

Dokumentation | DE

# ET2000

Industrial-Ethernet-Multichannel-Probe





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort.....</b>	<b>5</b>
1.1	Hinweise zur Dokumentation .....	5
1.2	Sicherheitshinweise .....	6
1.3	Ausgabestände der Dokumentation .....	7
<b>2</b>	<b>Produktübersicht .....</b>	<b>8</b>
2.1	ET2000 - Einführung .....	8
2.2	Technische Daten .....	9
2.3	Grundlagen zur Funktion.....	10
2.4	Analyse von EtherCAT Telegrammen.....	17
2.5	LED-Anzeigen .....	22
<b>3</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>23</b>
3.1	Support und Service.....	23



# 1 Vorwort

## 1.1 Hinweise zur Dokumentation

### Zielgruppe

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.

Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der Dokumentation und der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.

Das Fachpersonal ist verpflichtet, für jede Installation und Inbetriebnahme die zu dem betreffenden Zeitpunkt veröffentlichte Dokumentation zu verwenden.

Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbaren Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

### Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiter entwickelt.

Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.

Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

### Marken

Beckhoff®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TC/BSD®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® und XPlanar® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH. Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Bezeichnungen führen.

### Patente

Die EtherCAT-Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente: EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702 mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.



EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland.

### Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

## 1.2 Sicherheitshinweise

### Sicherheitsbestimmungen

Beachten Sie die folgenden Sicherheitshinweise und Erklärungen!

Produktspezifische Sicherheitshinweise finden Sie auf den folgenden Seiten oder in den Bereichen Montage, Verdrahtung, Inbetriebnahme usw.

### Haftungsausschluss

Die gesamten Komponenten werden je nach Anwendungsbestimmungen in bestimmten Hard- und Software-Konfigurationen ausgeliefert. Änderungen der Hard- oder Software-Konfiguration, die über die dokumentierten Möglichkeiten hinausgehen, sind unzulässig und bewirken den Haftungsausschluss der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG.

### Qualifikation des Personals

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs-, Automatisierungs- und Antriebstechnik, das mit den geltenden Normen vertraut ist.

### Erklärung der Hinweise

In der vorliegenden Dokumentation werden die folgenden Hinweise verwendet.  
Diese Hinweise sind aufmerksam zu lesen und unbedingt zu befolgen!

#### **GEFAHR**

##### **Akute Verletzungsgefahr!**

Wenn dieser Sicherheitshinweis nicht beachtet wird, besteht unmittelbare Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen!

#### **WARNUNG**

##### **Verletzungsgefahr!**

Wenn dieser Sicherheitshinweis nicht beachtet wird, besteht Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen!

#### **VORSICHT**

##### **Schädigung von Personen!**

Wenn dieser Sicherheitshinweis nicht beachtet wird, können Personen geschädigt werden!

#### **HINWEIS**

##### **Schädigung von Umwelt/Geräten oder Datenverlust**

Wenn dieser Hinweis nicht beachtet wird, können Umweltschäden, Gerätebeschädigungen oder Datenverlust entstehen.



##### **Tipp oder Fingerzeig**

Dieses Symbol kennzeichnet Informationen, die zum besseren Verständnis beitragen.

## 1.3 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
2.3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Neue Titelseite</li><li>• Update Kapitel „Einführung“</li><li>• Update Kapitel „Technische Daten“</li><li>• Update Kapitel „Grundlagen der Funktion“</li></ul>
2.2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Update Kapitel „Grundlagen der Funktion“</li><li>• Strukturupdate</li></ul>
2.1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Update Kapitel „Grundlagen der Funktion“</li><li>• Strukturupdate</li></ul>
2.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1.Veröffentlichung in PDF</li></ul>
1.8	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Daten aktualisiert</li></ul>
1.7	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Hinweise geändert</li></ul>
1.6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Hinweise ergänzt</li></ul>
1.5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Beschreibung und neue Sicherheitshinweise ergänzt</li></ul>
1.4	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Beschreibung ergänzt</li></ul>
1.3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Umstellung Wiresharkunterstützung</li></ul>
1.2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Beschreibung ergänzt</li></ul>
1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Daten ergänzt (SoF)</li></ul>
1.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technische Daten ergänzt</li></ul>
0.1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorläufige Dokumentation für ET2000</li></ul>

## 2 Produktübersicht

### 2.1 ET2000 - Einführung



Abb. 1: ET2000

#### Industrial-Ethernet-Multichannel-Probe

Die Multichannel-Probe ET2000 von Beckhoff ist eine vielseitige Hardware zur Analyse aller Industrial-Ethernet-Lösungen. Mit acht Ports ermöglicht dieses Gerät das unbegrenzte, zeitlich korrelierte Mitschneiden von bis zu vier unabhängigen Kanälen bei einer Geschwindigkeit von 100 MBit/s. Hierbei werden alle Echtzeit-Ethernet-Standards, wie z. B. EtherCAT, PROFINET etc., sowie herkömmliche Office-Ethernet-Netzwerke unterstützt.

Durch ihre kompakte und robuste Bauform ist die ET2000 nicht nur für den Vor-Ort-Einsatz an Maschinen, sondern auch für den Einsatz im Labor bestens geeignet. Mit den vier Kanälen können sowohl getrennte Netzwerke als auch verschiedene Stellen im gleichen Netzwerk mitgeschnitten und analysiert werden. Alle durchlaufenden Frames – in Hin- und Rückrichtung – werden in der Probe-Hardware mit einem hochgenauen Zeitstempel versehen und an den GBit-Uplink-Port kopiert. Durch die hohe Auflösung des Zeitstempels von 1 ns kann eine sehr genaue Timing-Analyse der angeschlossenen Netzwerksegmente erfolgen. Die ET2000-Probe ist für die angeschlossenen Busse transparent. Dank der sehr geringen Durchlaufverzögerung wird das System so gut wie nicht beeinflusst.

Das Gerät kann PC-seitig an beliebige GBit-Ethernet-Schnittstellen angeschlossen werden. Durch ein Plug-in für den frei verfügbaren Netzwerkmonitor Wireshark können die Mitschnitte und hochgenauen Zeitstempel mit diesem Netzwerkmonitor analysiert werden.



## 2.2 Technische Daten

Technische Daten	ET2000
Bussystem	Ethernet (sämtliche auf IEEE 802.3 basierende Protokolle)
Anzahl Ethernet-Ports	8/4
Ethernet-Interface	100BASE-TX Ethernet mit RJ45
Uplink-Port	1 GBit/s
Baudrate	Probe-Ports: 100 MBit/s, Uplink-Port: 1 GBit/s
Durchlaufverzögerung	< 1 $\mu$ s
Auflösung Zeitstempel	1 ns
Genauigkeit Zeitstempel	40 ns
Erfassungszeitpunkt Ethernet Frame	Start of Frame (SoF)
Diagnose	2 LEDs je Kanal: - Link/Activity 8 Status LED, noch ohne Funktion
Versorgung	über dreipolige Federzugklemme (+, -, PE)
Versorgungsspannung	24 V <sub>DC</sub> (18 V <sub>DC</sub> bis 30 V <sub>DC</sub> )
Software Interface	Wireshark Erweiterung aktuell erforderliche Wireshark-Version: siehe Kapitel <a href="#">Grundlagen zur Funktion [► 13]</a>
Stromaufnahme	typisch 250 mA
Gewicht	ca. 300 g
Abmessungen ohne Stecker (B x H x T)	ca. 100 mm x 150 mm x 40 mm
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0°C ... + 55°C
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25°C ... + 85°C
zulässige relative Luftfeuchtigkeit	95%, keine Betauung
Vibrations- / Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Schutzart	IP 20
Einbaulage	beliebig
Zulassungen/Kennzeichnungen <sup>*)</sup>	CE, UKCA, EAC

\*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

## 2.3 Grundlagen zur Funktion

Die ET2000 wird betriebsbereit ausgeliefert. Es sind keinerlei Einstellungen an der Hardware vorzunehmen. Die ET2000 wird in eine Ethernet-Leitung eingeschleust und spiegelt dann alle Ethernet-Frames über einen 1 GBit-Port zu einem datenaufzeichnenden PC. Die ET2000 verfügt über keinen eigenen Speicher, dadurch ist die Verwendung einer 1 GBit-Uplink-Verbindung zwingend vorgeschrieben.

