

## Dokumentation HDRIVE Entwurf

### HDrive17-ETH

### Servomotor



**Der HDrive17-ETH ist ein sehr einfach bedienbarer Servoantrieb der direkt über den integrierten Webserver oder mit nur wenigen Zeilen Code in Bewegung gebracht werden kann. Die Ethernet-Schnittstelle ermöglicht eine übergeordnete Steuerung welche Betriebssystem- und Softwareunabhängig arbeiten kann.**

Beim Motor HDrive-ETH handelt es sich um einen Direktantrieb auf Basis eines hochpoligen bipolaren Schrittmotors. Der Motor verfügt über eine feldorientierte Regelung und wird anhand eines Positionssensors elektrisch kommutiert. Vorteil gegenüber herkömmlichen Methoden ist, dass das sonst bei Schrittmotoren übliche Rastmoment weg fällt und somit ein sehr homogener Drehmomentverlauf realisiert werden kann.

Der Servomotor kann im Positions-, Geschwindigkeit oder Drehmoment Modus betrieben werden. Die Positionsdaten werden durch ein integriertes Encoder System mit 14Bit Auflösung erfasst. Das schlanke Kommunikationsprotokoll ermöglicht es Bewegungen mit nur einem Befehl auszuführen.

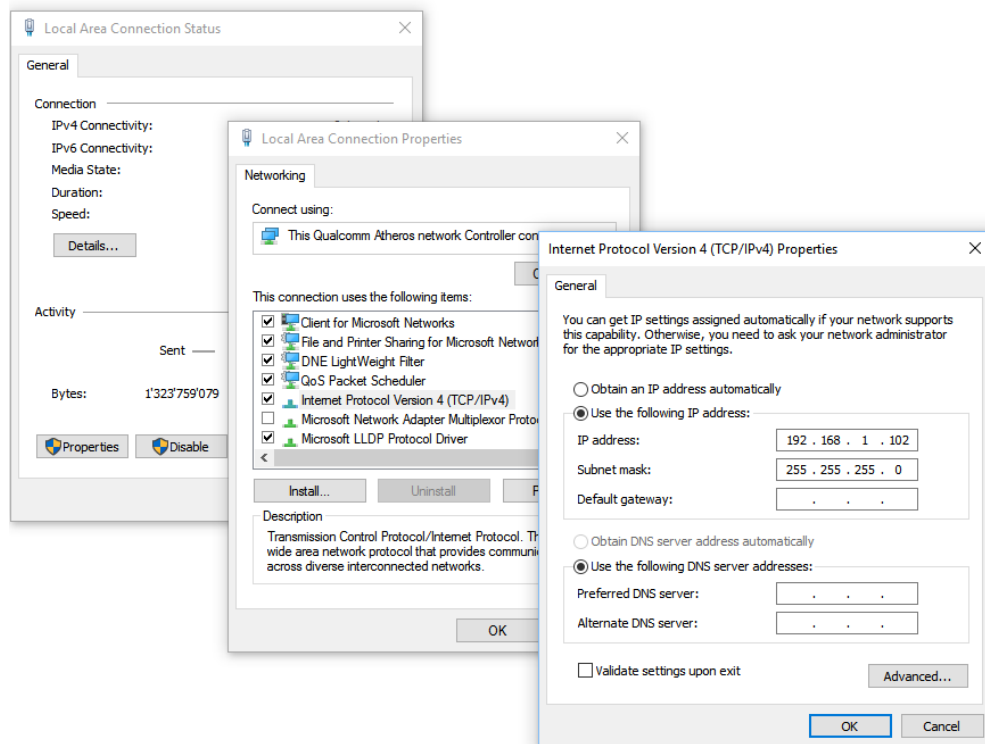
## INHALT

Inbetriebnahme .....	3
Technische Daten .....	4
Pin-Belegung.....	4
Standartwerte bei Auslieferung.....	5
Elektrische Standard Betriebswerte .....	5
Elektrische Absolute Maximalwerte .....	5
Mechanische Merkmale .....	6
Zeitliche Merkmale .....	6
Statusanzeige LED.....	6
GPIO.....	6
Motor Regler .....	7
Motor Zustandsmaschine .....	8
Integrierter Webserver.....	10
Motor kalibrieren .....	10
Kommunikation .....	12
Befehle zum Antrieb .....	12
Paramterbeschreibung .....	12
Paramterbeschreibung .....	13
Beispiele.....	14
Meldungen vom Antrieb.....	14
Fehlerzustände .....	14
Firmware Upgrade.....	15
Factory Reset .....	15
Beispiele.....	15
Matlab .....	15

