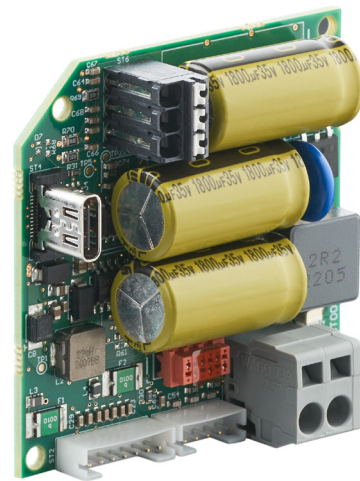


# Bedienungsanleitung KR-2416

BLDC – Antriebsregler



**KR-2416-LP**



**KR-2416-Modul**



## Inhaltsverzeichnis

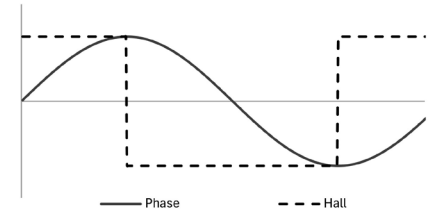
|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| <b>Vorwort</b> .....                  | 3  |
| <b>Installation</b> .....             | 3  |
| <b>Anschlüsse</b> .....               | 5  |
| <b>Inbetriebnahme</b> .....           | 5  |
| <b>Bedienoberfläche</b> .....         | 6  |
| Tachoanzeigen .....                   | 6  |
| Motor .....                           | 6  |
| Manuelle Steuerung .....              | 7  |
| Parameter .....                       | 7  |
| Kennlinie .....                       | 7  |
| Laden/Speichern .....                 | 7  |
| <b>Parameterbeschreibung</b> .....    | 8  |
| Beschleunigungs- und Bremsrate .....  | 8  |
| Temperaturlimit .....                 | 8  |
| Neustartversuche nach Überstrom ..... | 8  |
| I <sup>2</sup> t .....                | 8  |
| PID-Regelung .....                    | 9  |
| Drehzahl-Filterlänge .....            | 10 |
| <b>Technische Daten</b> .....         | 10 |
| <b>Häufigste Fehler</b> .....         | 11 |

## Vorwort

Ein Motorcontroller ist ein unverzichtbares Bauteil für die präzise Steuerung und den effizienten Betrieb von bürstenlosen DC-Motoren.

Der KR-2416 ist ein Controller für bürstenlose DC-Motoren mit Hallsensoren. Er ist nicht nur leistungsstark auf kleinen Raum, sondern auch eine kostengünstige Alternative zu marktüblichen Controllern. Er wurde speziell für Antriebslösungen, z.B. in Robotern, Maschinen, Pumpen und Lüftern, usw., konzipiert. Speziell das Laufverhalten unter Last kann mit diesem Controller exakt und effizient ausgeführt werden.

Voraussetzung für ein effizientes Laufverhalten mit dem KR-2416 ist eine richtige Positionierung der Hallsensoren zu den Motorphasen. Der KR-2416 benötigt eine Signalgebung bei der in der unteren Amplitude der Phasenspannung das Hallsignal auf High, bzw. in der oberen Amplitude das Hallsignal auf Low wechselt.



**Für Positionieraufgaben ist dieser Controller nicht geeignet.**

## Installation

### 1. Laden Sie die Portable Software herunter:

- Besuchen Sie unsere Website, im Downloadbereich können Sie sich die Software herunterladen.
- Klicken Sie auf den Download-Link, um die Software auf Ihrem Computer zu speichern.

### 2. Wählen Sie einen Speicherort:

Entscheiden Sie, wo Sie die portable Software aufbewahren möchten. Häufige Optionen sind:

- **USB-Flash-Laufwerk:** Wenn Sie die Software auf verschiedenen Computern verwenden möchten, kopieren Sie diese auf einen USB-Stick.
- **Externe Festplatte:** Wenn Sie die Software von Ihrem Hauptsystem getrennt halten möchten, verwenden Sie eine externe Festplatte.
- **Lokaler Ordner:** Sie können auch einen eigenen Ordner auf Ihrem Computer erstellen.

### 3. Entpacken Sie die Software:

- Die heruntergeladene Datei liegt in einem komprimierten Format (RAR) vor. Entpacken Sie diese mit einem Tool wie 7-Zip oder WinRAR.
- Extrahieren Sie den Inhalt in den ausgewählten Speicherort (USB-Laufwerk, externe Festplatte oder lokaler Ordner).