Die ET2000 versieht jeden aufgezeichneten Frame mit einem Zeitstempel. Dieser Zeitstempel kann zur genaueren Netzwerkverkehrsanalyse verwendet werden. Der Erfassungszeitpunkt ist der StartOfFrame (SoF).

### Inbetriebnahme - Hardware

- Schließen Sie die ET2000 entsprechend der Bezeichnung an eine 24V DC Versorgungsspannung an.
- LED 3 und 4 leuchten (siehe [LED Status](#) [► 22]).

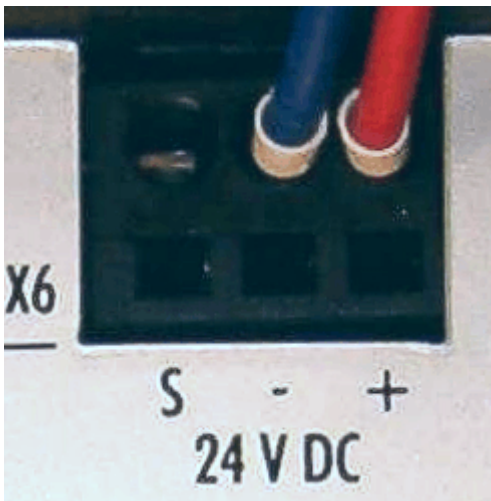


Abb. 2: Spannungsversorgung der ET2000

- Schließen Sie den 1 GBit/s-Uplink an einen ebenfalls 1 GBit-fähigen Netzwerkport Ihres PCs an. Der Betrieb an einem 100MBit-Port ist nicht möglich.
- Leiten Sie nun den zu analysierenden Netzwerkverkehr über eine der 4 Lines (Kanäle) der ET2000. Alle 4 Kanäle können gleichzeitig benutzt werden. Die Activity-LED zeigen jeweils Datenverkehr an. Der jeweils linke Port (IN) ist als Eingang in Vorwärtsrichtung zu sehen, der rechte Port (OUT) als Ausgang, s. Abb. "Draufsicht auf die ET2000".

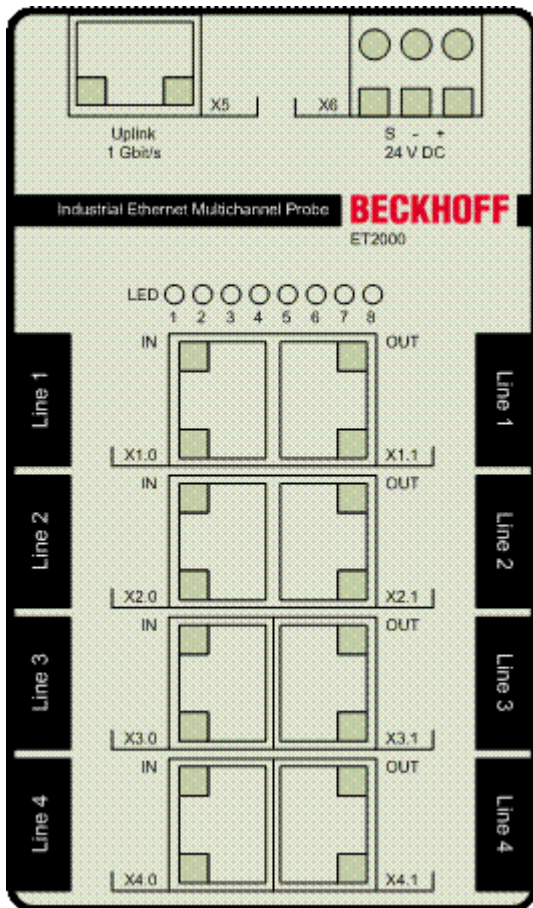


Abb. 3: Draufsicht auf die ET2000

● **Gespiegelte Frames (ab Firmware 02)**

**i** Für eine optimale Anwendung der ET2000 in einem EtherCAT-Netzwerk arbeitet die ET2000 in folgender Weise: wenn auf einem Kanal nur ein Port beschaltet ist, spiegelt die ET2000 alle ankommenden Frames wieder auf diesen Port zurück. Durch diese Funktion wird sichergestellt, dass ein EtherCAT-Zweig auch während des Anschlussvorgangs ohne Frame-Verlust weiterlaufen kann. In Netzwerken, die nicht auf zurückgespiegelte Frames ausgelegt sind, kann diese Funktion zu Konflikten führen! Dies kann z.B. bei managbaren Switches mit LoopBack-Überwachung auftreten. Soll dieser Effekt vermieden werden, muss an der ET2000 zuerst der Netzwerkteilnehmer angeschlossen werden, der reflektierte Frames verarbeiten kann.

● **Einsatz in Profinet IRT-Systemen**

**i** Ein Frame wird beim einfachen Durchlauf durch eine Line der ET2000 um typ. 540 +/- 40 ns verzögert. Beim Einsatz in Profinet IRT-Systemen ist dies zu berücksichtigen.

**Anwendungsbeispiel im EtherCAT System**

In Abb. "Beispielanschluss der ET2000" wird beispielhaft die Verwendung in einem EtherCAT System zum Mitschnitt der Protokolldaten gezeigt.