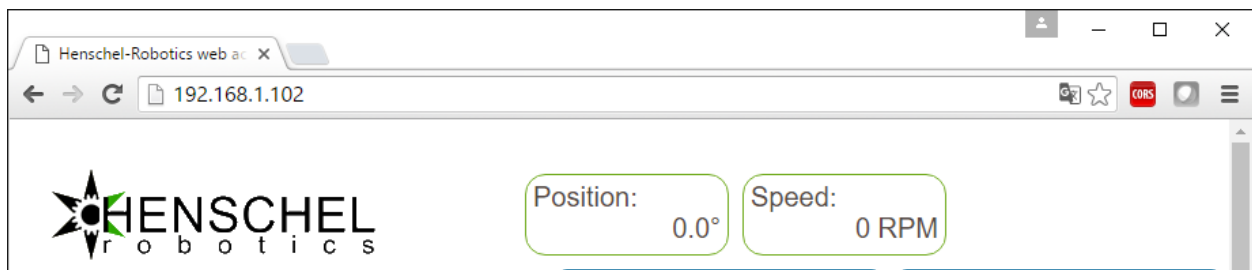
## INBETRIEBNAHME

Um den Motor zu konfigurieren, ist es nötig diesen mit einem Ethernet Kabel an einen Switch oder direkt an einen PC anzuschliessen. Um die Kommunikation herzustellen, muss der Host (PC) Netzwerkadapter mit derselben Netz ID wie der Motor ausgestattet werden. Hierzu benötigt der Host PC eine IP-Adresse zwischen 192.168.1.1 und 192.168.1.254.

Eine Konfigurationsmöglichkeit wäre zum Beispiel:



Sobald die Host IP-Adresse umgestellt ist kann in einem beliebigen Webbrowser die IP-Adresse des Motors angegeben werden. Die Standarteinstellung für den HDrive ist 192.168.1.102.



Mit Hilfe eines Webbrowsers kann mit dem Motor kommuniziert werden.

## TECHNISCHE DATEN

### PIN-BELEGUNG

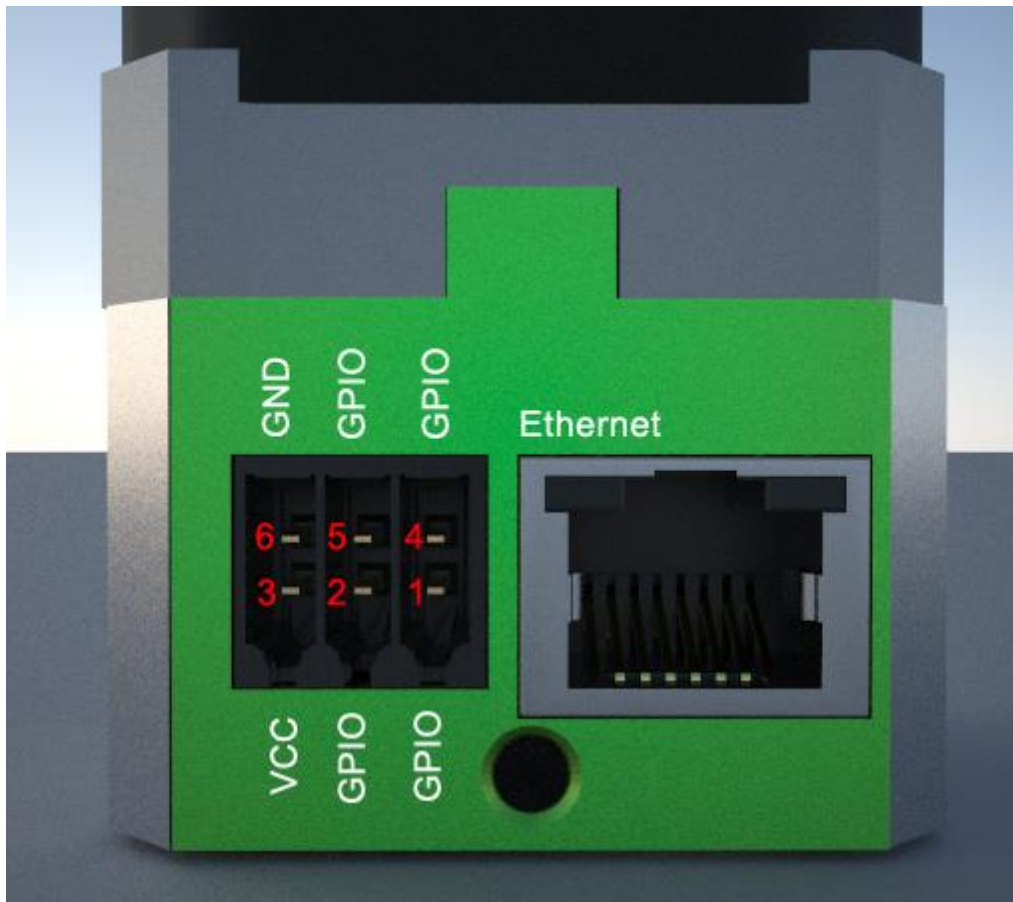
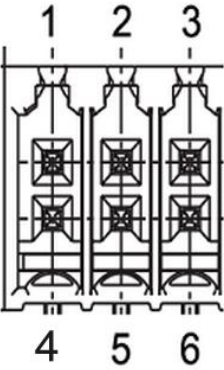