### 4. Führen Sie die Software aus:

- Navigieren Sie zum extrahierten Ordner.
- Suchen Sie die Hauptausführungsdatei (normalerweise mit der Erweiterung .exe).
- Doppelklicken Sie auf die ausführbare Datei, um die portable Software zu starten.

### 5. Konfigurieren Sie die Einstellungen (falls erforderlich):

- In dieser Software benötigen Sie keine weiteren Einstellungen

### 6. Erstellen Sie eine Verknüpfung (optional):

- Um den Zugriff auf die Software zu erleichtern, erstellen Sie eine Verknüpfung auf Ihrem Desktop oder in der Taskleiste
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die ausführbare Datei und wählen Sie „Verknüpfung erstellen“.
- Ziehen Sie die Verknüpfung an Ihren bevorzugten Ort (Desktop oder Taskleiste).



### 7. Verwenden Sie die Software:

- Immer wenn Sie die Software verwenden möchten, schließen Sie Ihr USB-Laufwerk an (falls Sie eins verwenden) oder navigieren Sie zum Ordner, in dem Sie diese gespeichert haben.
- Doppelklicken Sie auf die ausführbare Datei, um die Software auszuführen.

### 8. Sichern Sie Ihre Daten:

- Da eine portable Software das System nicht ändert, bleiben Ihre Daten sicher.
- Es ist jedoch ratsam, Ihre Daten regelmäßig zu sichern, insbesondere wenn Sie die Software auf einem USB-Laufwerk verwenden.

### 9. Aktualisierungen:

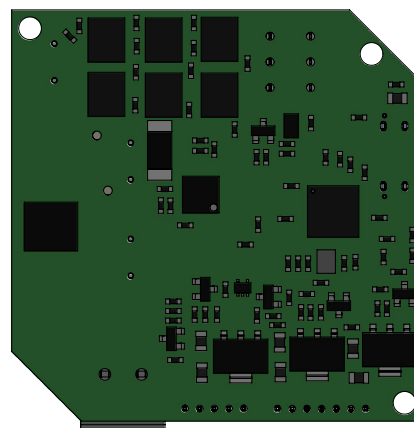
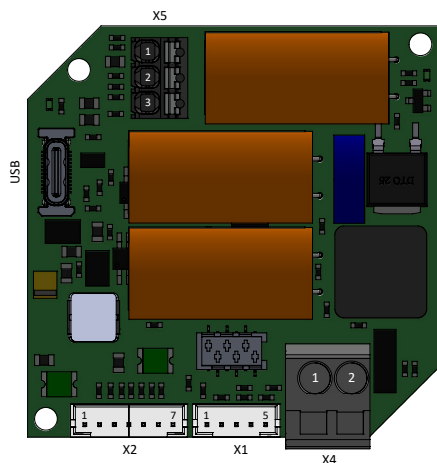
- Eine Aktualisierung der Software erfolgt nur in Verbindung mit einer Aktualisierung der Regler-Firmware.
- Beides finden Sie in unserem Downloadbereich.
- Sollte ihr Antriebsregler die neuste Version nicht unterstützen, kontaktieren Sie uns. Wir senden Ihnen dann eine passende Softwareversion zu.

### 10. Deinstallation (falls nicht mehr benötigt):

- Um die Software zu entfernen, löschen Sie einfach den Ordner oder die Dateien, die damit verbunden sind.
- Es ist nicht erforderlich, einen Deinstallationsvorgang durchzuführen oder Systemeinstellungen zu ändern.



## Anschlüsse



### X1

|   |      |                       |
|---|------|-----------------------|
| 1 | +U5V | Hallsensor Versorgung |
| 2 | H1   | Hallsensorsignal H1   |
| 3 | H2   | Hallsensorsignal H2   |
| 4 | H3   | Hallsensorsignal H3   |
| 5 | GND  | Masse Hallsensoren    |

### X3

|   |   |              |
|---|---|--------------|
| 1 | A | Motorphase A |
| 2 | B | Motorphase B |
| 3 | C | Motorphase C |

### USB

|   |       |                  |
|---|-------|------------------|
| 1 | USB C | Datenübertragung |
|---|-------|------------------|

### X2

|   |       |                             |
|---|-------|-----------------------------|
| 1 | Aout1 | Tachoausgang                |
| 2 | Aout2 | 24VDC / max. 1,1A           |
| 3 | Aout3 | Status On/Off               |
| 4 | Aout4 | Fehlerstatus                |
| 5 | Ain1  | Drehrichtungswechsel        |
| 6 | Ain2  | GND                         |
| 7 | Ain3  | Drehzahlregelung Analog/PWM |