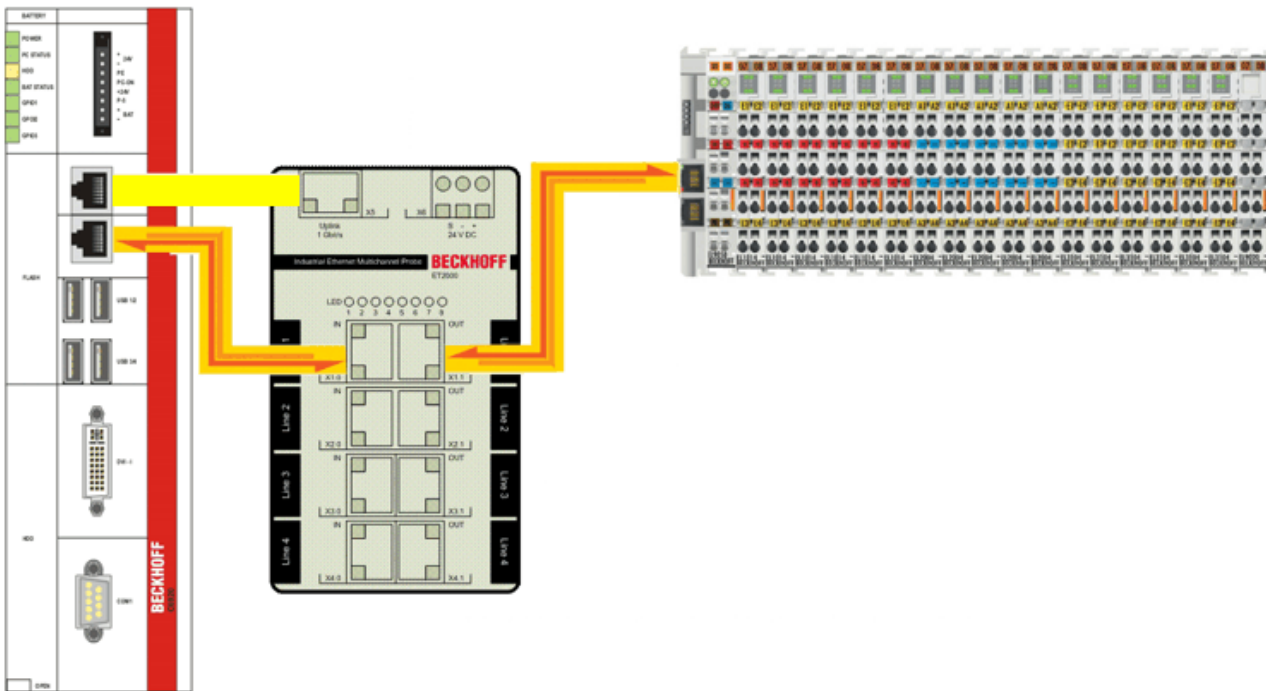


Abb. 4: Beispielanschluss der ET2000

### Inbetriebnahme - Software

Jeder aufgezeichnete Ethernet-Frame wird von der ET2000 um 16 Byte Daten ergänzt, die Informationen über den verwendeten Port, die Datenintegrität und den Zeitstempel enthalten. Diese Ergänzung wird hinten an die Nutzdaten als Postfix angefügt, das Datenformat wird als ESL (EtherCAT Switch Link) bezeichnet. Der Empfangszeitpunkt des Ethernet-Frames an der ET2000 (Start of Frame, SoF) wird als 64-bit-Timestamp-Wert erfasst und ist in den Nutzdaten enthalten.

Dieser erweiterte Frame wird nun über die 1 GBit-Uplink-Verbindung zum PC gesendet. Dort können die fortlaufend eintreffenden Ethernet-Frames mit entsprechender Software aufgezeichnet werden. Diese Software ist nicht im Lieferumfang enthalten und kann z.B. aus dem Internet frei bezogen werden. Die aktuell beste Unterstützung ist für Wireshark ab Version 1.0.2 gegeben.

Beim Versenden werden von der ET2000 eine neue Checksumme/CRC und ein neuer Header erstellt.

- **Betrieb ohne ESL-Auswertung**

Mit dem standardmäßig in Wireshark > 1.0.2 integrierten Parser `..\Wireshark\Plugins\ethercat.dll` werden nur EtherCAT-Frames entschlüsselt und lesbar gemacht. Die 16 Byte Zusatzdaten (ESL) werden als "Padding Byte" bezeichnet. Eine Filterung auf die darin enthaltenen Informationen ist nicht möglich.

- **Betrieb mit ESL-Auswertung**

Nach Austausch der `ethercat.dll` gegen eine spezielle Version von Beckhoff ist zusätzlich die ESL-Information entschlüsselt:

- CRC Error im ursprünglichen Frame
- Alignment Error
- Zeitstempel der ET2000

### **i** Anzeige EtherCAT-Frames mit ESL Information

Im oben genannten Fall kann Wireshark nur noch von der ET2000-gesendete, also eine ESL-Information enthaltende Ethernet-Frames anzeigen! Um wieder Ethernet-Frames ohne ESL-Information lesen zu können, muss die `ethercat.dll` gelöscht/umbenannt und Wireshark neu gestartet werden.

In dieser Anleitung wird nur Software für Windows-Betriebssysteme berücksichtigt.

**Betrieb ohne ESL/Zeitstempelauswertung**

Zum Aufzeichnen der Ethernet-Frames ist prinzipiell jede entsprechende Software geeignet, z.B. Microsoft Network Monitor (NetMon) oder Wireshark/Etherreal Network Analyser. Zur Analyse der in den Frames enthaltenen Informationen sind u. U. Zusatzwerkzeuge nötig, die nicht für jede beliebige Software verfügbar sind. Die weiteren Vorgänge werden deshalb am Beispiel der Netzwerkanalysesoftware Wireshark beschrieben.

● **Etherreal vs. Wireshark**

**i** Etherreal wird z. Z. im Gegensatz zu Wireshark nicht mehr weiterentwickelt. Wireshark ist die Fortführung und Weiterentwicklung des bekannten Netzwerkanalyseprogramms Etherreal unter neuem Namen. Beide sind frei verfügbar und können (wie auch NetMon) mit Skripten automatisiert werden.

- Installieren Sie eine aktuelle Version von Wireshark ([www.wireshark.org](http://www.wireshark.org)) auf Ihrem PC. Wireshark stellt dabei die Bedienungsoberfläche und das Datenverwaltungsmanagement für die aufgezeichneten Frames bereit. Falls noch nicht vorhanden, wird bei der Installation der aktuelle WinPcap-Treiber mitinstalliert. Dieser übernimmt die Ethernet-Frames vom Netzwerkport am PC und leitet sie an Wireshark weiter.
- Starten Sie nach der Installation Wireshark, wählen Sie über Capture --> Interfaces den 1 GBit-Netzwerkport aus an den die ET2000 sendet und starten sie die Aufzeichnung.

