



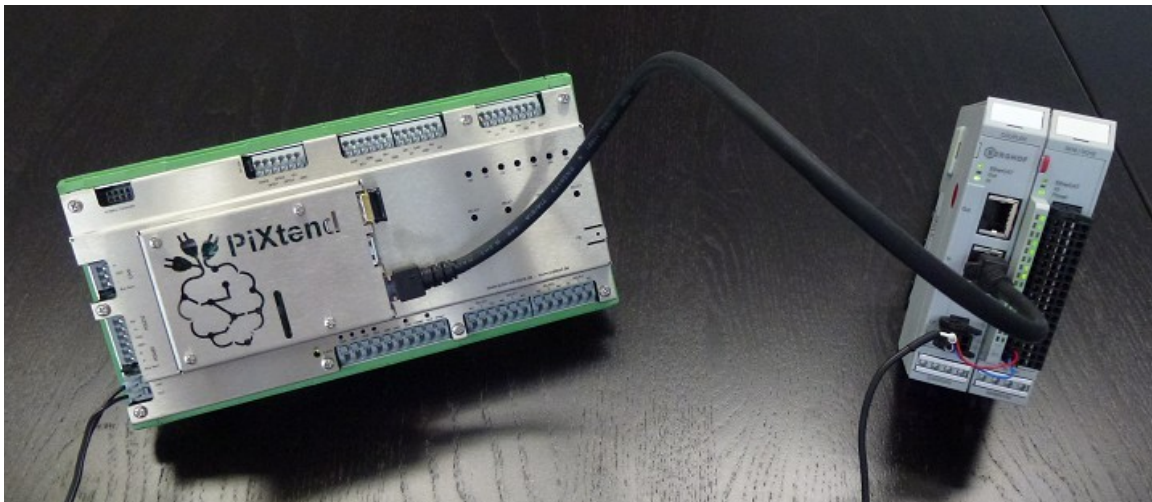
PiXtend

Application-Note: EtherCAT Kommunikation

Application Note

EtherCAT Kommunikation mit PiXtend

*Einrichtung und Verwendung von EtherCAT-Geräten
unter CODESYS V3.5*



APP-PX-550

Stand 20.04.2016, V1.01

Qube Solutions UG (haftungsbeschränkt)
Arbachtalstr. 6, 72800 Eningen, Germany

<http://www.qube-solutions.de/>

<http://www.pixtend.de>



Versionshistorie

Version	Beschreibung	Bearbeiter
1.00	Dokument erstellt	TG
1.01	Beschreibung der Einrichtung unter CODESYS vervollständigt, FAQ erstellt	TG



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
1.1 Voraussetzungen & Vorbereitung.....	5
1.3 Haftungsausschluss.....	6
1.4 Sicherheitshinweise.....	6
2. Inbetriebnahme des Bussystems.....	7
2.1 Hardware.....	7
2.2 Software.....	9
3. FAQ – Häufig gestellte Fragen und Fehlerbehandlung.....	17



1. Einleitung



Der EtherCAT¹-Feldbus der [Firma Beckhoff Automation](http://www.beckhoff.de) hat sich in den letzten Jahren als einer der Standards bei den Ethernet-basierten Bussystemen im industriellen Umfeld durchgesetzt. Besonders durch die einfache Einbindung von Geräten, der harten Echtzeitfähigkeit und der Vielzahl verfügbarer Module am Markt nimmt die Verbreitung und Relevanz weiter zu.

Auch mit CODESYS und PiXtend lassen sich EtherCAT-Geräte einfach verwenden. Wir zeigen Ihnen in dieser Applikation Note, wie Sie Ihr PiXtend-System mit EtherCAT-I/Os erweitern können.



Wir verwenden beispielhaft E/A-Module der [Firma Berghof Automation GmbH](http://www.berghof.com) und bedanken uns an dieser Stelle vielmals für die Bereitstellung von Hard- und Software.

Viele weitere Informationen, Tipps und Tricks finden Sie auch in unserem Support-Forum unter: <http://www.pixtend.de/forum/> und im FAQ ab Seite 17 in diesem Dokument.

Die jeweils neusten Versionen aller Dokumente und Software-Komponenten finden Sie im Download-Bereich unserer Homepage: <http://www.pixtend.de/downloads/>

1 EtherCAT und das zugehörige Logo sind eingetragene Markennamen der Firma Beckhoff Automation GmbH & Co. KG – www.beckhoff.de

2 Rechteinhaber der Abbildung ist die Firma Berghof Automation GmbH – www.berghof.com



1.1 Voraussetzungen & Vorbereitung

Für die Verwendung des EtherCAT-Buses wird, abgesehen von CODESYS V3.5, keine spezielle Software oder Anpassungen im Linux-System benötigt.

Für jedes EtherCAT-Gerät gibt es jedoch vom Hersteller **Gerätebeschreibungen im XML-Format**. Diese erhalten Sie in der Regel von der Homepage des Herstellers.