### X4

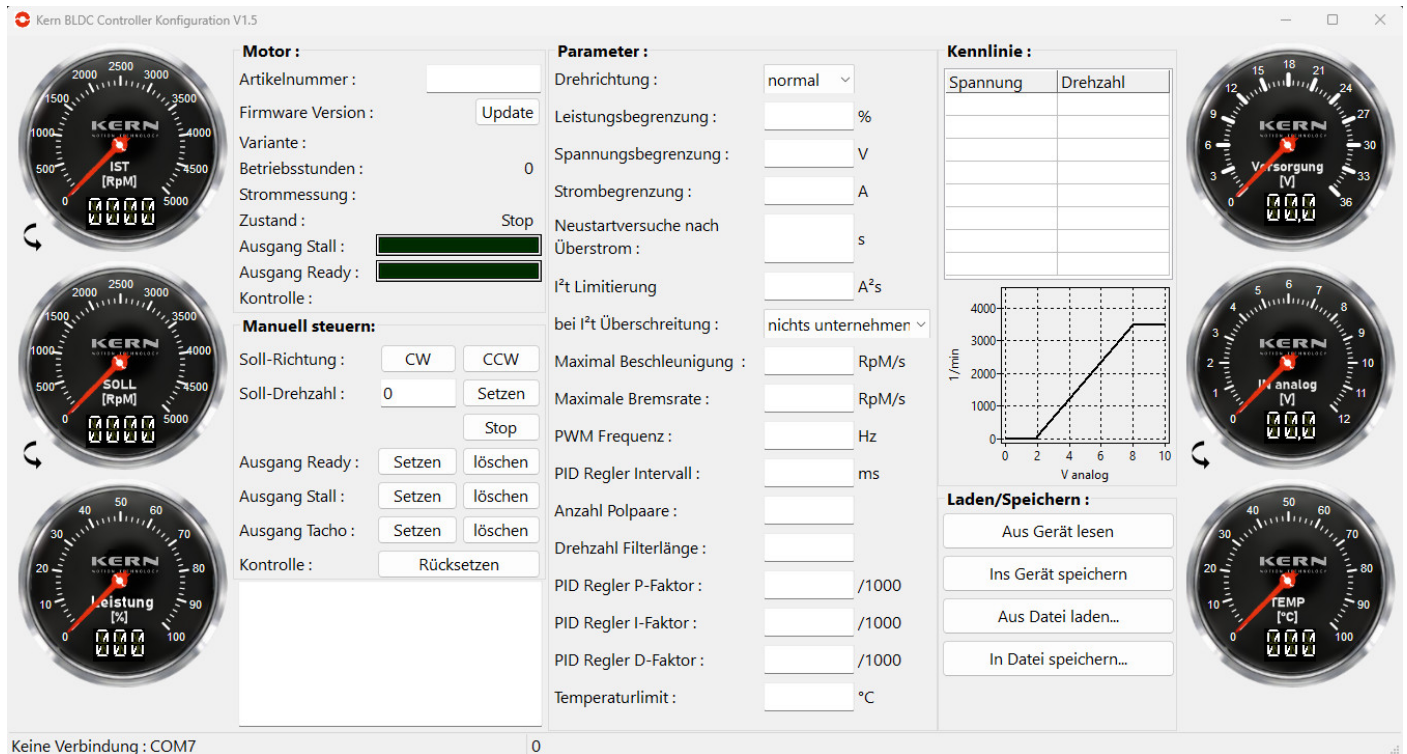
|   |     |                        |
|---|-----|------------------------|
| 1 | Ue+ | Leistungseingang 24VDC |
| 2 | GND | Masse Leistung         |

## Inbetriebnahme

1. Wenn Sie den Controller KR-2416-Lp verwenden, achten Sie darauf, dass elektrostatische Entladungen vermieden werden. Am besten arbeiten Sie mit speziellen ESD-Schutzmaßnahmen.
2. Verbinden Sie den Controller mit dem PC über die USB-C Schnittstelle.
3. Schließen Sie den Controller an eine 24V Gleichspannungsquelle an (z.B. Labornetzteil).
  - Wenn keine Spannung am Controller anliegt, kann die Software nicht auf den Controller zugreifen.
4. Starten Sie die Software.
5. Sobald die Software gestartet ist, beginnt eine automatische Suche nach dem entsprechenden COM-Port, an dem der Controller angeschlossen ist.
  - Je nachdem wie viele Geräte an Ihrem PC angeschlossen sind, kann die Verbindungssuche bis 60 Sekunden dauern.
6. Sobald eine Verbindung hergestellt wurde, erscheint im Fenster unten Links die Meldung „Connected to COMxx“.
7. Der Controller ist jetzt einsatzbereit.