● **Datenmengen**

**i** Je nach EtherCAT-Zykluszeit und Prozessdatenumfang können u. U. in kürzester Zeit erhebliche Datenmengen anfallen!

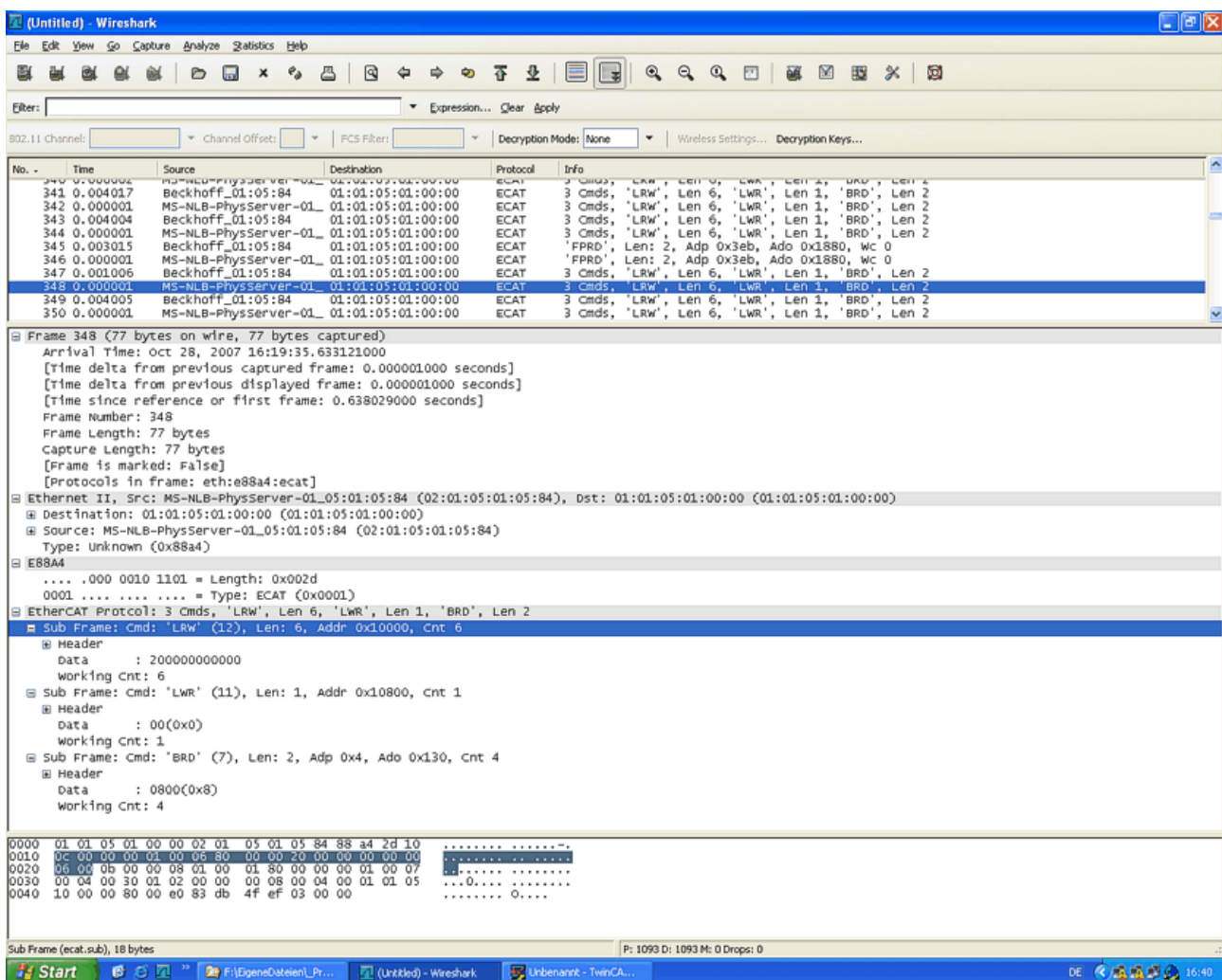


Abb. 5: Screenshot einer Wireshark-Aufzeichnung

Abb. "Screenshot einer Wireshark-Aufzeichnung" zeigt den Mitschnitt von EtherCAT-Frames des TwinCAT EtherCAT Masters, in den Fenstern darunter wird der Inhalt eines Frames (wenn möglich) aufgeschlüsselt. In der Spalte "Time" wird der Zeitpunkt des Eintreffens von dem ET2000 gesendeten Frame am GBit-Port des PCs angezeigt. Da hierbei einige Windows-Protokoll-Schichten durchlaufen werden, ist die Genauigkeit dieser Werte kritisch zu hinterfragen.

### Betrieb mit ESL/Zeitstempelauswertung

Falls keine weiteren Maßnahmen getroffen werden, geben die Angaben in der Spalte "Time" den ungefähren Ankunftszeitpunkt des von der ET2000 gesendeten Ethernet-Frames am GBit-Port des PC an. Dieser Wert kann u. U. erheblich von dem Durchlaufzeitpunkt des originalen Frames durch die ET2000 abweichen. Zur Auswertung des von der ET2000 angefügten Zeitstempels ist eine von Beckhoff bereitgestellte Erweiterung für Wireshark notwendig, die für Wireshark ab Version 1.0.2 erstellt wurde. Es handelt sich dabei um einen modifizierten EtherCAT-Parser "EtherCAT.dll", der dafür sorgt, dass Wireshark einen Ethernet-Frame mit EtherCAT-Datagrammen in seine Bestandteile aufschlüsseln kann, s. Abb. "Screenshot einer Wireshark-Aufzeichnung".

Durch den Austausch gegen die standardmäßige EtherCAT.dll kann Wireshark auch die ESL-Information lesen - andere als ESL-beinhalten Ethernet-Frames werden dann allerdings nicht mehr aufgezeichnet.

Diese dll-Datei kann von der Beckhoff-Website ([Link](#)) heruntergeladen werden. Die Wireshark-Installation enthält bereits eine EtherCAT.dll, die jedoch ggf. noch nicht das ESL-Protokoll unterstützt. Nach Ersetzen der vorhandenen EtherCAT.dll im Ordner Wireshark/Plugins/<build>/ kann dieser Dissector (i.e. Aufschlüsselung) unter Edit/Preferences angeschaltet werden, s. Abb. "Anschalten des ESL Dissectors in Wireshark". Dann wird in der Spalte "Time" der Wireshark-Oberfläche der Zeitstempel der ET2000 angezeigt, ansonsten der Zeitpunkt, an dem der Frame am GBit-Port des PC eintraf.

#### **i** Dateiversionen EtherCAT.dll

- vor Version 1.0.2: Modifikation des WinPcap-Treibers nötig, kein Support
- ab Version 1.0.2: zum Download ([Link](#))
- ab Version 1.2.0: zum Download ([Link](#))
- ab Version 1.6: bereits in Wireshark integriert, keine separate Nachinstallation erforderlich

Unter View/TimeDisplayFormat/ kann die Auflösung der Anzeige bis auf 1 ns erhöht werden.

