C bis +80 °C
Umgebungstemperatur	0 °C bis 40 °C (optional -30 °C bis +55 °C)
Luftfeuchtigkeit	0 – 95 %, nicht kondensierend
Schutzart	IP20

Tabelle 4: Umgebungsbedingungen

### 3.3 Leistungsdaten

Parameter	MCP-48-20-02	Grenzwerte	
Betriebsspannung Leistungsteil	24/48 VDC	Oberer Grenzwert	60 VDC
		Unterer Grenzwert	18 VDC
Betriebsspannung Steuerteil, VCC	24 VDC	Oberer Grenzwert	30 VDC
		Unterer Grenzwert	18 VDC
Maximaler Dauerstrom	20 A <sub>rms</sub> pro Motor	Montage auf metallischem Untergrund	
Maximaler Spitzenstrom	90 A <sub>PEAK</sub> pro Motor		
Betriebstemperatur		Oberer Grenzwert	+40 °C

		Unterer Grenzwert	-20 °C
Winkelrückführung	Encoder 5 VDC	Differenziell & Single Ended	
	Hallsensorplatine	Hallsensorplatine Digital 5V	
Digitale Eingänge (sinking)	20 x 24 VDC	Low	0 bis 4 VDC
		High	18 bis VCC
		Frequenz	<1 kHz
Digitale Ausgänge (sourcing) Ready M1, M2	2 x 24 VDC	Low	0 bis 0,7 VDC
		High	0,7 bis VCC
		Strom	1A total
Digitale Ausgänge Bremse M1, M2	2 x 24 VDC PWM tauglich	Low	0 bis 0,7VDC
		High	VCC
		Strom	1 A
Bussystem	Ja	CAN-Bus, optional ProfiNET, optional EtherCAT	
Safe Torque Off	Ja	Optional mit Aufsteckplatine	
Temperaturüberwachung	Ja	PTC (z.B. 140 °C)	
		PT1000	
		I <sup>2</sup> T Abschaltung	
Stromverbrauch Steuerplatine MCP-48-20-02	Steuerplatine	Ca. 130 mA	
	Steuerplatine mit magnetischem Encoder/Hallsensoren angeschlossen	Ca. 140 mA	
	Mit gelüfteter Bremse	Ca. 700 mA bis 800 mA	

Tabelle 5: Leistungsdaten

### 3.4 Abmessungen

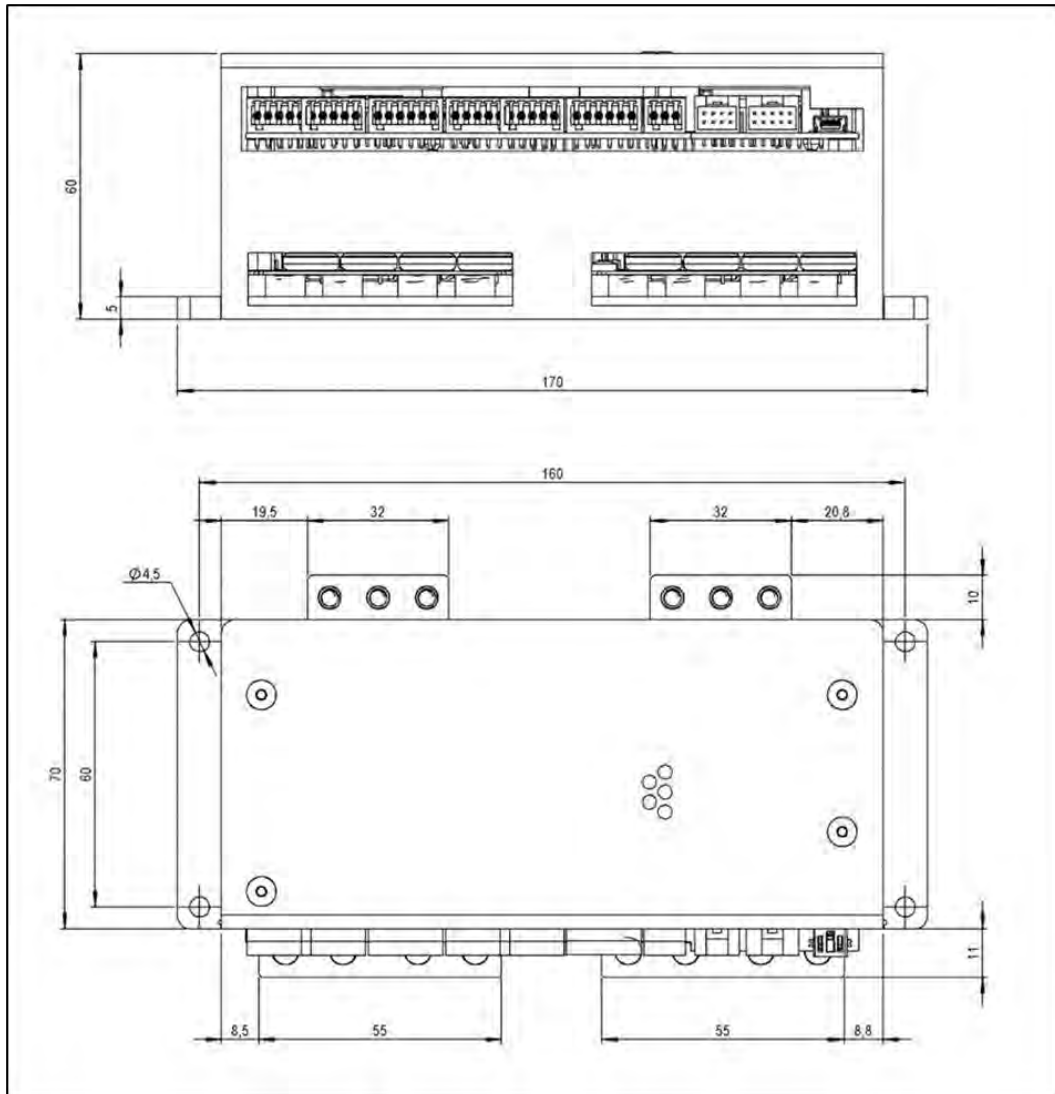


Abbildung 1: Abmessungen

### 3.5 Controllerstruktur des Antriebsreglers

Der MTA Antriebsregler MCP-48-20-02 setzt sich aus drei verschiedenen Platinen zusammen und ist doppelstöckig ausgeführt. Aufgrund der Wärmeabgabe ist die Leistungselektronik direkt unten auf der Grundplatte montiert. Die Leistungselektronik für beide Motorabgänge ist ident und wird im Folgenden als Leistungsteil bezeichnet. Diese beiden Leistungsteile stellen, wie der Name sagt, die Leistungs-Endstufen des Antriebsreglers da. Sie sind mit einer gemeinsamen darüberliegenden Platine, dem Steuerteil, verbunden. Auf dem Steuerteil sind die Mikrocontroller zur Regelung der Antriebe untergebracht sind.

Am Steuerteil ist für jeden Motorabgang jeweils ein eigener Mikrocontroller vorgesehen (Motorcontroller). Zusätzlich gibt es einen übergeordneten Mikrocontroller der Befehle an die Motorcontroller weitergibt und Synchronisierungsaufgaben in den Betriebsmodi übernimmt (Applikationscontroller). Für die Kommunikation über CAN-Bus ist ebenfalls ein optimierter CAN-Controller implementiert.

Bezeichnung	Alternativ- bezeichnung	Aufgabe
Applikationscontrol- ler	App-DSP, APP	Synchronisierung, Sollwertvorgabe an MCs,
Motorcontroller	Motor-DSP, MC	Regelung der Motoren
CAN-Bus Controller	CAN-DSP	CANopen Kommunikation

*Tabelle 6: Controllerbezeichnungen*



## 4 Klemmenübersicht

### 4.1 Ansicht

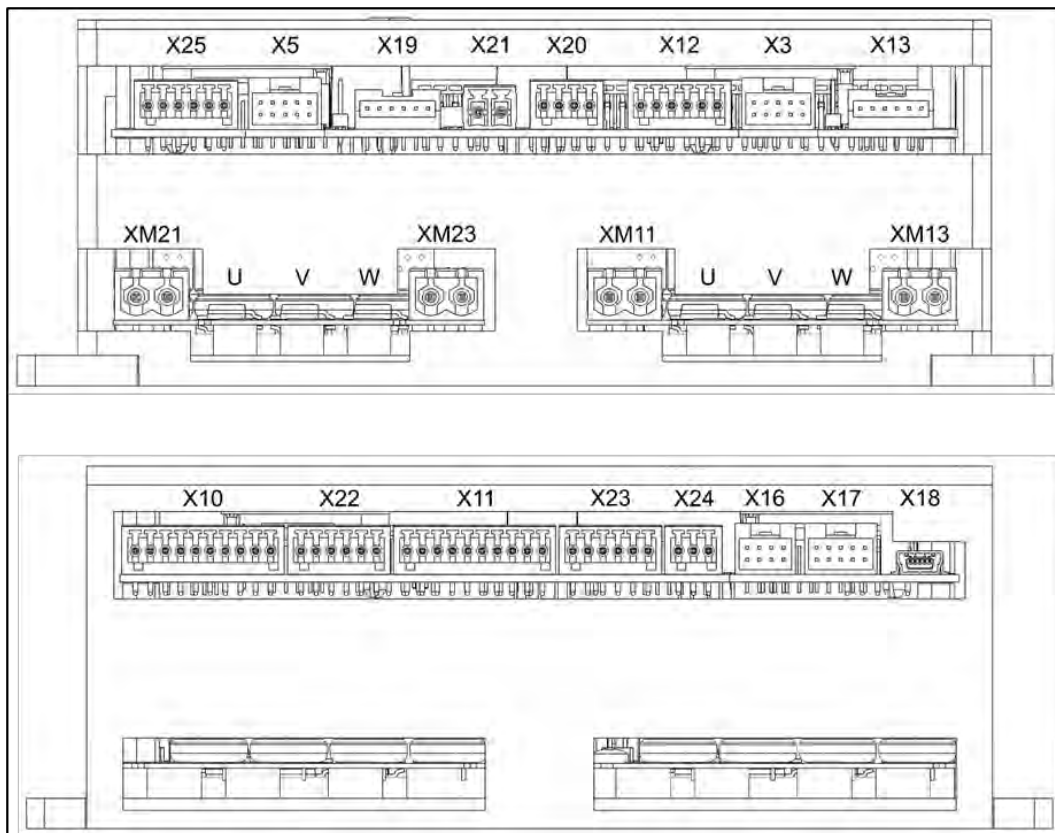


Abbildung 2: Klemmenübersicht – Seitenansicht

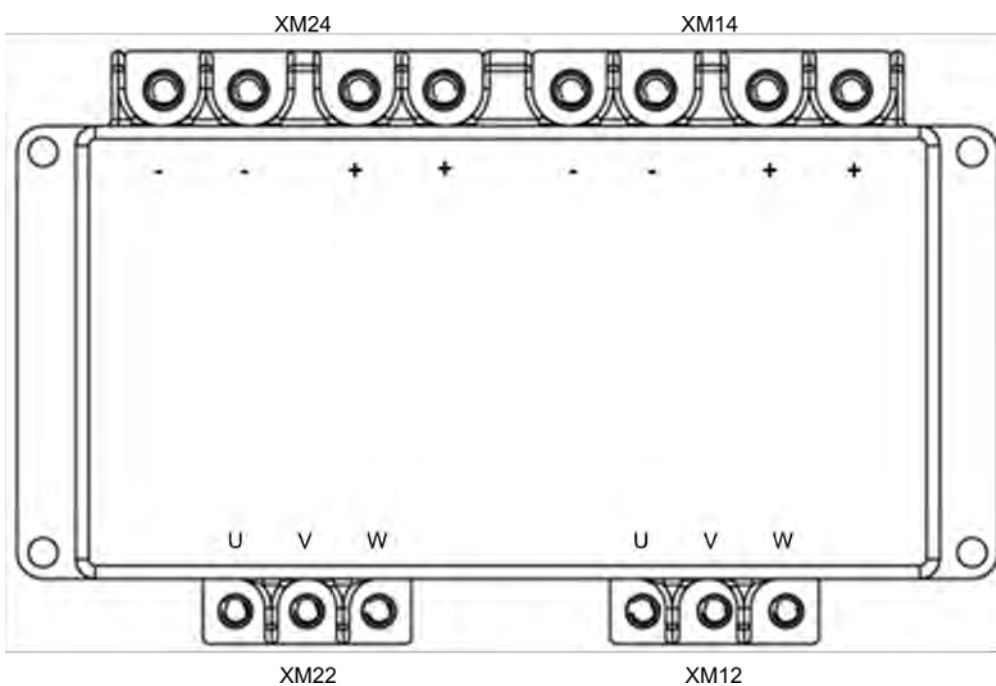


Abbildung 3: Klemmenübersicht - Draufsicht

## 4.2 Pin-Nummerierung

Bei einreihigen Steckern ist Pin 1 bei jeder Klemme jeweils links außen. Bei allen zweireihigen Steckern ist die Pin-Nummerierung wie in [Abbildung 4](#) festgelegt.

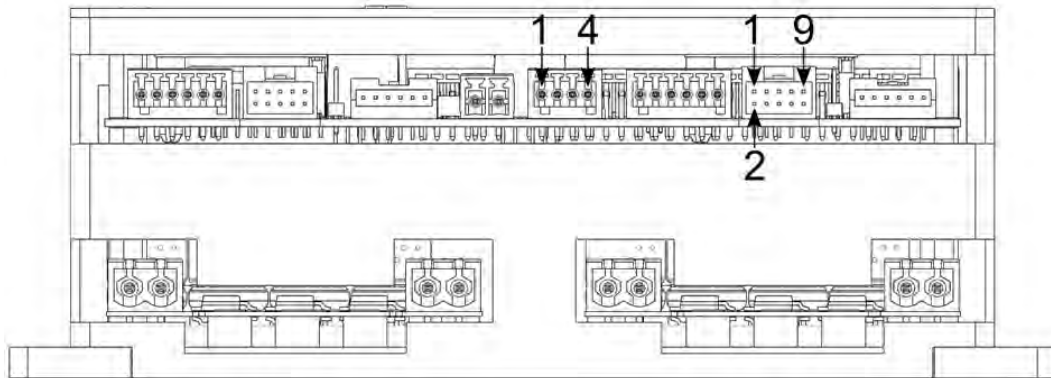


Abbildung 4: Pin-Nummerierung

## 4.3 Digitale Eingänge - Klemmen X10 und X11

Die Klemme X10 ist für den Anschluss der digitalen Inputs von Motor M1, die Klemme X11 für den Motor M2 vorgesehen.

Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X10.1	24V	Ausgang
X10.2	DI 1	Drehrichtung CW M1
X10.3	DI 2	Drehrichtung CCW M1
X10.4	DI 3	Reglerfreigabe (RFG)
X10.5	DI 4	G1* M1
X10.6	DI 5	G2* M1 / Endlagensensor 1
X10.7	DI 6	G3* M1 / Endlagensensor 2
X10.8	DI 7	Quick Stop Ramp 1
X10.9	DI 8	Quick Stop Ramp 2
X10.10	GND	
*G1, G2 und G3 sind für die digitale Drehzahl/Drehmoment-Vorgabe (siehe Kapitel 7.2.3.2 Geschwindigkeitsmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 4) bzw. Kapitel 7.2.4.2 Drehmomentmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 1))		

Tabelle 7: Digitale Eingänge Klemme X10

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X11.1	24V	
X11.2	DI 9	Drehrichtung CW M2
X11.3	DI 10	Drehrichtung CCW M2
X11.4	DI 11	Reglerfreigabe
X11.5	DI 12	G1 M2
X11.6	DI 13	G2 M2 / Endlagensensor 1
X11.7	DI 14	G3 M2 / Endlagensensor 2

X11.8	DI 15	Quick Stop Ramp 1
X11.9	DI 16	Quick Stop Ramp 2
X11.10	GND	
*G1, G2 und G3 sind für die digitale Drehzahl/Drehmoment-Vorgabe (siehe Kapitel 7.2.3.2 Geschwindigkeitsmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 4) bzw. Kapitel 7.2.4.2 Drehmomentmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 1))		

Tabelle 8: Digitale Eingänge Klemme X11

#### 4.4 Versorgung Steuerplatine - Klemme X21

Die Klemme X21 versorgt den Steuerteil mit der Versorgungsspannung 24 VDC.

Klemme/Pin	Signal	Funktion
X21.1	GND	Versorgung GND
X21.2	24 V	Betriebsspannung 24 V

Tabelle 9: Versorgung Steuerplatine

#### 4.5 Digitale Ausgänge - Klemme X20

Die digitalen Ausgänge geben ein logisches High, wenn der jeweilige Motorabgang keinen Fehler hat und bereit ist in Betrieb zu gehen oder in Betrieb ist.

Klemme/Pin	Signal	Funktion
X20.1	DO 1	Ready Signal M1
X20.2	GND	
X20.3	DO 2	Ready Signal M2
X20.4	GND	

Tabelle 10: Digitale Ausgänge X20

#### 4.6 CAN-Bus Anschluss - Klemme X24

Der CAN-Bus ist in der Standardausführung vorhanden und auf Klemme X24 ausgeführt.

Klemme/Pin	Signal	Funktion
X24.1	High	CAN_HIGH
X24.2	Low	CAN_LOW
X24.3	GND	CAN_GND

Tabelle 11: CAN-Bus-Anschluss X24

#### 4.7 Temperaturüberwachung und Bremsenanschluss - Klemmen X12 und X25

Die Klemme X12 (Motor 1) und Klemme X25 (Motor 2) sind für den Anschluss der Temperaturüberwachung beider Motore und falls in der Applikation verbaut, der Temperaturüberwachung der Bremswiderstände (Thermokontakt-Chopper) vorgesehen.

Wenn kein Thermokontakt-Chopper (Pin 1 und 2) oder Temperaturfühler (Pin 5 und 6) angeschlossen werden, müssen die jeweiligen Pins gebügelt werden, um das Auslösen eines Temperaturfehlers zu unterdrücken.

Der Anschluss jeweils einer Bremse pro Motorabgang erfolgt ebenfalls über diese beiden Anschlussklemmen (Pin 3 und 4). Die Bremse schaltet gegen GND (Low-side/GND geschaltet).

Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X12.1	TK_Ch1 +	Thermokontakt Chopper Motor 1 +
X12.2	TK_Ch1 -	Thermokontakt Chopper Motor 1 -
X12.3	24V	Bremse Motor 1
X12.4	Brake M1	Bremse Motor 1
X12.5	Temp. M1 +	Temperatur Motor 1 +
X12.6	Temp. M1 -	Temperatur Motor 1 -

Tabelle 12: Temperaturüberwachung und Bremsenanschluss Klemmen X12

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X25.1	TK_Ch2 +	Thermokontakt Chopper Motor 2 +
X25.2	TK_Ch2 -	Thermokontakt Chopper Motor 2 -
X25.3	24V	Bremse Motor 2
X25.4	Brake M2	Bremse Motor 2
X25.5	Temp. M2 +	Temperatur Motor 2 +
X25.6	Temp. M2 -	Temperatur Motor 2 -

Tabelle 13: Temperaturüberwachung und Bremsenanschluss Klemmen X25

#### 4.8 Geberrückführung / Encoderstecker - Klemmen X3 und X5

An den Klemmen X3 (für Motor 1) und X5 (für Motor 2) werden die Signale des am Motor verbauten magnetischen Winkelencoders oder bei Ausführung mit Hallrückführung die Hallsensoren angeschlossen.

Motor 1			
Klemme/Pin*	Signal	Funktion	Farbe**
X3.1	ENC_GND	ENC_GNDISO1	Grün/Braun
X3.2	5V	5V Out	Grün/Weiß
X3.3	ENC_I_N	Spur I Negativ	Lila
X3.4	ENC_I_P/H3	Spur I Positiv/Hall3	Gelb
X3.5	ENC_B_N	Spur B Negativ	Rosa
X3.6	ENC_B_P/H2	Spur B Positiv/Hall2	Grau
X3.7	ENC_A_N	Spur A Negativ	Schwarz
X3.8	ENC_A_P/H1	Spur A Positiv/Hall1	Rot
X3.9	ENC_PWM_N	Spur PWM Negativ	Grün
X3.10	ENC_PWM_P	Spur PWM Positiv	Braun

\*Pin-Nummerierung beachten, siehe Kapitel 4.2 Pin-Nummerierung  
 \*\*Farbe kann abweichen. Mit Angaben im Motordatenblatt überprüfen.

**Hinweis:**  
 Wenn ein Motor mit Hallsensoren betrieben wird, dann dürfen für einen ordnungsgemäßen Betrieb nur die dafür notwendigen Pins (X3.1, X3.2, X3.4, X3.6 und X3.8) verkabelt werden!