## Bedienoberfläche



## Tachoeanzeigen

Diese 6 Anzeigen dienen zum leichteren Ablesen der anliegenden Werte.

- IST (RpM):** Die aktuell anliegende und gemessene Drehzahl.
- SOLL (RpM):** Zeigt die Drehzahl, die an dem Motor aktuell anliegen soll. Diese wird entweder über ein PWM-Signal oder über die analoge Drehzahlregelung definiert.
- Leistung (%):** Zeigt die anliegende Leistung an.
- Versorgung (V):** Zeigt die aktuell anliegende Spannung am Controller an, mit einer Genauigkeit von +/-1%.
- IN analog (V):** Zeigt an, welche Spannung am Eingang der analogen Drehzahlregelung anliegt.
- Temp (°C):** Zeigt die aktuelle Temperatur auf der Controllerplatine an.

## Motor

- Artikelnummer:** Wenn Sie den Controller im Zusammenhang mit einem Motor der Kern Antriebstechnik erwerben, zeigt dieses Feld die Artikelnummer des dazugehörigen Motors an. Haben Sie den Controller einzeln gekauft, ist dieses Feld leer und kann von Ihnen frei genutzt werden.
- Firmware:** Zeigt die Firmware des Reglers an. Über „Update“ kann eine neue aktuelle Firmware auf den Regler aufgespielt werden. Nähere Informationen finden Sie im Kapitel „Firmware Update“.
- Variante:** Zeigt die Hardware Revision und Ausführung des Controllers an.
- Betriebsstunden:** Zählt die Betriebsstunden des Reglers bzw. des laufenden Motors. Dieser Wert wird bei einer Unterbrechung der Leistungsspannung wieder zurückgesetzt.
- Strommessung:** Zeigt den anliegenden Phasenstrom an.
- Zustand:** Motorzustand „Stop“ oder „Läuft“
- Ausgang Stall:** Low = kein Fehler / High = Fehlerzustand
- Ausgang Ready:** Low = Controller nicht bereit / High = Controller bereit
- Kontrolle:** Zeigt die Art der Kontrollfunktion an (z.B. Manuell, Analog In, ...)



## Manuelle Steuerung

|                       |                                                                              |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Soll-Richtung:</b> | CW = Drehrichtung im Uhrzeigersinn<br>CCW = Drehrichtung gegen Uhrzeigersinn |
| <b>Soll-Drehzahl:</b> | Eingabe der Drehzahl<br>Setzen = Start<br>Stop = Motorstopp                  |
| <b>Ausgang Ready:</b> | Setzen = aktivieren der Funktion / Löschen = deaktivieren der Funktion       |
| <b>Ausgang Stall:</b> | Setzen = aktivieren der Funktion / Löschen = deaktivieren der Funktion       |
| <b>Ausgang Tacho:</b> | Setzen = aktivieren der Funktion / Löschen = deaktivieren der Funktion       |
| <b>Kontrolle:</b>     | Rücksetzen löscht alle eingegebenen Parameter der manuellen Steuerung        |

## Parameter

Hier werden alle motorrelevanten Daten eingegeben und der Motor kann optimal für den Lastpunkt oder Lauf eingestellt werden.