Wir arbeiten in den nachfolgenden Anleitung mit folgender Hardware:

- PiXtend V1.3 mit Raspberry Pi 2 B
- USB W-LAN Dongle: EDIMAX EW-7811UN
- Ethernet-Kabel: 0,5 Meter
- EtherCAT-Module:
Buskoppler (204800000) und DI16/DO16 (204800100) Modul der Firma Berghof Automation

Wir gehen in dieser AppNote davon aus, dass Sie CODESYS und die benötigten Packages für Raspberry Pi und PiXtend installiert und ein CODESYS-Projekt angelegt haben. Falls dies nicht der Fall sein sollte, so finden Sie unsere Anleitungen zu den genannten Themen in unserem Download-Bereich: www.pixtend.de/downloads/

Es wird das PiXtend CODESYS SD-Image verwendet, welche Sie ebenfalls kostenlos auf unserer Homepage herunterladen können.



1.3 Haftungsausschluss

Weder Qube Solutions UG noch 3S-Smart Software Solutions können für etwaige Schäden verantwortlich gemacht werden die unter Umständen durch die Verwendung der zur Verfügung gestellten Software, Hardware, Treiber oder der hier beschriebenen Schritte entstehen können.

1.4 Sicherheitshinweise



PiXtend und der Raspberry Pi Computer sind **nicht** für den Einsatz im rauen industriellen Umfeld konzipiert!

PiXtend darf **nicht** in sicherheitskritischen Systemen eingesetzt werden.

Wird die Ethernet-Schnittstelle des Raspberry Pi für den EtherCAT-Bus verwendet, so sollte darauf geachtet werden, dass von dieser Schnittstelle keine Verbindung (über Hubs oder Switches) zum Heim- oder Firmennetzwerk besteht.

Die Schnittstellen sind zwar elektrisch kompatibel und werden auch nicht beschädigt, doch können ungewollte Effekte im Netzwerk entstehen:

- Belastung des Netzwerks durch Broadcast-Nachrichten:
kann in großen Firmennetzwerken zu einem "Broadcast-Sturm" führen, der die normale Netzwerkfunktion lahmlegt
- Verzögerung oder Verlust von EtherCAT-Prozessdaten durch Ethernet-Switches.
Switches sind in einem EtherCAT-Bus nicht vorgesehen und sollten nicht verwendet werden



2. Inbetriebnahme des Bussystems

Im ersten Schritt stellen wir die benötigten Verbindungen her und kommen dann zur Konfiguration und Inbetriebnahme der Software.

2.1 Hardware

Da der EtherCAT-Bus die einzige Ethernet-Schnittstelle des Raspberry Pi belegt, müssen wir uns eine andere Möglichkeit schaffen, um uns mit CODESYS auf den Raspberry Pi zu verbinden und das Programm zu übertragen.

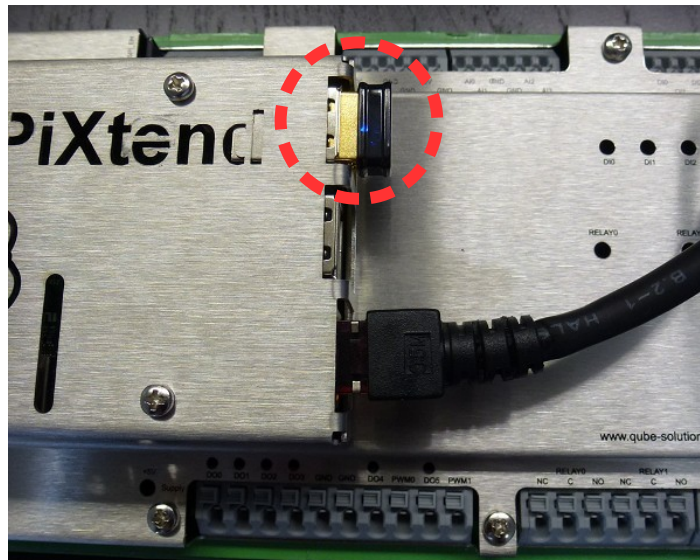


Abbildung 1: W-LAN Dongle anschließen

Wir verwenden zu diesem Zweck einen USB-WLAN-Dongle. Wie Sie einen solchen Dongle einrichten, erfahren Sie in unzähligen Anleitungen im Internet. Wenn Sie einen Raspberry Pi 3 B einsetzen, so ist das W-LAN bereits an Bord und Sie benötigen keine separate Hardware. Zum heutigen Zeitpunkt (April 2016) existiert jedoch noch keine CODESYS-Runtime, welche für den Raspberry Pi 3 B geeignet ist.

Es ist nun also möglich, dass wir die Ethernet-Schnittstelle (Bezeichnung im Linux: `eth0`) exklusiv für EtherCAT einsetzen und per W-Lan (`wlan0`) mit CODESYS auf das PiXtend-System zugreifen.



Mit einer Standard-Ethernet-Leitung (egal ob Patch oder Crossover) wird der Raspberry Pi und der Berghof-Buskoppler verbunden.

Die Ethernet-Leitung darf eine maximale Länge von 100 Metern haben, was besonders in der Haus- und Gebäudeautomation viele Vorteile und Freiheiten mit sich bringt.