Tabelle 14: Encoder-Stecker-Klemmen X3

Motor 2			
Klemme/Pin*	Signal	Funktion	Farbe**
X5.1	ENC_GND	ENC_GNDISO1	Grün/Braun
X5.2	5V	5V Out	Grün/Weiß
X5.3	ENC_I_N	Spur I Negativ	Lila
X5.4	ENC_I_P/H3	Spur I Positiv/Hall 3	Gelb
X5.5	ENC_B_N	Spur B Negativ	Rosa
X5.6	ENC_B_P/H2	Spur B Positiv/Hall 2	Grau
X5.7	ENC_A_N	Spur A Negativ	Schwarz
X5.8	ENC_A_P/H1	Spur A Positiv/Hall 1	Rot
X5.9	ENC_PWM_N	Spur PWM Negativ	Grün
X5.10	ENC_PWM_P	Spur PWM Positiv	Braun

\*Pin-Nummerierung beachten, siehe Kapitel 4.2 Pin-Nummerierung  
 \*\*Farbe kann abweichen. Mit Angaben im Motordatenblatt überprüfen.

**Hinweis:**  
 Wenn ein Motor mit Hallensoren betrieben wird, dann dürfen für einen ordnungsgemäßen Betrieb nur die dafür notwendigen Pins (X5.1, X5.2, X5.4, X5.6 und X5.8) verkabelt werden!

Tabelle 15: Encoder-Stecker-Klemmen X5

#### 4.9 Geberrückführung Sin/Cos Encoder - Klemmen X13 und X19

Diese Funktion ist softwareseitig derzeit nicht implementiert.

Alternativ zum magnetischen Encoder mit ABI-Spur steht eine Geberrückführung mit sin/cos-Spur zur Verfügung. Auf Kundenwunsch kann diese Schnittstelle als Eingang für ein externes Wegmesssignal genutzt werden.

Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X13.1	Versorgung	
X13.2	<b>ENC_Sin_μCS1</b>	Encoder Sinus
X13.3	-----	
X13.4	<b>ENC_Cos_μCS1</b>	Encoder Cosinus
X13.5	-----	
X13.6	GNDISO1	

Tabelle 16: Sin/Cos-Encoder Klemmen X13

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X19.1	Versorgung	
X19.2	<b>ENC_Sin_μCS2</b>	Encoder Sinus
X19.3	-----	
X19.4	<b>ENC_Cos_μCS2</b>	Encoder Cosinus
X19.5	-----	
X19.6	GNDISO2	

Tabelle 17: Sin/Cos-Encoder Klemmen X19

#### 4.10 Anschluss für externes Interface Klemme X17

Diese Funktion ist softwareseitig derzeit nicht implementiert. Für ein externes Referenzmesssystem kann ein zusätzliches SSI-Interface genutzt werden.

Klemme/Pin	Signal	Funktion
X17.1	5V	Versorgung
X17.2	GND	GND
X17.3	A	Bus Input
X17.4	B	Bus Input
X17.5	n.c.	-----
X17.6	n.c.	-----
X17.7	Z	Bus Output
X17.8	Y	Bus Output
X17.9	n.c.	-----
X17.10	GND	GND

Tabelle 18: SSI Interface Klemme X17

#### 4.11 Leitfrequenz Ein-/Ausgang - Klemme X16

Für antriebsreglerübergreifende Synchronisationsaufgaben (von einem Zweiachsregler auf mehrere Zweiachsregler) steht ein parametrierbarer Leitfrequenz Ein- und Ausgang zur Verfügung. Dabei wird der Leitfrequenzanschluss des Leitfrequenz-Masters auf Ausgang und der Anschluss der Leitfrequenz-Slaves auf Eingang parametrierbar. Die Rückkopplung der Leitfrequenz-Slaves an den Leitfrequenz-Master bei Schleppfehler erfolgt über Klemme X17. Abbildung 5 zeigt ein Blockschaltbild des Leitfrequenzbetriebes

Klemme/Pin*	Signal	Funktion
X16.1	5V	Versorgung
X16.2	Ext_Enc_A	Encoder A Spur
X16.3	Ext_Enc_B	Encoder B Spur
X16.4	Ext_Enc_I	Encoder I Spur
X16.5	Ext_Enc_GPIO	Encoder General Purpose Input/Output
X16.6	n.c.	n.c.
X16.7	n.c.	n.c.
X16.8	GND	GND

\*Pin-Nummerierung beachten, siehe Kapitel Pin-Nummerierung

Tabelle 19: Leitfrequenz Ein-/Ausgang - Klemme X16

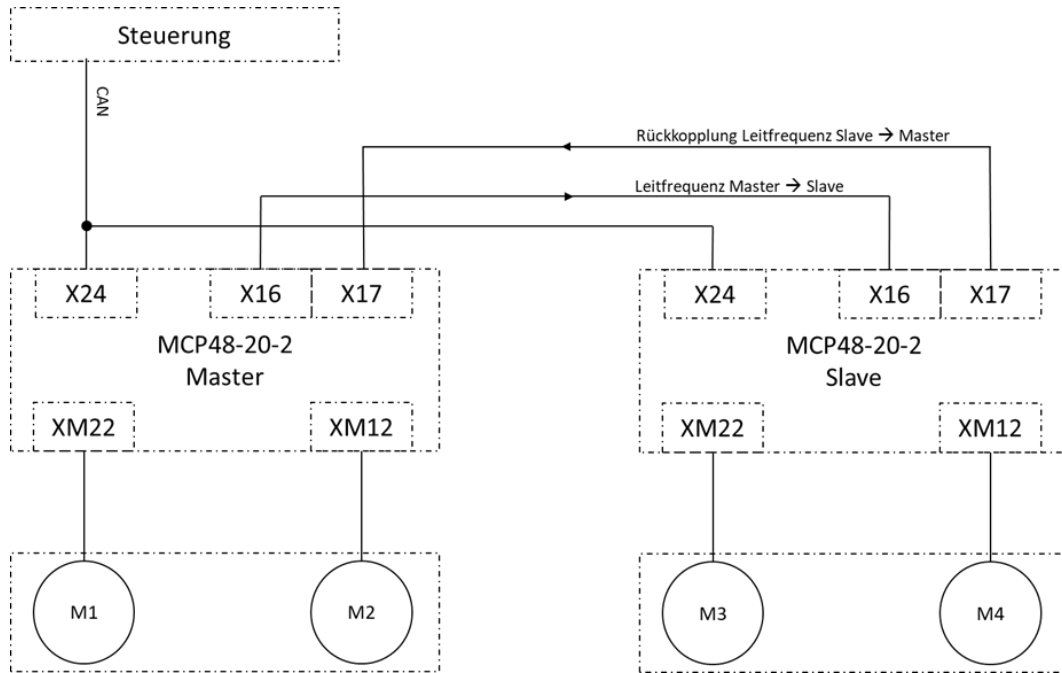


Abbildung 5: Blockschaltbild Leitfrequenz

Nachfolgender Verdrahtungsplan zeigt das Verkabelungsschema der Leitfrequenzklemme X16 für die Leitfrequenz-Synchronisation.

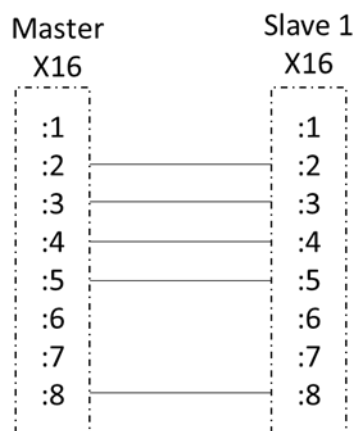


Abbildung 6: Verkabelung Leitfrequenz-Aus- und Eingang

Die Rückkopplung der Leitfrequenz-Slaves auf den Leitfrequenz-Master erfolgt über die Klemme X17. Hat einer der Leitfrequenz-Slave eine Störung, wird über die Rückführung die Information an den Leitfrequenz-Master weitergegeben und die Antriebe gegebenenfalls gestoppt.

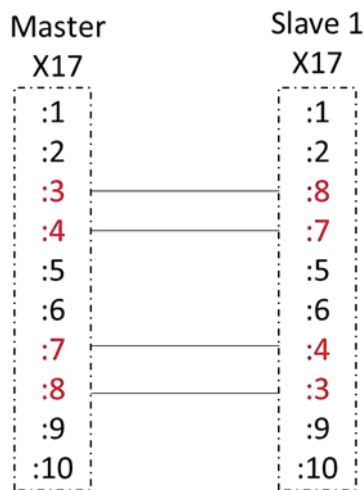


Abbildung 7: Verkabelung Rückkopplung Leitfrequenz

#### 4.12 Option Safe Torque Off (STO) – Klemmen X22 und X23

Für jeden der beiden Motorabgänge steht unabhängig voneinander optional die Sicherheitsfunktion Safe Torque Off (STO) zur Verfügung. Die STO-Platine ist als Aufsteckplatine ausgeführt. Die Steuerplatine des Zweiachsreglers ist bereits derart ausgeführt, dass die notwendigen Schnittstellen für die redundante Abschaltung der Leistungsendstufe vorgesehen sind. Die Zertifizierung der STO-Funktion erfolgt auf **Performance Level „e“** der Kategorie 4.

Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X22.1	STO A In	Kanal A
X22.2	STO B In	Kanal B
X22.3	STO Error Reset	Error Eingang
X22.4	STO Error Out	Diagnose
X22.5	OK	Status
X22.6	GNDISO1	

Tabelle 20: STO – Klemmen X22

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
X23.1	STO A In	Kanal A
X23.2	STO B In	Kanal B
X23.3	STO Error Reset	Error Eingang
X23.4	STO Error Out	Diagnose
X23.5	OK	Status
X23.6	GNDISO2	

Tabelle 21: STO – Klemmen X23

Weitere Informationen finden Sie im Kapitel 8 STO (Safe Torque Off).

#### 4.13 Leistungsversorgung - Klemmen XM14 und XM24

Die Leistungsversorgung wird an den Leistungsteilen der MCP-48-20-02 an den Anschlussgewinden XM14 (Motor 1) und XM24 (Motor 2) mit Linsenkopfschrauben DIN 7985 – M5x6 angeschlossen.



Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM14.1	24/48V+	Betriebsspannung Leistungsteil M1
XM14.2	24/48V+	Betriebsspannung Leistungsteil M1
XM14.3	GNDISO1	Versorgung M1 GNDISO1
XM14.4	GNDISO1	Versorgung M1 GNDISO1

Tabella 22: Leistungsversorgung - Klemmen XM14

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM24.1	24/48V+	Betriebsspannung Leistungsteil M2
XM24.2	24/48V+	Betriebsspannung Leistungsteil M2
XM24.3	GND	Versorgung M2 GNDISO2
XM24.4	GND	Versorgung M2 GNDISO2

Tabella 23: Leistungsversorgung - Klemmen XM24

#### 4.14 Motoranschlüsse – Klemmen XM12 und XM22

Die Motorphasen U, V, W werden über die Anschlussgewinde XM12 (Motor 1) und XM22 (Motor 2) mit Linsenkopfschrauben DIN 7985 – M4x6 am Antriebsregler MCP-48-20-02 angeschlossen.

Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM12.1	U	Phase U Motor 1
XM12.2	V	Phase V Motor 1
XM12.3	W	Phase W Motor 1

Tabella 24: Motoranschlüsse - Klemmen XM12

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM22.1	U	Phase U Motor 2
XM22.2	V	Phase V Motor 2
XM22.3	W	Phase W Motor 2

Tabella 25: Motoranschlüsse - Klemmen XM22

#### 4.15 PE-Anschluss XM13 und XM23

Für den Anschluss der Schutzerdung (PE) des Motors sind die beiden Klemmen XM13 (Motor 1) und XM23 (Motor 2) vorgesehen.

Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM13.1	PE	Erdung Motor 1
XM13.2	-	Not connected

Tabella 26: PE-Anschlüsse - Klemmen XM13

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM23.1	PE	Erdung Motor 2
XM23.2	-	Not connected

Tabelle 27: PE-Anschlüsse - Klemmen XM23

Für den PE-Anschluss muss am Leistungsteil ein Jumper auf einer 3-poligen Stiftleiste (2,54 mm Raster) gesetzt werden, der auf folgende Bezugspotentiale gewählt werden kann:

- Gehäuse-Potential
- GNDISO1 oder GNDISO2, abhängig vom Leistungsteil

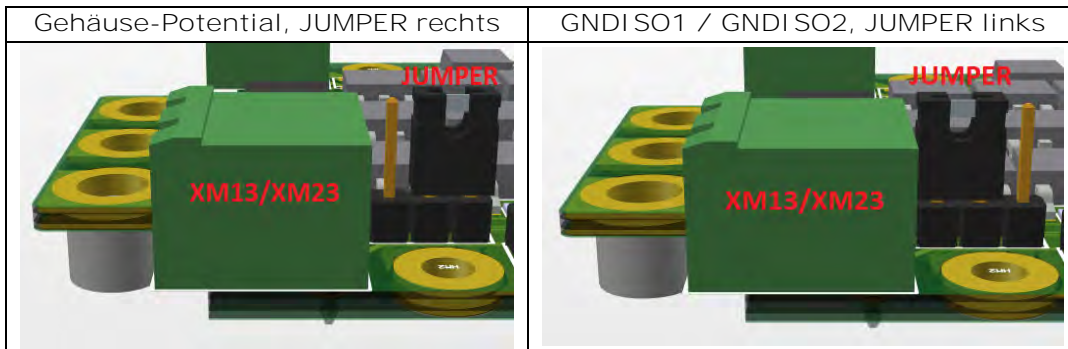


Abbildung 8: Jumper setzen

Der Zweiachsregler wird ohne JUMPER geliefert. Es wird ausdrücklich empfohlen, den PE-Anschluss direkt am Gehäuse bzw. XM14/XM24 (GNDISO1/GNDISO2) zu befestigen.

#### 4.16 Bremschopperanschluss – Klemmen XM 11 und XM 21

Die beiden Klemmen XM11 (Motor 1) und XM21 (Motor 2) sind Bremschopperausgänge. An diesen Klemmen kann ein externer Leistungswiderstand angeschlossen werden.

Die integrierte Bremschopper-Schaltung unterstützt einen maximalen Strom von 7.5 A<sub>DC</sub> und der Ausgang ist GNDISO1- bzw. GNDISO2-schaltend. Der Widerstandswert (Ohm) muss entsprechend der maximalen Spannung gewählt werden, die maximale Verlustleistung des Widerstands entsprechend der zu erwarteten Bremsenergie.


Beispiel: Bei einer Betriebsspannung von 48 V wird der Widerstandswert auf 10 bis 12 Ω dimensioniert. Der Strom wird so bei der voreingestellten Bremschopper-Schwellenspannung von 60 V auf 5-6 A begrenzt. Je nach zu bremsender Masse, beziehungsweise nach zu umwandelnder Energiemenge kann dann die maximal zulässige Verlustleistung des Widerstands festgelegt werden. Üblich ist beispielsweise die Verwendung eines Leistungswiderstands mit einer Leistung von 20 W, wenn dieser thermisch an z.B. an das Metallgehäuse angebunden wird.


Motor 1		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM11.1	CH1 -	GNDISO1 - Chopper Motor 1
XM11.2	CH1 +	48V - Chopper Motor 1

Tabelle 28: Bremschopper - Klemmen XM11

Motor 2		
Klemme/Pin	Signal	Funktion
XM21.1	CH1 -	GNDISO2 - Chopper Motor 2
XM21.2	CH1 +	48V - Chopper Motor 2

Tabella 29: Bremschopper - Klemmen XM21

	<p>Je nach Belastungsfall und Art der Abbremsung des Motors, wird Bewegungsenergie wieder freigesetzt.</p> <p>Im 4Q-Betrieb wird die freiwerdende Bewegungsenergie als elektrische Energie in den Zwischenstromkreis der Netzversorgung zurückgeführt. Wenn keine anderen Verbraucher diese Energie entnehmen, kann die Spannung im Zwischenstromkreis einen Wert erreichen, der Schaden an elektrischen Schaltungen verursachen kann.</p> <p>Da geringe Schwankungen normal sind, ist es wichtig, dass der Antriebsregler eine höhere Spannung vertragen kann, als das Netzteil maximal liefert.</p> <p>Der Betreiber des Systems muss sicherstellen, dass die Spannung von 60 V nicht überschritten wird. Der Antriebsregler verfügt über eine entsprechende Überspannungsabschaltung bei 63 V, der Regler geht in den Fehlerzustand und der Motor läuft unkontrolliert aus.</p>
---	--

	<p>Die Bremschopperschwelle des internen Bremschoppers ist einstellbar (siehe Kapitel 7.2 Betriebsarten und Funktionsbeschreibung).</p>
--	---

#### 4.17 Mini-USB X18

Über die Mini-USB Buchse (Typ B) kann der Zweiachsregler konfiguriert und parametrierung werden. Diese Funktion steht jedoch nur im Expertenmodus zur Verfügung und wird nicht empfohlen seitens MTA. Stattdessen sollte die CAN-Bus Schnittstelle für Firmwareupdates und die Parametrierung verwendet werden.

Klemme/Pin	Funktion
X18	Mini-B USB Konfigurations-Anschluss

Tabella 30: Mini-USB Anschluss - Klemme X18

## 5 LEDs

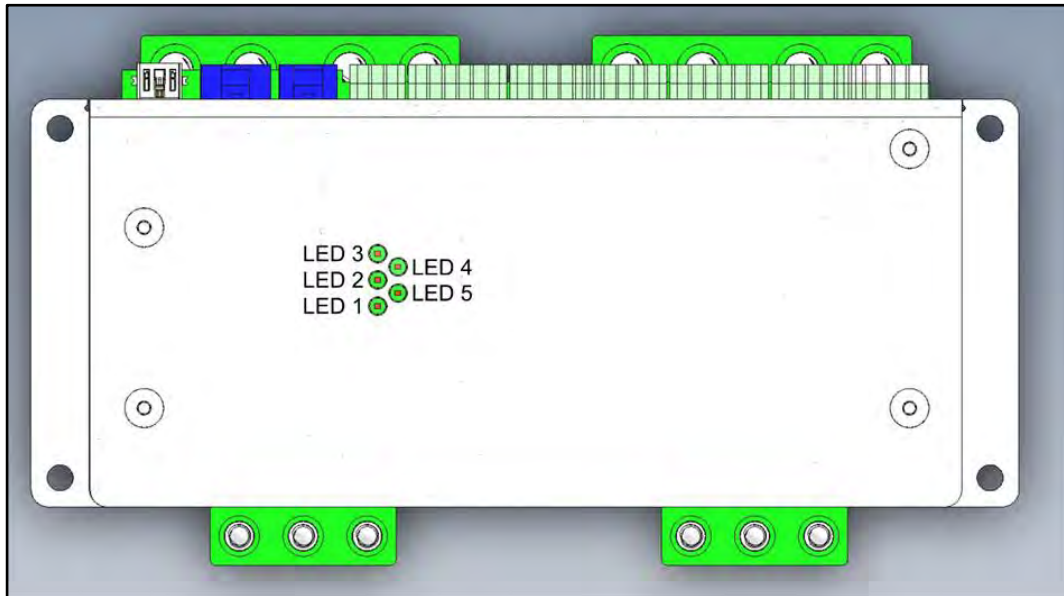


Abbildung 9: LED-Bezeichnung


LED	FUNKTION	ANZEIGE	BESCHREIBUNG
LED1	CAN (grün)	Blinkt abwechselnd mit LED 2	Betriebsbereit, kein CAN-Gerät angeschlossen
		Blinkt grün	CAN-Status „pre-operational“
		Leuchtet grün	CAN-Verbindung in Ordnung
LED2	CAN (rot)	Blinkt abwechselnd mit LED 1	Betriebsbereit
		Leuchtet rot	Fehler
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn der Antriebsregler gestartet wird und der CAN-Controller bereit ist, blinken LED 1 und LED 2 abwechselnd (LED1 – 3 mal grün und LED2 – 1 mal rot).</li> <li>• Wenn man ein CAN-Gerät anschließt, blinkt nur mehr die LED 1 und die LED 2 nicht mehr.</li> <li>• Startet man den Knoten leuchtet die LED 1 dauerhaft.</li> <li>• Liegt ein Fehler am CAN-Bus vor, beginnt die LED 2 dauerhaft zu leuchten.</li> </ul> </div>			
LED 3	System/ Applikations-controller	Aus	Kein Betrieb
		Leuchtet grün	Reglerfreigabe ist aktiv
		Blinkt grün	Fehlerzustand. Reset durch Aus-/Einschalten der Reglerfreigabe.
LED 4	Motorabgang 1	Aus	Kein Betrieb
		Leuchtet grün	Reglerfreigabe ist aktiv
		Blinkt grün	Fehlerzustand. Reset durch Aus-/Einschalten der Reglerfreigabe.
LED 5	Motorabgang 2	Aus	Kein Betrieb
		Leuchtet grün	Reglerfreigabe ist aktiv
		Blinkt grün	Fehlerzustand. Reset durch Aus-/Einschalten der Reglerfreigabe.