Abbildung 1: Hdrive17-ETH Seitenansicht mit Stecker

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pin</th> <th>Signal</th> <th>Funktion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GPIO1</td> <td>Digitaler Ein- und Ausgang 1, Analog Eingang 1,</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CAN / GPIO2</td> <td>CAN High</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>VCC</td> <td>Positive Versorgungsspannung (24V)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>GPIO3</td> <td>Digitaler Ein- und Ausgang 3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>CAN / GPIO 4</td> <td>CAN Low</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>GND</td> <td>Massenpotenzial zu VCC</td> </tr> </tbody> </table>			Pin	Signal	Funktion	1	GPIO1	Digitaler Ein- und Ausgang 1, Analog Eingang 1,	2	CAN / GPIO2	CAN High	3	VCC	Positive Versorgungsspannung (24V)	4	GPIO3	Digitaler Ein- und Ausgang 3	5	CAN / GPIO 4	CAN Low	6	GND	Massenpotenzial zu VCC
	Pin	Signal	Funktion																					
1	GPIO1	Digitaler Ein- und Ausgang 1, Analog Eingang 1,																						
2	CAN / GPIO2	CAN High																						
3	VCC	Positive Versorgungsspannung (24V)																						
4	GPIO3	Digitaler Ein- und Ausgang 3																						
5	CAN / GPIO 4	CAN Low																						
6	GND	Massenpotenzial zu VCC																						

### STANDARTWERTE BEI AUSLIEFERUNG

IP Adresse: 192.168.1.102  
 Subnetz Maske 255.255.255.0  
 TCP-Port: 1000  
 UDP-Port: 1001

### ELEKTRISCHE STANDARD BETRIEBSWERTE

Name	Funktion	Einheit	Wert
VCC	Versorgungsspannung	V	12-24V

Der HDrive besitzt einen integrierten Verpolungsschutz und übersteht eine Verpolung ohne Schaden.

### ELEKTRISCHE ABSOLUTE MAXIMALWERTE

Name	Funktion	Einheit	Wert
VCC	Versorgungsspannung	V	24
Current	Versorgungsstrom	A	2
Digital In	Digitaler Eingang	V	0 - 24

## MECHANISCHE MERKMALE

Name	Minimum	Typisch	Maximum	Einheit
Dimensionen		42 X 42 X 74		mm
Leerlauf Drehzahl	-7'000		7'000	U/min
Nenn Drehzahl	-2'000		2'000	
Haltemoment	-0.5	-	0.5	Nm
Nenn Drehmoment		0.1		Nm
Absolut Genauigkeit kalibriert		+/- 0.2 ( 1 Sigma)		Grad

## ZEITLICHE MERKMALE

Name	Minimum	Typisch	Maximum	Einheit
Startzeit nach Einschalten		1		s
Verbindungsaufbau Ethernet nach Startzeit		2		s
Positionssende Frequenz Ethernet TCP	-	-	500	Hz
Positionssende Frequenz Ethernet UDP			1000	Hz

## STATUSANZEIGE LED

MODUS	FUNKTION
Grün blinkend	Ethernet Socket Verbunden
Grün dauernd	Endstufe Eingeschaltet
Rot blinkend	Fehler
Rot permanent	Factory Reset

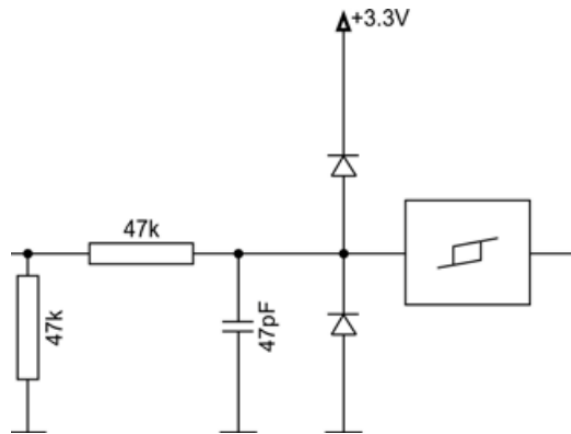
## GPIO

Die Ein- und Ausgänge am HDrive können dynamisch konfiguriert werden. Jeder GPIO kann als Ein- oder Ausgang definiert werden.

- Eingangsspannung 0...24 VDC

- Logik 0 < 2.0 V
- Logik 1 > 2.4 V

Eingangsbeschaltung:



## MOTOR REGLER

Der HDrive beinhaltet einen Bahngenerator welcher die Sollwerte für den internen Regelkreis generiert.

