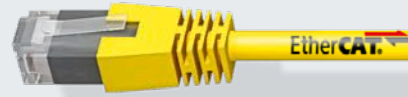


# EtherCAT – Der Ethernet-Feldbus



**EtherCAT**<sup>®</sup>   
Technology Group



- 3 Das Bussystem ist nicht alles ...
- 4 EtherCAT auf einen Blick
- 6 EtherCAT Technology Group
- 8 Warum entscheiden sich Anwender für EtherCAT?
- 10 Die Technologie im Detail
  - 10 Grundlage: Ethernet
  - 11 EtherCAT-Funktionsprinzip
  - 12 Protokolleigenschaften
  - 14 Flexible Topologie
  - 16 Hochgenaue Synchronisierung mit Distributed Clocks
  - 18 Diagnose und Fehlerlokalisierung
  - 19 Master-unabhängige Diagnoseschnittstelle
  - 21 Hohe Verfügbarkeit
  - 22 EtherCAT G: Kommunikation auf Gigabit-Level
- 24 Systemübersicht
  - 26 EtherCAT P: Kommunikation und Power auf einer Leitung
  - 28 Sichere Datenübertragung mit Safety-over-EtherCAT
  - 30 Kommunikationsprofile
  - 33 Anlagenweite Kommunikation mit dem EtherCAT Automation Protocol (EAP)
  - 35 Integration anderer Bussysteme
  - 36 EtherCAT, Industrie 4.0 und IoT
- 38 EtherCAT-Schnittstellen-Implementierung
  - 40 Master-Implementierung
  - 42 Slave-Implementierung
  - 44 Konformität und Zertifizierung
- 47 Kontakt

... aber ohne ein gutes Bussystem ist alles andere nichts! Nur mit einem leistungsfähigen Bus kann die Steuerung ihre Leistung „auf den Boden bringen“. Der Bus ist das zentrale Element der Steuerungsarchitektur. Er hat entscheidenden Anteil an der Performance, den Kosten, dem Aufwand bei der Inbetriebnahme und der Robustheit des ganzen Systems. Deshalb beginnen gute Ingenieure ihre Systemwahl bei der Bustechnologie.

Mit dieser Broschüre möchten wir Ihnen EtherCAT vorstellen, den Ethernet-Feldbus. Sie lernen die Technologie kennen und werden verstehen, weshalb EtherCAT

als der schnellste Industrial-Ethernet-Standard gilt. Sie bekommen einen Einblick in die EtherCAT Technology Group, den weltweit mitgliederstärksten Feldbusverband. Wir zeigen Ihnen, welche Vorteile EtherCAT für Ihre Aufgabenstellung hat. Und sollten noch Fragen offen bleiben, dann reden Sie mit uns. Wir sind von EtherCAT begeistert, und möchten auch Sie für die Technologie begeistern.

Im Namen des ETG-Teams,  
**Martin Rostan, Executive Director,**  
EtherCAT Technology Group



Martin Rostan, Executive Director,  
EtherCAT Technology Group



Das weltweite ETG-Team bei einem  
Global Strategy Meeting

EtherCAT ist die Industrial-Ethernet-Technologie, die durch herausragende Performance, niedrige Kosten, flexible Topologie und einfache Handhabung gekennzeichnet ist. EtherCAT wurde 2003 vorgestellt, ist seit 2007 internationaler Standard und wird durch die EtherCAT Technology Group gefördert und weiterentwickelt. EtherCAT ist eine offene Technologie: Jeder darf sie implementieren und nutzen.

## Funktionsprinzip

EtherCAT-Feldgeräte verarbeiten die Ethernet-Frames im Durchlauf. Jeder Teilnehmer entnimmt die für ihn bestimmten Daten und fügt seine Daten in den gleichen Frame ein, während der Frame schon weitergeleitet wird. Dadurch genügt meist ein einziger Frame pro Zyklus, und die Ethernet-Bandbreite wird ideal ausgenutzt. Auf Switches oder Hubs kann verzichtet werden.

## Performance

Das besondere Funktionsprinzip macht EtherCAT zur schnellsten Industrial-Ethernet-Technologie: Kein anderer Ansatz kann die Bandbreitennutzung und damit die Performance von EtherCAT übertreffen.

## Topologie

EtherCAT unterstützt bis zu 65.535 Teilnehmer bei völlig freier Topologiewahl: Linie, Abzweig, Baum, Stern – in jeder beliebigen Kombination. Die Fast-Ethernet-Physik erlaubt bis zu 100 m zwischen jeweils zwei Teilnehmern; für längere Strecken kommen Lichtleiter zum Einsatz. An- und Abkoppeln von Geräten und Segmenten im laufenden Betrieb und Leitungsredundanz durch Ringtopologie komplettieren die Flexibilität.

## Vielseitig

EtherCAT ist sowohl für zentrale als auch für dezentrale Architekturen geeignet, unterstützt Master/Slave-, Master/Master- und Slave/Slave-Kommunikation und kann unterlagerte Feldbusse einbinden. Mit dem EtherCAT Automation Protocol deckt es auch die Fabrikebene ab und nutzt hierzu die vorhandene Infrastruktur.

## Einfach

Noch einfacher als der klassische Feldbus: automatische Adressvergabe, kein Netzwerk-Tuning mehr sowie eingebaute Diagnose mit Fehlerlokalisierung. EtherCAT kommt ganz ohne Switch-Konfiguration oder komplexes Handling von MAC- oder IP-Adressen, wie bei Industrial Ethernet sonst üblich, aus.

## Kosten

EtherCAT bewegt sich auch hinsichtlich der Kosten auf Feldbus- und nicht auf Industrial-Ethernet-Niveau: keine aktiven Infrastrukturkomponenten, keine spezielle Hardware im Master.

Kostengünstige hochintegrierte Chips von mehreren Anbietern sorgen für niedrige Anschaltkosten im Feldgerät. Auf IT-Expertise für Inbetriebnahme und Wartung kann verzichtet werden.

## Industrial-Ethernet

Natürlich unterstützt EtherCAT die Internettechnologien: Das Ethernet-over-EtherCAT-Protokoll transportiert unter anderem FTP, HTTP und TCP/IP, ohne dabei die Echtzeitfähigkeit des Systems zu beeinträchtigen.

## Funktionale Sicherheit

Safety-over-EtherCAT ist wie EtherCAT selbst besonders schlank und dadurch schnell. Funktionale Sicherheit kann direkt im Bussystem integriert werden, mit zentraler oder dezentraler Sicherheitslogik. Dank des Black-Channel-Ansatzes kann Safety-over-EtherCAT bei Bedarf auch über andere Bussysteme genutzt werden.

## Offenheit

EtherCAT ist offengelegt und international genormt, und jeder darf die Technologie in kompatibler Form nutzen. Offenheit heißt bei EtherCAT aber nicht, dass jeder die Technologie ohne Rücksprache verändern darf – das wäre das Ende der Interoperabilität. Die Weiterentwicklung von EtherCAT findet in der EtherCAT Technology Group statt, der weltgrößten Feldbusnutzerorganisation.

## Verbreitung

EtherCAT ist weltweit im Einsatz. Die Anbietervielfalt ist einzigartig. Nicht nur zur Steuerung von Maschinen und Anlagen, auch in der Messtechnik, in der Medizintechnik, in Fahrzeugen und mobilen Maschinen sowie in zahllosen Embedded-Systemen ist EtherCAT verbreitet.



ETG-Messestände präsentieren sowohl die Technologie als auch die Produktvielfalt von EtherCAT.



Weltweit finden regelmäßig ETG-Mitgliedertreffen statt.

Jeder soll EtherCAT nutzen und implementieren können. Hierfür steht die EtherCAT Technology Group, kurz ETG. In der ETG haben sich Hersteller von EtherCAT-Geräten, Technologie-Anbieter und Anwender zusammengeschlossen, um EtherCAT voranzubringen.

In einer Vielzahl von technischen Arbeitskreisen wird EtherCAT erweitert und umsichtig weiterentwickelt. Interoperabilität und Stabilität stehen dabei im Vordergrund: Es gibt eine EtherCAT-Version, nicht jedes Jahr eine neue.

Die ETG richtet mehrmals jährlich EtherCAT Plug Fests in Europa, Asien und Amerika aus. Dort treffen sich Entwickler von EtherCAT-Geräten, um deren Interoperabilität zu testen. Mit dem offiziellen EtherCAT Conformance Test Tool prüfen die Hersteller ihre EtherCAT-Geräte vor der Freigabe auf Konformität. Konformitätszertifikate werden von der ETG nach bestandem Test in einem akkreditierten EtherCAT-Testlabor ausgestellt.