Abbildung 10: LED-Bezeichnung

## 6 DIP-Schalter

### 6.1 Nutzung der DIP-Schalter



Abbildung 11: Nutzung DIP-Schalter

Die DIP-Schalter von 1 bis 6 dienen der hardwaremäßigen Einstellung der CAN-Knotennummer. Diese kann mit den Schaltern zwischen 1 und 64 mittels binärer Codierung eingestellt werden. Wird keiner dieser DIP-Schalter gesetzt, so bleibt die softwaremäßig eingestellte CAN-Knotennummer aktiv.

Die beiden DIP-Schalter 7 und 8 dienen der Abstimmung der Steuerplatine des Antriebsreglers zu den verwendeten Leistungsteil. Diese werden von MTA voreingestellt und dürfen von Kunden nicht verändert werden.

Die DIP-Schalter 9 und 10 können verwendet werden zum Setzen des CAN-Abschlusswiderstands. Werden beide DIP-Schalter eingeschaltet, so ist der Abschlusswiderstand gesetzt, der MCP-48-20-02 Antriebsregler schließt den CAN-Bus an einem Ende ab.

## 7 Betrieb

### 7.1 Erstinbetriebnahme

Hier wird beschrieben, wie die Inbetriebnahme eines einzelnen Antriebsreglers, in der Standardausführung (hinsichtlich Verkabelung, Stromversorgung und Schnittstelle) durchzuführen ist. In diesem Beispiel wird ein Antriebsregler MCP-48-20-02 in Standardausführung, ohne jegliche Zusatzoption, verwendet. Zuerst wird auf die Verkabelung eingegangen und dann wird gezeigt, wie ein Motor vom MTA im Digital- oder im CAN-Modus mit vorparametrimtem Regler betrieben werden kann. Die weiteren Abschnitte zeigen, wie ein neuer Motor in Betrieb genommen wird und wie die Parametrierung für andere Funktionen durchgeführt werden muss.

Die betriebsrelevanten Parameter werden seitens MTA, nach Absprache während des Bestellprozesses, vorkonfiguriert. Das heißt auch, dass die gewünschte Betriebsart, welche in Abschnitt 7.2 Betriebsarten und Funktionsbeschreibung ersichtlich sind, bereits parametriert ist.

#### 7.1.1 Verkabelung

In Kapitel 4 Klemmenübersicht ist die gesamte Klemmenübersicht und die dazugehörige Pinbelegung ersichtlich. In diesem Abschnitt wird daher die genaue Funktion der einzelnen Pins nicht weiter erläutert.

In Abbildung 2: Klemmenübersicht – Seitenansicht ist die Klemmenbezeichnung ersichtlich. Folgend sind die Klemmen angeführt, welche unbedingt für die Erstinbetriebnahme zu verbinden sind:

1. Versorgung
  - a. Steuerplatine X21
  - b. Leistungsplatine XM14 / XM24
2. Motorverkabelung
  - a. Motoranschlüsse XM12 / XM22
  - b. Encoderstecker X3 / X5
  - c. Temperaturüberwachung, Bremse X12 / X25 (siehe Zusatzbemerkung unten)
3. Schnittstelle
  - a. Digitale Eingänge X10 / X11 (für Digitalmodus)
  - b. CAN-Bus Anschluss X24 (für Betrieb über CAN-Schnittstelle)



Falls der verwendete Motor über keine Bremse verfügt, braucht diese auch nicht verkabelt werden. Das gleiche gilt auch wenn die Bremse extern geöffnet wird. Wenn keine Thermokontakte Chopper (Pin 1 und 2) oder Temperaturfühler (Pin 5 und 6) angeschlossen werden, müssen die jeweiligen Pins mittels einer Brücke gebügelt werden.

#### 7.1.2 Allgemeine Hinweise für die Erstinbetriebnahme

Für die Erstinbetriebnahme eines Motors ist es empfohlen dafür zu sorgen, dass die Motorwelle frei drehen kann. Ist der Motor in einem Fahrzeug verbaut so sollte die Inbetriebnahme ohne Last bzw. mit aufgebockten Radantrieben durchgeführt werden. So kann ein unbeabsichtigtes Blockieren des Motors vermieden werden.

Des Weiteren wird seitens MTA ebenfalls empfohlen den zulässigen Motorstrom (Strombegrenzung) für die Inbetriebnahme zuerst auf etwa ein Drittel des Nennstroms abzusenken, um bei Verdrahtungsfehlern oder unerwartetem Verhalten des Antriebs eine Zerstörung des Motors auszuschließen.

#### 7.1.3 Digitalmodus

In Abbildung 12 ist die Verschaltung der Digitaleingänge zu sehen. An Pin 1 der Klemmen X10 und X11 können die 24 V, mit welchen die Eingänge beschaltet werden, abgegriffen werden. In diesem Beispiel sind die Digitaleingänge direkt mit Schaltern angesteuert. Dies wird in den meisten Fällen später über eine SPS oder andere Steuerelemente realisiert.

Für die Funktion der anderen Pins wird auf Kapitel 4 Klemmenübersicht verwiesen. In Abschnitt 7.2.3.2 Geschwindigkeitsmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 4) wird gezeigt, welche Drehzahl sich durch Schalten der Eingänge, einstellt.

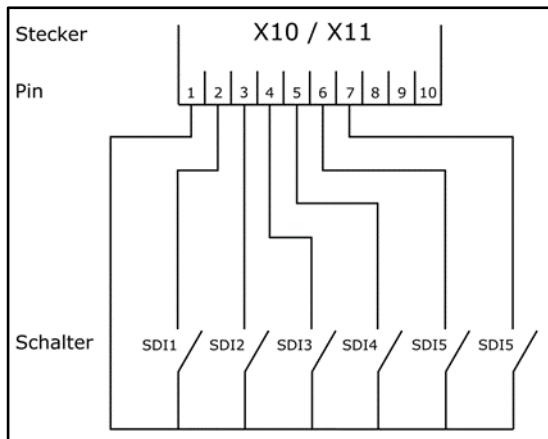


Abbildung 12: Mögliche Verschaltung Digitalmodus

Als nächsten Schritt kann der Regler bereits mit Spannung versorgt werden. Die Steuer-platine muss dabei immer mit 24 V betrieben werden. Am Leistungsteil kann eine Spannung bis 60 V verwendet werden. Die Schalter sollten vorab noch nicht betätigt sein, um ein ungewolltes Drehen des Motors zu verhindern.

**Die LEDs sollten, kurz nach dem Einschalten „betriebsbereit, kein CAN-Gerät angeschlossen“ signalisieren.** Für genauere Informationen zum Signalverhalten der LEDs wird hier auf Kapitel LEDs verwiesen.

Die Eingänge können jetzt geschaltet werden. Es muss mindestens die Drehrichtung und eine Geschwindigkeit gesetzt werden. Bevor die Reglerfreigabe geschaltet wird, es ist darauf zu achten, dass die Motorwelle frei rotieren kann.

Der Motor sollte nach dem Setzen der Reglerfreigabe mit den vorparametrierten Werten beschleunigen und sich mit konstanter Geschwindigkeit drehen. Die Geschwindigkeit und Drehrichtung kann, im laufenden Betrieb, direkt mit den Digitaleingängen beeinflusst werden.

Die LEDs für den Applikationsprozessor und den verwendeten Motorcontroller (Motorabgang 1 oder 2) leuchten bei Betrieb durchgehend. Ist das nicht der Fall, liegt ein Fehler vor. Wie die Fehlerquelle eruiert werden kann und welche Maßnahmen getroffen werden müssen, wird in Abschnitt 11 Fehlerbehebung auf Seite 58 behandelt.

#### 7.1.4 CAN

Um die Inbetriebnahme über die CAN-Schnittstelle zu realisieren, muss als erstes das CAN-Netzwerk **richtig aufgebaut werden (Verkabelung, Abschlusswiderstände, ...)**. Hierzu müssen die allgemeinen CAN-Netzwerk Anforderungen befolgt werden. Es wird eine Steuerung benötigt, welche die CAN-Befehle an den Antriebsregler schickt. In unserem Beispiel wird mit einem PC und einer USB-to-CAN Schnittstelle gearbeitet. Es gibt zahlreiche Hersteller und Geräte welche den CANopen Standard unterstützen und mit denen der Antriebsregler betrieben werden kann.

Ist das CAN-Netzwerk aufgebaut kann der Antriebsregler mit Spannung versorgt werden. Die Steuerplatine muss dabei immer mit 24 V betrieben werden. Am Leistungsteil kann eine Spannung bis 60 V verwendet werden.

Um eine Verbindung zum Antriebsregler MCP-48-20-02 aufzubauen, benötigt man die NodeId und die Baudrate. Diese sind bei Standardauslieferung auf NodeId = 126 und Baudrate = 500 kBit/s eingestellt.

Folgend eine Abfolge, mit der der Motor mit vorgegebener Geschwindigkeit drehen soll. Bevor die Reglerfreigabe gesetzt wird, ist darauf zu achten, dass die Motorwelle frei rotieren kann.

1. Verbindung aufbauen (abhängig von übergeordneter Steuerung)



2. Setzen des Gerätes auf CAN-Betriebszustand „operational“, indem das Objekt 0x2001 = 5 geschrieben wird oder der entsprechende NMT-Befehl gesendet wird.
3. Geschwindigkeitsvorgabe über das Objekt 0x6042
4. Reglerfreigabe wird mit Objekt 0x6040 = 15 gesetzt

Der Motor sollte jetzt mit den vorparametrierten Werten beschleunigen und sich konstant mit der vorgegebenen Geschwindigkeit drehen. Die LED-Signale verändern sich je nach Status des Antriebsreglers. Die Bedeutung der verschiedenen Signale kann in Kapitel LEDs nachgelesen werden. Die LEDs für den Applikationsprozessor und den verwendeten Motorcontroller leuchten bei Betrieb durchgehend. Ist das nicht der Fall, liegt ein Fehler vor. Wie die Fehlerquelle eruiert werden kann und welche Maßnahmen getroffen werden müssen, um den Fehler zu beseitigen, wird in Kapitel 11 Fehlerbehebung auf Seite 58 behandelt.

Es gibt viele weitere Parametern, welche zu Anpassung an die Kundenbedürfnisse über die CAN-Schnittstelle verändert werden können. Hierzu gibt es ein eigenes Dokument (MCP-48-20-02\_Software\_Documentation), welches mit dem Antriebsregler mitgeliefert wird, in dem die Beschreibung und Adressierung dieser angeführt sind.

In Abbildung 13 ist ein einfaches Python-Skript als Beispiel beschrieben, um die Bedienung des Antriebsreglers über CAN-Bus zu verdeutlichen. Dieses läuft betriebssystem-unabhängig mit einer USB-to-CAN Schnittstelle der Firma IXXAT und installiertem Python (inklusive der benötigten Bibliotheken). In dem Skript werden erst alle nötigen Inbetriebnahme Schritte ausgeführt, Parameter zugeteilt und dann der Motor von Abgang eins, für 10 Sekunden gedreht und wieder angehalten. Die „Userunits“ sind als Standard so eingestellt das sich die Drehzahl in der Einheit rpm (Beschleunigung rpm/s) ergibt.



```
import canopen # import canopen library
import time # import time library

# CAN-BusConfiguration
network = canopen.Network()

pathEDS1 = 'MCP-48-20-02.eds' # path to .eds file
myBaudRate = 500000 # standard Baudrate MCP-48-20-02
nodeID1 = 126 # standard NodeId MCP-48-20-02

network.connect(bustype='ixxat', channel=0, bitrate=myBaudRate) # connect to network
node1 = network.add_node(nodeID1, pathEDS1) # add node to network

# Define parameters for operation on MCP-48-20-02

# Controlword
node1_Controlword_1 = node1.sdo[0x6040][1]
node1_Controlword_2 = node1.sdo[0x6040][2]

# TargetVelocity
node1_TargetVelocity_1 = node1.sdo[0x6042][1]
node1_TargetVelocity_2 = node1.sdo[0x6042][2]

# ActualVelocity
node1_ActualVelocity_1 = node1.sdo[0x6044][1]
node1_ActualVelocity_2 = node1.sdo[0x6044][2]

# RampAcceleration
node1_RampAcceleration_1 = node1.sdo[0x3011][1]
node1_RampAcceleration_2 = node1.sdo[0x3011][2]

# RampDeceleration
node1_RampDeceleration_1 = node1.sdo[0x3012][1]
node1_RampDeceleration_2 = node1.sdo[0x3012][2]

# CurrentLimit
node1_CurrentLimit_1 = node1.sdo[0x3009][1]
node1_CurrentLimit_2 = node1.sdo[0x3009][2]

# Set initial conditions

network.send_message(0x0, [0x1, 0]) # operational

node1_TargetVelocity_1.raw = 0 #rpm
node1_TargetVelocity_2.raw = 0 #rpm

node1_RampAcceleration_1.raw = 1000 # rpm/s
node1_RampAcceleration_2.raw = 1000 # rpm/s

node1_RampDeceleration_1.raw = 1000 # rpm/s
node1_RampDeceleration_2.raw = 1000 # rpm/s

node1_CurrentLimit_1.raw = 0 # A
node1_CurrentLimit_2.raw = 0 # A

node1_Controlword_1.raw = 15
node1_Controlword_2.raw = 15

# Operation

node1_CurrentLimit_1.raw = 10 # A
node1_TargetVelocity_1.raw = 500 #rpm

time.sleep(10) # s

node1_TargetVelocity_1.raw = 0 #rpm

time.sleep(0.5) # s

node1_CurrentLimit_1.raw = 0 # A
node1_Controlword_1.raw = 0
```

Abbildung 13: Python-Skript

### 7.1.5 Parametrierung des Antriebsreglers für einen neuen Motor- und Bremse

Zur Durchführung einer Erstinbetriebnahme mit einem Drittanbietermotor, sind fortgeschrittene Kenntnisse erforderlich. Es sollte vorher ein Grundverständnis für die verschiedenen physikalischen Daten des Motors aufgebaut werden. Weiters ist Wissen über I<sup>2</sup>t Überwachung, Regelstrukturen und andere für antriebsreglerrelevante Daten von Vorteil.

In diesem Kapitel wird davon ausgegangen das ein MTA-Motor in Betrieb genommen wird und alle erforderlichen Daten vorhanden sind. Falls ein Motor eines Drittanbieters in Betrieb genommen wird, muss der technische Support von MTA kontaktiert werden.

Um die Parameter in den Antriebsregler zu schreiben und diese dort permanent zu speichern, wird die CAN-Schnittstelle verwendet. Wie der Aufbau und die Verbindung zur CAN-Schnittstelle realisiert wird, ist in Kapitel 7.1.4 CAN auf Seite 30 zu finden. In Tabelle 31 werden die benötigten Parameter aufgelistet, welche für den Betrieb mindestens notwendig sind. Aufgrund der Übersichtlichkeit werden hier nur die CAN-Indizes für Motorabgang 1 angegeben. Jene Indizes für Motorabgang 2 erhält man durch Anpassen auf den korrekten Subindex.

Rubrik	Parameter	CAN-Objekt
Allgemein	Polpaarzahl (Pole number)	0x604Dsub1
	Encoderauflösung (Encoder resolution)	0x3007sub1
	Nenn Drehzahl (Nominal speed)	0x3004sub1
	Verwende PT1000 Temperatursensor (Use PT1000)	0x3016sub1
	Übertemperaturschwelle Motor (Overtemperature threshold motor)	0x300Fsub1
Geschwindigkeits-Schleppfehler	Geschwindigkeitsschleppfehler (Velocity follow error window)	0x300Dsub1
	Geschwindigkeitsschleppfehler, erlaubte Zeit (Velocity follow error time)	0x300Esub1
Positions-Schleppfehler	Erlaubter Positionsfehler (Following error window)	0x6065sub1
	Erlaubte Zeit der Positionsfehlerüberschreitung (Position following error time out)	0x6066sub1
I <sup>2</sup> t Überwachung	I <sup>2</sup> t Peak time	0x300Bsub1
	I <sup>2</sup> t Peak current	0x300Asub1
	Motornennstrom (Nominal current)	0x3003sub1
Winkel und Geschwindigkeit	Verwende Encoder (Use encoder)	0x3015sub1
	Encoder Offsetwinkel (Offset angle)	0x3014sub1
	Invertiere Encoder (Invert angular sensor)	0x3008sub1
Stromregler	Stromregler Kp (Torque control parameter set Kp)	0x60F6sub1
	Stromregler Ki (Torque control parameter set Ki)	0x60F6sub2

Rubrik	Parameter	CAN-Objekt
Geschwindigkeitsregler	Verwende trajektorien- generierenden Regler (Use position control)	0x3019sub1
	Geschwindigkeitsregler Kp (Velocity control parame- ter set Kp)	0x60F9sub1
	Geschwindigkeitsregler Ki (Velocity control parame- ter set Ki)	0x60F9sub2
	Geschwindigkeitsregler Kd (Velocity control parame- ter set Kd)	0x60F9sub3
	Geschwindigkeitsregler fc (Velocity control parame- ter set fc)	0x60F9sub4
Positionsregler	Positionsregler Kp (Posi- tion control parameter set Kp)	0x60FBsub1
	Positionsregler Ki (Position control parameter set Ki)	0x60FBsub2
	Positionsregler Kd (Posi- tion control parameter set Kd)	0x60FBsub3
	Positionsregler fc (Position control parameter set fc)	0x60FBsub4

*Tabelle 31: Motorspezifische Parameter*

Besitzt der Motor eine Haltebremse, die mit dem Antriebsregler kompatibel ist, so kann diese an den Klemmen X12 / X25 angeschlossen werden und der Antriebsregler übernimmt die Ansteuerung. In Tabelle 32 sind die relevanten Parameter, welche die Bremsensteuerung betreffen aufgelistet.

Rubrik	Parameter	CAN-Objekt
Bremsen	Zeit zwischen Bremsenak- tivierung und wegnehmen der RFG (Brake to control disable time)	0x3029sub1
	Bremse-Offenzeit ohne Absenkung (Brake full-on time)	0x3022sub1
	Bremsen-Start-Zeit (Brake start time)	0x3020sub1
	Bremsen-Stopp-Geschwin- digkeit (Brake stop speed)	0x3026sub1
	Bremsen-Stopp-Zeit (Brake stop time)	0x3021sub1
	Bremsenansteuerungs- Spannung (Brake voltage)	0x3023sub1

*Tabelle 32: Bremsspezifische Parameter*

Genauere Informationen zu allen Parametern sind in Kapitel 7 Betrieb zu finden. Dort sind auch weitere für den Betrieb wichtige Parameter angeführt.

Sind alle relevanten Parameter richtig im Antriebsregler gespeichert, kann ein erster Testlauf des Motors gestartet werden. Die Vorgangsweise ist gleich wie schon in den vorigen Kapiteln 7.1.3 und 7.1.4 beschrieben.

### 7.1.6 Fehlersuche und Störungsbeseitigung bei Erstinbetriebnahme

Bei der Erstinbetriebnahme können durch falsche Konfiguration und/oder Parametrierung Störungen auftreten. Das Auftreten einer Betriebsstörung können Sie über die LEDs am Antriebsregler oder über die CAN-Status-Informationen (CAN-Statusword Objekt 0x6041) schnell erkennen.

Den Fehler analysieren Sie durch Auslesen des Fehlercodes. Der angezeigte Fehlercode liefert den wichtigsten Hinweis auf den jeweiligen Auslöser der Störung. Die möglichen Fehlercodes, deren Ursache und mögliche Beseitigung werden in Kapitel 11 beschrieben.

## 7.2 Betriebsarten und Funktionsbeschreibung

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Betriebsarten beschrieben. Die verwendete Schnittstelle und gewünschte Funktion sind abhängig von der gewählten Betriebsart. Als Schnittstellen stehen die Digitaleingänge oder der CAN-Bus zur Verfügung. Eine weitere Unterteilung der Betriebsarten erfolgt in Positions-, Drehmoment- und Drehzahlmodus.

### 7.2.1 Übersicht

Nummer	Betriebsart	Beschreibung
0	Offset-Bestimmung und Nutrastkompensation (Offset/cogging torque identification mode)	Bestimmung des Offset-Winkels und Durchführung der Nutrastkompensation
1	Drehmomentmodus über digitale Eingänge (Torque control mode via digital inputs)	Drehmomentsollwert-Vorgabe über 3 digitale Eingänge
2	Positioniermodus über CAN-Bus (Position control mode via CANopen)	Positions Vorgabe über CAN-Bus
3	Drehmomentmodus über CAN-Bus (Torque control mode via CANopen)	Drehmomentsollwert-Vorgabe über CAN-Bus
4	Geschwindigkeitsmodus über digitale Eingänge (Speed control mode via digital inputs)	Drehzahlsollwert-Vorgabe über 3 digitale Eingänge
6	Geschwindigkeitsmodus über CAN-Bus (Speed control mode via CANopen)	Drehzahlsollwert-Vorgabe für den Antriebsregler über CAN-Bus
7	Synchron-Geschwindigkeitsmodus über digitale Eingänge (Synchronous speed control mode via digital inputs)	Geschwindigkeits-Synchronmodus mit Drehzahlsollwert-Vorgabe über 3 digitale Eingänge
9	Synchron-Geschwindigkeitsmodus über CAN-Bus (Synchronous speed control mode via CANopen)	Geschwindigkeits-Synchronmodus mit Drehzahlsollwert-Vorgabe über CAN-Bus

10	Positions-Synchron-Modus über CAN-Bus (Synchronous position control mode via CANopen)	Positionsvorgabe über CAN-Bus. Vorgaben für Motorabgang 1 werden auch an Motorabgang 2 ausgegeben
----	--	---

Tabelle 33: Übersicht Betriebsarten

### 7.2.2 Offset-Bestimmung und Nutrastkompensation (Modus 0)

Der Antriebsregler muss zu jeder Zeit, um die Phasen richtig bestromen zu können, wissen wie die momentane Rotorstellung ist. Das wird über den magnetischen Winkelencoder realisiert.