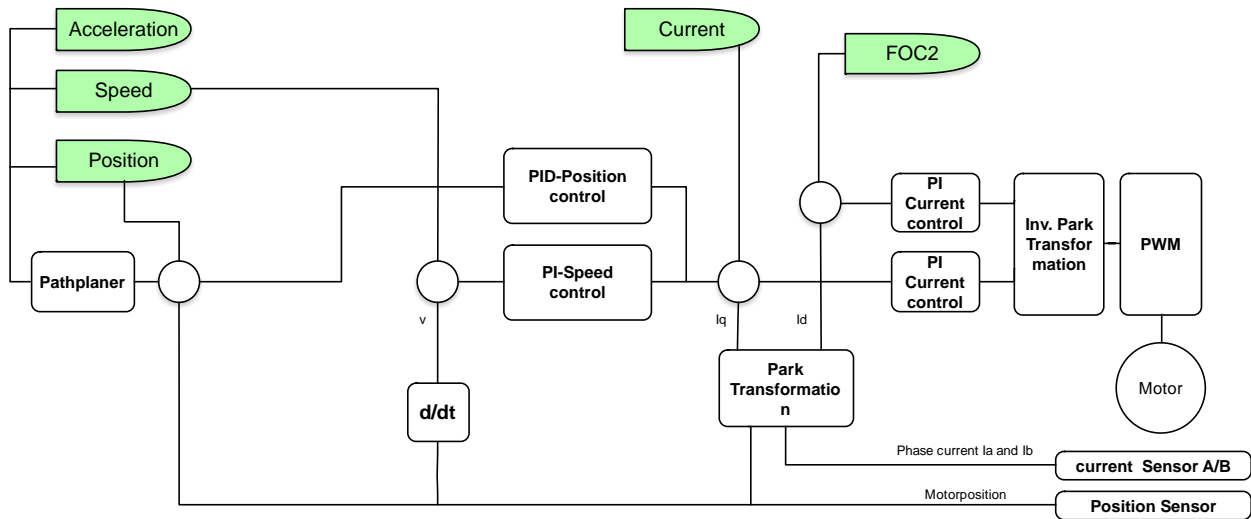


Abbildung 2: Regler Architektur

Der Motor kann in mehreren Modi betrieben werden:

**1. Stromregler**

Hier wird ein Soll Strom mit dem Parameter „Current“ übergeben. Der Stromregler kontrolliert dann, dass dieser Strom eingehalten wird. Im Allgemeinen gilt je höher der Strom desto grösser das Drehmoment. Der Stromregler arbeitet mit einem Takt von 50kHz.

**2. Geschwindigkeitsregler**

Hier wird die Geschwindigkeit geregelt.

**3. Positionsregler**

Der Positionsregler kontrolliert eine Zielposition mit Berücksichtigung der maximalen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten

**4. Geschwindigkeitsregler (Stepper)**

Hier wird eine Sollgeschwindigkeit zum Motor delegiert (keine Regelung) welche mit dem Systemtakt generiert wird und sehr genau ist. Die Geschwindigkeit kann aber nicht auf Störungen reagieren. In diesem Modus sind auch sehr langsame aber trotzdem kontinuierliche Geschwindigkeiten von  $< 0.1$  RPM machbar.

**5. Positionsregler (Stepper)**

Ein Positionsregler welcher anhand des Geschwindigkeit-Reglers (Stepper) eine Position regeln kann. Dieser Modus kann für Anwendungen die wenig Dynamik erfordern eine kontinuierlichere Bahn ermöglichen.