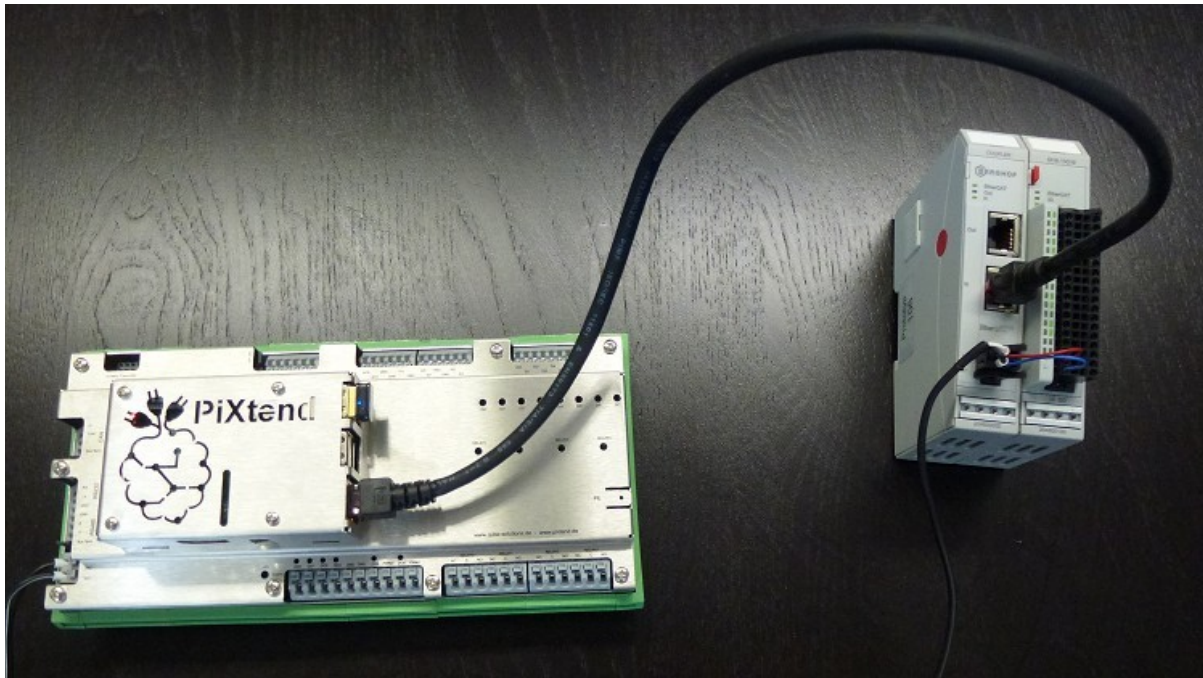


Abbildung 2: Ethernet-Leitung verbunden

Es gibt bei EtherCAT-Buskopplern immer zwei Steckverbinder. Ein "Eingang" (IN) und ein "Ausgang" (OUT). Wir kommen direkt vom EtherCAT-Master (dem Raspberry Pi) und verbinden die Leitung daher mit dem Eingang "IN".

Je nach Hersteller kann die Bezeichnung abweichen. Bitte informieren Sie sich ggf. beim Hersteller bzw. im technischen Datenblatt des Geräts.

Auch die Stromversorgung der EtherCAT-Module wird nach den Angaben des Herstellers ausgeführt. Wir haben beide Module, wie empfohlen, mit 24 V DC versorgt, was den Standard in der industriellen Automatisierungstechnik darstellt.



2.2 Software

Starten Sie zunächst CODESYS V3 und erstellen ein Projekt (Anleitungen hierzu finden Sie auf unserer Homepage).

Als Nächstes installieren wir die *XML Device Description*, die uns der Hersteller der EtherCAT-Module zur Verfügung gestellt hat. Damit machen wir CODESYS die Geräte „bekannt“.

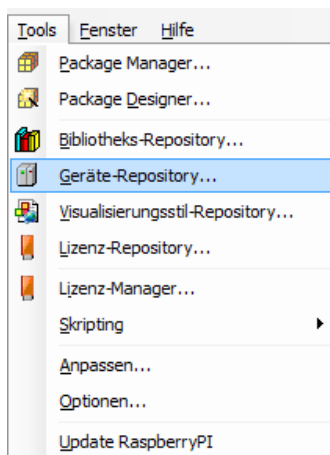


Abbildung 3: XML-Gerätebeschreibung installieren

Über *Tools* → *Geräte-Repository* lässt sich die XML-Datei auswählen und installieren. Nun können wir durch Rechts-Klick auf das Raspberry Pi Device ein „Gerät anhängen“:

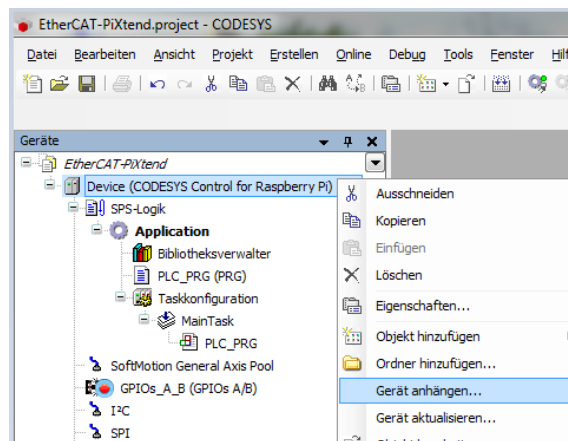


Abbildung 4: Gerät an Raspberry Pi anhängen



Es öffnet sich ein Fenster, in dem die zur Verfügung stehenden Bussysteme angezeigt werden.