Der Parameter *Objekt 0x3014: Offset angle* beschreibt die Differenz des Nullpunkts des magnetischen Winkelencoders zum Rotornullpunkt. Der Wert von *Objekt 0x3014: Offset angle* wird anschließend durch den Antriebsregler permanent zum Momentanwert aus dem magnetischen Winkelencoder addiert. Dieser Offset-Winkel wird am Beispiel eines permanenten Innenläufermotors in Abbildung 14 veranschaulicht.

Standardmäßig wird bei MTA der magnetische Winkelencoder so parametrieren, dass dieser Offset-Winkel Null ist und keine Offsetbestimmung notwendig ist (Werksabgleich).

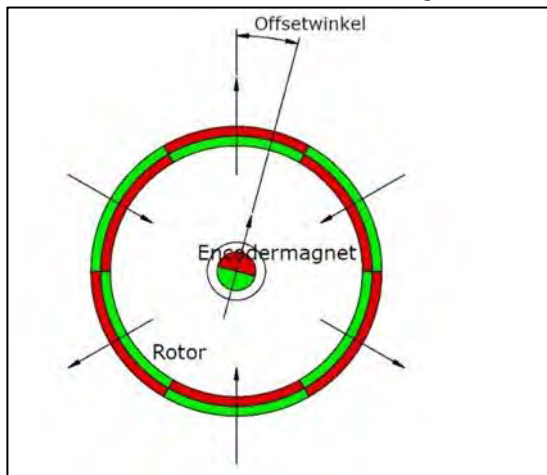


Abbildung 14: Offsetwinkel magnetischer Winkelencoder

Sollte der Fall eintreten, dass dieser Winkel ungleich null ist und bestimmt werden muss, so kann das im Modus 0 automatisch durchgeführt werden. Die Vorgehensweise wird in den nächsten Abschnitten, bezogen auf die verwendete Schnittstelle, genauer beschrieben. Voraussetzung für den Durchlauf einer Offsetbestimmung ist, dass die korrekten Motorparameter im Antriebsregler gespeichert sind. Mehr zu diesem Thema ist in Kapitel 7 Betrieb zu finden.

Bei der Offsetbestimmung selbst, werden die Motorphasen so bestromt, dass der Rotor sich langsam eine Umdrehung im Uhrzeigersinn und dann eine Umdrehung gegen den Uhrzeigersinn dreht. Dabei wird das des magnetischen Winkelencoders beobachtet und berechnet, welchen Offsetwinkel das System aufweist. Der maximal erlaubte Motorstrom (*Objekt 0x3009: Current limit*) muss dazu verringert werden (auf circa ein Drittel des Nennstromes), weil sonst die Wicklungen thermisch überlastet werden könnten.

Ist eine Nutrastkompensation (cogging torque identification) für die Anwendung notwendig, dann wird diese entweder direkt bei MTA durchgeführt werden oder es kann Unterstützung durch den technischen Support von MTA bereitgestellt werden.

Um eine Offset-Bestimmungsfahrt über die CAN-Schnittstelle anzustoßen, sind folgende Objekte aus Tabelle 34 zwingend nötig (wiederum sind hier die CAN-Indizes für Motorabgang 1 angegeben).

Bezeichnung	CAN-Objekt
Betriebsmodus (Modes of operation)	0x6060sub1
Strombegrenzung (Current limit)	0x3009sub1
Kontrollwort (Controlword)	0x6040sub1
Error Register (Error register)	0x1001
Node state	0x2001
Parameter speichern (Store parameters)	0x1010sub1
Encoder Offsetwinkel (Offset angle)	0x3014sub1
Drehrichtung invertieren (Invert direction)	0x3013sub1
Invertiere Encoderdrehrichtung (Invert angular sensor)	0x3008sub1
Fehler controllerspezifisch (Fault)	0x3002sub1

Tabella 34: CAN-Objekte Offsetbestimmung

Als ersten muss vorab darauf geachtet werden, dass die Motorwelle frei drehbar ist. Dann kann das *CAN-Objekt 0x3009sub1: Modes of operation*, welches den Betriebsmodus vorgibt, auf den Wert 0 (Cogging Torque Identification Mode) gestellt werden. Der maximale Motorstrom (*Objekt 0x3009sub1: Current limit*) soll circa bei einem Drittel des Nennstromes liegen. Mit dem Setzen des „Controlwords“ (*Objekt 0x6040: Controlword*) auf 15 kann dann die Bestimmung des Winkels gestartet werden. Jetzt sollte sich der Motor langsam drehen und die LEDs des Applikationsprozessors und des verwendeten Motorabgangs durchgehend leuchten. Liegt ein Fehler vor, so kann dieser, wie in Abschnitt 11 Fehlerbehebung beschrieben, eruiert werden.

Wird die Offsetbestimmung erfolgreich durchlaufen, sollte nach Abschluss des Vorgangs der Fehler „0x00100000, ERROR\_COGG\_IDENT\_DONE“ **aus dem Fault Register (CAN-Objekt 0x3002)** des jeweiligen Motorabgangs zu lesen sein. Dann muss der Antriebsregler in den CAN-Betriebszustand „preoperational“ **gesetzt** werden, um die ermittelten Werte speichern zu können. Jetzt können die Parameter mit dem *Objekt 0x1010: Store parameters* gespeichert werden und der Antriebsregler wieder in den CAN-Betriebszustand „operational“ **gesetzt werden**.

Der Offsetwinkel kann jetzt aus dem *Objekt 0x3014: Offset angle* gelesen werden. Zusätzlich gibt es noch den Parameter *Objekt 0x3008: Invert angular sensor*, der den Richtungssinn des Encoders ändert. Dieser wird ebenso automatisch durch die Offsetbestimmung festgelegt.

### 7.2.3 Geschwindigkeitsmodi

Im den Geschwindigkeitsmodi regelt der Antriebsregler auf eine vom Benutzer vorgegebene Geschwindigkeit. Intern wird bei diesem Sollwertsprung eine Rampe (Beschleunigungs- / Verzögerungsrampe) generiert, welche angepasst werden kann. Das Regelverhalten kann über die entsprechenden Reglerparameter (nur über CANopen) angepasst werden.

#### 7.2.3.1 Geschwindigkeitsmodus mit Sollwertvorgabe über CAN-Bus (Modus 6)

Im CAN-Modus werden alle Parameter über CANopen eingestellt und auch die Soll-Geschwindigkeitsvorgabe wird über den CAN-Bus gesetzt.

Parameter	CAN-Objekt	Beschreibung
Beschleunigungsrampe (Ramp acceleration)	0x3011sub1	Beschleunigungsrampe (rpm/s)
Verzögerungsrampe (Ramp deceleration)	0x3012sub1	Verzögerungsrampe (rpm/s)
Zielgeschwindigkeit (Target velocity)	0x6042sub1	Geschwindigkeitsvorgabe (rpm)
Aktuelle Geschwindigkeit (Actual velocity)	0x6044sub1	Aktuelle Geschwindigkeit (rpm)
Geschwindigkeitsregler (Velocity control parameter set)	0x60F9sub1	Parameter des Geschwindigkeitsreglers
Kontrollwort (Controlword)	0x6040sub1	Aktivieren bzw. deaktivieren des Reglers/Fehlerreset (Regler kann nur aktiviert werden, wenn sich <b>dieser im Zustand „Operational“</b> befindet)

Tabelle 35: Speed control mode - CAN-mode

#### 7.2.3.2 Geschwindigkeitsmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 4)

Im Geschwindigkeitsmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge wird die Reglerfreigabe, die Drehrichtung als auch die Geschwindigkeit über diese Inputs geschaltet. Über die digitalen Eingänge können jedoch keine Parameter geändert werden. Das heißt, der Motor dreht mit den voreingestellten Werten für die Geschwindigkeit (Unterteilt in 8 binär codierte Geschwindigkeitsstufen) und verwendet die voreingestellten Rampen für Beschleunigung und Verzögerung.

Sind von den Voreinstellungen abweichende Parameteränderungen notwendig so sind diese Änderungen über die CAN-Schnittstelle durchzuführen.

#### 7.2.4 Drehmomentmodi

Im Drehmomentmodus wird ein Drehmoment (CAN-Modus) bzw. Strom (Digital-Modus) vorgegeben, auf das der Antriebsregler regelt. Die Drehgeschwindigkeit stellt sich in Abhängigkeit der Last ein. Die Reglerparameter des Zweiachsreglers für den Drehmomentmodus können nur über CANopen verändert werden.

##### 7.2.4.1 Drehmomentmodus mit Sollwertvorgabe über CAN-Bus (Modus 3)

Im CAN-Modus werden alle Parameter und auch die Drehmomentvorgabe über CANopen eingestellt bzw. vorgegeben.

Parameter	Beschreibung
Voltage constant (CAN-Objekt 0x3005)	Spannungskonstante ( $V/min^{-1}$ ), dient zur Berechnung der Drehmomentkonstante
Torque constant (CAN-Objekt 0x3006)	Drehmomentkonstante (Nm/A), read only
Target torque (CAN-Objekt 0x6071)	Drehmomentvorgabe (Nm)
Torque control parameter set (CAN-Objekt 0x60F6)	Parameter des Drehmomentreglers/Stromreglers
Controlword (CAN-Objekt 0x6040)	Aktivieren bzw. deaktivieren des Reglers / Setzen der Reglerfreigabe (Regler kann nur aktiviert werden, wenn sich dieser im <b>Zustand „Operational“</b> befindet)

Tabelle 36: Torque control mode - CAN-mode



#### 7.2.4.2 Drehmomentmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 1)

Im Drehmomentmodus mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge wird die Reglerfreigabe, die Drehrichtung als auch die Drehmomentvorgabe über diese Inputs geschaltet. Über. Da über die digitalen Eingänge jedoch keine Parameter geändert werden dreht der Motor mit den voreingestellten Werten für das Drehmoment (Unterteilt in 8 binär codierte Stufen).

Sind von den Voreinstellungen abweichende Parameteränderungen notwendig so sind diese Änderungen über die CAN-Schnittstelle durchzuführen.

#### 7.2.5 Positioniermodus mit Sollwertvorgabe über CAN (Modus 2)

Im Positionsmodus kann der Regler nur mit CANopen angesteuert werden. Bei einem Sollwertsprung wird intern eine Trajektorie geplant, welcher der Regler folgt. Die Art der Trajektorienplanung, der Positions-Nullpunkt (Homing-Mode) sowie die Reglerparameter können über CANopen angepasst werden.

Parameter	Beschreibung
Homing method (CAN-Objekt 0x6098)	Auswahl der Homing-Methode (Referenzfahrt)
Homing speed (CAN-Objekt 0x6099)	Maximal Geschwindigkeit (rpm) während der Referenzfahrt
Homing offset (CAN-Objekt 0x607C)	Nullpunktverschiebung nach der Referenzfahrt (Homing)
Motion profile type (CAN-Objekt 0x6086)	Profil der Trajektorienplanung
Feed Constant (CAN-Objekt 0x6092)	Positionseinheiten pro Motorumdrehung, Die Berechnung der Skalierungswerte findet sich in der MCP-48-20-02_Software_Dokumentation.
Profile velocity (CAN-Objekt 0x6081)	Maximale Geschwindigkeit während der Positionsänderung
Profile acceleration (CAN-Objekt 0x6083)	Maximale Beschleunigung während der Positionsänderung
Target position (CAN-Objekt 0x607A)	<b>Positionsvorgabe (Einheit hängt von "Feed Constant" ab)</b>
Position actual value (CAN-Objekt 0x6064)	<b>Aktuelle Position (Einheit hängt von "Feed Constant" ab)</b>
Position control parameter set (CAN-Objekt 0x60FB)	Parameter des Positionsreglers
Controlword (CAN-Objekt 0x6040)	Aktivieren bzw. deaktivieren des Reglers/Setzen der Reglerfreigabe (Regler kann nur aktiviert werden, wenn sich dieser im Zustand „Operational“ befindet)

Tabelle 37: Position control mode

#### 7.2.6 Synchron-Geschwindigkeits-Modi (Modi 7 und 8)

Der Geschwindigkeits-Synchron-Mode steht mit Sollwertvorgabe über digitale Eingänge (Modus 7) und mit Sollwertvorgabe über CAN-Bus (Modus 8) zur Verfügung. Eine Anpassung der voreingestellten Parameter ist jedoch nur über CAN-Bus möglich.

Es ist jeweils eine Master-Slave-Regelung, wobei beide Motorcontroller im Antriebsregler Slaves sind. Im Applikationscontroller (Master) befindet sich der übergeordnete Drehzahl- / Positionsregler und in den beiden Motorcontrollern (Slaves) sind die internen Drehzahl- und Stromregler.

Diese Betriebsart ist entwickelt worden um eine sichere Beschleunigung bei z.B. einem Shuttle, auch bei schlechter Gewichtsverteilung (Überlast) oder Nässe (Durchdrehen) zu gewährleisten. Wird ein Motor durch schlechte Gewichtsverteilung so stark belastet, dass er die Soll Drehzahl nicht erreicht,



erhöht der zweite Motor die Drehzahl, damit im Mittel die Soll Drehzahl gefahren wird (Erhöhung maximal auf 120% der Soll Drehzahl, die Leistungsvorgabe ist für beide Motoren immer gleich). Da Motor 1 die Drehzahl nicht erreicht wird für beide Motoren volle Leistung freigegeben dadurch zieht/schiebt Motor 2 mit mehr Leistung als nötig, um die Mechanik und somit auch den Motor 1 auf Soll Drehzahl zu beschleunigen. Dreht Motor 1 wegen Nässe/Öl durch (max. 120% der Soll Drehzahl) verringert der Motor 2 kurzzeitig seine Drehzahl, um im Mittel die Soll Drehzahl zu erreichen. Nachdem Motor 1 die Drehzahl wieder berichtigt hat und wenn dieser weiter durchrutscht, wird die Leistung erhöht, falls Motor 2 die Drehzahl nicht schafft.

### 7.2.7 Synchron-Positionier-Modus mit Sollwertvorgabe über CAN-Bus (Modus 10)

Die Betriebsart Positions-Synchron-Modus (Modus 10) ist eine Master-Slave-Regelung, wobei beide Motorcontroller Slaves sind. Im Applikationscontroller (Master) befindet sich die übergeordnete Trajektoriengenerierung und in den beiden Motorcontrollern sind die internen Positionsregler und Stromregler implementiert. Werden nun zwei Motoren in dieser Betriebsart angesteuert so folgen beide derselben Positionsvorgabe (jener von Motorcontroller 1). Tritt eine Störung an einem der beiden Motorabgänge auf, so stoppt auch der andere. Die restliche Bedienung ist analog zu Betriebsmodus 2 „Position control mode mit Sollwertvorgabe über CAN“.

Sinn dieser Betriebsart kann beispielsweise die genaue Positionierung von zwei Motoren bei einer Hubanwendung sein.

### 7.3 Quickstop

Der Antriebsregler MCP-48-20-02 bietet die Funktion durch digitale Eingänge eine Quickstop-Rampe auszulösen.

Zum Auslösen dieser Quickstop-Funktion bzw. der Quickstop-Rampe werden die digitalen Eingänge X10.8 und X10.9 für Motorabgang 1 und X11.8 und X11.9 für Motorabgang 2 verwendet (siehe Kapitel 4.3). Diese sind kabelbruchsicher, also Low-aktiv ausgeführt. **Ist Quickstop auf „Low“, ist die Quickstop-Rampe aktiv.**

Nachfolgende Tabelle zeigt die Anschlussbelegung der digitalen Eingänge für Quickstop-Rampe.

Motorabgang 1		Motorabgang 2	
Klemme/Sig-nal	Funktion	Klemme/Sig-nal	Funktion
X10.8/DI7	QSR High=1=QSR inaktiv Low=0=QSR aktiv	X11.8/DI15	QSR High=1=QSR inaktiv Low=0=QSR aktiv
X10.9/DI8	QSR High=1=QSR inaktiv Low=0=QSR aktiv	X11.9/DI16	QSR High=1=QSR inaktiv Low =0=QSR aktiv

Tabelle 38: Quickstop-Eingänge

Sobald bei aktiver Reglerfreigabe (RFG ein) einer der Quickstop-Eingänge aktiv wird, geht der entsprechende Motor in eine (Quickstop-)Bremsrampe. In den Synchronmodi sind nur die Quickstop-Eingänge für den Motorabgang 1 aktiv.

Je nach Betriebsmodus des Antriebsreglers wird die Bremsrampe bei Auslösen eines Quickstops anders generiert:

- In den Positioniermodi (2 und 10) wird die Quickstop-Rampe durch die Bahnplanung generiert. Der Antriebsregler bleibt stets im Positionsregelmodus. Für die zulässige Verzögerung wird der Parameter im *CAN-Objekt 0x6085sub3 und sub7 Quick stop deceleration* in rpm/s verwendet.

- In den Drehzahlregelmodi wird die Quickstoprampe durch eine interne Drehzahlverrampung vorgegeben. Der Regler bleibt stets im Drehzahlregelmodus. Für die zulässige Verzögerung wird der Parameter der gleiche Parameter wie oben in den Positionsmodi verwendet (*CAN-Objekt: 0x6085sub3 und sub7 Quick stop deceleration*).
- In den Stromregelmodi (Drehmomentmodi) wird die Quickstop-Rampe durch die Bremsströme der *CAN-Objekte Quick stop deceleration 0x6085sub1, sub2 und sub5 und sub7* vorgegeben. Durch die Vorgabe von Bremsströmen bleibt der Regler im Stromregelmodus.


Als zusätzliches Sicherheitskriterium ist eine zulässige Gesamtdauer der Quickstop-Rampe implementiert. Wenn also der Quickstop nach der eingestellten Zeit noch nicht beendet ist, wird der Regler inaktiv geschaltet (RFG wird deaktiviert). Die zulässige Zeit, welche die Quickstop-Rampe aktiv sein darf, kann über den Parameter des *CAN-Objekt Quick stop time limit 0x6085sub4 und sub8* eingestellt werden.

**Sobald einer der beiden Eingänge einen Quickstop auslöst, also der Signalpegel von „High“ auf „Low“ geht, wechselt der Antrieb vom Drehzahlmodus in den Quickstop-Zustand und fährt entlang seiner Quickstop-Rampe auf Drehzahl null. Am Ende der Rampe bleibt die Reglerfreigabe aktiv, der Motor regelt auf Drehzahl null.**

Die nachfolgende Wahrheitstabelle zeigt das Verhalten des Motors in Abhängigkeit von der Eingangsbelegung der Eingänge bzw. der Reglerfreigabe.

RFG	QS_1	QS_2	Verhalten Motor 1/Motor 2
0	0	0	Antrieb ungeregelt, Antriebsregler inaktiv
0	0	1	Antrieb ungeregelt, Antriebsregler inaktiv
0	1	0	Antrieb ungeregelt, Antriebsregler inaktiv
0	1	1	Antrieb ungeregelt, Antriebsregler inaktiv
1	0	0	Drehzahl wird entsprechend parametrierter Quickstop-Rampe QSR auf 0 geregelt Regler bleibt weiterhin aktiv Antrieb & wird auf Drehzahl 0 gehalten
1	0	1	Drehzahl wird entsprechend parametrierter Quickstop-Rampe QSR auf 0 geregelt Regler bleibt aktiv & Antrieb wird auf Drehzahl 0 gehalten
1	1	0	Drehzahl wird entsprechend parametrierter Quickstop-Rampe QSR auf 0 geregelt Regler bleibt aktiv & Antrieb wird auf Drehzahl 0 gehalten
1	1	1	<b>„NORMALBETRIEB“, keine QSR aktiv, Antrieb fährt über CAN</b>

Tabelle 39: Wahrheitstabelle Quickstop

	<b>GEBOT</b>
<p>Wenn die Bremsenansteuerung nicht über den Antriebsregler erfolgt, muss gesichert sein, dass bei Stillstand der Motor NICHT dauerhaft bestromt wird. Am Ende der Quickstop-Rampe, bei Drehzahl 0 bleibt die Reglerfreigabe aktiv. Am Ende der Quickstop-Rampe muss nach 50ms die Haltebremse aktiviert werden. Nach Aktivierung der Haltebremse muss nach weiteren 50ms die Reglerfreigabe von der SPS inaktiv geschaltet werden und 50ms danach muss der Quickstop-Eingang auf High geschaltet werden.</p>	

Ein beispielhafter zeitlicher Ablauf eines solchen Quickstop-Bremsvorgangs wird im Folgenden beschrieben. Dieser gilt unabhängig davon, ob QSR1 oder QSR2 aktiviert wird (Abbildung zeigt Signalablauf, wenn die Bremse extern und nicht über die MCP-48-20-02 gesteuert wird).