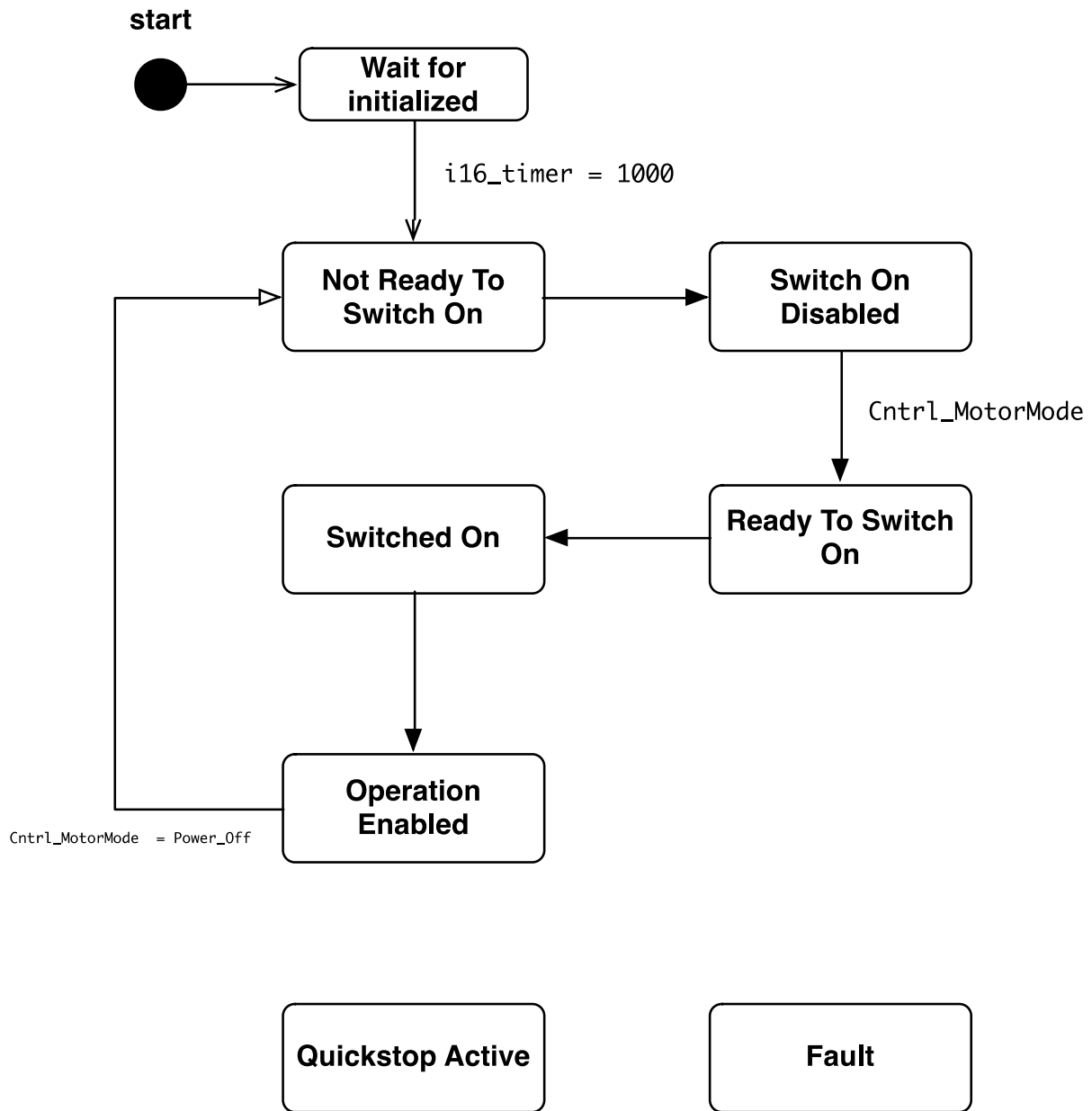
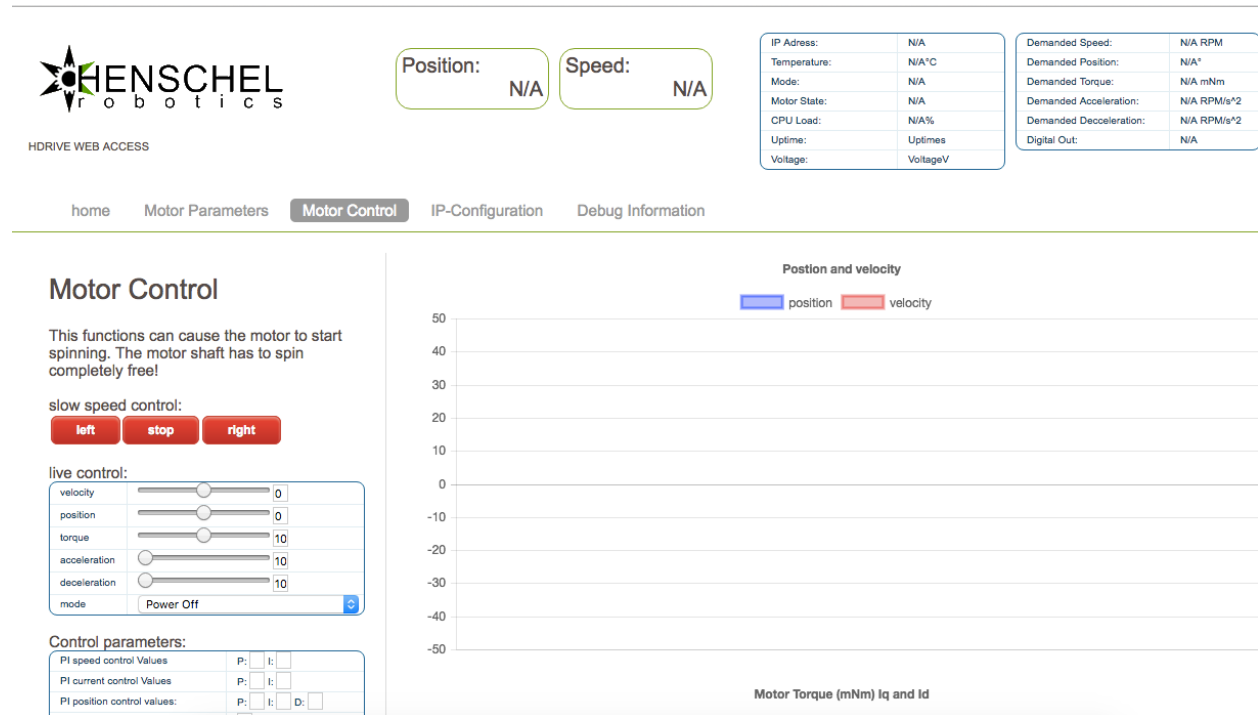


Abbildung 3: Zustandsdiagramm

## INTEGRIERTER WEBSERVER

Der Antrieb verfügt über einen integrierten Webserver. Mit Hilfe des Webbrowsers können alle Motordaten live betrachtet werden. Zudem können alle Parameter, wie z.B. Regler Einstellungen, Strom, Beschleunigungsrampe usw. konfiguriert werden.