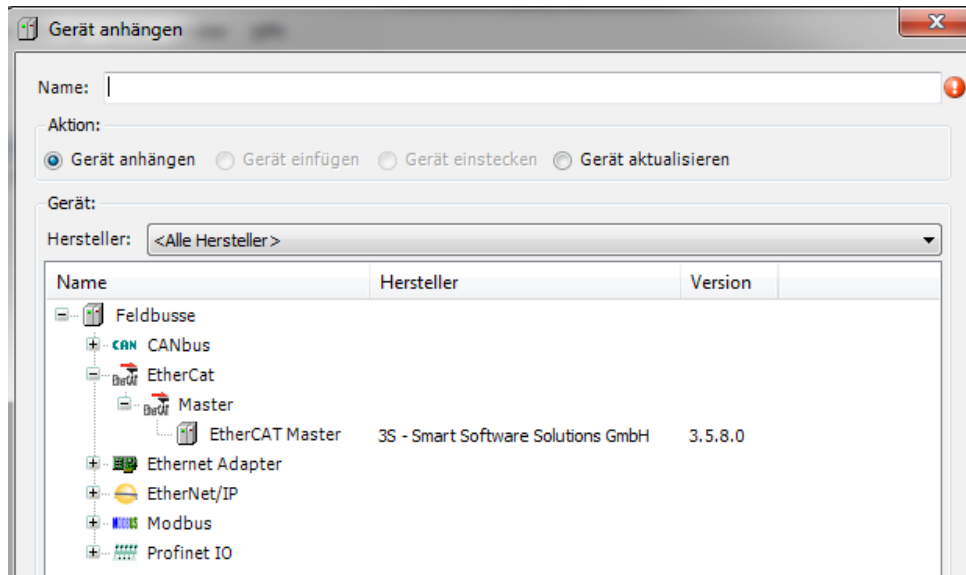


Abbildung 5: EtherCAT-Master anhängen

Wir möchten EtherCAT verwenden, also hängen wir einen EtherCAT Master an.

An dieser Stelle möchten wir Sie darauf hinweisen, dass PiXtend im EtherCAT-Bus immer nur der Master sein kann. Sie können also über den EtherCAT-Bus nicht mehrere PiXtend-Boards bzw. Raspberry Pis miteinander verbinden. Dies würde dem Prinzip von EtherCAT widersprechen. Die Slaves in einem EtherCAT-Bus sind in der Regel keine komplexen Rechner, sondern I/O-Module für Mess-, Regel- und Steuerungsaufgaben.

Wenn Sie mehrere PiXtend-Board zu einem großen System verbinden möchten, so bietet sich die Verwendung von Modbus TCP als Protokoll an.



Nach dem Anhängen des EtherCAT-Master an die Raspberry Pi Steuerung sollte das Programm zum ersten Mal übersetzt und auf die Steuerung übertragen werden.

Zur Übertragung des Projekts auf die Steuerung wird nun die WLAN-Schnittstelle verwendet. Die „normale“ Ethernet-Schnittstelle haben wir im vorherigen Schritt mit dem Buskoppler verbunden.

Wir doppelklicken also auf das Device (CODESYS Control for Raspberry Pi) und klicken auf „Netzwerk durchsuchen...“ und wählen den Raspberry Pi aus.

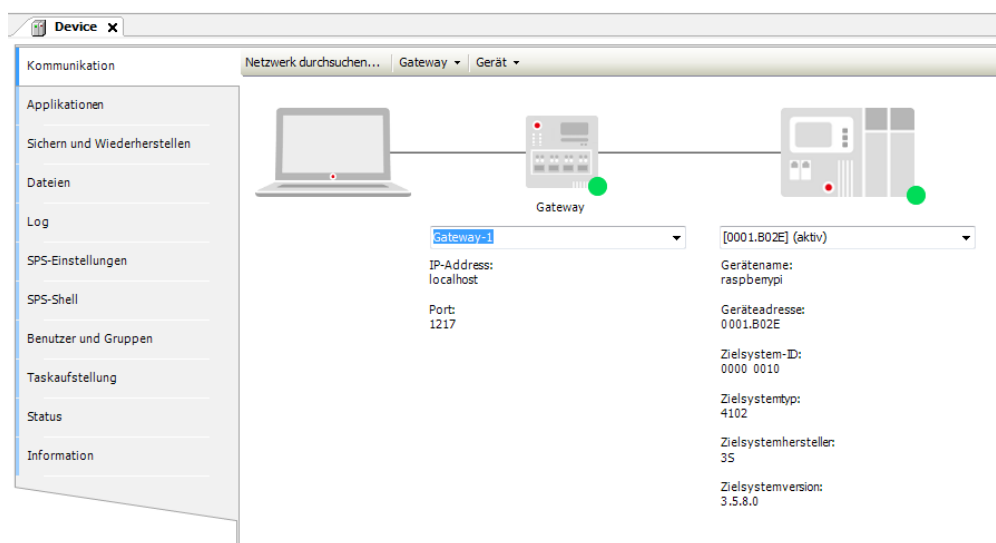



Abbildung 6: Device (Raspberry Pi) im Netzwerk gefunden und ausgewählt

Sollten Sie Probleme haben das Gerät zu finden, so müssen Sie die grundsätzlichen Einstellungen des WLAN-Sticks im Linux überprüfen und ggf. anpassen. Die WLAN-Verbindung zum Netzwerk bzw. zum Entwicklungsrechner (auf dem die CODESYS Programmierumgebung ausgeführt wird) muss bestehen.