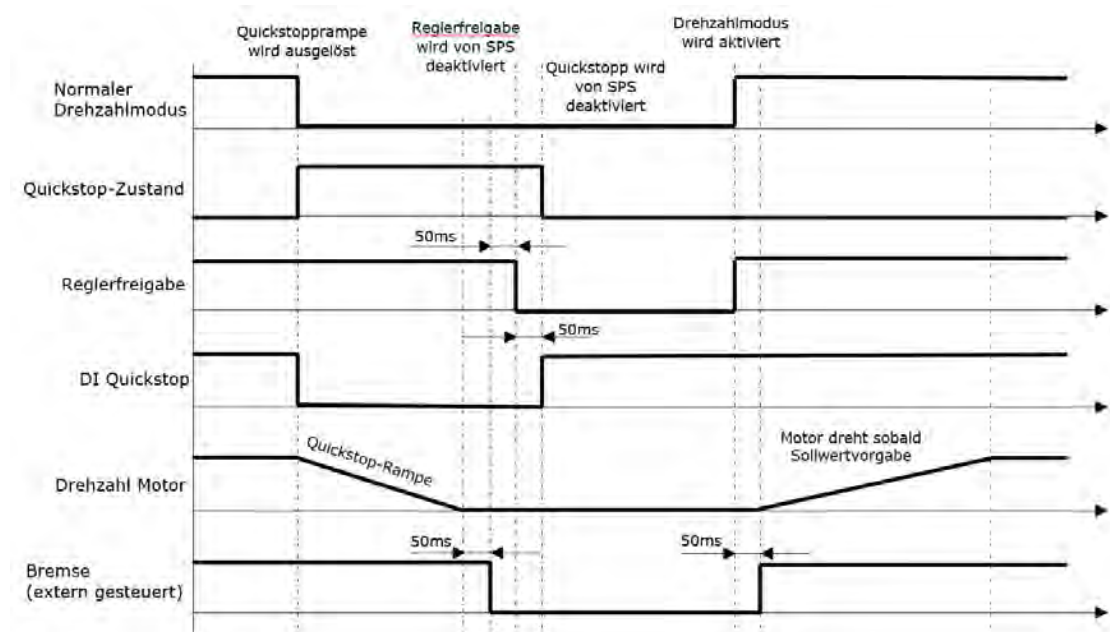



Abbildung 15: Zeitliche Abfolge Quickstop-Ansteuerung

Ablauf für Aktivierung Quickstop-Rampe und neuerliches Anfahren des Motors:

- Aktivierung Quickstop-Rampe durch Setzen des digitalen Eingangs QS auf „Low“
- Quickstop-Rampe wird gestartet
- Der Antrieb reduziert die Drehzahl entsprechend der vorgegebenen Quickstop-Rampe
- Nachdem der Antrieb die Drehzahl 0 erreicht, bleibt der Antrieb aktiv. Die RFG (über CAN oder digitalen Eingang) bleibt gesetzt (High)
- **Bremse muss zum Schutz des Antriebs innerhalb von 50 ms aktiv, auf „Low“ geschaltet werden** (Wenn Bremsenbedienung nicht über den Regler MCP-48-20-02 erfolgt)
- Antrieb befindet sich im Quickstop-Zustand
- Die RFG (über CAN oder digitalen Eingang) bleibt gesetzt (High)
- **Reglerfreigabe innerhalb der nächsten 50ms entfernen, auf „Low“ setzen**
- Digitaler Eingang QS innerhalb der nächsten 50ms **deaktivieren, auf „high“ setzen**
- Interne Reglerfreigabe wird durch den Antriebsregler deaktiviert, da sich dieser nicht mehr im Quickstop-Zustand befindet und die Reglerfreigabe von extern weggenommen wurde
- Um erneut anzufahren, wird die **Reglerfreigabe von der SPS auf „High“ geschaltet**. Der Antrieb ist somit wieder betriebsbereit
- **Bremse muss innerhalb der 50ms gelöst werden „High“, wenn Drehzahlsollwerte über CAN vorgegeben werden** (Wenn Bremsenbedienung nicht über den Regler MCP-48-20-02 erfolgt)
- Drehzahl wird entsprechend Beschleunigungsrampe auf Solldrehzahl beschleunigt

## 8 STO (Safe Torque Off)



Für jeden der beiden Motorabgänge steht unabhängig voneinander optional die Sicherheitsfunktion Safe Torque Off (STO) zur Verfügung. Die STO-Platine ist als Aufsteckplatine ausgeführt. Die Steuerplatine des Zweiachsreglers ist bereits derart ausgeführt, dass die notwendigen Schnittstellen für die redundante Abschaltung der Leistungsendstufe vorgesehen sind. Die Zertifizierung der STO-Funktion erfolgt auf Performance Level „e“ der Kategorie 4.

Weitere Infos finden Sie auch im STO-Handbuch.

### 8.1 Schematischer Anschlussplan

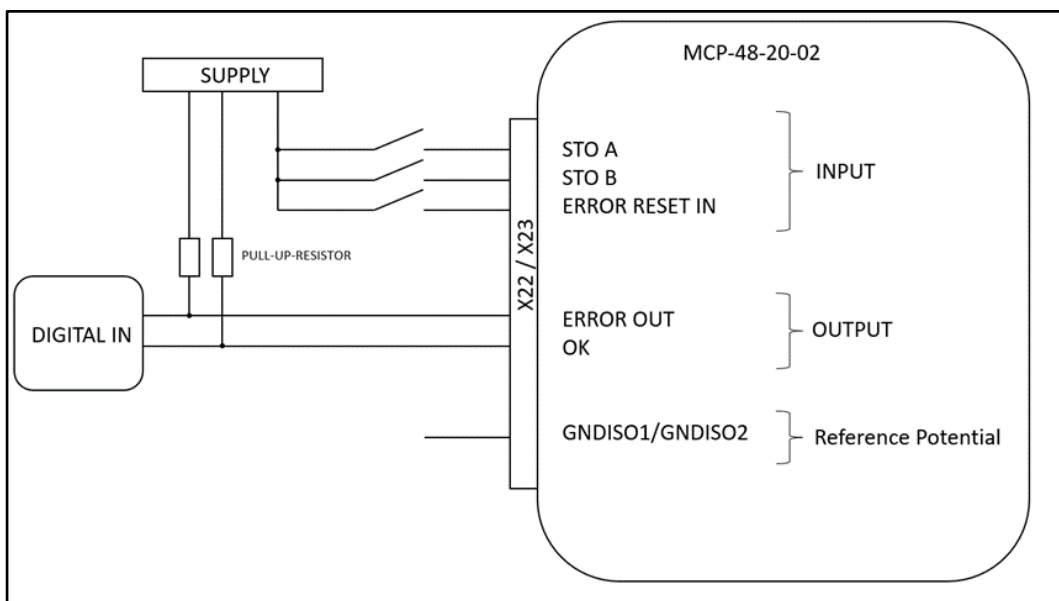


Abbildung 16: Schematischer Anschluss- und Verdrahtungsplan STO

### 8.2 Pegel

	Verschaltung	Grenzwerte		
		LOW	HIGH	
STO A	EINGANG, SCHALTER	LOW	0 bis 4 VDC	-
		HIGH	12 VDC bis 24 VDC	
STO B	EINGANG, SCHALTER	LOW	0 bis 4 VDC	-
		HIGH	12 VDC bis 24 VDC	
ERROR RESET IN	EINGANG, TASTER	LOW	0 bis 4 VDC	-
		HIGH	12 VDC bis 24 VDC	
ERROR OUT	AUSGANG, PULL-UP	HIGH	Hochohmig	max. 10 mA
		LOW	Niederohmig	
OK	AUSGANG, PULL-UP	HIGH	Hochohmig	max. 10 mA
		LOW	Niederohmig	

### 8.3 Funktionserklärung

Der Zweiachsregler versorgt über die STO-Platine jedes Leistungsteil mit zwei sicheren STO A- und STO B- Eingängen. Das Signal STO A trennt die Versorgung der Treiber-Endstufe, das Signal STO B


führt dieselbe Aufgabe redundant aus. Die beiden Ausgänge OK und ERROR OUT liefern den Status bzw. die Diagnose des Zweiachsreglers.

Der OK-Ausgang wird durch die STO-Platine gesetzt, wenn der Zweiachsregler betriebsbereit ist - dabei wird der Ausgang LOW. Dieser Zustand wird dann erreicht, wenn der ERROR OUT-Ausgang auf HIGH ist, beide STO A-/ STO B-Eingänge durch die Sicherheitssteuerung auf HIGH gesetzt sind und die Betriebsspannung vom Steuerteil vorhanden ist.

Die STO-Platine hat ein eigenes Fehler-Monitoring. Wenn auf der STO-Platine ein Fehlverhalten auftreten sollte, wird der Ausgang ERROR OUT auf LOW gesetzt und OK-Ausgang auf HIGH. Gegebenenfalls kann der ERROR OUT-Ausgang über den ERROR RESET IN-Eingang zurückgesetzt werden.

Nach jedem Restart des Zweiachsreglers wird der ERROR OUT-Ausgang auf LOW gesetzt und muss einmalig durch einen ERROR RESET IN-Eingang zurückgesetzt werden.

Vor Reglerfreigabe muss sich die STO-Einheit im betriebsbereiten Zustand befinden. Ansonsten führt dies zu einem Fehler, der in Kapitel 11 Fehlerbehebung beschrieben wird.

	<p>Ausgangssignale OK und ERROR OUT können als Statusmeldung an die automatisierungstechnische Steuerung übertragen und ausgewertet werden. Diese dienen jedoch nicht als sichere Ausgangssignale für weitere sicherheitsgerichtete Aktionen.</p>
---	---

## 8.4 Zustandsdiagramm STO

STO A	STO B	ERROR OUT	OK	Beschreibung
Offen	Offen	High / Low	High	Sicherer Zustand des Zweiachsreglers
Offen	Low	High / Low	High	
Low	Offen	High / Low	High	
Low	Low	High / Low	High	
Low	High	High / Low	High	
High	Low	High / Low	High	
High	High	Low	High	
High	High	High	Low	Zweiachsregler Betriebsbereit

Tabelle 40: Zustandsdiagramm STO

## 9 Regler



In diesem Kapitel werden der Drehzahl- und Positionsregler näher erläutert. Neben der Struktur und den verwendeten Parametern wird auch das Einstellen des jeweiligen Reglers erklärt.

### 9.1 Reglerstrukturen

In diesem Abschnitt werden die Reglerstrukturen und deren Parametrierung über CAN-Bus beschrieben. Es wird jeweils ein Blockschaltbild zugrunde gelegt, das aus der Generierung der Trajektorie, der Regelung selbst und dem Stromregler mit anschließender Endstufe, welche den Wechselrichter repräsentiert, besteht. Der Stromregler (Drehmomentregler) ist bereits voreingestellt und muss deshalb nicht angepasst werden.

In den Tabellen werden die CAN-Parameter Subindizes jeweils für den Motorabgang 1 angegeben. Möchte man den Parameter für den Motorabgang 2 umstellen, so muss in der CAN-Dokumentation der korrekte Subindex nachgeschlagen werden.

In den nachfolgenden Parameter-Tabellen sind lediglich Bemerkungen eingefügt, für genauere **Beschreibungen wird auf die „MCP-48-20-02\_Software\_Documentation“, CAN-Dokumentation und die Erstinbetriebnahme in Kapitel 7.1 Erstinbetriebnahme** verwiesen.

Die im folgenden erwähnten PID Blöcke bestehen aus den Parametern  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  und  $f_c$ , welche über Software verändert werden können.  $K_p$  entspricht dabei dem Proportional-Faktor,  $K_i$  dem Integral-Faktor,  $K_d$  dem Differential-Faktor und  $f_c$  der Grenzfrequenz des Differential-Anteils (im Weiteren werden diese auch P-, I-, D- und  $f_c$ -Faktor genannt). Der  $f_c$ -Faktor ist somit nur relevant, wenn auch der D-Anteil ungleich null ist. Der Aufbau dieses Blocks ist im Folgenden dargestellt:

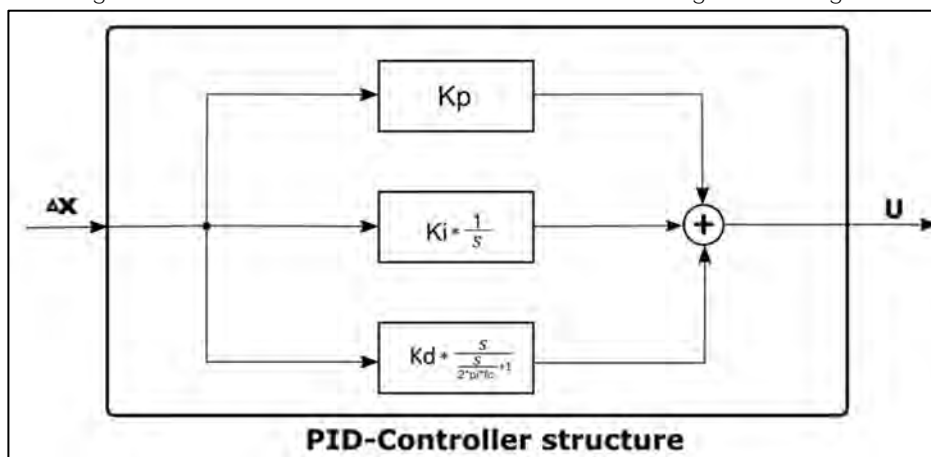


Abbildung 17: PID-Regler Struktur

Die Übertragungsfunktion dieses PID-Gliedes im Frequenzbereich lautet:

$$G(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + \frac{K_d * s}{2 * \pi * f_c * s + 1}$$

Bzw. als z-Übertragungsfunktion:

$$G(z) = K_p + \frac{K_i * T_s}{z - 1} + K_d * 2\pi * f_c \frac{z - 1}{z - e^{-2\pi f_c T_s}}$$

Es werden zwei unterschiedliche Drehzahlregler zur Verfügung gestellt. Einer davon beruht auf einem Positionsregler. Die Vor- und Nachteile des jeweiligen Drehzahlreglers werden im zugehörigen Abschnitt erläutert. Weiters kann ein PID-Positionsregler eingesetzt werden.

Bei allen drei Reglerstrukturen besteht die Möglichkeit eine Vorsteuerung („Feedforward“) einzustellen. Dieser Feedforward wird aus der aktuellen Beschleunigung und dem Feedforward-Faktor mittels einer Multiplikation berechnet. Der Feedforward wird dann als Strom zur aktuellen Stellgröße addiert. Der einzustellende Faktor besitzt die Einheit A/(rpm/s).

### 9.1.1 PID-Drehzahlregler

Beim Drehzahlregler ohne Verwendung der Trajektoriengenerierung muss der Parameter *Object 0x3019: Use position controller* auf 0 gesetzt sein. Dann ist der normale PID-Geschwindigkeitsregler aktiv und der Drehzahlregler mit unterlagerten PID-Positionsregler und Trajektoriengenerierung ist inaktiv. Dies ist standardmäßig in der Werkskonfiguration der Fall. In der nachstehenden Abbildung 18 ist das Blockschaltbild des Drehzahlreglers abgebildet. Der Block „Speed Ramp Generation“ bildet aus der aktuellen Drehzahl ( $n_{act}$ ), der Solldrehzahl ( $n_{targ}$ ) und der eingestellten Beschleunigungs-/Verzögerungsrampe ( $a_{Acc}$  und  $a_{DeAcc}$ ) das gewünschte Drehzahlprofil. Aus der aktuellen Drehzahl und der Referenz-Drehzahl ( $n_{targ,act}$ ) (Ausgang Speed Ramp Generation) wird die Geschwindigkeitsabweichung gebildet, welche durch den PID-Regler möglichst auf 0 geregelt wird. Der Ausgang des Geschwindigkeitsreglers ist das Stellsignal für den Strom  $I_{targ}$ . Weiters kann mit dem „Feedforward“-Block eine Vorsteuerung konfiguriert werden. Auf diese Feedforward-Einstellung wird hier nicht näher eingegangen. Der Block „PID-Speedcontroller“ stellt den Drehzahlregler dar, die Parameter können der untenstehenden Tabelle entnommen werden.

Damit der Regler reagieren kann, muss zu jedem Zeitpunkt die Geschwindigkeit genau bekannt sein. Dies kann im Speziellen bei Hall-Sensoren und langsamen Drehzahlen zu Schwierigkeiten führen, da für die Ermittlung der Geschwindigkeit nur sehr wenig Information in Form von Hall- oder Encoderflanken zur Verfügung steht.

Der PID-Drehzahlreglers kann im Vergleich zum „Drehzahlregler mit unterlagerten PID Positionsregler“ (siehe 9.1.2) für kleine Geschwindigkeiten (bis zum Stillstand) nicht so steif parametrierbar sein, da die Regelabweichungen ebenso wie die Geschwindigkeit klein sind.

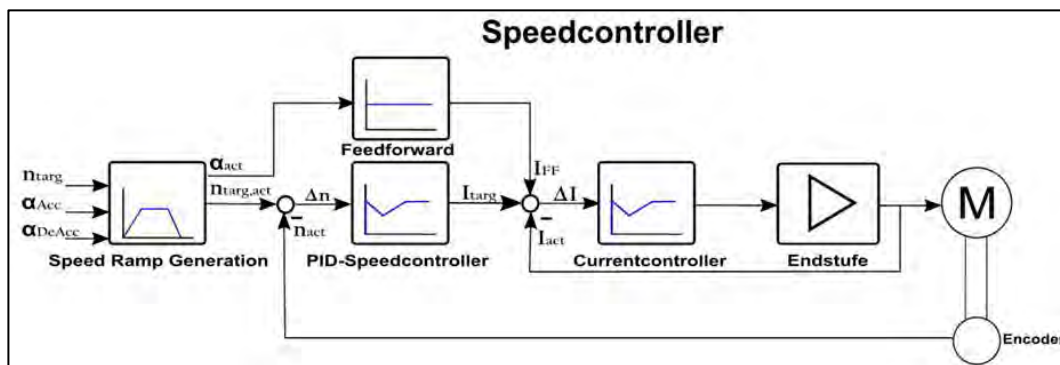


Abbildung 18: Blockschaltbild Drehzahlregler

Block-schalt-bild	Beschreibung	CAN-Objekt
	Use Position Controller	0x3013sub1
$n_{targ}$	Solldrehzahl	0x6042sub1
$n_{targ,act}$	Aktuelle Trajektorien Solldrehzahl	-
$\Delta n$	Drehzahlabweichung	-
$a_{Acc}$	Beschleunigung	0x3011sub1
$a_{DeAcc}$	Verzögerung	0x3012sub1
Feedforward	Vorsteuerung-Gain	0x301Asub1
$n_{act}$	Aktuelle Drehzahl	0x6044sub1
$I_{FF}$	Stellgröße Vorsteuerung	-



$I_{\text{targ}}$	Stellgröße PID-Regler	-
$I_{\text{act}}$	Aktueller Strom	0x607sub1
PID-Speed-controller	P	0x60F9sub1
	I	0x60F9sub2
	D	0x60F9sub3
	fc (Realisierungsterm Grenzfrequenz)	0x60F9sub4

Tabelle 41: Beschreibung PID-Drehzahlregler

### 9.1.2 Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler

Der Geschwindigkeitsregler ist auch als trajektoriengeführter PID-Positionsregler mit Limit (durch Strombegrenzung) ausgeführt. Möchte man diesen Drehzahlregler verwenden, so muss der Parameter im *Object 0x3019: Use position controller* auf 1 gesetzt werden. Der Parameter ist in der untenstehenden Tabelle aufgelistet.

Der hier zur Geschwindigkeitsregelung eingesetzte PID-Regler ist Prinzip ein Positionsregler. Aus der Soll-Drehzahl wird über den abgebildeten „Ramp and Trajectory Generation“ eine Solltrajektorie ( $x_{\text{targ}}$ ) erzeugt. Zwischen dieser Trajektorie und der aktuellen Position ( $x_{\text{act}}$ ) wird die Positionsdifferenz errechnet. Diese Positionsdifferenz wird über den nachfolgenden PID-Positionsregler ausgeglichen.

Der Vorteil dieser Variante zeigt sich speziell bei geringen Drehzahlen bis hin zum Stillstand, denn die Regelabweichung ist als Positionsdifferenz geschwindigkeitsunabhängig. Auch eine Regelung im Stillstand ist daher möglich. Beispielsweise kann so ein langsames Wegrollen eines Fahrzeugs verhindert werden.