|                                         |                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Drehrichtung:</b>                    | Normal = im Uhrzeigersinn / invertiert = gegen Uhrzeigersinn                                                                                                                                  |
| <b>Leistungsbegrenzung:</b>             | Hier kann die Motorleistung begrenzt werden.                                                                                                                                                  |
| <b>Spannungsbegrenzung:</b>             | Mit der Spannungsbegrenzung wird festgelegt, welche maximale Spannung am Motor anliegen darf. Dies dient dem Schutz des Motors und des Controllers. (Maximalangaben siehe technischen Daten)  |
| <b>Strombegrenzung:</b>                 | Mit der Strombegrenzung wird festgelegt, welcher maximaler Phasenstrom am Motor anliegen darf. Dies dient dem Schutz des Motors und des Controllers. (Maximalangaben siehe technischen Daten) |
| <b>Neustartversuche nach Überstrom:</b> | Definiert wie lange der Regler, bei z.B. einer Blockade der Motorwelle, versuchen soll, wieder eine Drehbewegung zu erzeugen.                                                                 |
| <b>I<sup>2</sup>t Limitierung:</b>      | Kurzzeitüberlastbarkeit                                                                                                                                                                       |
| <b>I<sup>2</sup>t Überschreitung:</b>   | Hier kann festgelegt werden, was bei einer Überschreitung der I <sup>2</sup> t Regelung geschehen soll.                                                                                       |
| <b>Max. Beschleunigung:</b>             | Legt fest, wie schnell der Motor über eine Rampe beschleunigen soll.                                                                                                                          |
| <b>Max. Bremsrate:</b>                  | Legt fest, wie schnell der Motor über eine Rampe bremsen soll.                                                                                                                                |
| <b>PWM-Frequenz:</b>                    | Gute Werte zwischen 25000 – 30000Hz                                                                                                                                                           |
| <b>PID Regler Intervall:</b>            | Prüfintervall der PID-Regelung                                                                                                                                                                |
| <b>Anzahl Polpaare:</b>                 | Anzahl der magnetischen Polpaare des Motors                                                                                                                                                   |
| <b>Drehzahl Filterlänge:</b>            | Messung der Drehzahl aus Kommutierung                                                                                                                                                         |
| <b>PID P-Faktor:</b>                    | PID-Regler. Einstellung siehe Abschnitt PID Regelung.                                                                                                                                         |
| <b>PID I-Faktor:</b>                    | PID-Regler. Einstellung siehe Abschnitt PID Regelung.                                                                                                                                         |
| <b>PID D-Faktor:</b>                    | PID-Regler. Einstellung siehe Abschnitt PID Regelung.                                                                                                                                         |
| <b>Temperaturlimit:</b>                 | Das Temperaturlimit des Controllers.                                                                                                                                                          |

## Kennlinie

Hier können Sie festlegen, bei welcher analogen Eingangsspannung (Drehzahlregelung) welche Drehzahl anliegen soll. Die Werte werden in der Tabelle festgelegt. Dabei muss die Linie nicht linear verlaufen. Sie haben die Möglichkeit über 8 Werte, auch eine nichtlineare Kurve festzulegen.

## Laden/Speichern

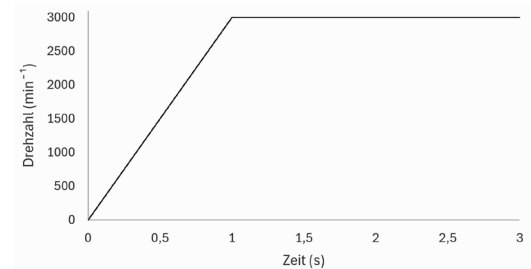
Über diese 4 Button haben Sie die Möglichkeit, ihre Einstellungen auf einem Datenträger zu speichern bzw. von einem Datenträger zu laden. Vorhandene Daten auf dem Regler können über den Button „Aus Gerät lesen“ abgerufen werden. Wenn Sie alle Einstellungen vorgenommen haben, übertragen Sie die Werte mit dem Button „In Gerät schreiben“. Wenn die Werte auf dem Regler geschrieben werden, kann es zu einem „rucken“ der Motorwelle kommen. Die Umstellungen von „Manuell steuern“ auf analoge Steuerung erfordert einen Neustart des Reglers.

## Parameterbeschreibung

### Beschleunigungs- und Bremsrate

Um eine Drehzahl von  $3000\text{min}^{-1}$  in 1s zu erreichen, wird in diesen Parametern die 3000 eingegeben. Soll der Motor innerhalb von z.B. 0,5s diese Drehzahl erreichen, dann muss der Wert verdoppelt werden. Das gleiche gilt für die Bremsrate.

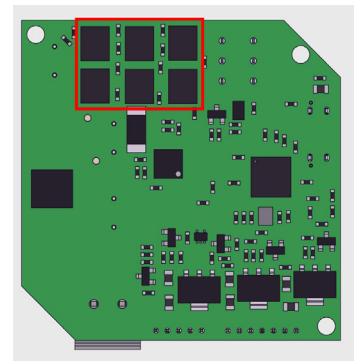
Die maximale Beschleunigungsrate ist abhängig von dem verfügbaren Strom und Trägheitsmoment des Rotors. Dieser Wert ist unabhängig von der Maximaldrehzahl des Motors.



### Temperaturlimit

Das Temperaturlimit bezieht sich auf die maximale Temperatur, die der Controller erreichen darf, ohne Schaden zu nehmen. Daher sollte der Maximalwert nicht höher als 80 liegen. Ab einem Dauerstrom von über 7A muss eine Kühlfläche in dem Einbauraum für die 6 MOSFETs vorgesehen werden, da die Temperatur des Controllers sonst die Maximalwerte überschreitet.