Wenn Sie das Gerät gefunden und ausgewählt haben, wie Abbildung 6 zeigt, so können Sie sich Einloggen.

Es wird ein Fehler während der Codeerzeugung angezeigt:

 **EtherCAT Master** : Die EtherCAT NIC-Einstellung ist nicht gesetzt! Quell-Mac ist 00-00-00-00-00-00!

Der EtherCAT-Master weiss zu diesem Zeitpunkt noch nicht, welche Schnittstelle er für die EtherCAT-Kommunikation verwenden soll. Wir wechseln auf den, wegen des Fehlers rot unterstrichenen, EtherCAT-Master. Neben dem Eintrag „Quelladresse (MAC)“ findet sich ein Button „Durchsuchen“, der folgendes Popup-Fenster öffnet:

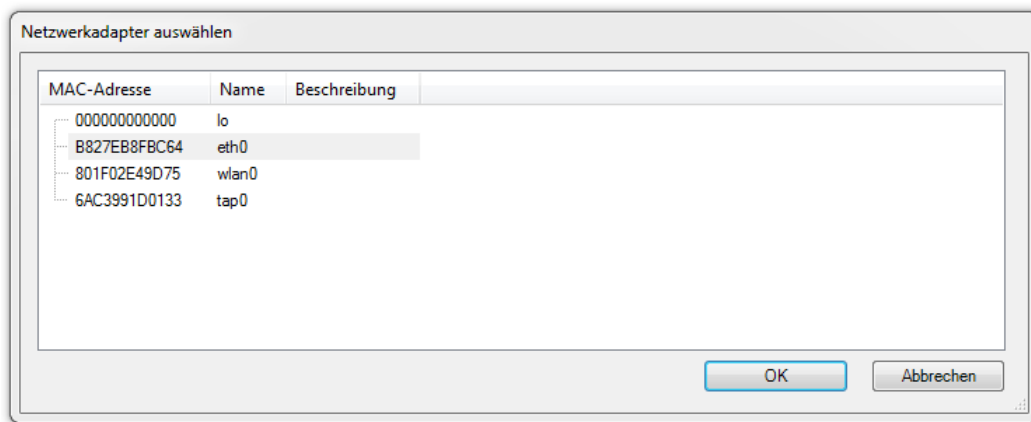


Abbildung 7: Netzwerkadapter auswählen

Wir möchten den EtherCAT-Buskoppler an der Ethernet-Schnittstelle *eth0* ansprechen. Also wählen wir diesen aus. Die Quelladresse (MAC) und der Netzwerkname *eth0* wird eingetragen.

Bei dieser Gelegenheit sollten Sie auch gleich die Zykluszeit einstellen. Diese ist standardmäßig auf 4.000 Microsekunden eingestellt und wirkt sich auch auf die Zykluszeit des gesamten Projekts aus. Da wir mit PiXtend eine minimale Zykluszeit von 25 Millisekunden nicht unterschreiten sollten, stellen wir diese also auf 25.000 Microsekunden um und sollten nun folgendes Bild erhalten:

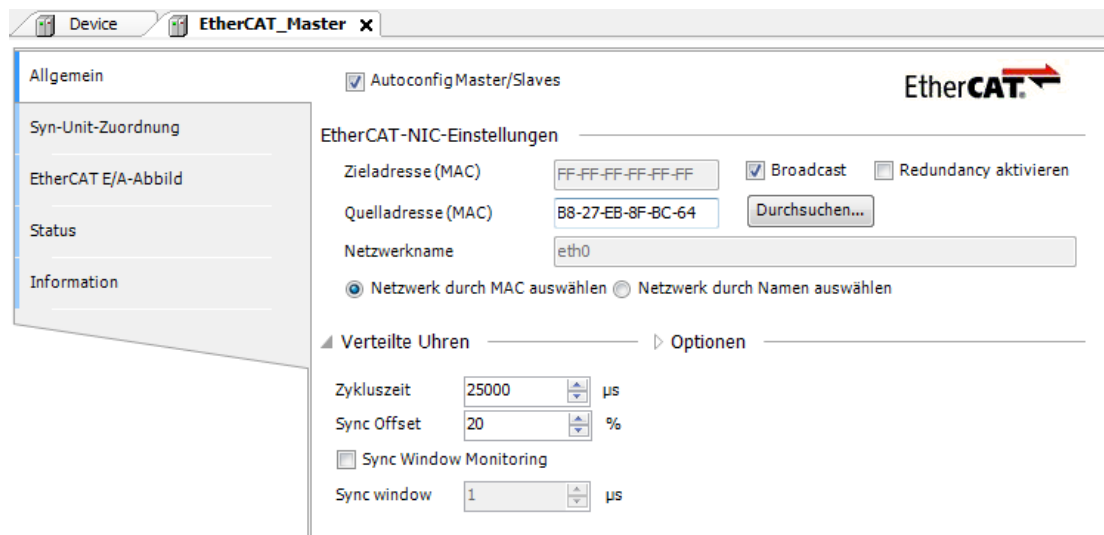


Abbildung 8: EtherCAT-Master eingestellt

Die MAC-Adresse ist bei jedem Gerät unterschiedlich. Wundern Sie sich also nicht, dass Sie hier eine andere Nummer / Adresse vorfinden.