Probleme hingegen können auftreten, wenn der Regler der Sollvorgabe trotz maximaler Aussteuerung nicht mehr folgen kann. Damit könnte es passieren, dass aufgrund zu hoher Last die erforderliche Geschwindigkeit nicht zu erreichen ist. Daraufhin würde die Position trotz voller Aussteuerung abdriften. Wenn darauffolgend die Regelabweichung mehr als sieben Motorumdrehungen beträgt, kann es zum Fehler (Fehlercode aus *Objekt 0x3002: Fault* ausgelesen: 0x01000000 ERROR\_POS\_DIFF\_SPEED\_CONT Position difference error in speed control mode) kommen.

Für den Feedforward gilt beim Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler analoges wie beim normalen PID-Drehzahlregler.

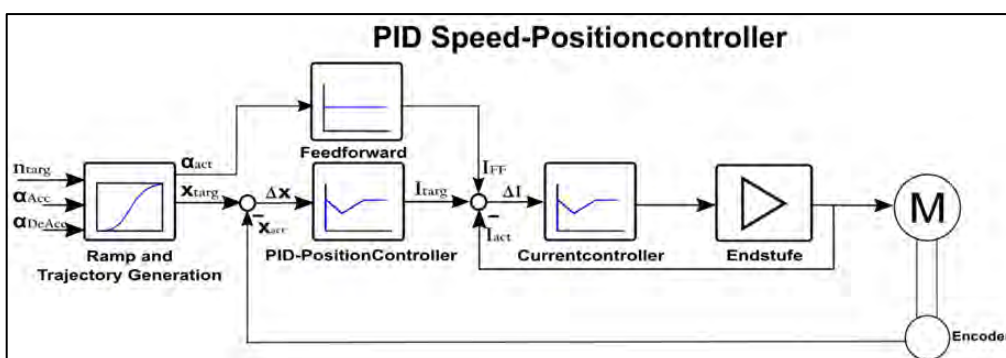


Abbildung 19: Blockschaltbild Drehzahlregler mit unterlagertem Positionsregler

Block-schaltbild	Beschreibung	CAN-Objekt
	Use Position Controller	0x3013sub1
$n_{\text{targ}}$	Solldrehzahl	0x6042sub1
$x_{\text{act}}$	Istposition	-
$x_{\text{targ}}$	Sollposition Trajektorien-generierung	-



Block-schaltbild	Beschreibung	CAN-Objekt
$\Delta x$	Regelfehler Position	-
$a_{Acc}$	Beschleunigung	0x3011sub1
$a_{DeAcc}$	Verzögerung	0x3012sub1
Feedforward	Vorsteuerung-Gain	0x301Asub1
$n_{act}$	Istdrehzahl	0x6044sub1
$I_{FF}$	Stellgröße Vorsteuerung	-
$I_{targ}$	Stellgröße PID-Regler	-
$I_{act}$	Aktueller Strom	0x6078sub1
PID-Speedcontroller	P	0x60F9sub1
	I	0x60F9sub2
	D	0x60F9sub3
	$f_c$ (Realisierungsterm Grenzfrequenz)	0x60F9sub4

Tabelle 42: Beschreibung Drehzahlregler mit unterlagertem Positionsregler

### 9.1.3 Positionregler

Das Blockschaltbild des Positionreglers ist unten dargestellt. Die Zielposition ( $x_{targ}$ ) wird von der übergeordneten Steuerung (z.B. SPS) vorgegeben. Ein Trajektorien-generierungsblock mit den Parametern Maximalgeschwindigkeit ( $n_{max}$ ) und Profilbeschleunigung ( $a_{max}$ ), gibt den Sollpositionsverlauf ( $x_{targ,act}$ ) aus. Der PID-Positioncontroller regelt diese Abweichung zu null und gibt als Stellgröße einen Referenzstrom (Referenzmoment) an den Stromregler. Der Feedforward ist in diesem Fall standardmäßig auf 0 gestellt.

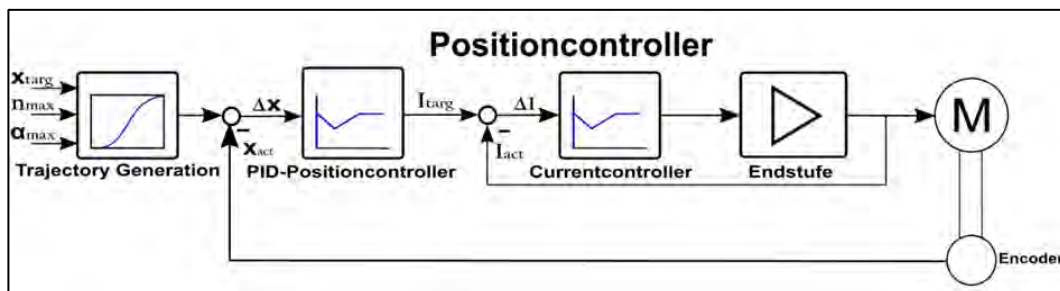


Abbildung 20: Blockschaltbild Positionregler

Block-schaltbild	Beschreibung	CAN-Objekt
$x_{targ}$	Sollposition	0x607Asub1
$x_{act}$	Aktuelle Position	0x6064sub1
$x_{targ,act}$	Aktuelle Sollposition Trajektorien-generierung	-
$\Delta x$	Positionsabweichung	-
$I_{targ}$	Stellgröße PID-Regler	-
$I_{act}$	Aktueller Strom	0x6078sub1
$n_{max}$	Maximalgeschwindigkeit	0x6081sub1
$a_{max}$	Profilbeschleunigung	0x6083sub1
PID-Positioncontroller	P	0x60FBsub1
	I	0x60FBsub2
	D	0x60FBsub3
	$f_c$ Realisierungsterm Grenzfrequenz	0x60FBsub4

Tabelle 43: Beschreibung Positionregler

## 9.2 Voreingestellte Parametrierung des Antriebsreglers

Die Parameter für den Geschwindigkeits- und Positionsregler werden vorparametriert ausgeliefert. Applikationsabhängig müssen diese jedoch angepasst werden. Wie man dabei vorgehen kann, ist im folgenden Abschnitt dargestellt. Der Stromregler ist ebenfalls vorparametriert und muss im Normalfall nicht geändert werden.

## 9.3 Vorgehensweise Parameterermittlung

In diesem Abschnitt wird die Einstellung der Regler näher erläutert. Dabei muss angemerkt werden, dass diese Einstellung sowohl mit, also auch ohne Last durchgeführt werden muss, um ideales Verhalten in allen Betriebsfällen zu garantieren. Die Einstellung des Reglers kann über CAN-Bus erfolgen. Die Abtastfrequenz/Kommunikation bei der Reglereinstellung über CAN-Bus mit 25 ms begrenzt. Grundsätzlich sollten immer die generierte Trajektorien-Sollgröße und die aktuelle Größe dargestellt werden. Idealerweise wird auch die Stellgröße dargestellt. Da es über CAN-Bus nicht möglich ist, die Trajektorien-Sollgröße ( $n_{\text{targ,act}}$ ,  $x_{\text{targ,act}}$ ) darzustellen, wird die eingestellte Sollgröße ( $n_{\text{targ}}$ ,  $x_{\text{targ}}$ ) dargestellt.

Bei der Reglereinstellung über CAN-Bus werden die Objekte aus den oberen Tabellen benötigt. Diese Werte müssen dann (teilweise zyklisch) ausgelesen werden, um eine bestmögliche Reglereinstellung zu finden. Test-Skripte (ausgeführt in der Programmiersprache Python) für die Einstellung über CAN-Bus können bei Bedarf bei MTA angefragt werden.

### 9.3.1 Einstellung des PID-Drehzahlregler

Um die Einstellung der PID-Werte (siehe Tabelle 41) durchzuführen, muss der Modus auf den Drehzahlmodus eingestellt werden (Beschreibung dazu siehe Abschnitt 7.2.3 Geschwindigkeitsmodi). Wichtig dabei ist, dass auch der der Drehzahlregler mit unterlagertem Positionsregler deaktiviert wird (*Object 0x3019: Use position controller auf 0 setzen*).

Bei der Einstellung des PID-Drehzahlreglers wird eine Soll Drehzahl (*Objekt 0x6042: Target velocity*) und eine maximale Beschleunigung (*Objekt 0x3011: Ramp acceleration*) vorgegeben und die aktuelle Drehzahl gemessen (*Objekt 0x6044: Actual velocity*). Alle 3 Größen müssen für die Auslegung des PID-Drehzahlreglers in einer Grafik dargestellt werden. Im Idealfall steigt die Drehzahl linear an, weshalb in folgenden Grafiken die Sollrampe eingezeichnet ist. Diese kann nicht über ein CAN-Objekt ausgelesen werden und muss über die Beschleunigung, die Ist- und die Soll-Geschwindigkeit berechnet werden.

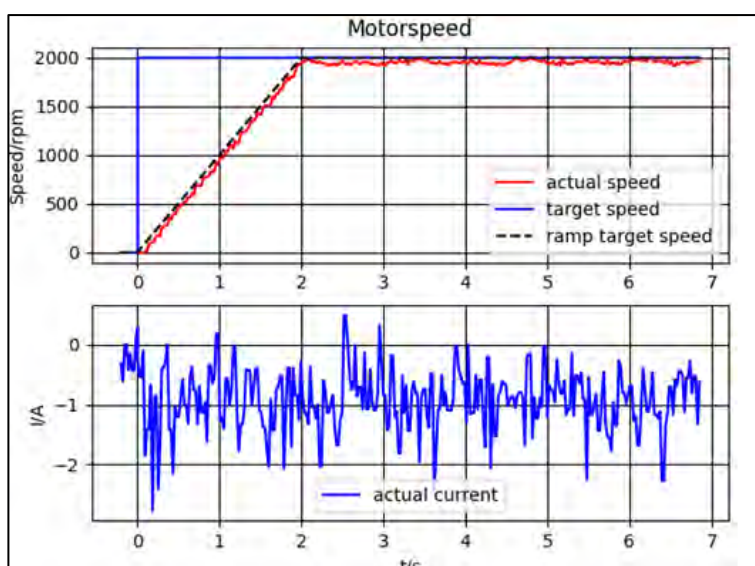


Abbildung 21: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 1

Es wird mit den Reglerparametern  $P=1,5$ ,  $I=0$ ,  $D=0$  gestartet. Der P-Faktor wird so lange erhöht, bis die aktuelle Drehzahl zu schwingen beginnt. Dies ist in den folgenden zwei Bildern dargestellt. Nachdem bei der Reglereinstellung ein leichtes Schwingen, um die Soll-drehzahl von 2000 rpm zu sehen ist (Bild 1), wird der P-Wert so lange verkleinert, bis das Schwingen verschwindet, in unserem Fall ist  $P=0,55$  (Bild 2).

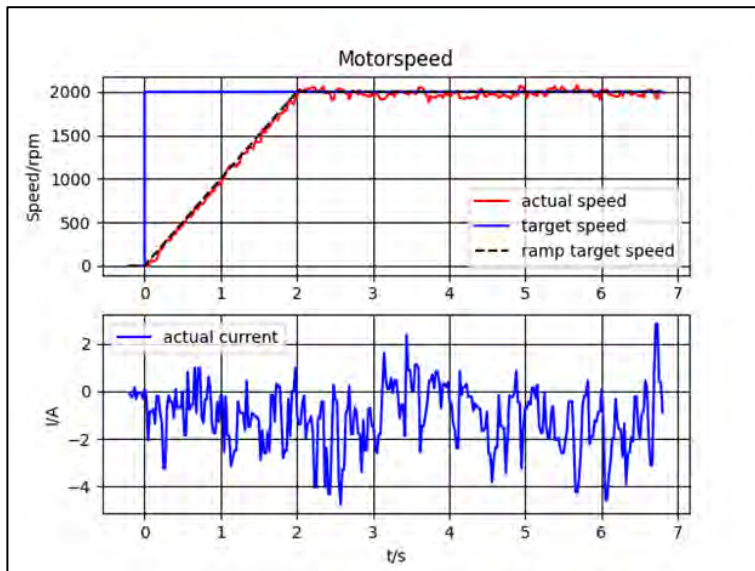


Abbildung 22: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 2

Wird der P-Faktor zu niedrig eingestellt ( $P=0,1$ ) sieht dies wie folgt aus:

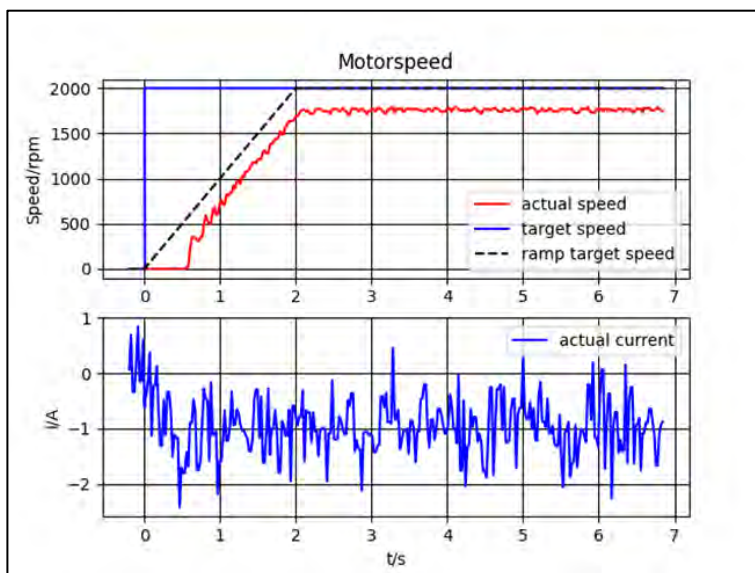


Abbildung 23: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 3

Im nächsten Schritt wird der I-Anteil sukzessive auf 0,2 erhöht, bis die Regelabweichung zu 0 wird.

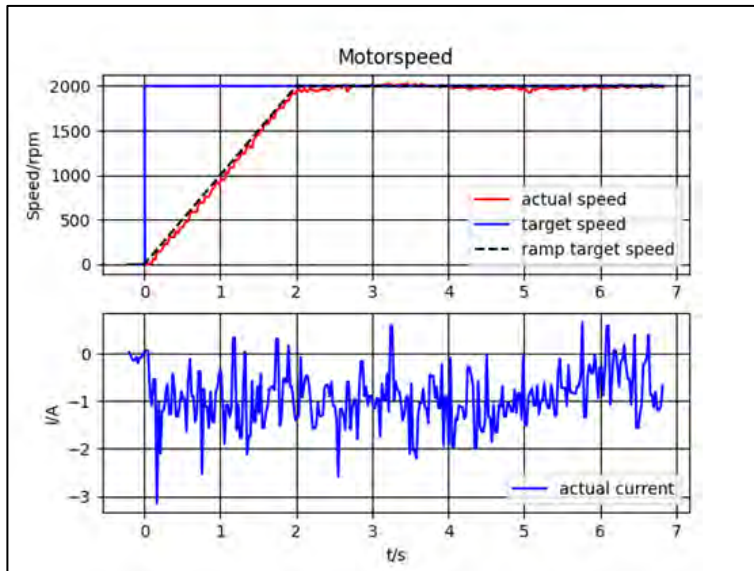


Abbildung 24: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 4

Ein zu hoher I-Anteil ( $I=2,0$ ) sieht wie folgt aus (erhöhte Schwingung im Strom ersichtlich):

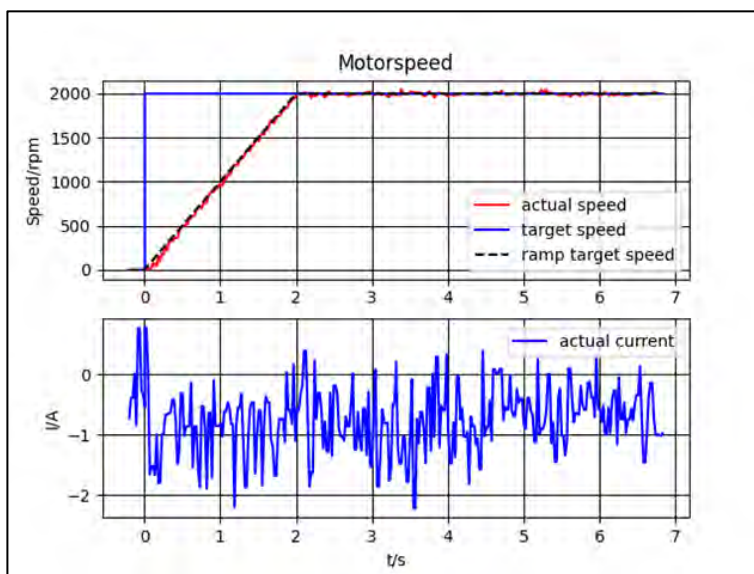


Abbildung 25: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 5

Abschließend kann noch der D-Anteil erhöht werden ( $D=0,001$ ), um die Schwingneigung unter Last zu verringern:



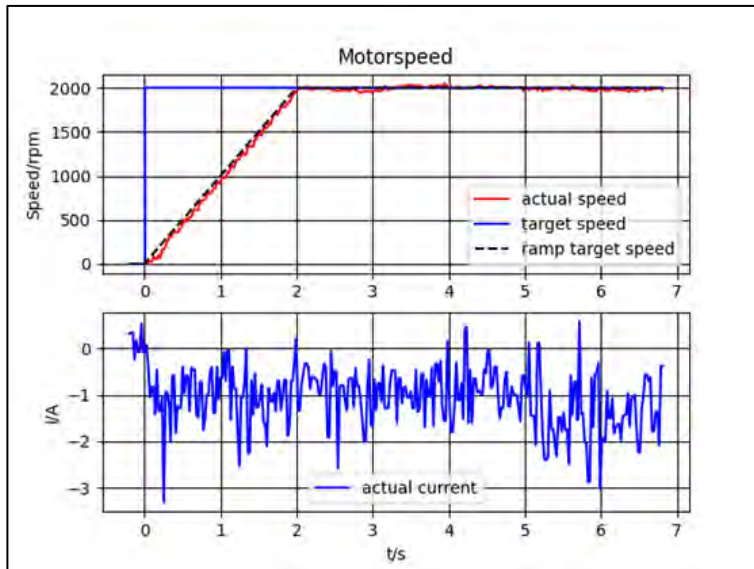
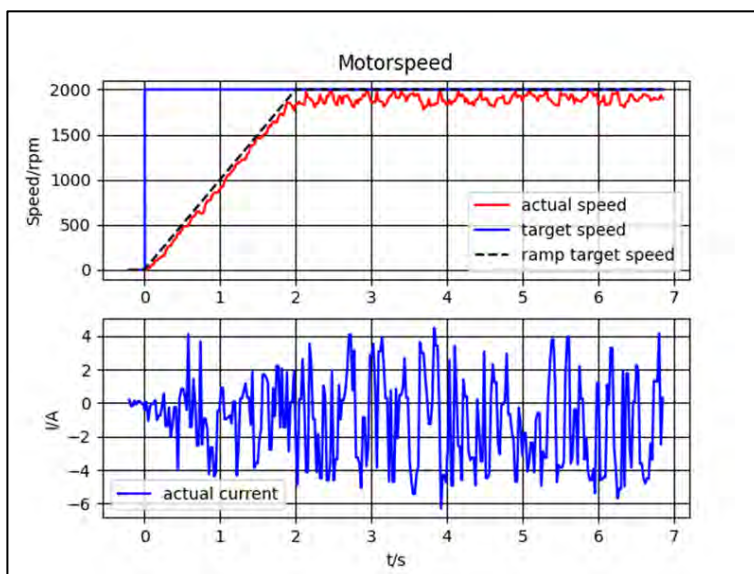


Abbildung 26: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 6

Ein zu hoher D-Anteil führt zu erhöhten Stromschwingungen und sieht wie folgt aus (D=0.01):



### 9.3.2 Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler

Um die Einstellung der PID-Werte (siehe Tabelle 42: Beschreibung Drehzahlregler mit unterlagertem Positionsregler) durchzuführen, muss der Modus auf den Drehzahlmodus eingestellt werden (Beschreibung dazu siehe Abschnitt 7.2.3 Geschwindigkeitsmodi). Wichtig dabei ist, dass auch der Drehzahlregler mit unterlagertem Positionsregler aktiviert wird (*Object 0x3019: Use position controller* auf 1 setzen). Bei der Einstellung des PID-Drehzahlreglers mit unterlagertem PID-Positionsregler wird eine Soll-drehzahl (*Objekt 0x6042: Target velocity*) und eine maximale Beschleunigung (*Objekt 0x3011: Ramp acceleration*) vorgegeben und die aktuelle Drehzahl gemessen (*Object 0x6044: Actual velocity*), analog zum vorherigen Abschnitt. Alle drei Größen müssen wiederum für die Auslegung des PID-Drehzahlreglers in einer Grafik dargestellt werden.