Weltweit führt die ETG Seminare und technische Trainings durch und stellt EtherCAT auf Messen vor. Produktübersichten, gemeinsame Messestände und Ausstellungen bei Seminaren helfen den Mitgliedern, ihre EtherCAT-Produkte zu vermarkten.

Die EtherCAT Technology Group ist der mitgliederstärkste Feldbusverband der Welt. Die Liste der Mitgliedsfirmen ist auf der EtherCAT-Webseite zu finden. Die ETG hat aber nicht nur besonders viele, sondern auch besonders aktive Mitglieder. Die Vielzahl und Vielfalt von EtherCAT-Geräten sucht ihresgleichen: Die Geschwindigkeit, mit der sich EtherCAT weltweit verbreitet, ist einzigartig. Keine vergleichbare Technologie weist ähnliche Verbreitung auf.

## ETG-Mitglied werden

Die ETG-Mitgliedschaft steht allen Firmen offen. Anbieter und Anwender sind gleichermaßen willkommen. ETG-Mitglieder

- erhalten Zugang zu Spezifikationen und zum Entwicklerforum,
- tragen in den technischen Arbeitskreisen der ETG zur Weiterentwicklung von EtherCAT bei,
- werden von den ETG-Büros bei der Implementierung der Technologie unterstützt,
- bekommen kostenlose Software-Stacks und -Tools sowie Zugang zu weiteren Entwicklungsprodukten,
- dürfen das EtherCAT- und das ETG-Logo nutzen,
- präsentieren ihre EtherCAT-Produkte und -Dienstleistungen im offiziellen EtherCAT Product Guide auf der ETG-Webseite, auf Gemeinschaftsständen während Messen und bei weiteren ETG-Veranstaltungen.

Satzung, Mitgliedsantrag und weitere Informationen:  
[info@ethercat.org](mailto:info@ethercat.org) und [www.ethercat.org](http://www.ethercat.org)

## Internationale Normung

Die EtherCAT Technology Group ist offizieller IEC-Normungspartner. EtherCAT und Safety-over-EtherCAT sind internationale IEC-Standards (in IEC 61158 und IEC 61784). Genormt sind hierbei nicht nur die unteren Protokollschichten, sondern auch Anwendungsschicht und Geräteprofile, z. B. für Antriebstechnik. SEMI™ (Semiconductor Equipment and Materials International) hat EtherCAT als Kommunikationsstandard (E54.20) für die Halbleiterindustrie akzeptiert. Die Arbeitskreise der ETG Semiconductor Technical Working Group definieren entsprechende branchenspezifische Geräteprofile und Implementierungsrichtlinien.

Die EtherCAT-Spezifikation steht in englischer, japanischer, koreanischer und chinesischer Sprache zur Verfügung.

## Globale Aktivitäten

Die EtherCAT Technology Group ist eine weltweit agierende Vereinigung. ETG-Büros in Europa, Nordamerika, Japan, China und Korea unterstützen die Mitglieder vor Ort bei der Nutzung und Implementierung der Technologie.

Zur Pflege der Technologie werden in Technical Working Groups (TWG) Erweiterungen und einheitliche Verhaltensweisen in gerätespezifischen Profilen definiert. Alle Mitglieder sind aufgefordert, sich aktiv an der Arbeit dieser TWGs zu beteiligen.



In vielen Ländern ist EtherCAT zusätzlich auch nationaler Standard, z. B. in Korea und China.

## EtherCAT-Meilensteine



# Warum entscheiden sich Anwender für EtherCAT?

EtherCAT ist „the engineer's choice“ – das einzigartige Funktionsprinzip ist überzeugend. Darüber hinaus sind häufig die folgenden Gründe ausschlaggebend:

## 1. Außergewöhnliche Performance

EtherCAT ist die mit Abstand schnellste Industrial-Ethernet-Technologie. Hinzu kommt die überragende Synchronisationsgenauigkeit im Nanosekundenbereich.

Natürlich profitieren davon alle Anwendungen, bei welchen über den Bus geregelt oder auch gemessen wird. Aufgrund der deutlich verkürzten Reaktionszeit werden zudem auch alle Applikationen effizienter, bei denen Weichschaltbedingungen vorkommen. Zudem entlastet die EtherCAT-Systemarchitektur die Steuerung: Bei gleicher Zykluszeit sind 25 bis 30 % weniger CPU-Belastung im Vergleich zu anderen Bussystemen typisch. Richtig eingesetzt führt die EtherCAT-Performance zu höherer Genauigkeit, mehr Durchsatz und damit auch zu niedrigeren Kosten.

## 2. Flexible Topologie

Bei EtherCAT bestimmt die Anlagenstruktur die Netzwerktopologie, nicht das Bussystem. Switches oder Hubs werden nicht benötigt, also gibt es auch kein Limit bezüglich deren Kaskadierung. Es gibt bei EtherCAT praktisch keine Einschränkungen hinsichtlich der Bustopologie. Linie, Baum, Stern und jede Kombination daraus sind bei nahezu beliebiger Knotenanzahl möglich. Dank automatischer Link-Erkennung können Knoten und Netzsegmente im laufenden Betrieb

ab- und wieder angekoppelt werden – sogar an anderer Stelle. Für Leitungsredundanz wird die Linie zum Ring ergänzt. Auf Master-Seite ist neben Software lediglich ein zweiter Ethernet-Port erforderlich; Feldgeräte unterstützen die Redundanz ohnehin. Damit wird auch ein Gerätetausch im laufenden Betrieb möglich.

## 3. Einfach und robust

Konfiguration, Diagnose und Wartung sind bedeutende Kostenfaktoren. Mit dem Ethernet-Feldbus EtherCAT werden diese Aufgaben stark vereinfacht: Knotenadressen vergibt EtherCAT auf Wunsch automatisch, die manuelle Einstellung entfällt. Geringe Buslast und die Peer-to-Peer-Physik maximieren die elektromagnetische Verträglichkeit. Etwaige Störungen werden nicht nur zuverlässig erkannt, sondern auch exakt lokalisiert: Das verkürzt die Fehlersuche. Durch Soll-Ist-Vergleich beim Aufstarten der Anlage werden auch Abweichungen vom geplanten Layout sofort festgestellt. Auch bei der Konfiguration hilft die EtherCAT-Performance: Das von anderen Systemen bekannte Netzwerktuning ist nicht erforderlich. Und dank der großen Bandbreite wird zusätzlicher TCP/IP-Verkehr einfach mit übertragen. Aber da EtherCAT selbst nicht TCP/IP-basiert ist, sind weder MAC- oder IP-Adressen zu verwalten, noch IT-Experten für Switch- oder Router-Konfiguration gefragt.

## 4. Integrierte Sicherheit

Funktionale Sicherheit als integraler Bestandteil der Netzwerkarchitektur – mit Safety-over-EtherCAT (FSoE) kein Problem. Die Technologie ist bewährt: Seit 2005 gibt es TÜV-zertifizierte Geräte. FSoE erfüllt die Anforderungen nach SIL 3 und eignet sich für zentrale Safety-Steuerungen ebenso wie für dezentrale. Dank Black-Channel-Ansatz und besonders schlankem Safety-Container kann FSoE auch auf anderen Bussen eingesetzt werden. Der integrierte Ansatz sowie das schlanke Protokoll führen zu niedrigen Systemkosten. Und auch eine nicht-sichere Steuerung darf die sicherheitsrelevanten Daten mithören und auswerten.

## 5. Kostengünstig

EtherCAT ist Industrial-Ethernet auf oder sogar unter dem Kostenniveau der klassischen Feldbusse. Ein Ethernet-Port ist die einzige Hardware-Anforderung an den Master. Teure Einsteckkarten oder Co-Prozessoren sind überflüssig. EtherCAT Slave Controller (ESC) sind von verschiedenen Herstellern verfügbar; als ASIC, auf FPGA-Basis oder auch als Option für Standard Mikroprozessorbaureihen. Da diese kostengünstigen Controller alle zeitkritischen Aufgaben übernehmen, stellt EtherCAT keine Anforderungen an die CPU-Performance der angebotenen Geräte: Niedrige Anschaltkosten sind die Folge. Und weil EtherCAT keine Switches oder andere aktive Infrastrukturgeräte benötigt, entfallen auch die Kosten für Kauf, Installation, Konfiguration und Wartung dieser Baugruppen.