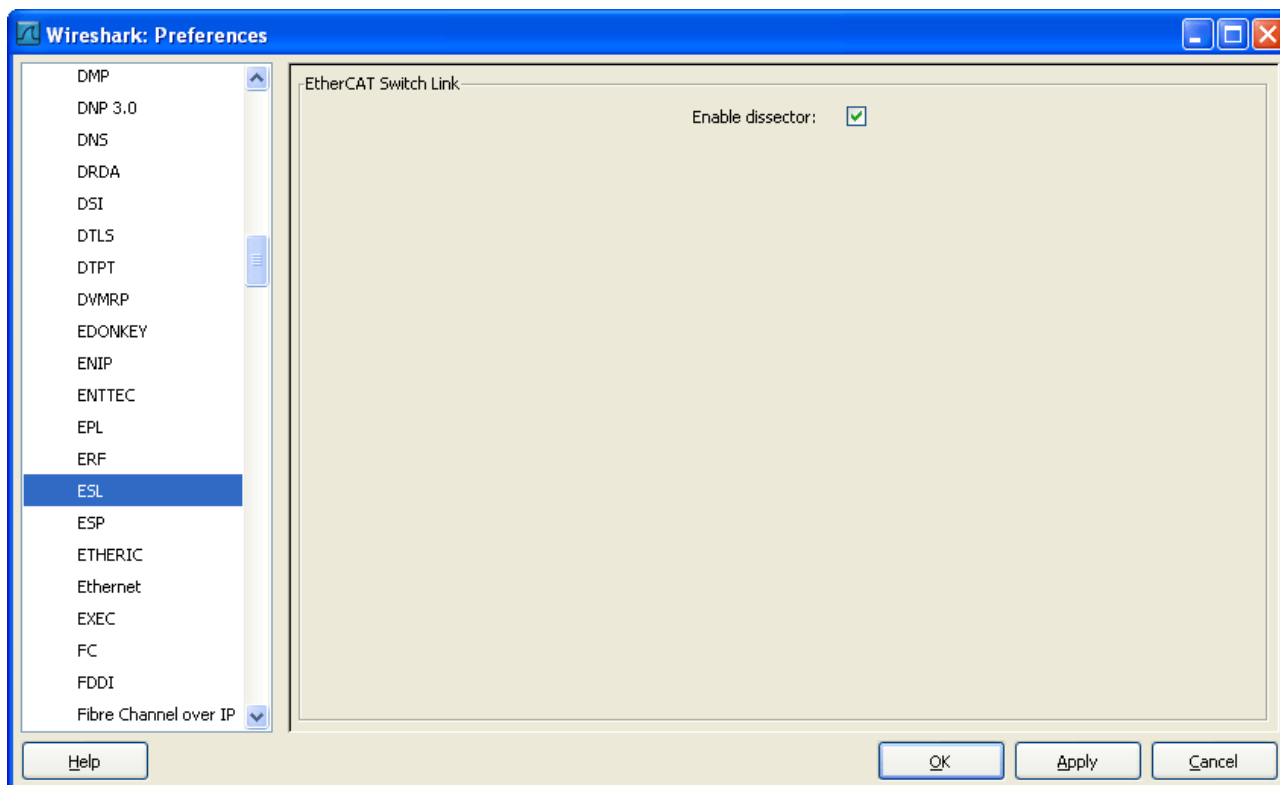


Abb. 6: Anschalten des ESL Dissectors in Wireshark

**Zusätzliche Daten (16 Byte)**

Die ET2000 fügt an den gespiegelten Frame zum Aufzeichnungs-PC 16 Byte weitere Daten als Postfix an. Hat der originale Frame bereits die nach Ethernet-Standard maximal erlaubte Länge von 1500 Byte, kann der GBit-Port des PC den nun 1516 Byte langen Frame evtl. verwerfen. Ggf. sind in den Treibereigenschaften des Netzwerkport Einstellungen zu JumboPackets zu ändern.

```

506 0.000003160 MS-NLB-PhysServer-01_ Beckhoff_01:00:00 ECAT 5 Cnds, SumLen 9, 'LRW'...
507 0.004009600 Beckhoff_01:05:81 Beckhoff_01:00:00 ECAT 5 Cnds, SumLen 9, 'LRW'...
508 0.000003160 MS-NLB-PhysServer-01_ Beckhoff_01:00:00 ECAT 5 Cnds, SumLen 9, 'LRW'...
509 0.004010960 Beckhoff_01:05:81 Beckhoff_01:00:00 ECAT 5 Cnds, SumLen 9, 'LRW'...

+ Frame 508 (101 bytes on wire, 101 bytes captured)
+ Ethernet II, Src: MS-NLB-PhysServer-01_05:01:05:81 (02:01:05:01:05:81), Dst: Beckhoff_01:00:00 (01:01:01:01:01:01)
+ EtherCAT frame header
+ EtherCAT datagram(s): 5 Cnds, SumLen 9, 'LRW'...
- EtherCAT Switch Link
  Port: 7
  ...0 .... = Crc Error: no
  ... 0... = Alignment Error: no
  timestamp: 0x0000005d34819908

0000 01 01 05 01 00 00 02 01 05 01 05 81 88 a4 45 10 .....E.
0010 0c 00 00 00 01 00 04 80 00 00 00 00 00 00 02 00 .....
0020 0b c4 00 08 01 00 01 80 00 00 00 01 00 0a 00 00 .....
0030 10 01 00 01 80 00 00 00 01 00 0a 00 00 00 08 00 .....
0040 01 80 00 00 00 02 00 07 00 05 00 30 01 02 00 00 .....0...
0050 00 08 00 05 00 01 01 05 10 00 00 01 00 08 99 81 .....
0060 34 5d 00 00 00 41.....
    
```

Abb. 7: Von der ET2000 angefügte Zusatzdaten im ESL (EtherCAT Switch Link) Protokoll

**Aufbau der 16 Byte Zusatzdaten**

Die 16 Byte Zusatzdaten der ET2000 haben der Reihenfolge nach folgende Bedeutung, s. Abb. "Von der ET2000 angefügte Zusatzdaten im ESL (EtherCAT Switch Link) Protokoll":

6 Byte	Identifizier 01 01 05 10 00 00 (symbolische MAC-Adresse)																											
1 Byte	Portangabe 0..7 auf dem der Frame ankam <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Port</th> <th>Hex</th> <th>Bin</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X1.0</td> <td>0x80</td> <td>10000000</td> </tr> <tr> <td>X1.1</td> <td>0x40</td> <td>10000000</td> </tr> <tr> <td>X2.0</td> <td>0x20</td> <td>1000000</td> </tr> <tr> <td>X2.1</td> <td>0x10</td> <td>100000</td> </tr> <tr> <td>X3.0</td> <td>0x08</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>X3.1</td> <td>0x04</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>X4.0</td> <td>0x02</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>X4.1</td> <td>0x01</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Port	Hex	Bin	X1.0	0x80	10000000	X1.1	0x40	10000000	X2.0	0x20	1000000	X2.1	0x10	100000	X3.0	0x08	1000	X3.1	0x04	100	X4.0	0x02	10	X4.1	0x01	1
Port	Hex	Bin																										
X1.0	0x80	10000000																										
X1.1	0x40	10000000																										
X2.0	0x20	1000000																										
X2.1	0x10	100000																										
X3.0	0x08	1000																										
X3.1	0x04	100																										
X4.0	0x02	10																										
X4.1	0x01	1																										
1 Byte	bit 0..2 reserved, bit 3: alignment error, bit 4: CRC Error im aufgezeichneten Frame																											
8 Byte	Timestamp in ns (Genauigkeit: 10 ns) - x00 00 00 5D 34 81 99 08 (Leserichtung rückwärts)																											

**ET2000 Erweiterungen**

Diese Beschreibung ist nicht endgültig. Zukünftige Funktionalitätserweiterungen können einen veränderten Aufbau der Zusatzdaten nötig machen. Eine entsprechende Version der EtherCAT.dll wird dann zum Download bereitgestellt.

**Ausgleich der minimalen Ethernet-Framelänge**

Wenn nur wenig Prozessdaten im EtherCAT Protokoll vorliegen, weil z.B. nur ein kleiner Aufbau mit wenig Teilnehmern verwendet wird, liegen so wenig Nutzdaten vor, dass der Ethernet-Frame zwischen dem regulären Frameende und der ET2000-Erweiterung (16 Byte) mit Füllbytes (Padding bytes, x00) aufgefüllt wird um die minimale Ethernet-Framelänge zu erreichen.

---

## ● Alignment Fehler

**i** Das Alignment-Fehlerbit in den ESL-Informationen zeigt an, dass der aufgezeichnete Frame nicht an einer Bytegrenze endete. In diesem Fall muss das letzte Byte der Daten vor den ESL-Informationen ignoriert werden.

---

## Analyse von EtherCAT-Datagrammen

Abb. "Screenshot einer Wireshark-Aufzeichnung" zeigt den Mitschnitt von EtherCAT-Frames des TwinCAT EtherCAT Masters. Frame 348 ist markiert, sein Inhalt wird in den Feldern darunter aufgeschlüsselt dargestellt. Im mittleren Fenster werden im unteren Abschnitt die im Frame 348 enthaltenen EtherCAT-Datagramme mit Erläuterungen aufgeschlüsselt.

---

## ● Parser

**i** Für jedes zu analysierende Netzwerkprotokoll ist ein eigener Parser im Verzeichnis <Wireshark Installationsverzeichnis>\plugins\<Version> erforderlich. Diese Parser können meist von der jeweiligen Nutzerorganisation bezogen werden.