Die aktuelle Drehzahl steigt idealerweise linear entsprechend der eingestellten Beschleunigung an. Es wird mit den Reglerwerten P=1, I=0, D=0,002, fc=500 gestartet. Hier ist zu beachten, dass der D-Anteil notwendig ist, um Schwingen des Reglers zu reduzieren. Der Drehzahlverlauf sieht danach wie folgt aus:

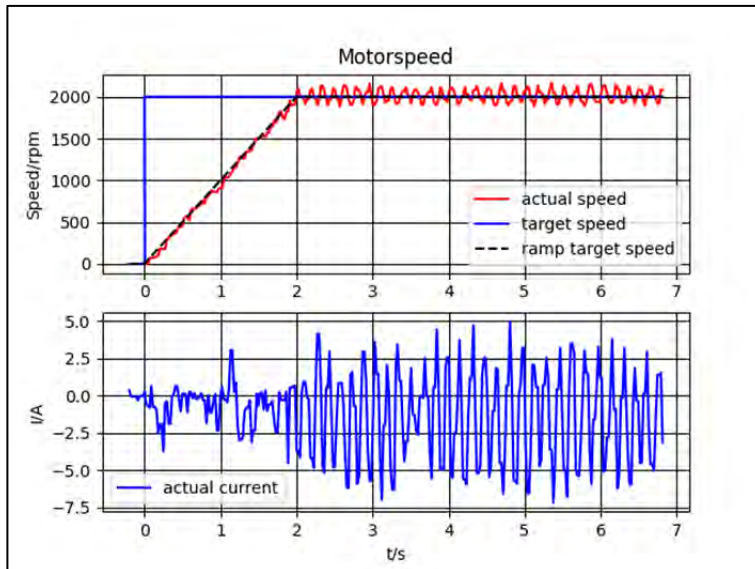


Abbildung 27: Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler Bild 1

Anschließend werden der P- und D-Faktor verringert ( $P=0,3$ ,  $D=0,0015$ ), um das Schwingen der aktuellen Drehzahl zu minimieren. Der Drehzahlverlauf sollte dann wie folgt aussehen:

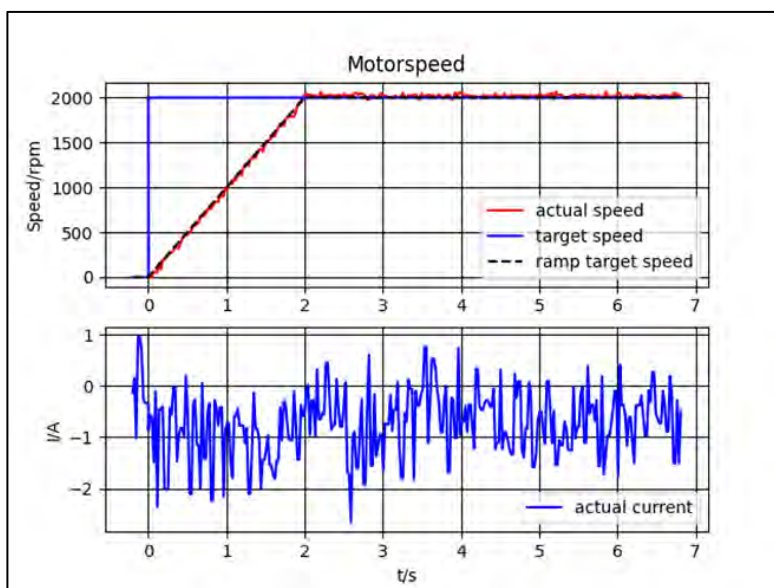


Abbildung 28: Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler Bild 2

Abschließend wird ein I-Anteil ( $I=0,1$ ) eingeführt, um bei Last die bleibende Regel-abweichung ausregeln zu können:

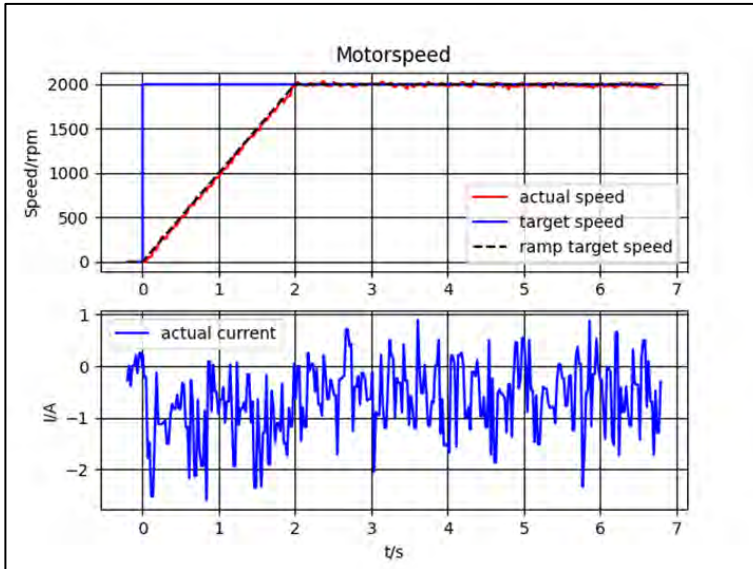


Abbildung 29: Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler Bild 3

### 9.3.3 Einstellung PID-Positionsregler

Um die Einstellung der PID-Werte (siehe Tabelle 43) durchzuführen, muss der Modus auf den Positionsmodus eingestellt werden (Beschreibung dazu siehe Abschnitt 7.2.5 Positioniermodus mit Sollwertvorgabe über CAN (Modus 2)). Die Sollposition (*Objekt 0x607A: Target position*) und die Ist-Position (*Objekt 0x6064: Position actual value*) müssen in einem Diagramm dargestellt werden. Die aktuelle Sollposition steigt je nach entsprechend eingestellter Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsgrenze an und kann über CAN-Bus nicht abgefragt werden. In diesem Abschnitt wird von einer  $\sin^2$ -Rampenform ausgegangen. Es wird mit den Reglerwerten  $P=10000$ ,  $I=0$ ,  $D=0$  gestartet. Es ist erkennbar, dass starkes Schwingen sowohl in der aktuellen Position, als auch im Strom auftritt.

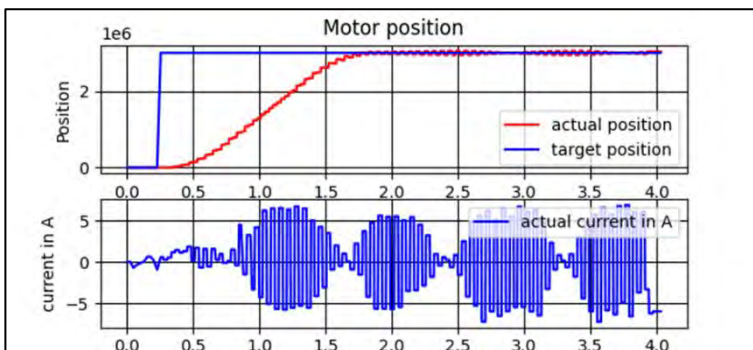


Abbildung 30: Einstellung PID-Positionsregler Bild 1

Anschließend wird der P-Anteil verringert, bis das Schwingen nicht mehr auftritt.

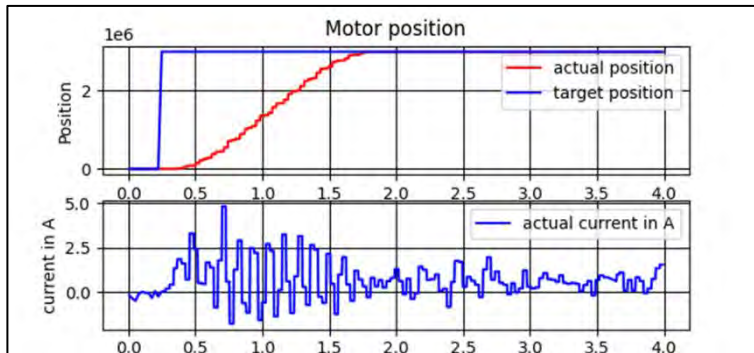


Abbildung 31: Einstellung PID-Positionsregler Bild 2

Um eine glattere Kurve und somit weniger Schwingen in Drehzahl und Strom zu erreichen, wird ein D-Anteil eingeführt. Hier je ein Bild mit zu großem (D=500, hohe Stromspitzen) und passendem D-Anteil (D=50):

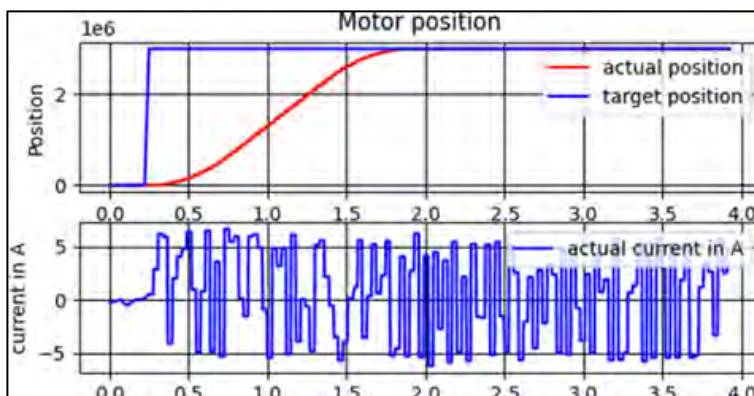


Abbildung 32: Einstellung PID-Positionsregler Bild 3

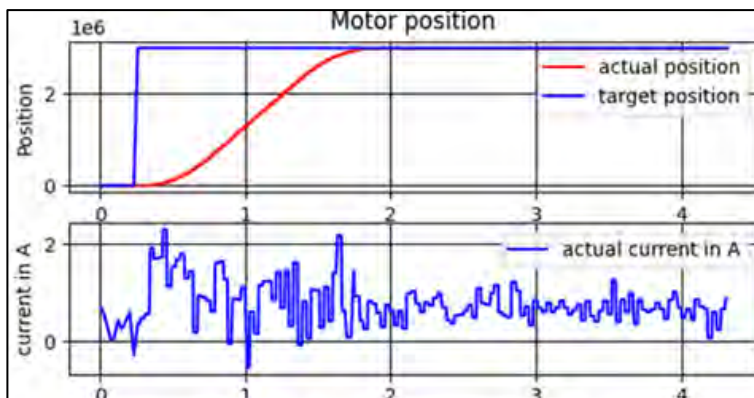


Abbildung 33: Einstellung PID-Positionsregler Bild 4

Abschließend kann noch der I-Anteil eingestellt werden (P=3000, D=50, I=2000) um auch bei entsprechender Last gutes Verhalten aufzuweisen:



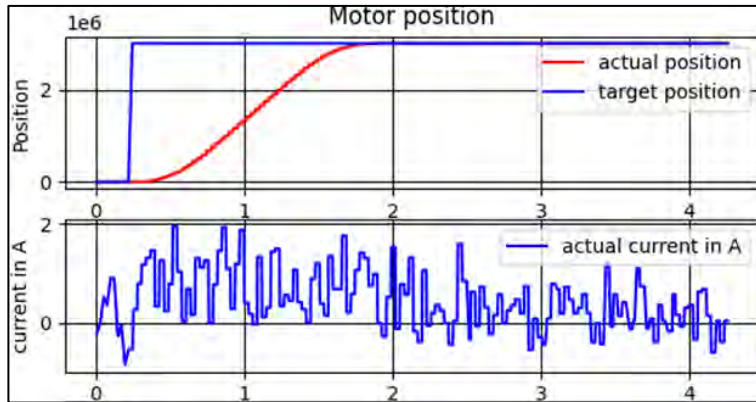





Abbildung 34: Einstellung PID-Positionsregler Bild 5

## 10 Wartung

- Die Komponenten sind wartungsfrei, wenn die vorgeschriebenen Einsatzbedingungen eingehalten werden.
- Bei verunreinigter Umgebungsluft können Kühlflächen verschmutzen oder Kühlöffnungen verstopft werden. Bei diesen Betriebsbedingungen deshalb regelmäßig die Kühlflächen und Kühlöffnungen reinigen. Dazu niemals scharfe oder spitze Gegenstände verwenden!
- Nachdem der Antriebsregler von der Versorgungsspannung getrennt ist, dürfen Sie spannungsführende Geräteteile und Leistungsanschlüsse nicht sofort berühren, weil Kondensatoren aufgeladen sein können.

### 10.1 Sicherheitshinweise für Wartung und Montage

 	 <span style="font-size: 24px; font-weight: bold;">GEFAHR</span>
	<p>Lebensgefahr durch Berühren spannungsführender Teile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Antriebe und die verwendeten Stromversorgungen müssen entsprechend den EN-Normen und VDE-Vorschriften so an das Netz angeschlossen werden, dass sie mit geeigneten Freischaltmitteln (z.B. Hauptschalter, Schütz, Leistungsschalter) vom Netz getrennt werden können. Vorsorglich müssen Entstörungsmaßnahmen für Schaltanlagen getroffen werden, wie z.B. Schütze und Relais mit RC-Gliedern bzw. Dioden beschalten</li> <li>• Die Antriebe entsprechen der Schutzklasse IP20. Es ist darauf zu achten, dass die Umgebung dieser Schutz- bzw. Verschmutzungsstufe entspricht.</li> <li>• Halten Sie elektrische Bedienelemente stets verschlossen. Vor dem Einschalten die dafür vorgesehenen Abdeckungen und Schutzvorrichtungen für den Berührschutz an den Geräten anbringen. Für Einbaugeräte ist der Schutz gegen direktes Berühren elektrischer Teile durch ein äußeres Gehäuse, wie beispielsweise einen Schaltschrank, sicherzustellen.</li> <li>• Sollten an der MCP-48-20-02 Umbauarbeiten durchgeführt werden (Anschließen eines Motors etc.) so ist sicherzustellen, dass die Spannungsversorgung (Leistungs- und Steuerspannung) ausgeschaltet ist und die Kondensatoren entladen sind!</li> <li>• Wechseln Sie lose Verbindungen, beschädigte, angeschmorte oder durchgeschmorte Kabel sofort aus. Führen Sie Arbeiten nur bei ausgeschaltetem und abgeschlossenem Hauptschalter durch.</li> <li>• Vor Inbetriebnahme, auch für kurzzeitige Mess- und Prüfzwecke, stets den Schutzleiter an allen elektrischen Geräten entsprechend dem Anschlussplan anschließen oder mit Erdleiter verbinden. Auf dem Gehäuse können sonst hohe Spannungen auftreten, die elektrischen Schlag verursachen.</li> <li>• Bei der Installation ist besonders in Bezug auf Isolation und Schutzmaßnahmen die Höhe der Zwischenkreisspannung zu berücksichtigen. Es muss für ordnungsgemäße Erdung, Leiterdimensionierung und entsprechenden Kurzschlusschutz gesorgt werden.</li> <li>• Vergewissern Sie sich, dass keine Kabel eingeklemmt bzw. gequetscht werden. Stellen Sie sicher, dass die Kabel so verlegt sind, dass sie keine Stolperfallen bilden oder beschädigt werden können.</li> <li>• Sorgen Sie dafür, dass alle Arbeiten nur von dafür ausgebildeten und an der Anlage unterwiesenen Fachkräften ausgeführt werden.</li> </ul>

# 11 Fehlerbehebung

## 11.1 Fehlertabelle

### 11.1.1 Motorcontroller (Subindizes = 1 und 2)

Fehlercode in Objekt 0x3002: Fault	Fehlerbezeichnung	Fehlerbeschreibung	CAN-Error Code	Mögliche Ursachen
0x00000001	ERROR_OVER_CURRENT	Überstromfehler (Software, schnelle Reaktion, 120A Spitze für 3 ms)	0x2311	Motor blockiert, zu hohe Last, Geschwindigkeitsregler falsch/schlecht eingestellt, Beschleunigung/Verzögerung für die Anwendung zu hoch
0x00000002	ERROR_OVER_CURRENT2	Überstromfehler (Software, langsame Reaktion, 100A Spitze für 1000 ms)	0x2312	Motor blockiert, zu hohe Last, Geschwindigkeitsregler falsch/schlecht eingestellt, Beschleunigung/Verzögerung für die Anwendung zu hoch, Strombegrenzung zu hoch
0x00000004	ERROR_CURRENT_MEASUREMENT	Stromsensorfehler, der Stromsensor konnte nicht korrekt kalibriert werden	0x2210	Stromsensor am Leistungsteil defekt, Kontaktaufnahme mit MTA
0x00000008	ERROR_TRIPZONE	Hardware-Überstrom (abhängig vom verbauten Stromsensor für 300µs)	0x2310	Motor blockiert, zu hohe Last, Geschwindigkeitsregler falsch/schlecht eingestellt, Beschleunigung/Verzögerung für die Anwendung zu hoch, Motor defekt
0x00000010	WARNING_UDC_MAX	Zwischenkreisüberspannungsfehler (>63V)	0x3110	Leistungsspannung zu hoch, zu hohe Batteriespannung, bei Betrieb am Netzteil stieg möglicherweise die Spannung aufgrund rekuperativen Bremsen
0x00000020	WARNING_UDC_MIN	Zwischenkreisunterspannungsfehler (<10 V)	0x3120	Leistungsversorgung von z.B. der Batterie zum Antriebsregler unterbrochen, FETs auf der Leistungsplatine defekt,
0x00000040	WARNING_U12V_MIN	12V-Versorgungsunterspannungsfehler (<9V), Fehler tritt auf, wenn die STO-PCB nicht bereit ist.	0x5510	STO – Platine nicht freigegeben bzw. keine Versorgung der STO A und B Eingänge, wenn keine STO - Platine verbaut ist, muss der Bügel am Steuerteil korrekt gesetzt sein;

Fehlercode in Objekt 0x3002: Fault	Fehlerbezeichnung	Fehlerbeschreibung	CAN-Error Code	Mögliche Ursachen
0x00000100	ERROR_TMP_PCB	<b>Übertemperaturfehler (<math>\geq 90^{\circ}\text{C}</math>) auf der Leistungsplatine</b>	0x4210	Überhitzung der Platine durch zu hohen Stromfluss
0x00000200	ERROR_TMP_MOTOR	Motorübertemperaturfehler	0x4211	Überbelastung des Motors, Motortemperatur zu hoch, Fehler am Temperatursensor im Motor
0x00000400	ERROR_I2T	I <sup>2</sup> t-Fehler	0x4310	Überbelastung des Motors, I <sup>2</sup> t-Werte nicht korrekt eingestellt
0x00004000	ERROR_FAULT_OC_CHOPPER	Überstrom am Ausgang des Bremschoppers	0x2320	Bremswiderstand mit zu kleinem Widerstandswert verwendet
0x00008000	ERROR_TMP_CHOPPER	Temperaturfehler des Bremschoppers	0x4220	Überhitzung durch zu hohen Stromfluss beim Bremsen -> Bremschopperwiderstands-Auslegung überprüfen, Kein Temperaturfühler am Bremswiderstand installiert (offen), Temperaturfühler defekt
0x00010000	ERROR_TIMEOUT_MST_SLV	Kommunikationszeitüberschreitung Applikations-DSP --> Motor-DSP	0x6110	Antriebsregler ist noch beim Boot – Up, Kommunikationsüberlastung des Controllers
0x00020000	ERROR_SPEED_DIFF	Geschwindigkeitsdifferenzfehler, zulässiges Schleppfehlerfenster wurde überschritten	0x8612	Motor blockiert, zu hohe Last, Geschwindigkeitsregler falsch/schlecht eingestellt, Beschleunigung/Verzögerung für die Anwendung zu hoch, Vorgegebene Geschwindigkeit zu hoch
0x00040000	ERROR_POSITION_DIFF	Positions-differenzfehler, zulässiges Positionsfehlerfenster wurde überschritten	0x8611	Motor blockiert, zu hohe Last, Positionsregler falsch/schlecht eingestellt, Beschleunigung/Verzögerung für die Anwendung zu hoch, Positions-differenz
0x00080000	ERROR_HOMING_RANGE	Fehler bei der Homing Referenzfahrt, kein Referenzierungssignal wurde innerhalb des Referenzfahrtbereichs gefunden	0x8603	Endschalter defekt, Anschlüsse der Sensoren am Antriebsregler kontrollieren, Homing Range falsch gesetzt
0x00100000	ERROR_COGG_IDENT_DONE	Offsetfahrt erfolgreich beendet (Betriebsart 0)	0x8300	Keine Störung, Referenzfahrt erfolgreich abgeschlossen
0x00200000	ERROR_COGG_IDENT_NO_INDEX	Es wurde kein Indexsignal während der Identifikation der Offsetfahrt erkannt (Betriebsart 0)	0x8300	Steckkontakt und Crimps kontrollieren, ggf. Encodersignale kontrollieren