## EtherCAT wird deshalb u. a. eingesetzt in:

- Robotern
- Werkzeugmaschinen
- Verpackungsmaschinen
- Druckmaschinen
- Kunststoffmaschinen
- Pressen und Stanzen
- Halbleiterfertigungsanlagen
- Prüfständen
- Bestückungsanlagen
- Messsystemen
- Kraftwerken
- Schaltanlagen
- Logistikanlagen
- Gepäckförderanlagen
- Bühnensteuerungen
- verketteten Montageanlagen
- Papiermaschinen
- Tunnelsteuerungen
- Schweißanlagen
- Kränen und Aufzügen
- Agrarmaschinen
- Öl- und Gasförderanlagen
- Sägewerken
- Fensterbaumaschinen
- Gebäudesteuerungen
- Hütten- und Walzwerken
- Windenergieanlagen
- Fräsmaschinen
- fahrerlosen Transportsystemen
- Unterhaltungsshows
- Medizingeräten
- Holzbearbeitungsanlagen
- Flachglasanlagen
- Wägesystemen
- etc.



# Die Technologie im Detail

## Die Grundlage: Ethernet

EtherCAT ist Industrial-Ethernet und nutzt Standard-Frames und die physikalischen Schichten aus dem Ethernet-Standard IEEE 802.3. Für die Nutzung eines Ethernet-basierenden Kommunikationssystems in der Automatisierungstechnik gibt es gegenüber der IT- und Office-Welt weitere Anforderungen:

- Harte Echtzeit mit deterministischen Antwortzeiten wird benötigt.
- In der Regel sind in den Anlagen viele Teilnehmer vorhanden, die jeweils nur wenige zyklische Prozessdaten besitzen.
- Die Kosten für Geräte spielen eine viel wichtigere Rolle.

Diese Anforderungen schließen die Nutzung eines Standard-Ethernet-Netzwerks innerhalb der Feldebene praktisch aus. Wird für jeden Teilnehmer ein individuelles Ethernet-Telegramm genutzt, dann sinkt bei wenigen Bytes zyklischer Prozessdaten die effektive Datenrate erheblich: Das kürzeste Ethernet-Telegramm hat eine Länge von 84 Byte (inkl. Inter Frame Gap), von denen bis zu 46 Byte für Nutzdaten verwendet werden können. Wenn beispielsweise ein Antrieb 4 Byte Prozessdaten für die aktuelle Position und eine Statusinformation versendet und ebenfalls 4 Byte Daten für die Zielposition und eine Control-Information empfängt, sinkt die Nutzdatenrate für die beiden Telegramme auf  $4/84 = 4,8\%$ . Hinzu kommt in der Regel eine Reaktionszeit im Antrieb, um durch den Empfang der Sollwerte das Senden der Istwerte auszulösen. Von der 100-Mb/s-Datenrate bleibt dann nicht viel übrig.

Protokoll-Stacks, wie sie in der IT-Welt für das Routing (IP) und den Verbindungsaufbau (TCP) verwendet werden, bedeuten einen zusätzlichen Overhead in den Teilnehmern und bedingen durch die Stack-Laufzeiten weitere Verzögerungen.

## Das EtherCAT-Funktionsprinzip

EtherCAT umgeht diese Nachteile durch das besonders performante Funktionsprinzip: Ein Frame reicht in der Regel aus, um in allen Teilnehmern die Ausgangsinformationen zu aktualisieren und mit dem gleichen Frame die Eingangsinformationen für die Steuerung einzulesen!

Das vom EtherCAT-Master ausgesandte Telegramm durchläuft alle Teilnehmer. Jeder EtherCAT-Slave liest die an ihn adressierten Ausgangsdaten im Durchlauf („on-the-fly“) und legt seine Eingangsdaten in den weitergeleiteten Frame. Das Telegramm wird nur durch Hardware-Durchlaufzeiten verzögert. Der letzte Teilnehmer eines Segments (oder Abzweigs) erkennt einen offenen Port und sendet das Telegramm zum Master zurück. Hierbei wird die Full-Duplex-Eigenschaft der Ethernet-Physik ausgenutzt.

Die maximale Nutzdatenrate eines Telegramms liegt dadurch bei über 90 %, und die theoretische effektive Datenrate durch Ausnutzung der Full-Duplex-Eigenschaft sogar bei über 100 Mb/s (mehr als 90 % von zweimal 100 Mb/s).

Der EtherCAT-Master ist der einzige Teilnehmer im Segment, der aktiv einen EtherCAT-Frame versenden darf; alle anderen Teilnehmer leiten die Frames nur weiter. Dies vermeidet unvorhersehbare Verzögerungen und garantiert die Echtzeitfähigkeit.

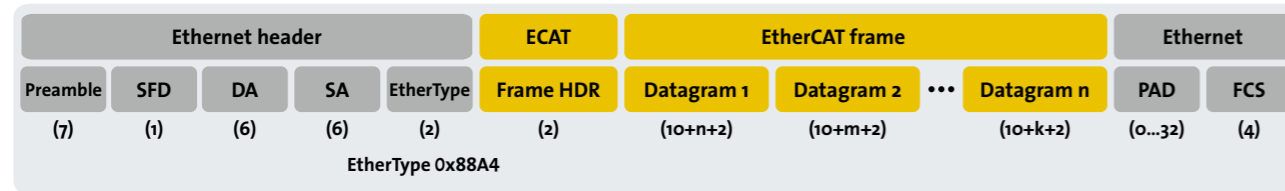
Der Master nutzt einen Standard-Ethernet Medium Access Controller (MAC) ohne einen zusätzlichen Kommunikationsprozessor. Damit kann ein Master auf jeder Hardware-Plattform installiert werden, die einen Ethernet-Port zur Verfügung stellt. Das verwendete Echtzeit-Betriebssystem oder die Applikationssoftware sind dabei unerheblich.

Die EtherCAT-Feldgeräte nutzen einen EtherCAT Slave Controller (ESC) für die Verarbeitung im Durchlauf. Die Verarbeitung erfolgt also vollkommen in Hardware, wodurch die Performance des Netzwerks berechenbar wird und nicht von der Implementierung der einzelnen Netzwerkteilnehmer abhängt.



# Protokolleigenschaften

EtherCAT nutzt Standard-Ethernet-Frames. In die Frames eingebettet sind die EtherCAT-Nutzdaten. Ein EtherCAT-Frame wird durch Verwendung der Kennung (0x88A4) im Ether-Type-Feld identifiziert. Da das EtherCAT-Protokoll für kurzzyklische Prozessdaten optimiert ist, kann auf die Verwendung von belastenden Protokoll-Stacks, wie z. B. TCP/IP oder UDP/IP, verzichtet werden.



EtherCAT: Standard-Ethernet-Telegramm entsprechend IEEE 802.3

Zur Wahrung einer Ethernet-IT-Kommunikation zwischen den Teilnehmern können TCP/IP-Verbindungen optional parallel über einen Mailbox-Kanal getunnelt werden, ohne dabei den Echtzeitverkehr zu beeinträchtigen.

Die Konfiguration bzw. das Mapping der Prozessdaten wird während des Hochlaufs vom Master in den Teilnehmern konfiguriert. Pro Teilnehmer können unterschiedlich viele Daten ausgetauscht werden: von einer Bit-Information über einige Bytes bis hin zu Kilobytes.

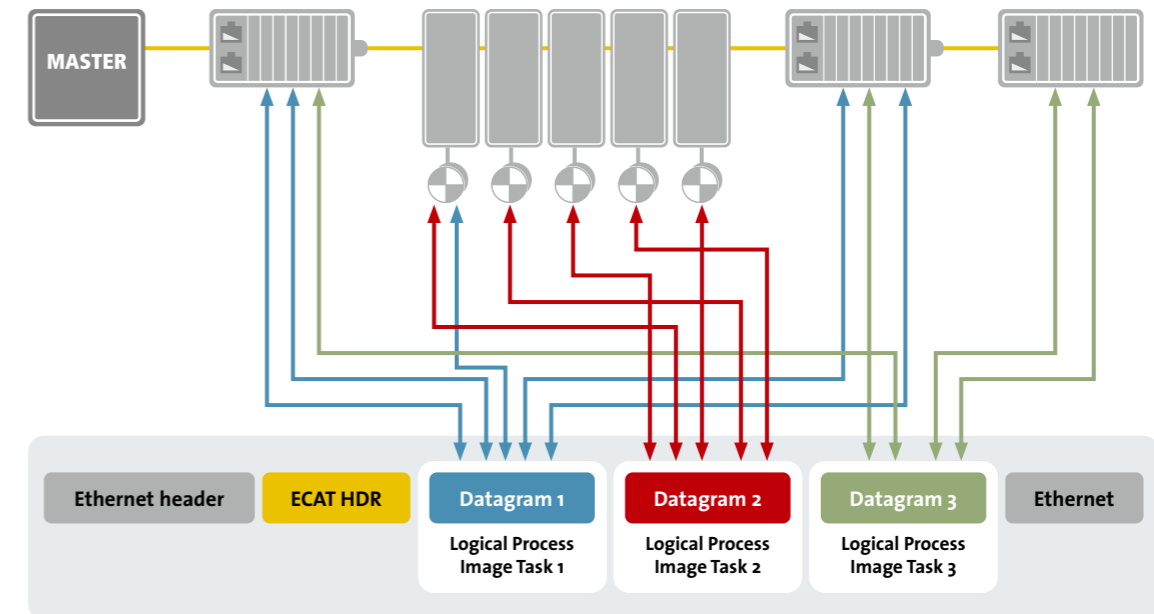
Der EtherCAT-Frame enthält den Frame-Header sowie ein oder mehrere Datagramme. Im Datagramm-Header wird festgelegt, welchen Zugriff der Master im Netzwerk durchführen möchte:

- Lesen, Schreiben, Lesen und Schreiben
- Zugriff auf einen bestimmten Slave durch direkte Adressierung oder Zugriff auf viele Slaves durch eine logische Adressierung (implizite Adressierung)

Die logische Adressierung wird für den zyklischen Austausch der Prozessdaten verwendet. Jedes Datagramm adressiert einen bestimmten Teil des Prozessabbilds im EtherCAT-Segment. Hierfür steht ein 4-GB-Adressraum zur Verfügung. Jeder Knoten bekommt beim Hochlauf des Netzwerks eine oder mehrere Adressen in diesem Adressraum zugewiesen. Indem mehrere Teilnehmer eine Adresse im gleichen Bereich bekommen, können sie über ein einziges Datagramm angesprochen werden. Da die Information über den gewünschten Datenzugriff vollständig in den Datagrammen enthalten ist, kann der Master entscheiden, wann er auf welche Daten zugreift. Er kann dies zum Beispiel nutzen, um mit kurzen Zykluszeiten die Antriebe im System zu aktualisieren und gleichzeitig mit einer längeren Zykluszeit die I/Os abzufragen; ein fester Frame-Aufbau ist nicht vorgeschrieben. Dies entlastet auch den Master: In bisherigen Feldbusanschlüssen war es

nötig, die Daten von jedem einzelnen Feldbusteilnehmer einzeln auszulesen und dann mit Hilfe des Prozessors diese Daten zu sortieren und in den Arbeitsspeicher zu kopieren. Mit EtherCAT muss der Master nur einen EtherCAT-Frame mit neuen Ausgangsdaten füllen und kann diesen per automatischem Direct Memory Access (DMA) an den MAC senden. Wenn der Frame mit den Eingangsinformationen vom MAC wieder empfangen wird, kann dieser ihn ebenfalls per DMA in den Arbeitsspeicher des Rechners kopieren. Ein aktives Kopieren durch die CPU wird nicht benötigt.

Zusätzlich zu den zyklischen Daten können weitere Datagramme eingefügt werden, um asynchrone oder bedarfsgesteuerte Kommunikation zu ermöglichen.



Prozessdaten werden im Durchlauf in das Telegramm eingefügt.

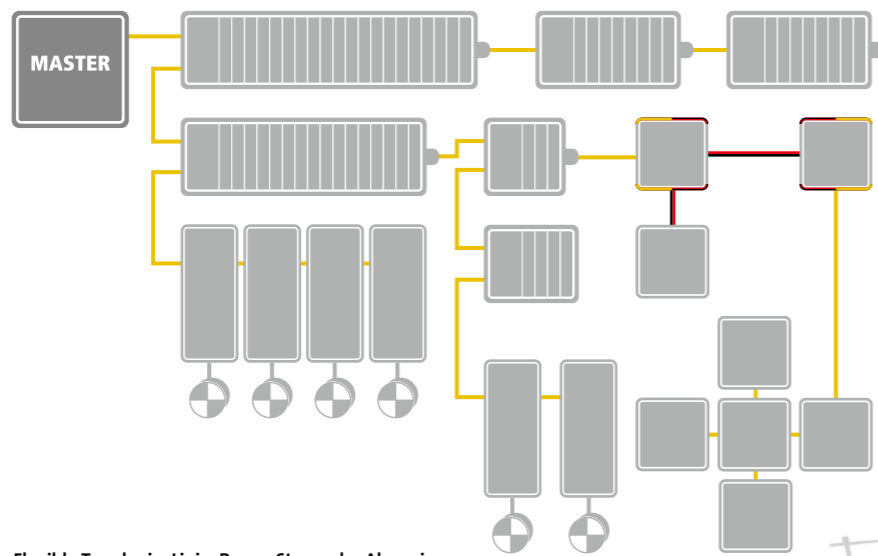
Neben der logischen Adressierung hat der Master die Möglichkeit, einen Teilnehmer anhand seiner Position im Netzwerk zu adressieren. Dies wird verwendet, um die Topologie des Netzwerks beim Aufstarten auszulesen und gegen eine erwartete Konfiguration zu prüfen.

Nachdem die Konfiguration überprüft wurde, kann der Master jedem Knoten eine konfigurierte Knotenadresse zuweisen und ihn von da an über diese fixe Knotenadresse erreichen. Damit ist ein gezielter Gerätezugriff auch dann möglich, wenn sich die Topologie im laufenden Betrieb ändert, zum Beispiel durch Hot-Connect-Gruppen. Slave-zu-Slave-Kommunikation kann auf zwei Weisen erfolgen: Ein Teilnehmer kann einem anderen Teilnehmer, der weiter hinten im Netzwerk eingebunden ist, direkt Daten zusenden. Da die Verarbeitung des EtherCAT-Frames nur in Vorwärtsrichtung erfolgt, ist diese direkte Kommunikation topologieabhängig. Sie ist besonders geeignet für Slave-zu-Slave-Beziehungen

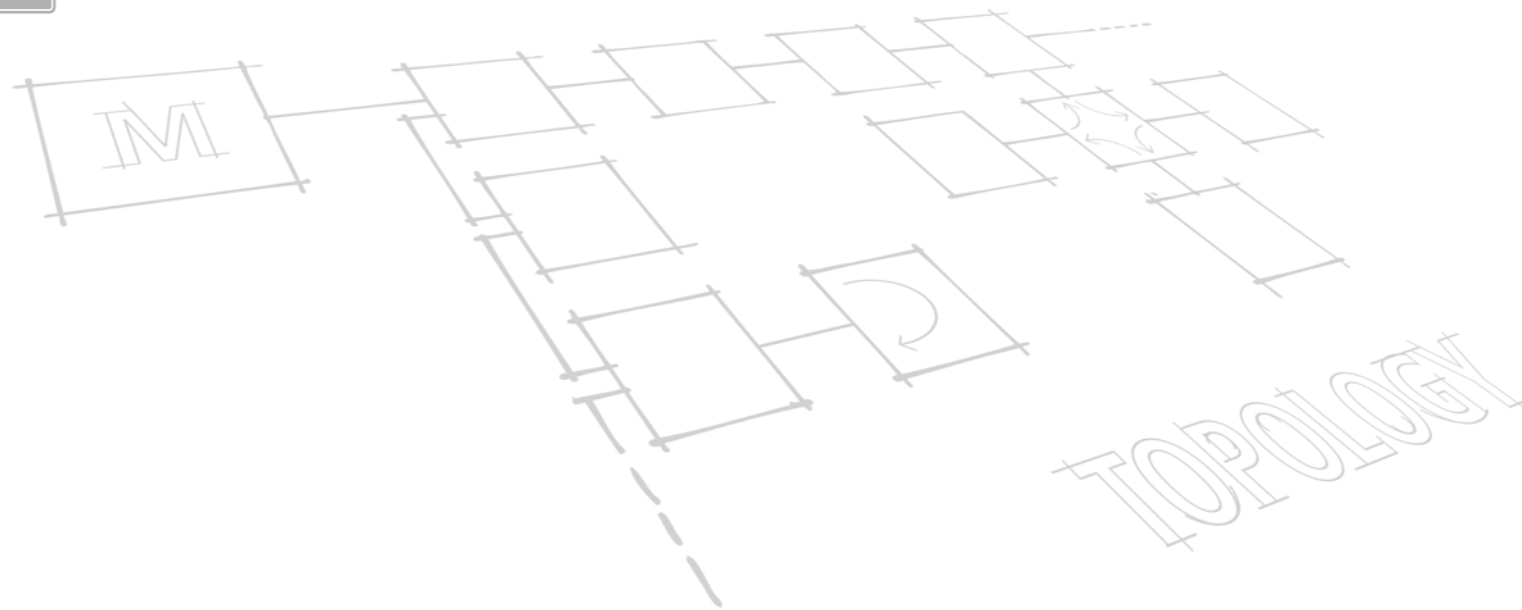
in einem festen Maschinendesign, zum Beispiel in Druck- oder Verpackungsmaschinen. Frei konfigurierbare Slave-zu-Slave-Kommunikation erfolgt hingegen über den Master. Hierfür werden zwei Buszyklen benötigt (nicht unbedingt zwei Steuerungszyklen); dank der hervorragenden Performance von EtherCAT ist dies dennoch schneller als bei anderen Ansätzen.