---

Der Parser ist z. Z. in Versionen für Microsoft NetMon, Wireshark und Etherreal erhältlich. Legen Sie ihn am o. a. Ort ab und starten Sie Wireshark neu. Nun kann Wireshark die EtherCAT-Datagramme wie in Abb. "Screenshot einer Wireshark-Aufzeichnung" darstellen.

Beispiele für Filtereinstellungen und ihr Nutzen

- "(esl.crcerror == 1) or malformed": von der ET2000 als defekt markierte Ethernet Frames werden angezeigt
- "ecat.adp==0x03ed and (ecat.ado==0x120 or ecat.ado==0x130)": Kontrolle der Statusübergänge des EtherCAT-Slave 0x03ED<sub>hex</sub>/1005<sub>d</sub>.
- "ecat\_mailbox": nur Mailboxkommandos werden angezeigt
- "((ecat.cmd==4)&&(frame.number>110))": alle FPRD-Datagramme ab dem 110. Ethernet-Frame werden angezeigt.

Siehe dazu auch das gesonderte [Beispiel \[▶ 17\]](#).



## 2.4 Analyse von EtherCAT Telegrammen

Im Folgenden werden beispielhaft aufgezeichnete Telegramme mit der verwendeten Konfiguration analysiert und gegenübergestellt.

### Aufzeichnung

Die Line 1 der verwendeten ET2000 wird zwischen IPC und dem Koppler EK1100 eingesetzt. Denn das Ziel dieser Untersuchung ist festzustellen, inwiefern alle Slaves die versendeten Frames verändern. Dies kann am besten direkt am EtherCAT Master geloggt werden.

Der ET2000-Uplink wird mit der GBit-Schnittstelle eines CP6920 verbunden.

#### **i** Hinweise zur Datenaufzeichnung

Aufzeichnungen >>100.000 Frames können unter Umständen den Arbeitsspeicher des verwendeten PC überfordern. Ggf. sind Filter zu setzen um das Datenaufkommen zu reduzieren. Zur Aufzeichnung sollte ein PC mit herkömmlicher Festplatte, nicht mit CF-Card verwendet werden.

#### **i** Position der Datenaufzeichnung

Eine sinnvolle Interpretation der geloggt Daten ist meist nur bei bekanntem Anschlussort sinnvoll bzw. möglich. So kann ein Anschluss zwischen Master und dem ersten Slave, zwischen Ethernet-Teilnehmern oder auch am Ende einer Topologie sinnvoll sein, je nach Ziel der Untersuchung. Da in der ET2000 4 Lines zur Verfügung stehen, können Ethernet-Telegramme an bis zu 4 unterschiedlichen Orten gleichzeitig aufgenommen werden.

### Interpretation

### Konfiguration

Die TwinCAT-Konfiguration nach Abb. "Konfiguration und versendete EtherCAT-Datagramme" wird hier verwendet.

Frame	Cmd	Addr	Len	w/C	Sync Unit	Cycle (ms)	Utilization (%)	Size / Duration (µs)
0	LRW	0x00010000	6	3	<default>	1.000		
0	LWR	0x00010800	1	1	<default>	1.000		
0	LRD	0x00011000	8	1	<default>	1.000		
0	LRD	0x00080000	1	2	<default>	1.000		
0	BRD	0x0000 0x0130	2	4	<default>	1.000	0.94	94 / 9.44

Number	Box Name	Address	Type	In Size	Out Size	E-Bus (mA)
1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
2	Term 2 (EL2008)	1002	EL2008		1.0	1890
3	Term 3 (EL3202-0028)	1003	EL3202-0028	8.0		1700
4	Term 4 (EL1502)	1004	EL1502	6.0	6.0	1570
5	Term 5 (EL9011)		EL9011			

Abb. 8: Konfiguration und versendete EtherCAT-Datagramme

Der EtherCAT-Master (A) versendet zyklisch alle 1 ms einen Ethernet-Frame mit den Prozessdaten (B). Dieser Frame beinhaltet 5 EtherCAT-Datagramme (C). Im TwinCAT-EtherCAT-Master werden diese Datagramme automatisch berechnet. Die Berechnung kann in den "Advanced Settings" oder durch SyncUnits beeinflusst werden.

Exemplarisch sei hier das 2. Datagramm "LWR" betrachtet. Diese "Logical Write" ist 1 Byte lang (Len = 1) und liegt im 4,2-GBYTE EtherCAT-Adressraum an der logischen Adresse 0x10800 (D). Ein oder mehrere EtherCAT-Slaves müssen dieses Datagramm im Durchlauf bearbeiten. Nachdem alle Slaves dies erfolgreich getan haben, muss das Datagramm mit einem WorkingCounter = 1 zurückkommen (E).

Der gesamte Ethernet-Frame umfasst 94 Bytes (F) und lässt im verwendeten 1 ms-Zyklus mit einer Länge/Duration = 9.44 µs noch viel Raum für weitere Prozessdaten bzw. azyklische/queued Telegramme.

Während sich die azyklischen Telegramme während der Applikationslaufzeit verändern können, sind im TwinCAT-EtherCAT-Master die zyklischen Telegramme in der Regel unveränderlich. Dies vereinfacht die Interpretation der Aufzeichnungen.

**Informationen zum Slave**

Nun soll der Slave EL2008 betrachtet werden. Aus seinen "Advanced Settings"-->FMMU/SM, Abb. "Mapping-Einstellungen der EL2008" kann entnommen werden:

- dass er nur 1 FMMU (Fieldbus Memory Management Unit) verwendet (B),
- die 1 Byte (Length = 1)
- aus dem logischen Adressraum bei Byte 0x10800 (C)
- ab Bit 0 (L Start: ".0")
- bis Bit 7 (L EndBit = 7)
- in den physikalischen RAM-Speicher des Slaves nach Adresse 0x0F00 überträgt (D).

Diese Einstellungen werden vom TwinCAT-EtherCAT-Master automatisch gesetzt.

In den Telegrammaufzeichnungen muss nun nach den LWR auf log. 0x10800 gesucht werden.