Wird die Maximaltemperatur überschritten, schaltet der Controller den Motor automatisch ab. Sobald der Controller wieder  $5^{\circ}\text{C}$  unter seinem Maximalwert erreicht, wird der Motor automatisch anlaufen.



### Neustartversuche nach Überstrom

Wenn die Motorwelle blockiert wird, versucht der Controller dies auszugleichen und die Drehbewegung fortzusetzen. Dafür wird der Regler einen immer höheren Strom benötigen bis zum eingestellten Maximum. Um Schäden am Motor und am Controller zu vermeiden, kann hier eingestellt werden, wie lange der Controller einen Neustart des Motors versuchen soll.

Ist diese Zeitspanne überschritten, geht der Controller in einem Fehlerzustand. Dieser lässt sich nur durch einen Neustart des Controllers zurücksetzen.

### $I^2t$

Die  $I^2t$ -Regelung ist ein Konzept, das in Motorreglern zum Schutz der Wicklung vor Überlast und zur Abschätzung der thermischen Auslastung eingesetzt wird. Es überwacht die umgesetzte Energie und begrenzt sie, wenn ein Grenzwert überschritten wird.

Wenn der Strom über einen bestimmten Zeitraum einen Grenzwert überschreitet, wird die Regelung aktiviert. Über diesen Parameter kann bestimmt werden, wie lange der Strom den vorher definierten Wert überschreiten darf.



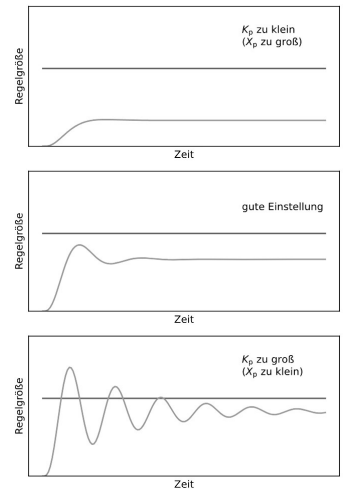
## PID-Regelung

### P-Faktor (Proportionalanteil)

Zunächst wird der Regler als reiner P-Regler betrieben, das heißt I-Anteil und D-Anteil werden komplett ausgestellt. Es werden wiederholt Sprünge auf den Sollwert gegeben und die Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises beobachtet. Beginnen Sie mit einer geringen Verstärkung also einem eher passiven Regler. Einen guten Anfangswert für einen passiven Regler liegt zwischen 50 - 100.

Je höher Sie den Wert einstellen, umso aggressiver wird der Regler. Die Antwort des Regelkreises wird dabei immer schneller und die bleibende Regelabweichung nimmt ab. Ist der Wert zu hoch eingestellt, beginnt der Regelkreis deutlich zu schwingen und bei weiterer Erhöhung wird der Regelkreis instabil. Eine gute Einstellung liegt vor, wenn ein erkennbares Überspringen auftritt, das aber schnell abklingt.

Je nach dem wie der Motor jetzt in der Beschleunigungsphase reagiert, erhöhen oder verringern Sie den Wert.

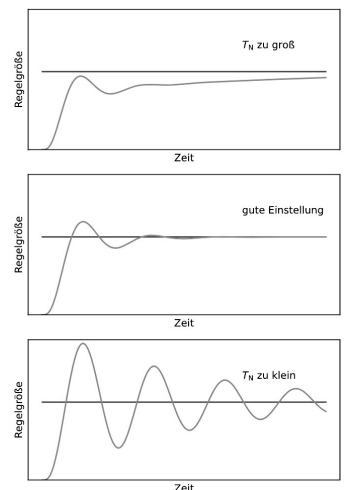


### I-Faktor (Integralanteil)

Nun wird der Regler als PI-Regler betrieben. Der Integralanteil sorgt nach einer ersten schnellen Reaktion des P-Anteils dafür, dass der bleibende Regelfehler über die Zeit ausgeglichen wird.

Fangen Sie zunächst mit einem großen Wert für die Nachstellzeit  $T_N$  an, das entspricht einem trägen Verhalten. Die intuitive Abschätzung der Zeitkonstante der Regelstrecke liefert einen guten Anhaltspunkt.