## Flexible Topologie

Linie, Baum, Stern, Abzweig: EtherCAT unterstützt nahezu alle Topologievarianten. Eine reine Bus- bzw. Linientopologie aus vielen hunderten Teilnehmern ist mit EtherCAT möglich; und das ohne Einschränkungen, die sich bei anderen Systemen z. B. aus der Kaskadierung von Switches oder Hubs ergeben.



Flexible Topologie: Linie, Baum, Stern oder Abzweig



Für die Systemverdrahtung ist aber auch besonders die Kombination aus Linie und Abzweigen oder Stichleitungen von Vorteil: Die hierfür benötigten Abzweigports sind auf vielen I/O-Modulen direkt integriert. Switches oder andere aktive Infrastrukturkomponenten werden nicht benötigt. Natürlich kann auch die für Ethernet klassische Stern-topologie genutzt werden.

Modulare Maschinen oder Werkzeugwechsler benötigen ein Zu- und Abschalten von Netzwerksegmenten oder einzelnen Teilnehmern im laufenden Betrieb. In den EtherCAT Slave Controllern ist die Grundlage für diese Hot-Connect-Funktion bereits enthalten: Wird eine Partnerstation abgezogen, dann wird der Port automatisch geschlossen, so dass das verbleibende Netzwerk störungsfrei weiterarbeiten kann. Sehr kurze Detektionszeiten von weniger als 15 µs gewährleisten dabei eine stoßfreie Umschaltung.

Eine hohe Flexibilität bietet auch die Varianz der möglichen Kabel. Kostengünstige Industrial-Ethernet-Kabel können für den 100BASE-TX-Modus mit einer Länge von 100 m zwischen zwei Teilnehmern verwendet werden. Lichtleiter können ebenfalls genutzt werden, zum Beispiel, um zwischen zwei Teilnehmern Strecken von über 100 m zu überwinden. Darüber hinaus ermöglicht die Protokollerweiterung EtherCAT P die Übertragung von Daten und Strom auf nur einem Kabel. Diese Option erlaubt den Anschluss von Geräten, beispielsweise Sensoren, mit nur einer Leitung. Die komplette Bandbreite an Ethernet-Verkabelung steht also auch für EtherCAT zur Verfügung.

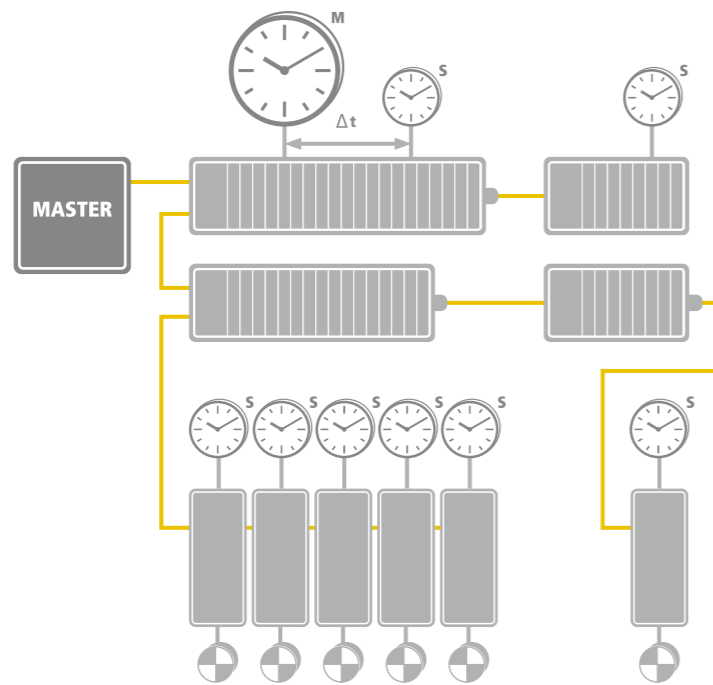
Da bei EtherCAT bis zu 65.535 Teilnehmer in einem Segment angeschlossen werden können, ist die Netzwerkausdehnung nahezu unbegrenzt. Dank der praktisch unbegrenzten Teilnehmerzahl können modulare Geräte wie z. B. anreihbare I/O-Stationen so ausgeprägt werden, dass jedes Modul ein eigener EtherCAT-Teilnehmer ist. Damit entfällt der sonst erforderliche lokale Erweiterungsbus; die EtherCAT-Performance erreicht jedes Modul direkt und ohne Verzögerung, da das Gateway in der Kopfstation entfällt.



# Hochgenaue Synchronisierung mit Distributed Clocks

Der exakten Synchronisierung kommt immer dann eine besondere Bedeutung zu, wenn räumlich verteilte Prozesse gleichzeitige Aktionen erfordern. Das kann z. B. in Applikationen der Fall sein, bei denen mehrere Servoachsen gleichzeitig koordinierte Bewegungen ausführen.

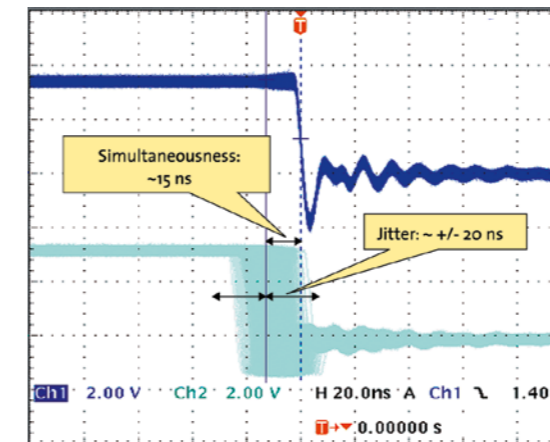
Im Gegensatz zur vollsynchronen Kommunikation, deren Qualität bei Kommunikationsstörungen sofort leidet, verfügen verteilte abgegliche Uhren über ein hohes Maß an Toleranz gegenüber möglichen störungsbedingten Verzögerungen im Kommunikationssystem. Daher basiert die EtherCAT-Lösung zur Synchronisierung von Teilnehmern auf dem Mechanismus der verteilten Uhren, genannt Distributed Clocks (DC).



Die Synchronisierung der Teilnehmer erfolgt vollständig hardwarebasiert; Laufzeitverzögerungen werden berechnet und ausgeglichen.

Der Abgleich der Uhren in den Teilnehmern erfolgt vollständig in Hardware. Hierfür wird die Uhrzeit des ersten synchron arbeitenden Feldgeräts zyklisch an alle anderen Uhren im System verteilt. Die Uhren in den Teilnehmern können sich dadurch exakt auf diese Referenzuhr einregeln. Der resultierende Jitter im System ist signifikant kleiner als  $1 \mu\text{s}$ .

Da die Uhrzeitinformation der Referenzuhr durch die Laufzeitverzögerung auf dem Kabel und in den Teilnehmern erst verspätet bei den Slave-Uhren empfangen wird, ist eine Messung und ein Ausgleich dieser Verzögerung für jeden Teilnehmer notwendig, um neben der physikalischen Synchronität auch Gleichzeitigkeit zu erreichen. Auch diese Gleichzeitigkeit ist signifikant kleiner als  $1 \mu\text{s}$ .



Synchronität und Gleichzeitigkeit:  
Scope-Aufnahme zweier verteilter  
Geräte; dazwischen sind 300 Knoten  
und 120 m Leitungslänge.

Wenn alle Teilnehmer die gleiche Zeitinformation besitzen, dann können in den Teilnehmern Ausgänge gleichzeitig gesetzt werden und Eingangssignale mit einem hochgenauen Zeitstempel versehen werden. Bei Motion-Control-Anwendungen ist neben Synchronität und Gleichzeitigkeit auch die Zyklustreue entscheidend: Typischerweise wird hier die Geschwindigkeit aus der zyklisch gemessenen Position ermittelt. Besonders bei kurzen Zykluszeiten macht sich bereits ein kleiner Jitter in der Erfassung der Position in Form eines großen Sprungs in der Geschwindigkeit bemerkbar. Wenn die Positionserfassung aber nicht mit dem Empfang des Telegramms erfolgt, sondern äquidistant aufgrund der Distributed Clock, wird eine wesentlich höhere Genauigkeit erreicht.