Info für Fortgeschrittene:

Wenn Sie EtherCAT mit einer kürzeren Zykluszeit als 25 ms betreiben möchte, so ist dies möglich. Sie müssen lediglich zwei unterschiedliche Tasks anlegen. Einer der PiXtend mit 25 / 100 ms aufruft und ein zweiter, welcher explizit für EtherCAT verwendet wird. So sind Zykluszeiten von 1 ms für EtherCAT möglich. Dies kann besonders dann interessant und sinnvoll sein, wenn schnelle Regelungsaufgaben (z.B. mit PID-Regler) realisiert werden sollen.

Wenn an PiXtend vier DHT11/22 Sensoren angebunden werden, so sollten die Zykluszeit für PiXtend nicht unter 100 ms liegen.

Der EtherCAT-Master kennt nun seine Schnittstelle. Wir machen einen Rechts-Klick auf den EtherCAT-Master im Gerätefenster und wählen „Geräte suchen“ aus. Die angeschlossene Geräte (Buskoppler und I/O-Gerät) werden angezeigt:

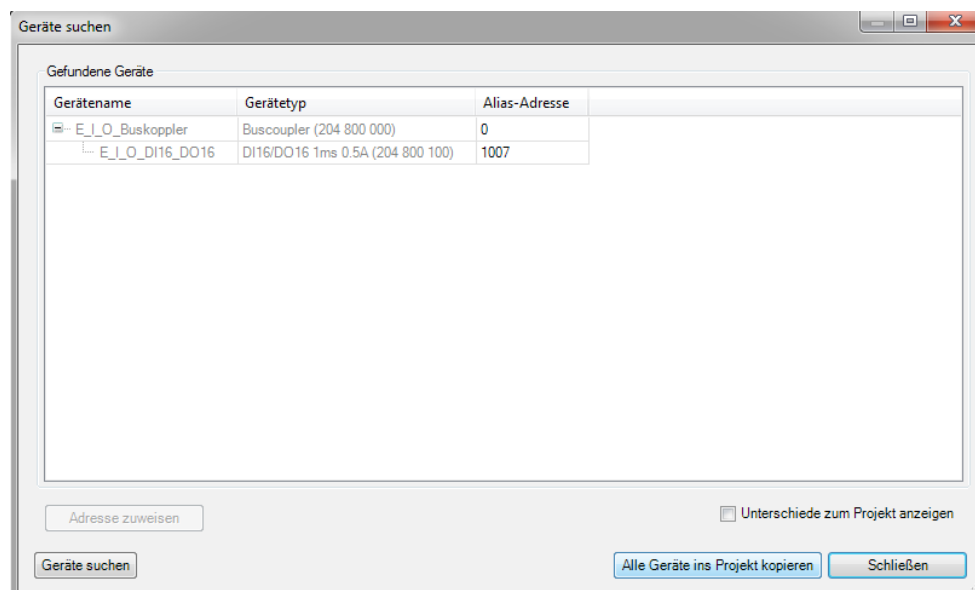


Abbildung 9: EtherCAT-Geräte am Bus gesucht und gefunden

Wir wählen „Alle Geräte ins Projekt kopieren“.

Sollten der Gerätename / Gerätetyp nicht angezeigt werden, so haben Sie die XML-Gerätebeschreibung nicht (korrekt) installiert. Kontrollieren Sie im *Geräte-Repository* ob für die angeschlossenen Geräte die richtigen Gerätebeschreibungen installiert sind. Es kann vorkommen, dass erst ein Neustart von CODESYS notwendig ist, bevor die Geräte korrekt erkannt werden können.



Ihr Geräte-Baum sollte nun folgendermaßen aussehen:

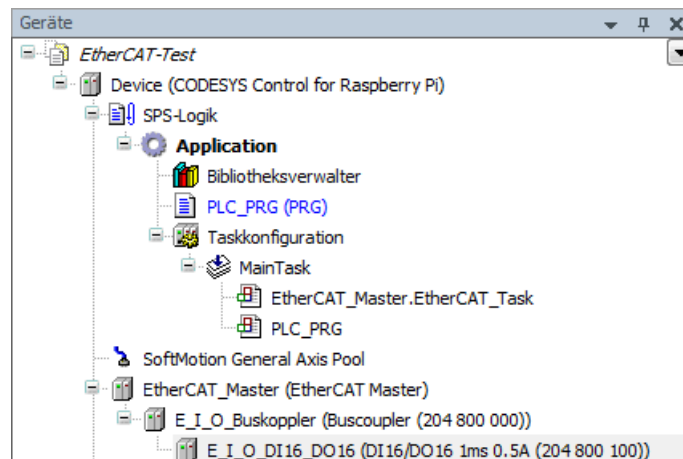


Abbildung 10: Gerätebaum mit EtherCAT-Geräten

Wie schon von PiXtend bekannt, muss bei E/A-Geräten immer eingestellt werden wann diese Daten austauschen sollen. Deswegen wechseln wir auf das hier verwendete E/A-Gerät „E_I_O_DI16_DO16“ und auf die Registerkarte „EtherCAT E/A-Abbild“.