The screenshot shows the HDrive17-ETH Webinterface. At the top left is the HENSCHEL Robotics logo and 'HDRVIVE WEB ACCESS'. The main navigation bar includes 'home', 'Motor Parameters', 'Motor Control' (selected), 'IP-Configuration', and 'Debug Information'. Two status boxes show 'Position: N/A' and 'Speed: N/A'. Two data tables are present:

IP Adress:	N/A
Temperature:	N/A°C
Mode:	N/A
Motor State:	N/A
CPU Load:	N/A%
Uptime:	Uptimes
Voltage:	VoltageV

Demanded Speed:	N/A RPM
Demanded Position:	N/A°
Demanded Torque:	N/A mNm
Demanded Acceleration:	N/A RPM/s²
Demanded Deceleration:	N/A RPM/s²
Digital Out:	N/A

The 'Motor Control' section contains a warning: 'This functions can cause the motor to start spinning. The motor shaft has to spin completely free!'. It features 'slow speed control' buttons (left, stop, right) and 'live control' sliders for velocity, position, torque, acceleration, and deceleration, with a mode dropdown set to 'Power Off'. Below are 'Control parameters' for PI speed, current, and position control. On the right, a graph titled 'Position and velocity' shows position (blue line) and velocity (red line) over time, with a legend and axes ranging from -50 to 50. The x-axis is labeled 'Motor Torque (mNm) Iq and Id'.

Abbildung 4: HDrive17-ETH Webinterface

**Achtung:** Falls das Web GUI im Betriebsmodus „Motor Control“ geöffnet ist, reagiert der Motor nicht auf externe Befehle.

## MOTOR KALIBRIEREN

Der Motor wird werksseitig vor der Auslieferung kalibriert. Sollte es zu Unstimmigkeiten im Betrieb kommen, da sich der Motor zu sehr erwärmt hat oder hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt wurde kann eine erneute Kalibrierung notwendig sein.

Der Motor kann über das WEB GUI neu kalibriert werden. Hierzu ist es erforderlich, dass am Motor eine Spannung von 12V anliegt und die Motorwelle frei und ohne Last drehen kann.