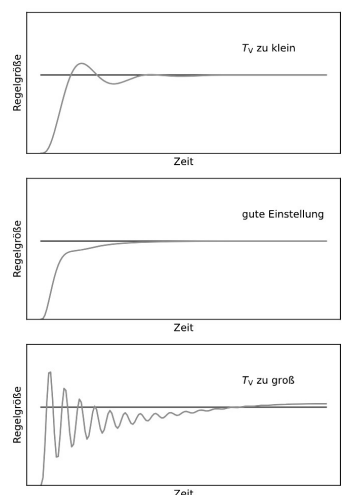
Analog zum Einstellen des P-Anteils führen wir wiederholt Sollwertsprünge durch und schauen uns die Antwort des geschlossenen Regelkreises an. Dabei vermindern wir stufenweise  $T_N$  und erhöhen damit die Aggressivität des Reglers. Auch für den Integralanteil gilt: Eine zu aggressive Einstellung führt zu ungewollten Schwingungen oder sogar Instabilität. Größere Nachstellzeiten führen zu robusteren und kleinere Nachstellzeiten zu schnelleren Regelungen.



### D-Faktor (Differenzialanteil)

Für viele praktische Anwendung reicht ein gut eingestellter PI-Regler vollkommen aus. Das heißt, wenn Sie mit der Performance des Reglers zufrieden sind, hören Sie einfach auf. Falls Sie durch die Hinzunahme des D-Anteils noch etwas herausholen wollen, dann wiederholen wir das Vorgehen aus den beiden vorherigen Schritten.

Beginnen Sie wieder mit einer langsamen Einstellung, also wählen eine kleine Vorhaltzeit  $T_N$ . Als Richtwert kann ein Zehntel der zuvor gewählten Nachstellzeit des I-Anteils dienen. Diese verringern wir stufenweise, bis wir mit der Performance des Regelkreises zufrieden sind.





## Drehzahl-Filterlänge

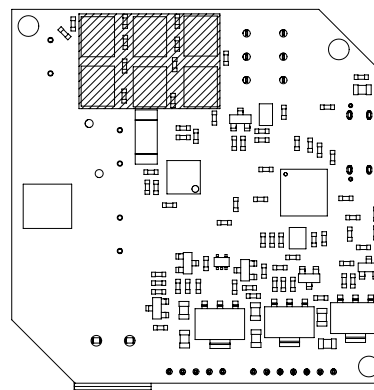
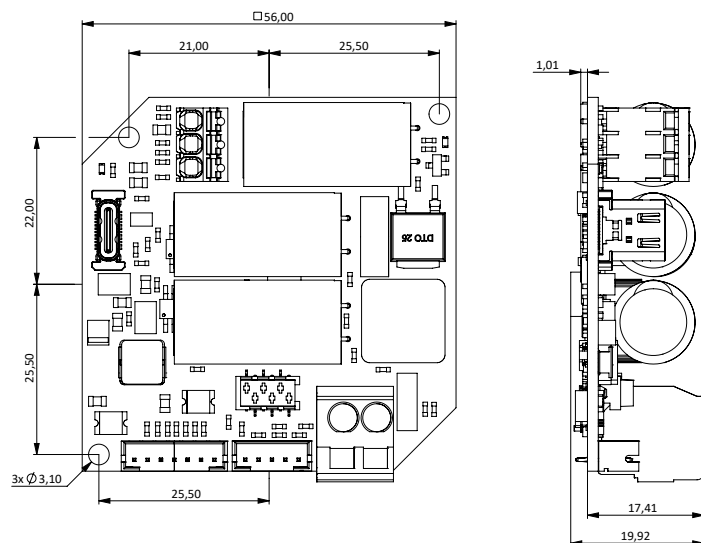
Die Drehzahl-Filterlänge gibt an, aus wie vielen Kommutierungen die Drehzahl gemessen wird. Die Drehzahl wird aus dem Mittelwert der letzten X Messungen berechnet. Kleinerer Filter bedeutet schnellere Reaktion aber etwas unruhigerer Drehzahlverlauf, größerer Filter bewirkt genauere Drehzahl, aber langsamere Reaktion bei Lastwechsel.