Die Verwendung der Distributed Clocks entlastet auch den Master: Das Versenden eines EtherCAT-Telegramms wird in einem Bereich von mehr als einer Mikrosekunde jittern, da der Master-Stack in Software realisiert ist und eine Standard-Ethernet-Schnittstelle verwendet wird. Da die zum Sendezeitpunkt des Telegramms aus der Referenzuhr gelesene Uhrzeit verwendet wird, um die Uhren in den Teilnehmern nachzustellen, ist der absolute Sendezeitpunkt unerheblich und darf auch jittern. Der EtherCAT-Master muss nur noch dafür sorgen, dass das EtherCAT-Telegramm früh genug verschickt wird, bevor in den Teilnehmern das DC-Signal den Trigger zum Setzen der Ausgänge gibt.

# Diagnose und Fehlerlokalisierung

Die Erfahrungen mit den klassischen Feldbussystemen zeigen, dass die Verfügbarkeit und Inbetriebnahmezeit einer Anlage wesentlich durch die Diagnoseeigenschaften des Systems bestimmt werden. Hierbei ist neben der Fehlererkennung auch die Fehlerlokalisierung für eine schnelle Behebung wichtig. Neben der Möglichkeit zum Einscannen und Vergleichen der Netzwerktopologie während des Hochlaufs unterstützt EtherCAT systeminhärent viele weitere Diagnoseeigenschaften.

In jedem Knoten wird das durchlaufende Telegramm vom EtherCAT Slave Controller mit Hilfe einer Prüfsumme auf Fehler untersucht. Nur wenn das Telegramm fehlerfrei empfangen wurde, werden die Informationen auch der Slave-Applikation zur Verfügung gestellt. Fehlerhafte Telegramme hingegen inkrementieren einen Zähler und werden für die nachfolgenden Teilnehmer als fehlerhaft gekennzeichnet. Das fehlerhafte Telegramm wird auch im Master erkannt und dort ebenfalls verworfen. Über das Auslesen der Fehlerzähler der Teilnehmer ist der Master in der Lage, die Fehlerstelle im System exakt zu lokalisieren. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber den klassischen Feldbussystemen, bei denen sich Störungen auf der gemeinsam genutzten Busleitung im System ausbreiten und die Quelle einer Störung nicht lokalisiert werden kann. Selten auftretende Störeinflüsse können bei EtherCAT erkannt und lokalisiert werden, selbst wenn die Störungen die Funktionalität der Maschine noch nicht beeinflussen.

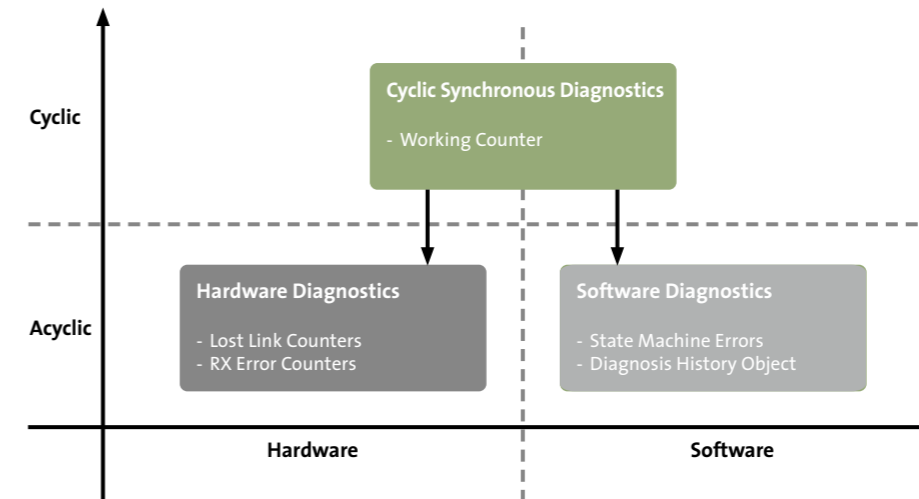
Dank der deutlich besseren Bandbreitennutzung ist bei EtherCAT die Wahrscheinlichkeit, dass ein Frame von einer Störung verfälscht wird, ohnehin deutlich geringer als bei Technologien mit einzelnen Frames – gleiche Zykluszeit vorausgesetzt.

Und wenn, wie bei EtherCAT üblich, kürzere Zykluszeiten Verwendung finden, ist die temporäre Wirkung einer etwaigen Störung signifikant verringert. Damit wird auch die applikative Beherrschung solcher Störungen deutlich vereinfacht.

In den Datenpaketen ermöglicht in jedem Datagramm ein Working Counter (WC) die Überwachung der Datenkonsistenz. Jeder Teilnehmer, der von einem Datagramm adressiert wird und dessen Speicherbereich für den Datenzugriff verfügbar ist, inkrementiert den Working Counter automatisch. Der Master kann dadurch zyklussynchron überprüfen, ob alle konfigurierten Teilnehmer die Daten auch bearbeitet haben. Mit Hilfe von Status- und Fehlerinformationen der Teilnehmer sowie ggf. dem Link-Status kann der Master dann den Grund für das unerwartete Verhalten ermitteln.

Ethernet-Netzwerkverkehr kann mit Hilfe von kostenfreien Software-Tools aufgezeichnet werden. Diese Tools können für EtherCAT ebenfalls verwendet werden, da EtherCAT Standard-Ethernet-Telegramme nutzt. Das weit verbreitete Tool Wireshark hat beispielsweise einen Protokollinterpretierer für EtherCAT in der Installation enthalten, so dass die protokollspezifischen Informationen, wie etwa Working Counter, Kommandos etc., in Klartext angezeigt werden.

Weitere Informationen zur Diagnose: [www.ethercat.org/diagnose](http://www.ethercat.org/diagnose)



Übersicht der Diagnosefunktionalitäten von EtherCAT

## Master-unabhängige Diagnoseschnittstelle

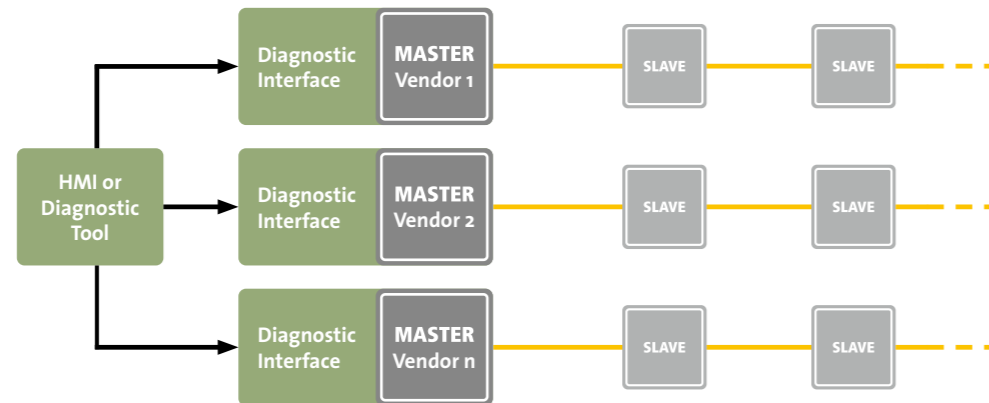
Dank der im vorangegangenen Abschnitt erläuterten Funktionen stehen dem Master in allen EtherCAT-Netzwerken sämtliche notwendige Diagnoseinformationen zur Verfügung, um den Netzwerkstatus zu überwachen sowie Fehler erkennen und lokalisieren zu können.

Zur Auswertung und Nutzung müssen diese rohen Daten an Diagnose-Tools sowie Anwender weitergegeben werden. Mit der Spezifikation ETG.1510 Profile for Master Diagnosis Interface hat die EtherCAT Technology Group eine Lösung definiert, die es externen Tools ermöglicht, unabhängig vom Master-Hersteller sowie der Software-Implementierung auf die vom EtherCAT-Netzwerk zur Verfügung gestellten Diagnoseinformationen zuzugreifen.

Die ETG.1510 erweitert die Spezifikation ETG.1500 EtherCAT Master Classes. Die Diagnoseinformation wird in das EtherCAT-Objektverzeichnis abgebildet, welches in der ETG.1500 definiert und zu diesem Zweck ergänzt wurde. Sowohl die erwartete Netzwerkstruktur, wie von der Offline-Konfiguration beschrieben, als auch die aktuelle Netzwerktopologie, wie sie mittels eines Online-Scans festgestellt wurde, sind hierüber auslesbar. Die Diagnoseinformation selbst ist in Form von konsistenten, kumulativen Zählern abgebildet, welche den Netzwerkstatus vom Systemstart bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt zusammenfassen. So kann mit einer Frequenz auf die Diagnoseschnittstelle zugegriffen werden, welche unabhängig von der Zykluszeit des EtherCAT-Netzwerks ist, und externe Tools müssen keine Echtzeitleistung erbringen.