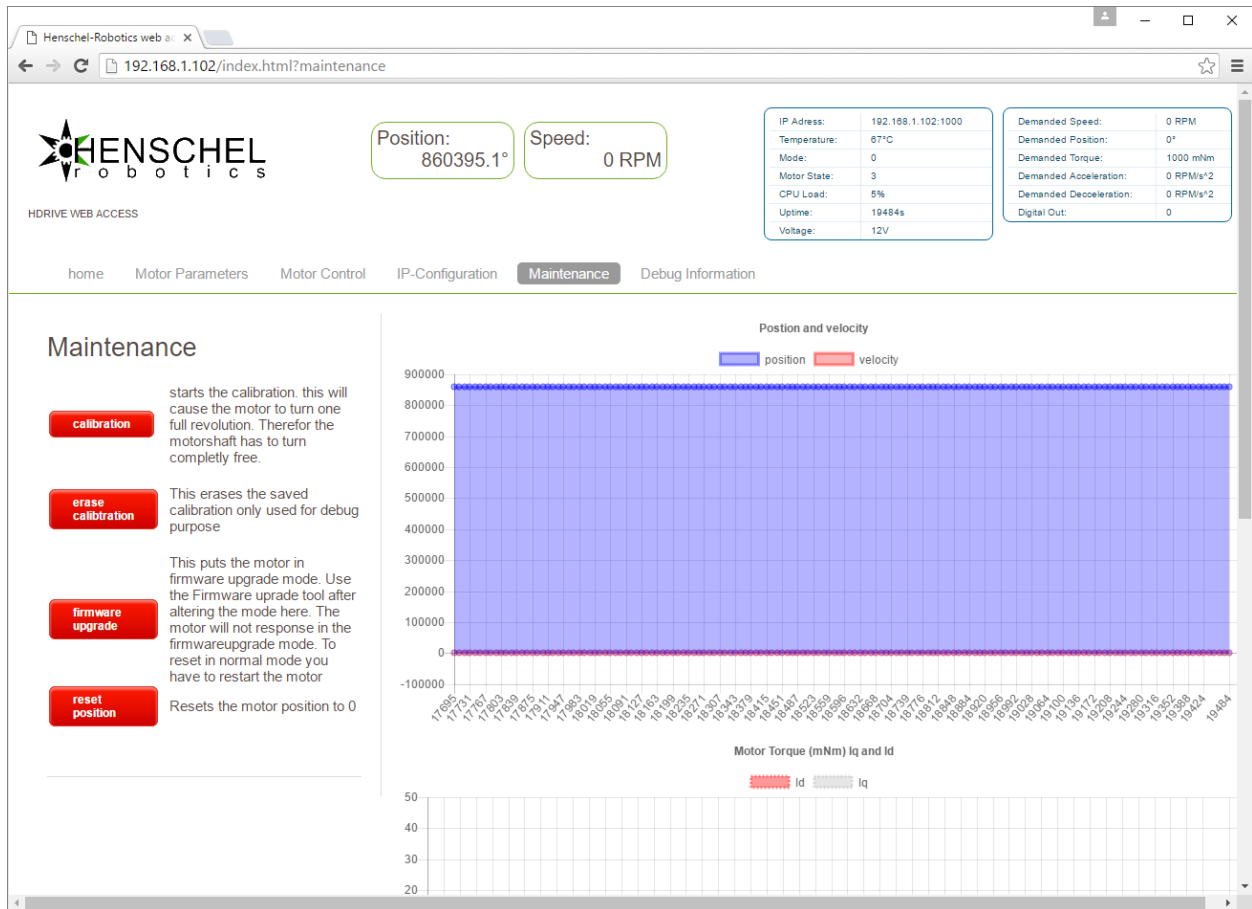


Abbildung 5: Maintenance Mode

Im Reiter „Maintenance“ ist der rote Button „calibration“ aufgelistet. Nach betätigen dieses Modus macht der Motor eine volle Umdrehung als Referenzfahrt und stellt alle notwendigen Parameter ein. Dieser Vorgang kann bis zu 5 Minuten dauern. Das Web GUI reagiert in dieser Zeit nicht. Nach der Kalibrierung startet der Motor automatisch neu und die Kommunikation mit dem Web GUI wird fortgesetzt.

## KOMMUNIKATION

Der HDrive verfügt neben dem Webinterface auch über einen TCP Port für das Empfangen von Befehlen. Fahr- und Konfigurationsbefehle werden immer über TCP gesendet.

Für die Informations-Telegramme vom Motor kann sowohl das TCP- als auch das UDP-Protokoll konfiguriert werden. So sollte, um die Kommunikationsrate zu erhöhen oder die Netzwerkauslastung zu verringern der Motor kann so eingestellt werden, dass seine Antwort-Telegramme in einem UDP Paket verpackt werden.

## BEFEHLE ZUM ANTRIEB

Es können zwei verschiedene Telegramme zum Motor gesendet werden. Das „Konfigurations“ Telegramm und das „Positionierungs“ Telegramm. Ersteres wird verwendet um den Motor neue Konfigurations Parameter wie Regelparameter, Beschleunigung etc. zu senden. Dies kann im maximalen Kommunikationstakt erfolgen. Der Motor verwendet empfangene Parameter sofort und passt Regelparameter und Bahnplanparameter an.

Beispiel für ein Konfigurations-Telegramm:

```
<hdrive_setup ppos="1000" ipos="10" dpos="0" pspeed="10" ispeed="10" pcurrent="10" icurrent="5" />
```

Das Konfigurations-Telegramm wird nicht permanent im Motor gespeichert. Um Parameter permanent zu speichern muss das Webinterface verwendet werden.

Der Motor wird mit Standardparameter ausgeliefert. Die Parameter müssen an die jeweilige Last bzw. an die Applikation angepasst werden.

## PARAMTERBESCHREIBUNG

XML Tag	Wertebereich	Einheit	Funktion
<b>ppos</b>	0 bis 2000	-	P-Anteil des Positionsreglers
<b>ipos</b>	0 bis 100	-	I-Anteil des Positionsregler
<b>dpos</b>	0 bis 2000	-	D-Anteil des Positionsreglers
<b>pspeed</b>	0 bis 200	-	P-Anteil Geschwindigkeitsregler
<b>ispeed</b>	0 bis 200	-	I-Anteil Geschwindigkeitsregler
<b>pcurrent</b>	0 bis 2000	-	P-Anteil Stromregler
<b>icurrent</b>	0 bis 2000	-	I-Anteil Stromregler

Mit dem Positionierungs-Telegramm kann dem Motor eine Zielposition, Zielgeschwindigkeit oder ein Zielstrom vorgegeben werden. Der interne Bahnplaner errechnet eine Bahn anhand der vorkonfigurierten Beschleunigungen und Geschwindigkeiten.

Beispiel für ein Positionierungs-Telegramm:

Telegramm um die Position 100.0° mit einer Geschwindigkeit von 200 U/min und einem maximal Strom von 0.2Nm anzufahren:

```
<system pos="1000" speed="200" current="20" acc="1000" decc="1000" mode="129" out="0" />
```

Die Reihenfolge der Befehlskette muss eingehalten werden. Das System ist intolerant auf Leerzeichen in oder vor den Werten und Attributen.

### PARAMTERBESCHREIBUNG

XML Tag	Wertebereich	Einheit	Funktion
<b>Pos</b>	-5000000 bis +5000000	1/10 Grad	Definiert die Zielposition
<b>Speed</b>	-5000 bis +5000	RPM	Definiert die maximal Geschwindigkeit für den integrierten Bahnplaner
<b>Current</b>	0 bis 100	% Stromauslastung	<b>Im Stepper Regler Modus:</b> Definiert dieser Parameter die Stromauslastung mit welcher der Motor betrieben werden soll <b>Im Vektor Regel Modus:</b> Ist dieser Parameter der Ziel-Strom in 1/10 mNm
<b>Acc</b>	1 bis 100'000	RPM/s <sup>2</sup>	Beschleunigung für Bahnplaner
<b>Decc</b>	1 bis 100'000	RPM/s <sup>2</sup>	Verzögerung für Bahnplaner
<b>Mode</b>		-	0 = Power Off 1 = System Reset 2 = Firmware Upgrade Mode 3 = Reserviert 4 = Reserviert 5 = Reset Positionssensor auf 0 8 = Geschwindigkeitsregler (Stepper) 9 = Motor Kalibrationsmodus 10 = Reserviert 11 = Motor Positionsregler (Stepper) 129 = Motor Positionsregler (Feldorientiert) 130 = Motor Geschwindigkeitsregler (Feldorientiert)
<b>out1/out2</b>	0 bis 16	-	Digitaler Ausgang Binär Out1 = bit1 Out2 = bit2, Out3 = bit3, Out4 = bit4