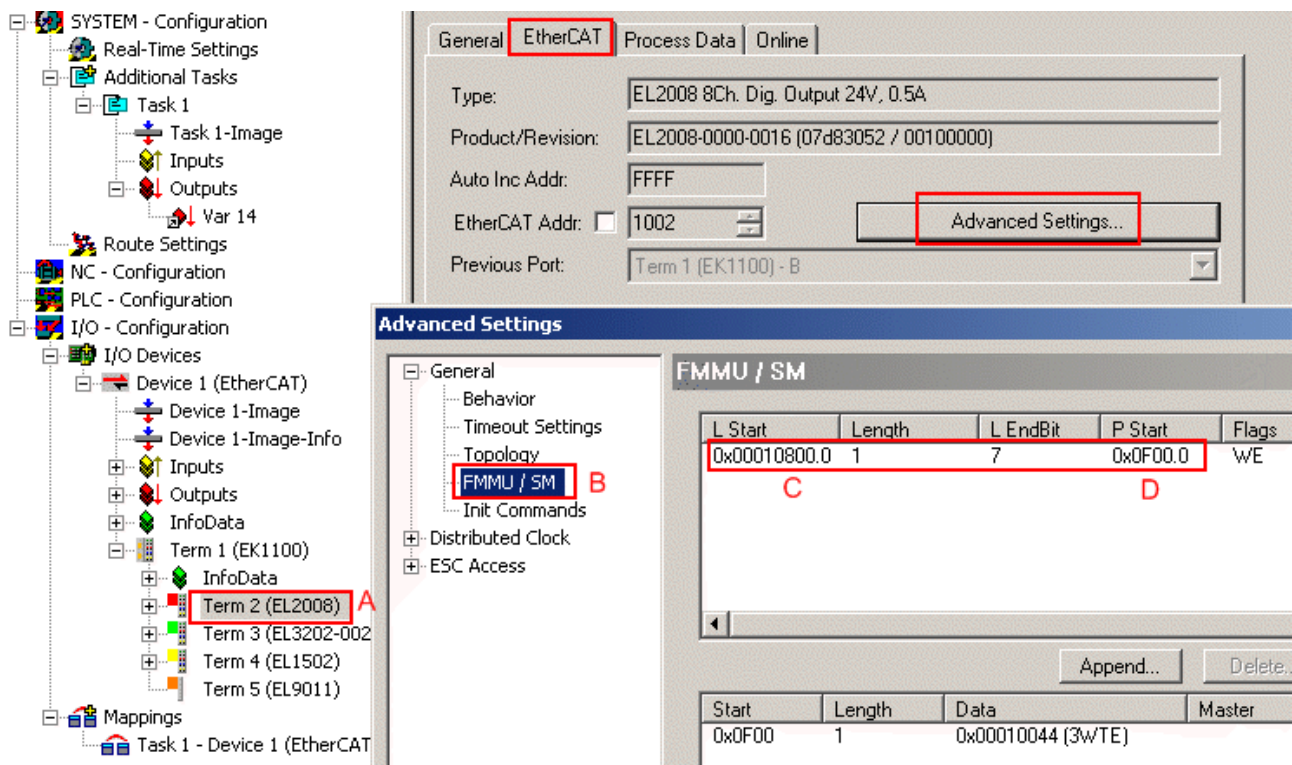


Abb. 9: Mapping-Einstellungen der EL2008

**Logs**

Im Wireshark-Log lassen sich die EtherCAT-Datagramme sofort wiederfinden, Abb. "Wireshark Log". Mehrere tausend Frames wurden hier geloggt, exemplarisch wird hier Frame No. 4855 (abgehend vom Master, ca. im 1 ms Takt) und 4856 (aus dem Feld zurückkommend, abhängig vom Konfigurationsumfang einige µs später) betrachtet.

**Anzeige der Zeit-Spalte**

**i** Oft ist es hilfreich, in der Zeitspalte den Abstand zwischen 2 aufeinanderfolgenden Paketen angezeigt zu bekommen, s. Abb. "Wireshark Log". Unter View --> TimeDisplayFormat kann dies eingestellt werden.

**Verwertbarkeit der Zeit-Spalte**

**i** Die Informationen in der Zeitspalte "Time" können nur sinnvoll bewertet werden, wenn die Frames mit der ET2000 geloggt wurden, da sie jeden Frame mit einem HW-Zeitstempel versieht - wenn die Wireshark-dll wie beschrieben installiert ist, wird dieser Zeitstempel in der Time-Spalte auch angezeigt.. Andernfalls wird auf Software-Ebene der Ankunftszeitpunkt des Frames im Ethernet-Treiber des loggenden PC auf Basis der Betriebssystem-Zeit im ms-Raster verwendet. Außerdem wird dann üblicherweise die Reihenfolge im Log massiv verändert - dann muss vom Anwender z.B. durch Verwendung des Index-Feldes in den EtherCAT-Datagrammen erst die richtige Reihenfolge ermittelt werden. Die Verwendung der ET2000 vereinfacht/beschleunigt also die Dateninterpretation deutlich.

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
4852	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4853	0.000997	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4854	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
<b>A</b> 4855	<b>0.001000</b>	<b>Beckhoff_04:71:28</b>	<b>Beckhoff_01:00:00</b>	<b>ECAT</b>	<b>5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...</b>
4856	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4857	0.000997	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4858	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4859	0.000996	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...

Frame 4855 (110 bytes on wire, 110 bytes captured) <b>B</b>	
Ethernet II, Src: Beckhoff_04:71:28 (00:01:05:04:71:28), Dst: Beckhoff_01:00:00 (01:01:05:01:00:00)	
EtherCAT frame header	
EtherCAT datagram(s): 5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'... <b>C</b>	
EtherCAT Switch Link	
<b>D</b>	

0000	01 01 05 01 00 00 00 01	05 04 71 28 88 a4 4e 10	.....q(..N.
0010	0c 00 00 00 01 00 06 80	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0020	00 00 0b 02 00 08 01 00	01 80 00 00 00 00 00 0a	.....
0030	00 00 10 01 00 08 80 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0040	00 00 00 0a 00 00 00 08	00 01 80 00 00 00 00 00	.....
0050	07 00 00 00 30 01 02 00	00 00 00 00 00 00 01 01	....0.....
0060	05 10 00 00 80 00 f8 24	42 8a 4f 08 00 00	.....\$ B.O...

Abb. 10: Wireshark Log

Der abgehende Frame No. 4855 trägt 5 Commands/Datagramme (C). Angehängt wird von der ET2000 die ESL/EtherCATSwitchLink-Information (16 Byte) mit dem Zeitstempel (D). Dadurch wächst der Frame auf eine Länge von 110 Byte (B).

Von Interesse ist nun das LWR auf 0x10800, das nach Abb. "Konfiguration und versendete EtherCAT-Datagramme" das zweite Datagramm ist (B). Der in Wireshark integrierte EtherCAT-Parser erlaubt die Darstellung der Informationen nach Abb. "Datagramm Interpretation" - das 2.Datagramm ist markiert, dadurch werden auch die zugehörigen Bytes im 100-Byte-Rohdatenfeld hervorgehoben. Das Datagramm beginnt mit dem Datagrammtyp (LWR = x0B), es folgt der fortlaufende Index, hier x02. Weitere Information zum EtherCAT-Protokoll können der Dokumentation auf [www.ethercat.org](http://www.ethercat.org) entnommen werden.

Von besonderem Interesse ist hier noch der WorkingCounter = 0 - alle vom Master abgehenden Datagramme tragen Wc=0.

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
4852	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4853	0.000997	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4854	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4855	0.001000	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRw'...
4856	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRw'...
4857	0.000997	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRw'...
4858	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRw'...
4859	0.000996	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRw'...
4860	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRw'...

Frame 4855 (110 bytes on wire, 110 bytes captured)					
Ethernet II, Src: Beckhoff_04:71:28 (00:01:05:04:71:28), Dst: Beckhoff_01:00:00 (01:01:05:01:00:00)					
EtherCAT frame header					
EtherCAT datagram(s): 5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...					
EtherCAT datagram: Cmd: 'LRW' (12), Len: 6, Addr 0x10000, Cnt 0					
EtherCAT datagram: Cmd: 'LwR' (11), Len: 1, Addr 0x10800, Cnt 0					
Header					
Command : Logical memory write (0x0b)					
Index : 0x02					
Log Addr : 0x00010800					
Length : 1 (0x1) - No Roundtrip - More Follows...					
Interrupt : 0x0000					
Data : 00					
working cnt: 0					
EtherCAT datagram: Cmd: 'LRD' (10), Len: 8, Addr 0x11000, Cnt 0					
EtherCAT datagram: Cmd: 'LRD' (10), Len: 1, Addr 0x80000, Cnt 0					
EtherCAT datagram: Cmd: 'BRD' (7), Len: 2, Adp 0x0, Ado 0x130, Cnt 0					
EtherCAT Switch Link					

0000	01 01 05 04	00 00 00 01	05 04 71 28	88 a4 4e 10	.....q(..N.
0010	0c 00 00 00	01 00 06 80	00 00 00 00	00 00 00 00	.....
0020	00 00 0b 02	00 08 01 00	01 80 00 00	00 00 00 00	.....
0030	00 00 10 01	00 08 80 00	00 00 00 00	00 00 00 00	.....
0040	00 00 00 0a	00 00 00 08	00 01 80 00	00 00 00 00	.....
0050	07 00 00 00	30 01 02 00	00 00 00 00	00 00 01 01	....0... ..
0060	05 10 00 00	80 00 f8 24	42 8a 4f 08	00 00 00 00	.....\$ B.O...