Der Zugriff auf die Diagnoseinformationen erfolgt über das „CAN application protocol over EtherCAT“ (CoE). Die Diagnoseschnittstelle kann damit als schlanke Software-Erweiterung zusätzlich zu jeder Standard-Master-Implementierung realisiert werden. Die benötigten Ressourcen einer solchen Software-Erweiterung sind sehr gering, weshalb sich die Diagnoseschnittstelle für alle Master-Lösungen inklusive einfacher und kompakter Embedded-Systeme eignet.

Dank der EtherCAT-Diagnoseschnittstelle können Anbieter von Maschinen- und Netzwerkdiagnose-Tools eine universelle Schnittstelle zum Sammeln von Diagnosedaten aus EtherCAT-Netzwerken nutzen. Sie können diese Informationen anwenderfreundlich und grafisch intuitiv an Techniker und Ingenieure weitergeben, ohne dabei jedes Mal herstellerspezifisch den Master berücksichtigen oder das Zugriffsprotokoll für jede unterschiedliche Master-Implementierung anpassen zu müssen.

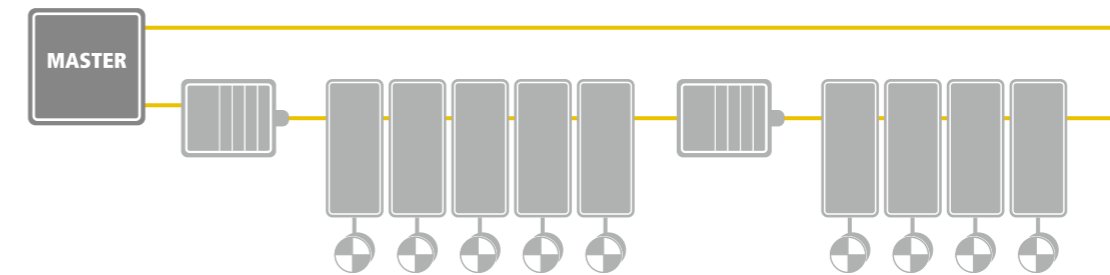


Prinzip der Master-unabhängigen Diagnoseschnittstelle

## Hohe Verfügbarkeit

Bei vielen Anlagen dürfen Kabelunterbrechungen oder der Ausfall eines Teilnehmers nicht dazu führen, dass das Netzwerk ausfällt oder dass Netzwerksegmente nicht mehr erreichbar sind.

Kabelredundanz wird bei EtherCAT über einfache Maßnahmen ermöglicht: Ein zusätzlicher Ethernet-Port im Master und ein zusätzliches Kabel vom letzten Teilnehmer zu diesem Port erweitern die Linien- zu einer Ringtopologie; eine Software-Erweiterung im Master-Stack dient zur Erkennung des Redundanzfalls. Mehr ist nicht notwendig. Die angeschlossenen Teilnehmer bleiben unverändert und wissen nicht einmal, dass sie in einem redundanten Netzwerk betrieben werden.



Kostengünstige Kabelredundanz mit Standard-EtherCAT-Feldgeräten

Der Redundanzfall – eine Kabelunterbrechung oder ein ausgefallener Teilnehmer – wird durch die Link-Erkennung der Teilnehmer automatisch erkannt und aufgelöst. Die Recovery-Zeit liegt bei weniger als 15  $\mu$ s, so dass maximal ein Kommunikationszyklus gestört wird. Damit können auch kurzzyklische Motion-Anwendungen im Falle eines Kabelbruchs ungestört weiterarbeiten.

Auch Master-Redundanz mit Hot-Standby-Funktionen kann mit EtherCAT realisiert werden. Zudem können gefährdete Maschinenteile, zum Beispiel Teilnehmer, die über eine Schleppkette angebunden sind, per Stichleitungen angebunden werden, um im Falle einer Unterbrechung nicht weitere Teile des Netzwerks zu beeinflussen.

## EtherCAT G: Kommunikation auf Gigabit-Level

Als Erweiterung des Standard-EtherCAT-Protokolls ermöglicht EtherCAT G die Datenkommunikation mit 1 Gb/s sowie 10 Gb/s. Dies bietet vor allem da Vorteile, wo besonders viele Prozessdaten pro Netzwerkteilnehmer transportiert werden müssen, wie es etwa im Bereich der industriellen Bildverarbeitung, in der High-End-Messtechnik oder in komplexen Motion-Applikationen der Fall ist.

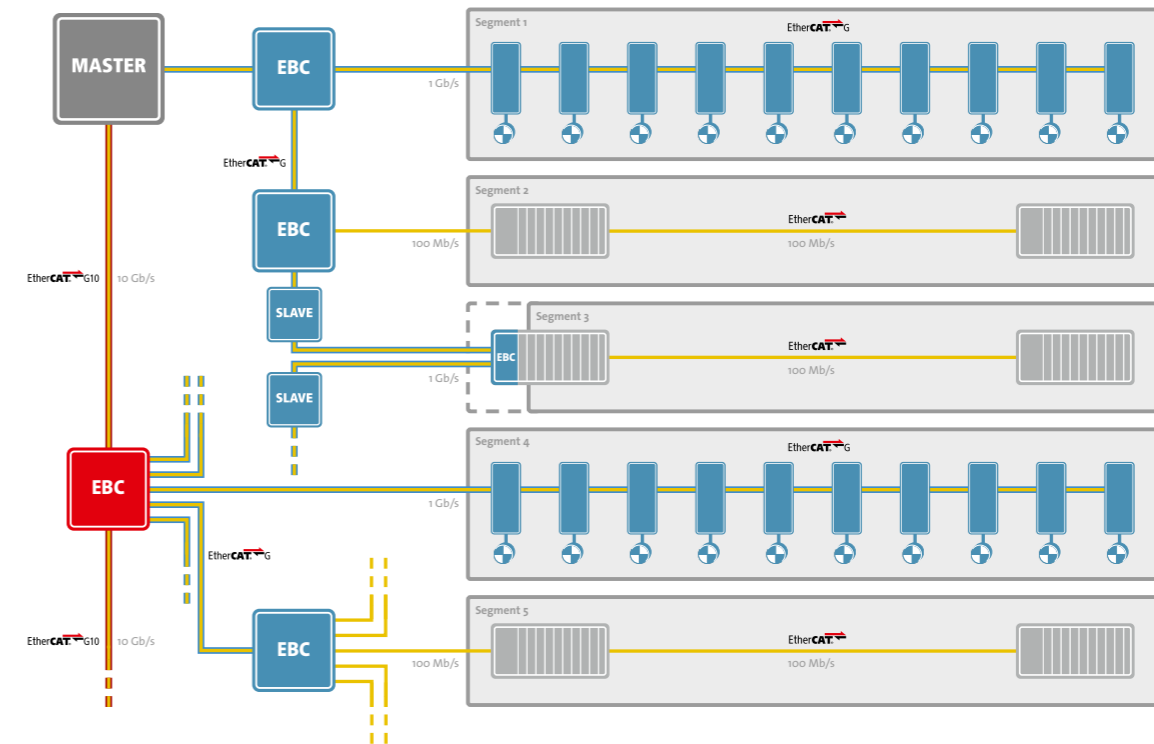
Das EtherCAT-Protokoll selbst sowie alle damit einhergehenden positiven Eigenschaften bleiben auch mit EtherCAT G/G10 erhalten. EtherCAT G/G10 ist vollständig kompatibel zum IEEE-802.3-Standard und auch die Topologieflexibilität bleibt gänzlich gleich: Abzweige, Stichleitungen, Daisy-Chains oder Baumstrukturen können ohne weiteres realisiert werden.

Mit der Gigabit-Erweiterung kommt das Branch-Konzept hinzu, welches mit Hilfe so genannter EtherCAT Branch Controller (EBC) umgesetzt wird. Die EBCs agieren zum einen als Knotenpunkt zur Integration eigenständiger EtherCAT-Segmente aus 100-Mb/s-Geräten, zum anderen ermöglichen sie die parallele Verarbeitung der angeschlossenen EtherCAT-Segmente in einem EtherCAT-G-Netzwerk. Auch die Kombination von Gb/s- sowie 100-Mb/s-Segmenten in einem Netzwerk ist problemlos möglich.

Die Weiterleitung der Daten in die einzelnen Segmente erfolgt prioritäts- und/oder zeitgesteuert, wobei jeder Abzweig als eigenständiges EtherCAT-Segment betrachtet wird: Ein Datagramm durchläuft nicht alle Segmente nacheinander, sondern die Segmente werden parallel bearbeitet, was die Durchlaufzeiten gerade in großen Netzwerken signifikant verringert und die Systemleistung um ein Vielfaches steigert.