## BEISPIELE

Reset position auf 0:

```
<system pos="0" speed="0" current="0" acc="0" decc="0" mode="5" out="0" />
```

Fährt auf Position 100.0° mit 1000 RPM, 0.2 Nm Stromauslastung 1000 RPM/s<sup>2</sup> Beschleunigung und Verzögerung.

```
<system pos="1000" speed="1000" current="20" acc="1000" decc="1000" mode="129" out="0" />
```

Fährt auf Position -210.0° mit 1000 RPM, 0.2 Nm Stromauslastung 1000 RPM/s<sup>2</sup> Beschleunigung und Verzögerung.

```
<system pos="-2100" speed="1000" current="20" acc="1000" decc="1000" mode="129" out="0" />
```

## MELDUNGEN VOM ANTRIEB

Sobald eine TCP-Verbindung besteht, wird der Motor über den TCP-Socket seine Positionsdaten in Form eines XML formatierten Strings senden. Ein solches Telegramm kann wie folgt aussehen:

```
<system Position="000300" Speed="000" Input1="1" Input2="1" Time="000216" Fault="0" Temp="44" Voltage="155" />
```

XML Tag	Wertebereich	Einheit	Bedeutung
<b>Position</b>	32 Bit	Grad	Beinhaltet die aktuelle Position des Antriebes
<b>Speed</b>	16 Bit	RPM	Zeigt die aktuelle Geschwindigkeit an
<b>Input1/Input2</b>	0 - 3	-	Wenn ein Signal an den Digitaleingang Input1 oder Input2 angelegt wird, ändert dieser den Wert zu 0. Bei 0V ist der Wert 1.
<b>Time</b>	32 Bit	ms	Echtzeituhr des Systems
<b>Fault</b>	16 Bit		Fehler wenn nicht 0
<b>Temp</b>	16 Bit	1/10 °C	Die aktuelle Temperatur der Platinen
<b>Voltage</b>	16 Bit	1/10 V	Die angelegte Betriebsspannung VCC

Das Ticket hat immer eine Länge von 142 Zeichen.

## FEHLERZUSTÄNDE

Die letzten Fehler werden im Motor direkt gespeichert und können über das Web GUI ausgelesen werden.

16	over temperatur	Schaltet den Motor aus, wenn die Platinen-Temperatur mehr als 95°C beträgt.
17	under voltage	Schaltet den Motor aus und speichert alle Zustände, falls die Spannung unter 10V absinkt. Dies ist im normalen Betrieb kein Fehler sondern die Standard Prozedur wenn der Motor ausgeschaltet wird.
18	over voltage	Schaltet den Motor aus, wenn die Betriebsspannung über 30V ist. Insbesondere beim Bremsvorgang kann die Spannung durch den Generatorbetrieb stark ansteigen. Gegebenenfalls muss dem Motor einen zusätzlichen Kondensator oder ein Bremswiderstand hinzugefügt werden. Sodass die überschüssige Leistung zwischengespeichert oder in Wärme umgewandelt werden kann.

## FIRMWARE UPGRADE

Die Firmware des HDrives kann aktualisiert werden. Der Motor muss dazu erst in den Bootloader Modus versetzt werden. Dies kann über das Webinterface in Menu Maintenance gemacht werden. Danach kann mit der Update-Software der Motor auf den neusten Stand gebracht werden.

## FACTORY RESET

Ist die IP-Adresse unbekannt oder wurde der Motor versehentlich falsch programmiert können die Fabrikeinstellungen zurückgeladen werden. Dazu muss beim Einschalten des HDrives der "Digital In 2" Anschluss drei Mal infolge innert einer Sekunde auf GND gebracht werden. Dies kann mit ein wenig Übung von Hand gemacht werden. Bei erfolgreichem Reset leuchtet die LED stetig rot. Nach einem Ein- Ausschaltvorgang ist der Motor wieder betriebsbereit und unter seinen Standard Werten erreichbar.

## BEISPIELE

### MATLAB

```
clear all;
pause on

% TCP-Socket erstellen
```

```
t=tcPIP('192.168.1.102', 1000, 'NetworkRole', 'client');  
  
% TCP-Socket öffnen  
fopen(t);  
  
% Fahrbefehl generieren und senden  
fwrite(myTCPConnection, '<system pos="0" speed="10" current="20" acc="500"  
decc="400" mode="8" out1="0" out2="0" />')  
  
% dem Motor Zeit geben die Position zu erreichen  
pause( 30 );  
  
% schliesst den TCP-Socket und der Motor wird stromlos  
fclose(t);
```

Weitere Beispiele sind auf [www.henschel-robotics.ch](http://www.henschel-robotics.ch) zu finden.



## DOKUMENTVERSIONEN

Version	Datum	Änderungen
0	05.08.2016	Dokumenterstellung