Abb. 11: Datagramm Interpretation

Das Prozessdatum der EL2008, 1 Byte, findet sich auch im Datagramm wieder, s. Abb. "Prozessdatum der EL2008".

```

⊕ Frame 4855 (110 bytes on wire, 110 bytes captured)
⊕ Ethernet II, Src: Beckhoff_04:71:28 (00:01:05:04:71:28), Dst: Beckhoff_01
⊕ EtherCAT frame header
⊖ EtherCAT datagram(s): 5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'LRW' (12), Len: 6, Addr 0x10000, Cnt 0
  ⊖ EtherCAT datagram: Cmd: 'LWR' (11), Len: 1, Addr 0x10800, Cnt 0
    ⊖ Header
      Command      : Logical memory write (0x0b)
      Index        : 0x02
      Log Addr     : 0x00010800
      ⊕ Length     : 1 (0x1) - No Roundtrip - More Follows...
      Interrupt    : 0x0000
      Data        : 00
      Working Cnt: 0
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'LRD' (10), Len: 8, Addr 0x11000, Cnt 0
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'LRD' (10), Len: 1, Addr 0x80000, Cnt 0
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'BRD' (7), Len: 2, Adp 0x0, Ado 0x130, Cnt 0
⊕ EtherCAT Switch Link

```

```

0000 01 01 05 01 00 00 00 01 05 04 71 28 88 a4 4e 10 ..... ..q(..N.
0010 0c 00 00 00 01 00 06 80 00 00 00 00 00 00 00 .....
0020 00 00 0b 02 00 08 01 00 01 80 00 00 00 00 0a .....
0030 00 00 10 01 00 08 80 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
0040 00 00 00 0a 00 00 00 08 00 01 80 00 00 00 00 .....
0050 07 00 00 00 30 01 02 00 00 00 00 00 00 01 01 .....0...
0060 05 10 00 00 80 00 f8 24 42 8a 4f 08 00 00 .....$ B.O...

```

Abb. 12: Prozessdatum der EL2008

Im nach 2 µs aus dem Feld zurückkommenden Frame No. 4856 (A) haben sich alle WorkingCounter verändert, diese müssen nun den Erwartungswerten aus Abb. "Konfiguration und versendete EtherCAT-Datagramme" entsprechen.

4853	0.000997	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4854	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4855	0.001000	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4856	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4857	0.000997	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4858	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4859	0.000996	Beckhoff_04:71:28	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
4860	0.000002	MS-NLB-PhysServer-01_	Beckhoff_01:00:00	ECAT	5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...

```

⊕ Frame 4856 (110 bytes on wire, 110 bytes captured)
⊕ Ethernet II, Src: MS-NLB-PhysServer-01_05:04:71:28 (02:01:05:04:71:28), Dst: Beckhoff_01:00:00 (01:0
⊕ EtherCAT frame header
⊖ EtherCAT datagram(s): 5 Cmds, SumLen 18, 'LRW'...
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'LRW' (12), Len: 6, Addr 0x10000, Cnt 3
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'LWR' (11), Len: 1, Addr 0x10800, Cnt 1
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'LRD' (10), Len: 8, Addr 0x11000, Cnt 1
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'LRD' (10), Len: 1, Addr 0x80000, Cnt 2
  ⊕ EtherCAT datagram: Cmd: 'BRD' (7), Len: 2, Adp 0x4, Ado 0x130, Cnt 4
⊕ EtherCAT Switch Link

```

Abb. 13: WorkingCounter im zurückkommenden Frame

## 2.5 LED-Anzeigen

### Ethernet

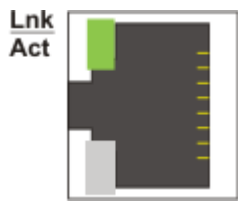


Abb. 14: RJ45-Buchse

Für jeden Kanal zeigt eine LED den aktuellen Status an.

### LED-Anzeigen pro Kanal

LED	Anzeige	
Link Act	off	Keine Verbindung
	on	Verbindung vorhanden (Link)
	blinkt	Datenübertragung (Act)

### Status

Die 8 Status LED 1 - 8 sind für zukünftige Diagnose vorgesehen.

Im normalen Betrieb leuchten LED 3 und 4 dauerhaft.

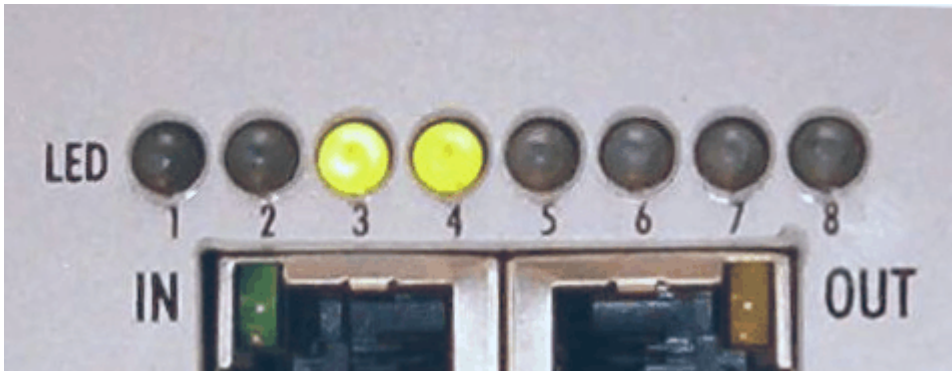


Abb. 15: Status LEDs

## 3 Anhang

### 3.1 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

#### **Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen**

Wenden Sie sich bitte an Ihre Beckhoff Niederlassung oder Ihre Vertretung für den lokalen Support und Service zu Beckhoff Produkten!

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unseren Internetseiten: <https://www.beckhoff.de>

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

#### **Beckhoff Support**

Der Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49(0)5246 963 157  
Fax: +49(0)5246 963 9157  
E-Mail: [support@beckhoff.com](mailto:support@beckhoff.com)

#### **Beckhoff Service**

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49(0)5246 963 460  
Fax: +49(0)5246 963 479  
E-Mail: [service@beckhoff.com](mailto:service@beckhoff.com)

#### **Beckhoff Firmenzentrale**

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland

Telefon: +49(0)5246 963 0  
Fax: +49(0)5246 963 198  
E-Mail: [info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)  
Internet: <https://www.beckhoff.de>





Mehr Informationen:  
[www.beckhoff.de/ET2000](http://www.beckhoff.de/ET2000)

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG  
Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland  
Telefon: +49 5246 9630  
[info@beckhoff.de](mailto:info@beckhoff.de)  
[www.beckhoff.de](http://www.beckhoff.de)