## Technische Daten

|    |                                                |     |                              |
|----|------------------------------------------------|-----|------------------------------|
| 1  | Versorgungsspannung Ue+ (mit Verpolungsschutz) | VDC | 24                           |
| 2  | Spitzenspannung Ue+                            | VDC | 28                           |
| 3  | Dauerausgangsstrom (ohne Kühlung)              | A   | 8                            |
| 4  | Maximaler Ausgangsstrom (mit Kühlung)          | A   | 16                           |
| 5  | Ausgangsspannung                               |     | 95% Ue                       |
| 6  | PWM-Frequenz                                   | kHz | 50                           |
| 7  | Schutzart                                      |     | IP00                         |
| 8  | Umgebungstemperatur                            | °C  | -20 ... 70                   |
| 9  | Umgebungstemperatur (Lagerung)                 | °C  | -20 ... 60                   |
| 10 | Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend)         | %   | 5 ... 80                     |
| 11 | Ausgangsspannung Hall                          | VDC | 5                            |
| 12 | Max. Ausgangsstrom Hall                        | A   | 0,2A                         |
| 13 | Signale                                        |     | H1, H2, H3                   |
| 14 | Spannung Eingangssignal                        | VDC | 0 ... 5                      |
| 15 | Signal Typ                                     |     | open collector, single ended |
| 16 | Frequenz pro Spur                              | kHz | 10                           |
| 17 | Anschlusstecker                                |     | JST PHR-5                    |
| 18 | Analog Ausgang Tachoausgang                    |     | OpenCollector 24VDC          |
| 19 | Analog Ausgang Status On/Off                   |     | OpenCollector 24VDC          |
| 20 | Analog Ausgang Fehlerstatus                    |     | OpenCollector 24VDC          |
| 21 | Analog / PWM Drehzahlregelung                  | VDC | 0 ... 10                     |
| 22 | Analog Eingang Drehrichtungswechsel            | VDC | 2,5                          |
| 23 | Anschlusstecker                                |     | JST PHR-7                    |
| 24 | Schutz Übertemperatur                          |     | ja                           |
| 25 | Schutz Überstrom                               |     | ja                           |
| 26 | Blockadeschutz                                 |     | ja                           |
| 27 | Verpolungsschutz                               |     | ja                           |
| 28 | EMV geprüft                                    |     | nein                         |
| 29 | Normen                                         |     | Reach / RoHS konform         |

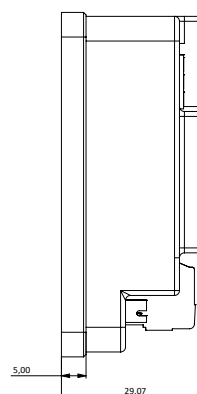
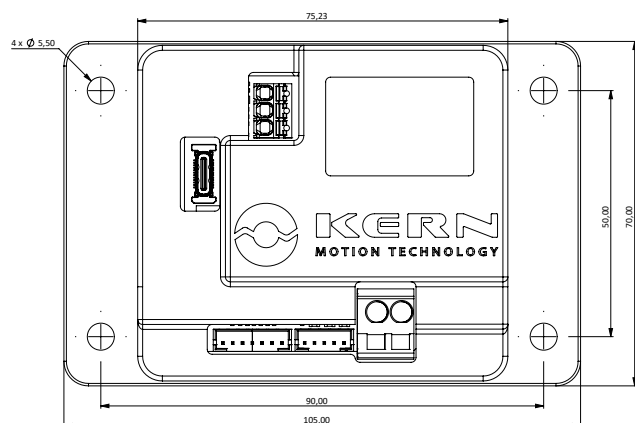


## Maße KR-2416-Lp (Bestellnummer: 108a-015)



Bei Dauerströmen von über 7A müssen die markierten Bauteile über einen Kühlkörper verfügen.

## Maße KR-2416-Modul (Bestellnummer: 108-014)



Die Software für die Parametrierung finden Sie in unserem Downloadbereich.

## Häufigste Fehler

| Fehlerbeschreibung                          | mögliche Ursachen                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Controller wird von PC nicht erkannt        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• fehlende Leistungsspannung</li> <li>• Leistungsspannung zu niedrig (mind. 12VDC)</li> <li>• Anschluss Leistungsspannung vertauscht</li> <li>• USB Port am PC prüfen</li> </ul> |
| Motor läuft nicht an                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuordnung der Phasen zu den Hallsensoranschlüssen falsch</li> <li>• Reihenfolge der Phasenanschlüsse vertauscht</li> </ul>                                                     |
| Drehzahl stimmt nicht                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• falsche Parameterangabe der Polpaare</li> </ul>                                                                                                                                |
| Analoge Drehzahlregelung funktioniert nicht | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllerparameter wurden mit „Manueller Steuerung“ übertragen</li> <li>• Controllerneustart wurde nicht ausgeführt</li> <li>• GND Anschluss fehlt</li> </ul>                 |
| Motor stoppt im Lauf                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturlimit des Controllers überschritten</li> </ul>                                                                                                                       |