Die Prozessdaten, hier digitale Ein- und Ausgänge, werden angezeigt. Im linken unteren Teil des Fensters gibt eine Drop-Downliste mit der Beschriftung „Variablen aktualisieren“. Hier stellen wir „Aktiviert 2: immer im Buszyklus“ ein:

Variable	Mapping	Kanal	Adresse	Typ	Einheit	Beschreibung
		DigitalOutput0	%QX0.0	BIT		DigitalOutput0
		DigitalOutput1	%QX0.1	BIT		DigitalOutput1
		DigitalOutput2	%QX0.2	BIT		DigitalOutput2
		DigitalOutput3	%QX0.3	BIT		DigitalOutput3
		DigitalOutput4	%QX0.4	BIT		DigitalOutput4
		DigitalOutput5	%QX0.5	BIT		DigitalOutput5
		DigitalOutput6	%QX0.6	BIT		DigitalOutput6
		DigitalOutput7	%QX0.7	BIT		DigitalOutput7
		DigitalOutput8	%QX1.0	BIT		DigitalOutput8
		DigitalOutput9	%QX1.1	BIT		DigitalOutput9
		DigitalOutput10	%QX1.2	BIT		DigitalOutput10
		DigitalOutput11	%QX1.3	BIT		DigitalOutput11
		DigitalOutput12	%QX1.4	BIT		DigitalOutput12
		DigitalOutput13	%QX1.5	BIT		DigitalOutput13
		DigitalOutput14	%QX1.6	BIT		DigitalOutput14
		DigitalOutput15	%QX1.7	BIT		DigitalOutput15
		DigitalInput0	%IX1.0	BIT		DigitalInput0
		DigitalInput1	%IX1.1	BIT		DigitalInput1
		DigitalInput2	%IX1.2	BIT		DigitalInput2
		DigitalInput3	%IX1.3	BIT		DigitalInput3
		DigitalInput4	%IX1.4	BIT		DigitalInput4
		DigitalInput5	%IX1.5	BIT		DigitalInput5
		DigitalInput6	%IX1.6	BIT		DigitalInput6
		DigitalInput7	%IX1.7	BIT		DigitalInput7

Variable	Mapping	Typ
E_I_O_DI16_DO16		ETCSlave

Mapping zurücksetzen Variablen aktualisieren: **Aktiviert 2 (immer im Buszyklus)**

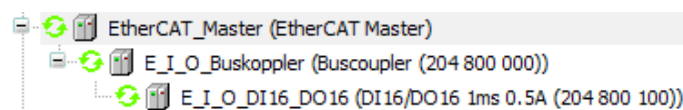
Abbildung 11: Einstellung für die Aktualisierung der Prozessdaten



Jetzt ist es soweit und wir können einen erneuten Versuch starten das Programm auf die Steuerung zu übertragen.

Nach der Übertragung werden die Geräte zunächst mit einem orangefarbenen Symbol angezeigt. Da das Programm noch nicht gestartet ist, läuft der EtherCAT-Master ebenfalls noch nicht und der Datenaustausch pausiert.

Nach dem starten des Programms (F5) kann es einen Augenblick dauern bis der Master anläuft und die Geräte nun grün / betriebsbereit angezeigt werden:



Auch die LEDs mit der Beschriftung „EtherCAT“ an Buskoppler und I/O-Scheibchen wechseln auf die Farbe grün. Die „IN“ LED zeigt durch grünes Blinken die aktive Datenübertragung an.



Abbildung 12: EtherCAT-Geräte im Betrieb

Sie haben es geschafft:

der EtherCAT-Bus läuft und die Geräte werden korrekt angesprochen.

Wir können nun auf einfache Weise und zunächst ohne ein richtiges Programm zu erstellen die Ausgänge testen. Dazu setzen wir einen oder mehrere Ausgänge im Prozessabbild per Klick auf *TRUE* und erzwingen (*forcen*) die Werte mit der Taste F7.