Fehlercode in Objekt 0x3002: Fault	Fehlerbezeichnung	Fehlerbeschreibung	CAN-Error Code	Mögliche Ursachen
0x00400000	ER-ROR_COGG_IDENT_POS_CONT	Der Lageregler findet keine stabile Position während des Nutrastmomentidentifikationsverfahrens (bei Betriebsart 0) Hall-signale konnten nicht korrekt erkannt werden während der Identifizierung der Offsetfahrt (Betriebsart 0)	0x8300	Kontaktaufnahme mit MTA, Positionsregler für Nutrastkompensation muss eingestellt werden
0x00800000	ERROR_HALL_IDENT		0x7410	Steckkontakt und Crimps kontrollieren, ggf. Hall-signale kontrollieren
0x01000000	ER-ROR_POS_DIFF_SPEED_CONT	Der bahngenerierende Geschwindigkeitsregler (Kap. 10.1.2) sieht eine zu hohe Positionsabweichung, d.h. das Positionsschleppfehlerfenster wurde überschritten; Position difference error in speed control mode (nur wenn Objekt 0x3019: Use position controller enabled)	0x8613	Positionsschleppfehlerzeit zu gering, Geschwindigkeitsregler falsch eingestellt, Last ist zu hoch, zu hohe Geschwindigkeit, Zu große Beschleunigung/Verzögerung für die Last
0x02000000	ERROR_HOMING_ES_LEAVE_TIME	Zeit zum Verlassen des Endschalters während dem Homing wurde überschritten	0x8604	Endschalter auf Funktion überprüfen, kontrollieren ob korrekte Endschalter (Öffner/Schließer) parametrisiert sind, Eingestellte Zeit überprüfen

### 11.1.2 Applikationscontroller (Subindex = 3):

Fehlercode in Objekt 0x3002sub3: Fault	Fehlerbezeichnung	Fehlerbeschreibung	CAN-Error Code	Mögliche Ursachen
0x00000010	WARNING_U24V_MAX	Überspannungsfehler der 24V-Versorgung, Versorgungsspannung für Steuerelektronik über 28V	0x3110	Versorgungsspannung (Steuerspannung) überprüfen
0x00000020	WARNING_U24V_MIN	24V-Versorgungsunterspannungsfehler, Versorgungsspannung für Steuerelektronik unter 20V	0x3120	Versorgungsspannung (Steuerspannung) überprüfen

Fehlercode in Objekt 0x3002sub3: Fault	Fehlerbezeichnung	Fehlerbeschreibung	CAN-Er- ror Code	Mögliche Ursachen
0x00000100	ERROR_TMP_PCB_ISO	Übertemperaturfehler (>=100°C) auf der Steuerplatine	0x4210	Überhitzung der Platine durch zu hohen Stromfluss oder ungünstige Einbausituation
0x00001000	ERROR_SLAVE1_NOT_READY	Motor-DSP 1 nicht bereit	0x6110	Kontaktaufnahme mit MTA
0x00002000	ERROR_SLAVE2_NOT_READY	Motor-DSP 2 nicht bereit	0x6110	Kontaktaufnahme mit MTA
0x00004000	ERROR_CAN_NOT_READY	CAN-DSP nicht bereit	0x6110	Kontaktaufnahme mit MTA
0x00010000	ERROR_TIMEOUT_CAN_MST	Kommunikationszeitüberschreitung CAN-DSP->APP-DSP	0x6110	Axisstatus-Polltime zu schnell eingestellt, Überlastung des Antriebsreglers, Kontaktaufnahme mit MTA
0x00020000	ERROR_TIMEOUT_SLV1_MST	Kommunikationszeitüberschreitung Motor-DSP 1->APP-DSP	0x6110	Antriebsregler ist noch beim Boot - Up, Kommunikations-überlastung des Controllers, Kontaktaufnahme mit MTA
0x00040000	ERROR_TIMEOUT_SLV2_MST	Kommunikationszeitüberschreitung Motor-DSP 2->APP-DSP	0x6110	Antriebsregler ist noch beim Boot - Up, Kommunikations-überlastung des Controllers, Kontaktaufnahme mit MTA
0x00400000	ERROR_SLAVE1_SYNC	Motor-DSP 1 hat einen Fehler im Synchronbetrieb (nur in den Betriebsarten 7,9,10)	0x8601	Objekt 0x3002sub1 Fault Register auslesen, um genaueren Fehlercode zu sehen
0x00800000	ERROR_SLAVE2_SYNC	Motor-DSP 2 hat einen Fehler im Synchronbetrieb (nur in den Betriebsarten 7,9,10)	0x8601	Objekt 0x3002sub2 Fault Register auslesen, um genaueren Fehlercode zu sehen
0x01000000	ERROR_HOMING_SYNC	Bewegung der beiden Motoren in entgegengesetzter Richtung während der Homing-Referenzfahrt zu lange (nur bei Betriebsart 10)	0x8600	Fehler in der Motorverkabelung, Drehrichtung unterschiedlich
0x02000000	ERROR_MASTER_FREQU	Fehler im Leitfrequenzmodus -> mindestens ein Regler hat einen Fehler (nur bei Betriebsart 10)	0x8602	Objekt 0x1003 Pre-defined error field von beiden Antriebsreglern auslesen, um genaueren Fehlercode zu bekommen

## 11.2 Fehleranalyse

### 11.2.1 CAN

Im Falle eines Fehlers auf dem Applikations-DSP oder dem Motor-DSP kann man den expliziten Fehlercode vom entsprechenden Controller im Objekt 0x3002: Fault sehen. Die Beschreibung der dort angezeigten Fehlercodes finden sich in der MCP-48-20-02\_Software\_Documentaion oder oben im Kapitel 11.1.

Bei jedem Auftreten einer Störung wird automatisch ein CAN-Error Nachricht (EMCY-Nachricht) vom Controller mit hoher Priorität versendet. Diese enthält wesentliche Informationen über die Quelle des Fehlers und den Fehlercode. Sie setzt sich wie in Abbildung 35 beschrieben zusammen.

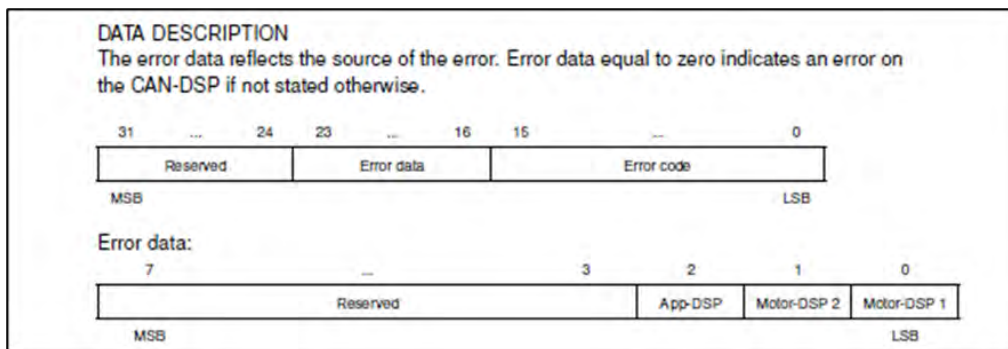


Abbildung 35: Error data description

### 11.3 Weitere Fehler

Sollte einer dieser Fehler im Betrieb auftreten, ist so ist der technische Support von MTA zu kontaktieren.

Fehlercode in Objekt 0x3002: Fault	Fehlerbezeichnung	Fehlerbeschreibung	CAN-Error Code
0x00000000	OK	Kein Fehler	0x6100
0x10000000	ERROR_NVM_READ	Software-Fehler: Fehler beim Lesen des nichtflüchtigen Speichers	0x6100
0x20000000	ERROR_NVM_WRITE	Software-Fehler: Fehler beim Schreiben des nichtflüchtigen Speichers	0x6100
0x40000000	ERROR_NVM_OVERFLOW	Software-Fehler: Pufferüberlauf des nichtflüchtigen Speichers	0x6100
0x80000000	ERROR_NVM_VER-SION	Software-Fehler: Prüfsummenübereinstimmung von Puffer und Anwendung	0x6100

Tabelle 44: Weitere Fehler

Für die Störungsbeseitigung ist es notwendig anzugeben welcher Controller diesen Fehler anzeigt. Hier kann wiederum das *Objekt 0x3002: Fault* Aufschluss geben, denn jedem Controller ist hier ein Subindex zugeordnet:

- 1 = Motor- DSP 1
- 2 = Motor-DSP 2
- 3 = App-DSP

## 11.4 Häufige Störungen bei Erstinbetriebnahme eines Motors

Die häufigsten Fehler, welche bei der Inbetriebnahme auftreten können, und jeweilige deren Ursache und Beseitigung sollen im Folgenden auch an dieser Stelle kurz erläutert werden.

### A) Motor dreht nicht, sondern macht nur ein brummendes Geräusch:

Nach setzen der Reglerfreigabe und einer Geschwindigkeitsvorgabe macht der Motor nur für kurze Zeit ein Geräusch und geht dann in den Fehlerzustand (Speed Difference Error mit CAN-Error Code 0x8612) über.

Dieses Verhalten können mehrere Ursachen zugrunde liegen. Es kann auftreten, wenn die Reglereinstellungen nicht korrekt sind. Hier sollte zur Beseitigung des unerwünschten Motorverhaltens der Geschwindigkeitsregler wie in Kapitel 9.3 beschrieben korrekt parametrieren werden.

Dieses Störungsverhalten kann ebenfalls auftreten, wenn ein dem Antriebsregler die Rotorlage nicht genau bekannt ist. Das ist beispielsweise der Fall, wenn zwei Motorphasen vertauscht angeschlossen wurden oder der Geberabgleich durch Verdrahtungsfehler nicht mit der erwarteten Position übereinstimmt. Diese Störung könnte durch die Kontrolle der Verdrahtung und eine Bestimmung des Geber-Winkeloffsets im Betriebsmodus 0 beseitigt werden (siehe Abschnitt 7.2.2 Offset-Bestimmung und Nutrastkompensation (Modus 0)).

### B) Der Motor bewegt sich, vibriert jedoch stark und neigt zum mechanischen Schwingen

Ein Vibrieren des Motors deutet auf unpassende Reglereinstellungen hin. Zur Beseitigung des unerwünschten Motorverhaltens wird empfohlen den Geschwindigkeitsregler wie in Kapitel 9.3 beschrieben korrekt einzustellen.

### C) Der Motor bewegt sich nicht, der Antriebsregler zeigt den CAN-Error Code 0x3120

Der Antriebsregler hat ein zu geringe Versorgungsspannung am Leistungsteil bzw. die Leistungsversorgung ist ausgefallen. Zur Beseitigung der Störung ist die Versorgungsspannung des Leistungsteils wiederherzustellen. Falls Sicherungen in der Zuleitung zum Leistungsteil vorhanden sind, so sind diese zu kontrollieren und gegebenenfalls zu ersetzen.



## 12 Lieferumfang/Zubehör

### 12.1 Lieferumfang

Der Zweiachsregler wird von MTA standardmäßig ohne Gegensteckersatz, Schrauben und Crimps ausgeliefert. Wird ein MTA-Motor mitbestellt, werden die Kabel mit offenen Enden ausgeliefert. Auf Anfrage kann das entsprechend den Kundenanforderungen geändert werden.

Bei einer Bestellung eines Zweiachsreglers mit einem MTA Motor werden die zum Motor passenden Parameter vor der Auslieferung von MTA werksmäßig eingestellt. Diese Motorparameter sind jedoch je nach Anwendung noch durch kundenspezifische Parameter zu ergänzen anzupassen. Diese gewünschten Parameter können im Bestellprozess bekannt gegeben werden.

Standardmäßig wird die zum Auslieferungsdatum neuste Softwareversion eingespielt. Es kann jedoch auf Anfrage eine bestimmte Version mit bestimmten Parametern eingefroren werden.

### 12.2 Zubehör




Folgende Tabelle zeigt die Steckverbinder am Zweiachsregler. Mit der Hersteller Nummer kann der gewünschte Gegenstecker identifiziert und entweder über MTA oder direkt beim Hersteller angefordert werden.

Bezeichnung	Klemme	Hersteller	Hersteller Nr.
CAN- Bus Anschluss	X24	WÜRTH	691382010003
Digitale Eingänge	X10, X11	DEGSON	15EDGRC-2,5-10
Digitale Ausgänge	X20	WÜRTH	691382010004
externes SSI Interface	X17	JST	S10B-PUDSS-1
Leitfrequenz Ein-/Ausgang	X16	JST	S08B-PUDSS-1
Versorgung Steuerplatine	X21	WÜRTH	691322310002
Option Functional Safety Safe Torque Off (STO)	X22, X23	WÜRTH	691382010006
Geberrückführung / Encoderstecker	X3, X5	JST	S10B-PUDSS-1
Geberrückführung Sin/Cos Encoder	X13, X19	JST	S06B-PASK-2
Temperaturüberwachung Motor und Bremswiderstand / Bremsenanschluss	X12, X25	WÜRTH	691382010006

Tabelle 45: Zubehör

## 13 Demontage und Lagerung


### 13.1 Demontage

  		<b>GEFAHR</b>
<p>Gefährdung die der Demontage durch Berühren spannungsführender Teile</p> <p>Sorgen Sie dafür, dass alle Arbeiten nur von dafür ausgebildeten und an der Anlage unterwiesenen Fachkräften ausgeführt werden. Alle Versorgungsleitungen sind vor der Demontage zu trennen</p>		

### 13.2 Lagerung und Transport

Lagern Sie den Antriebsregler entsprechend den folgenden Lagerungsbedingungen.

- Lagerung in trockener, schwingungsarmer Umgebung
- Lagerung möglichst in der Original-Verpackung.
- Vor Staub und Stößen geschützt.
- Bei der Lagerung sind die Klimatischen Bedingungen gemäß den technischen Daten einzuhalten (Temperatur -20°C bis +80°C).



	<p>Werden die Lagerbedingungen nicht eingehalten, können Komponenten korrodieren oder vorzeitig altern. Die Lebensdauer der Anlagenkomponenten wird herabgesetzt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagern Sie die Komponenten trocken und witterungsgeschützt</li> </ul>
---	--

Es besteht eine Verletzungsgefahr bei unsachgemäßem Transport. Befolgen Sie daher die folgenden Hinweise, um den Antriebsregler sicher zu transportieren und Verletzungen zu vermeiden.

- Setzen Sie qualifiziertes Personal zum Transport des Antriebsreglers ein
- Transportieren Sie den Antriebsregler ausschließlich in der Original-Verpackung
- Verwenden Sie ausschließlich geeignete Transporteinrichtungen
- Tragen Sie eine geeignete persönliche Schutzausrüstung

Informieren Sie bei Beschädigungen an der Verpackung unverzüglich den Transporteur. Überprüfen Sie anschließend den Antriebsregler auf äußere und innere Beschädigungen. Nehmen Sie den Antriebsregler bei augenscheinlichen Beschädigungen nicht in Betrieb. Bei äußeren Beschädigungen am Gerät (Dellen, verbogener Halterung etc.) ist davon auszugehen, dass Bauteile lose sind und die Isolation zum Leistungsteil nicht mehr gegeben ist.

## 14 Entsorgung

		VORSICHT
	<p>Verletzungsgefahr und Gefährdung der Umwelt durch unsachgemäße Demontage und Entsorgung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lassen Sie Demontage und Entsorgung nur von qualifiziertem Fachpersonal durchführen</li> <li>Beachten Sie bei der Entsorgung die gesetzlichen Vorschriften und Sicherheitsdatenblätter der verwendeten Stoffe.</li> </ul>	

Die Komponenten sind fachgerecht zu sortieren und zu entsorgen

- Materialien wie z. B. Kunststoff, Metalle, Stahl zur Wiederverwertung geben
- Elektrischen Abfälle wie z. B. Kabel zur Wiederverwertung geben
- Elektronische Abfälle wie z. B. Bestückte Leiterplatten entsprechend den gültigen Entsorgungsvorschriften entsorgen
- Chemikalien, wie z. B. Öle, Fette, Reinigungsmittel entsprechend den gültigen Entsorgungsvorschriften entsorgen

Achten Sie stets auf die Einhaltung der vor Ort gültigen Entsorgungsvorschriften und auf eine sorgfältige Reinigung des Standortes nach Abtransport aller Materialien.

# 15 Anhang B

## 15.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausbildung des Personals .....	11
Tabelle 2: Typenschlüssel .....	12
Tabelle 3: Produktvarianten .....	12
Tabelle 4: Umgebungsbedingungen .....	12
Tabelle 5: Leistungsdaten .....	13
Tabelle 6: Controllerbezeichnungen .....	15
Tabelle 7: Digitale Eingänge Klemme X10 .....	17
Tabelle 8: Digitale Eingänge Klemme X11 .....	18
Tabelle 9: Versorgung Steuerplatine .....	18
Tabelle 10: Digitale Ausgänge X20 .....	18
Tabelle 11: CAN-Bus-Anschluss X24 .....	18
Tabelle 12: Temperaturüberwachung und Bremsenanschluss Klemmen X12 .....	19
Tabelle 13: Temperaturüberwachung und Bremsenanschluss Klemmen X25 .....	19
Tabelle 14: Encoder-Stecker-Klemmen X3 .....	19
Tabelle 15: Encoder-Stecker-Klemmen X5 .....	20
Tabelle 16: Sin/Cos-Encoder Klemmen X13 .....	20
Tabelle 17: Sin/Cos-Encoder Klemmen X19 .....	21
Tabelle 18: SSI Interface Klemme X17 .....	21
Tabelle 19: Leitfrequenz Ein-/Ausgang - Klemme X16 .....	21
Tabelle 20: STO – Klemmen X22 .....	23
Tabelle 21: STO – Klemmen X23 .....	23
Tabelle 22: Leistungsversorgung - Klemmen XM14 .....	24
Tabelle 23: Leistungsversorgung - Klemmen XM24 .....	24
Tabelle 24: Motoranschlüsse - Klemmen XM12 .....	24
Tabelle 25: Motoranschlüsse - Klemmen XM22 .....	24
Tabelle 26: PE-Anschlüsse - Klemmen XM13 .....	24
Tabelle 27: PE-Anschlüsse - Klemmen XM23 .....	25
Tabelle 28: Bremschopper - Klemmen XM11 .....	25
Tabelle 29: Bremschopper - Klemmen XM21 .....	26
Tabelle 30: Mini-USB Anschluss - Klemme X18 .....	26
Tabelle 31: Motorspezifische Parameter .....	34
Tabelle 32: Bremsspezifische Parameter .....	34
Tabelle 33: Übersicht Betriebsarten .....	36
Tabelle 34: CAN-Objekte Offsetbestimmung .....	37
Tabelle 35: Speed control mode - CAN-mode .....	38
Tabelle 36: Torque control mode - CAN-mode .....	38
Tabelle 37: Position control mode .....	39
Tabelle 38: Quickstop-Eingänge .....	40
Tabelle 39: Wahrheitstabelle Quickstop .....	41
Tabelle 40: Zustandsdiagramm STO .....	44
Tabelle 41: Beschreibung PID-Drehzahlregler .....	47
Tabelle 42: Beschreibung Drehzahlregler mit unterlagertem Positionsregler .....	48
Tabelle 43: Beschreibung Positionsregler .....	48
Tabelle 44: Weitere Fehler .....	62
Tabelle 45: Zubehör .....	64

## 15.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abmessungen .....	14
Abbildung 2: Klemmenübersicht – Seitenansicht .....	16
Abbildung 3: Klemmenübersicht - Draufsicht .....	16
Abbildung 4: Pin-Nummerierung .....	17
Abbildung 5: Blockschaltbild Leitfrequenz.....	22
Abbildung 6: Verkabelung Leitfrequenz-Aus- und Eingang.....	22
Abbildung 7: Verkabelung Rückkopplung Leitfrequenz .....	23
Abbildung 8: Jumper setzen .....	25
Abbildung 9: LED-Bezeichnung .....	27
Abbildung 10: LED-Bezeichnung .....	27
Abbildung 11: Nutzung DIP-Schalter .....	28
Abbildung 12: Mögliche Verschaltung Digitalmodus .....	30
Abbildung 13: Python-Skript .....	32
Abbildung 14: Offsetwinkel magnetischer Winkelencoder .....	36
Abbildung 15: Zeitliche Abfolge Quickstop-Ansteuerung.....	42
Abbildung 16: Schematischer Anschluss- und Verdrahtungsplan STO .....	43
Abbildung 17: PID-Regler Struktur.....	45
Abbildung 18: Blockschaltbild Drehzahlregler.....	46
Abbildung 19: Blockschaltbild Drehzahlregler mit unterlagertem Positionsregler.....	47
Abbildung 20: Blockschaltbild Positionsregler.....	48
Abbildung 21: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 1.....	49
Abbildung 22: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 2.....	50
Abbildung 23: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 3.....	50
Abbildung 24: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 4.....	51
Abbildung 25: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 5.....	51
Abbildung 26: Einstellung PID-Drehzahlregler Bild 6.....	52
Abbildung 27: Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler Bild 1 ....	53
Abbildung 28: Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler Bild 2 ....	53
Abbildung 29: Einstellung Drehzahlregler mit unterlagertem PID-Positionsregler Bild 3 ....	54
Abbildung 30: Einstellung PID-Positionsregler Bild 1.....	54
Abbildung 31: Einstellung PID-Positionsregler Bild 2.....	55
Abbildung 32: Einstellung PID-Positionsregler Bild 3.....	55
Abbildung 33: Einstellung PID-Positionsregler Bild 4.....	55
Abbildung 34: Einstellung PID-Positionsregler Bild 5.....	56
Abbildung 35: Error data description .....	62