Device

EtherCAT_Master

E_I_O_DI16_DO16 x

Allgemein

Prozessdaten

EtherCAT E/A-Abbild

Status

Information

Kanäle

















































Variable	Mapping	Kanal	Adresse	Typ	Aktueller Wert	Vorbereiteter Wert	Einheit	Beschreibung
 		DigitalOutput0	%QX0.0	BIT	 TRUE			DigitalOutput0
 		DigitalOutput1	%QX0.1	BIT	 TRUE			DigitalOutput1
 		DigitalOutput2	%QX0.2	BIT	 FALSE			DigitalOutput2
 		DigitalOutput3	%QX0.3	BIT	 TRUE			DigitalOutput3
 		DigitalOutput4	%QX0.4	BIT	 TRUE			DigitalOutput4
 		DigitalOutput5	%QX0.5	BIT	 FALSE			DigitalOutput5
 		DigitalOutput6	%QX0.6	BIT	 TRUE			DigitalOutput6
 		DigitalOutput7	%QX0.7	BIT	 TRUE			DigitalOutput7
 		DigitalOutput8	%QX1.0	BIT	 FALSE			DigitalOutput8
 		DigitalOutput9	%QX1.1	BIT	 TRUE			DigitalOutput9
 		DigitalOutput10	%QX1.2	BIT	 TRUE			DigitalOutput10
 		DigitalOutput11	%QX1.3	BIT	 FALSE			DigitalOutput11
 		DigitalOutput12	%QX1.4	BIT	 TRUE			DigitalOutput12
 		DigitalOutput13	%QX1.5	BIT	 TRUE			DigitalOutput13
 		DigitalOutput14	%QX1.6	BIT	 FALSE			DigitalOutput14
 		DigitalOutput15	%QX1.7	BIT	 FALSE			DigitalOutput15

Abbildung 13: Erster Test: Ausgänge manuell setzen (forcen)

Die Ausgänge werden geschrieben und die LEDs der Ausgänge leuchten:



Abbildung 14: LED-Anzeige am DI/DO-Gerät

Bei den verwendeten Modulen von der Firma Berghof Automation handelt es um High-Side-Ausgänge (max. 0,5 A Dauerlast). Das bedeutet:

Wird ein Ausgang auf High-Pegel (TRUE) gesetzt, so liegen 24 V am Ausgang. Dies ist ein Unterschied zu den Low-Side-Ausgängen (Open-Drain) an PiXtend.

Die Eingänge können einfach getestet werden, indem ein Kabel zwischen einem Ausgang und einem nebenliegenden Eingang angeschlossen wird. Die Eingänge verhalten sich bei PiXtend und den E/A-Modulen von Berghof gleich.



3. FAQ – Häufig gestellte Fragen und Fehlerbehandlung

Mein Raspberry Pi Gerät lässt über CODESYS nicht finden, was tun?

Bitte überprüfen Sie folgenden Punkte um das Problem einzugrenzen:

Läuft auf dem Raspberry Pi die CODESYS-Runtime?

→ am Besten unsere vorbereitete CODESYS SD-Karte / Image verwenden oder die Runtime manuell aufspielen (Anleitung liegt dem Package der CODESYS-Runtime bei)

→ in der Linux-Konsole das Programm „top“ aufrufen, hier werden alle laufenden Tasks des Betriebssystems angezeigt. Hier sollte ein Eintrag „codesyscontrol“ angezeigt werden. Ansonsten ist die Runtime, welche automatisch nach dem Booten startet, nicht installiert.

Ist der Raspberry Pi im selben Netzwerk wie der PC, auf dem die CODESYS-Programmierschnittstelle läuft?

→ Da bei der Verwendung von EtherCAT die Ethernet-Schnittstelle des Raspberry Pi belegt wird, muss eine Verbindung über WLAN oder mit einem USB-to-Ethernet-Dongle hergestellt werden.

→ Überprüfen Sie, ob der Raspberry Pi eine Verbindung zum PC hat (z.B. per „ping“ Befehl)

Die EtherCAT-Geräte werden zwar gefunden, doch sind diese dem System nicht bekannt bzw. Die korrekten Namen werden nicht angezeigt.

Überprüfen Sie ob die XML-Gerätebeschreibung korrekt installiert wurde. Ggf. starten Sie CODESYS nach der Installation der Gerätebeschreibungen neu und versuchen Sie es erneut.

Ich habe ein EtherCAT-Gerät, jedoch keine passende XML-Datei. Woher bekomme ich diese Datei?

Die XML-Datei wird in der Regel auf der Homepage des jeweiligen Herstellers zum Download angeboten. Falls dies nicht der Fall sein sollte, so müssen Sie die Herstellerfirma oder den Händler kontaktieren.

Ohne XML-Datei können Sie das Gerät nicht verwenden. Die Erstellung auf eigene Faust ist sehr schwierig und nicht zu empfehlen.



Welche Funktionen lassen sich außer den hier vorgestellten digitalen I/Os sonst noch an den EtherCAT-Bus anschließen?

Es gibt eine überwältigende Vielzahl an unterschiedlichen Modulen für den EtherCAT-Bus und auch einige Hersteller. Hier eine kleine Übersicht (nicht vollständig):

Hersteller:

- Beckhoff Automation (erfinder des EtherCAT-Bus) – hunderte Module
- Berghof Automation
- WAGO
- Phoenix Contact
- Kuhnke / Kendrion
- HBM
- Weidmüller

...

Module (Funktionen):

- analoge und digitale Ein- und Ausgänge
- Messmodule und Geräte für spezielle Sensoren (PT100 / Thermoelemente / DMS...)
- Antriebe und Antriebsregler
- Counter / Zähler und Encoder / Quadraturencoder
- Leistungsmessung, Multimeter
- Umsetzer auf weitere Bussysteme (Profibus, CAN, RS232, RS485, Ethernet/IP, DMX...)
- Safety-Module
- Module für Winkel- und Wegmessungen

...

Kurz gesagt: mit dem EtherCAT-Bus eröffnet sich eine gigantische Auswahl an Möglichkeiten. Sie können Ihr PiXtend-System beliebig erweitern und als Steuerungs-Basis verwenden.