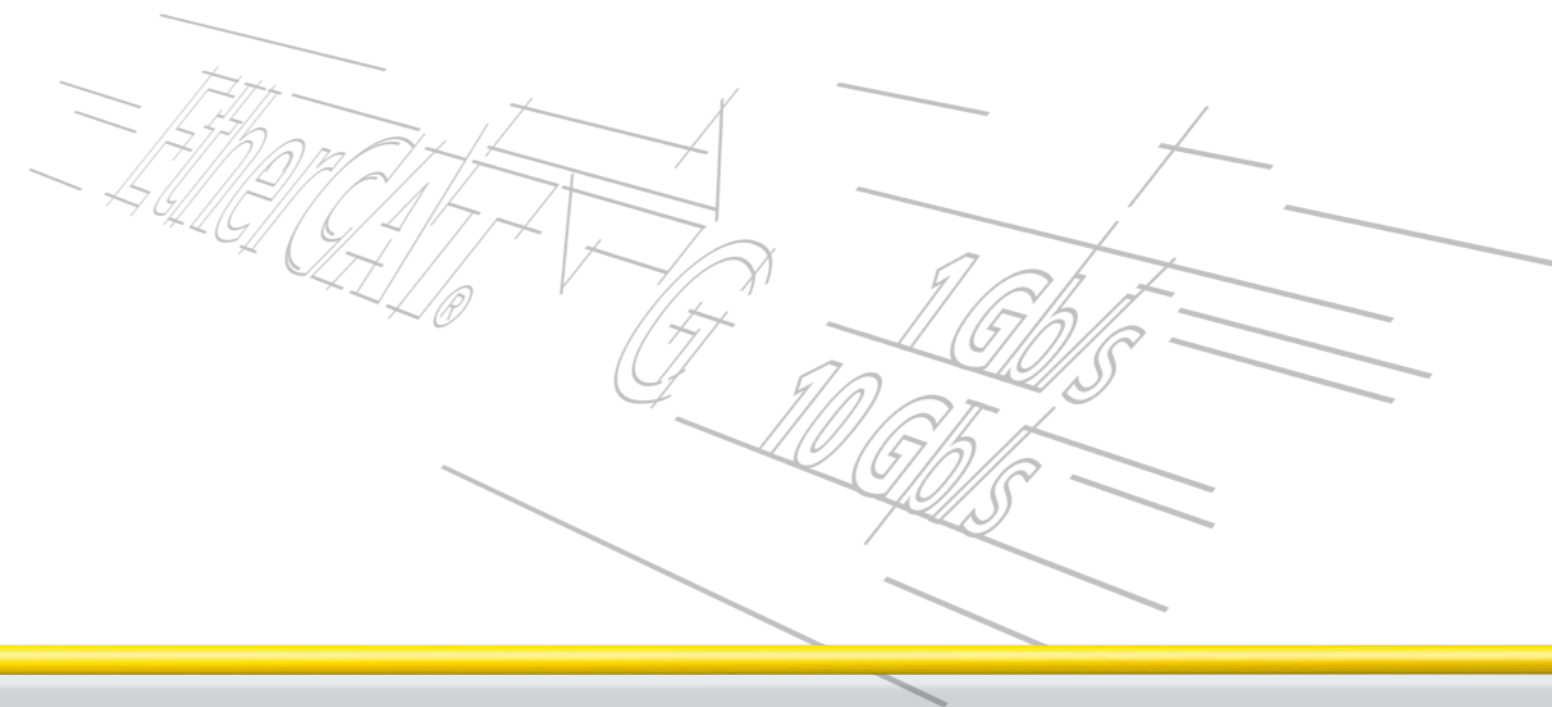
Wie bei EtherCAT üblich erfolgt auch die Konfiguration der EtherCAT Branch Controller über den Master, weshalb keine zusätzlichen Konfigurationswerkzeuge benötigt werden, lediglich ein entsprechender Gb/s-Port muss vorhanden sein. Und auch so entscheidende Funktionalitäten wie Diagnose oder die Netzwerksynchronisierung über Distributed Clocks werden von den EBCs unterstützt und transparent in die angeschlossenen Segmente weitergegeben.

EtherCAT G/G10 erschließt damit die Vorteile der deutlich gesteigerten Bandbreite und der reduzierten Durchlaufzeiten, ohne dass die Feldgeräte selbst alle mit Gigabit Schnittstellen versehen werden müssen: die bewährten 100-Mb/s-Geräte bleiben erhalten und profitieren dank der EtherCAT Branch Controller dennoch von der Technologieerweiterung. EtherCAT ist damit auch für erweiterte zukünftige Anforderungen gerüstet.



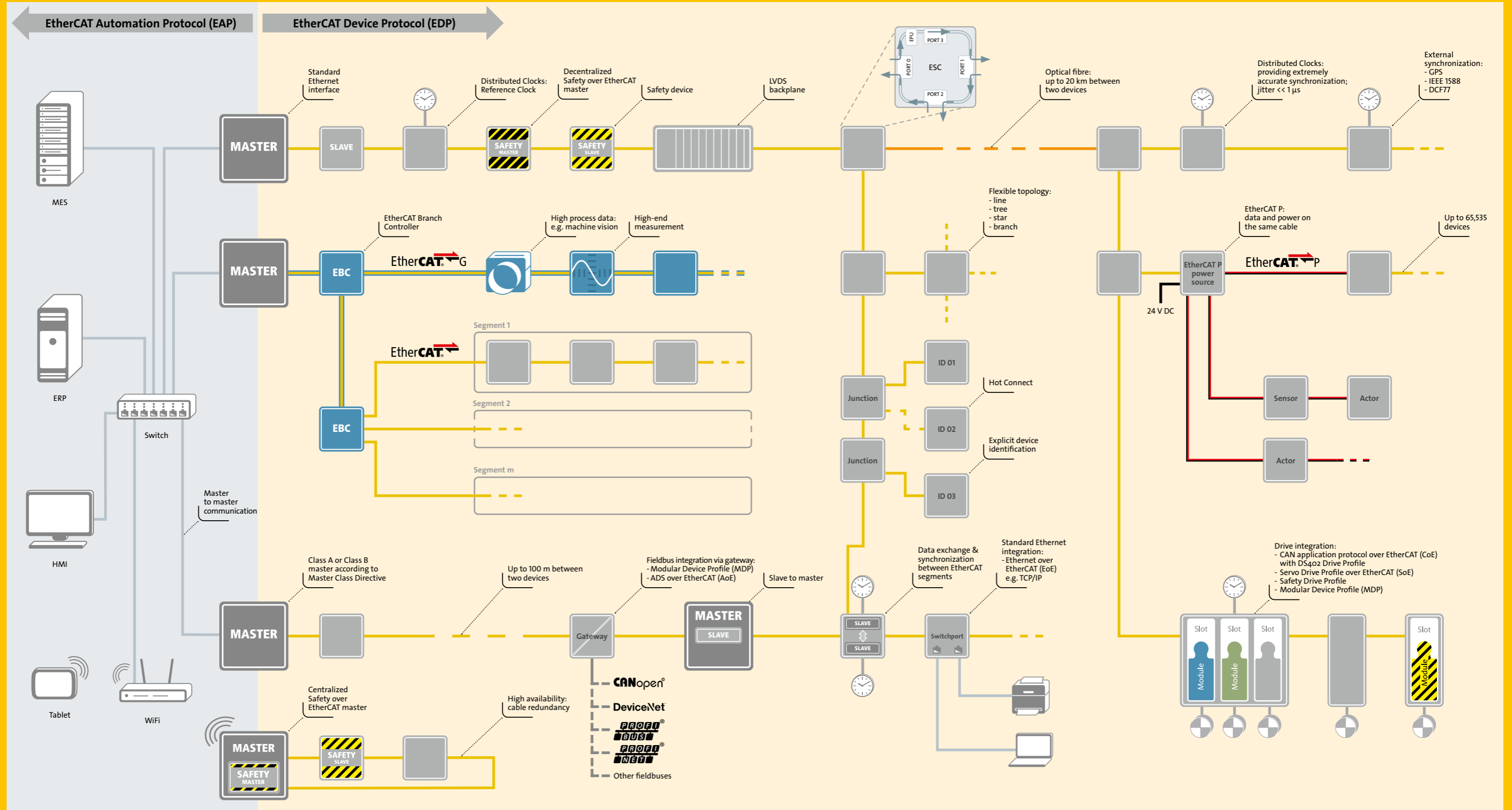
Beispielhafter Aufbau eines EtherCAT-G/G10-Netzwerks

Weitere Informationen zu EtherCAT G: [www.ethercat.org/ethercat-g](http://www.ethercat.org/ethercat-g)



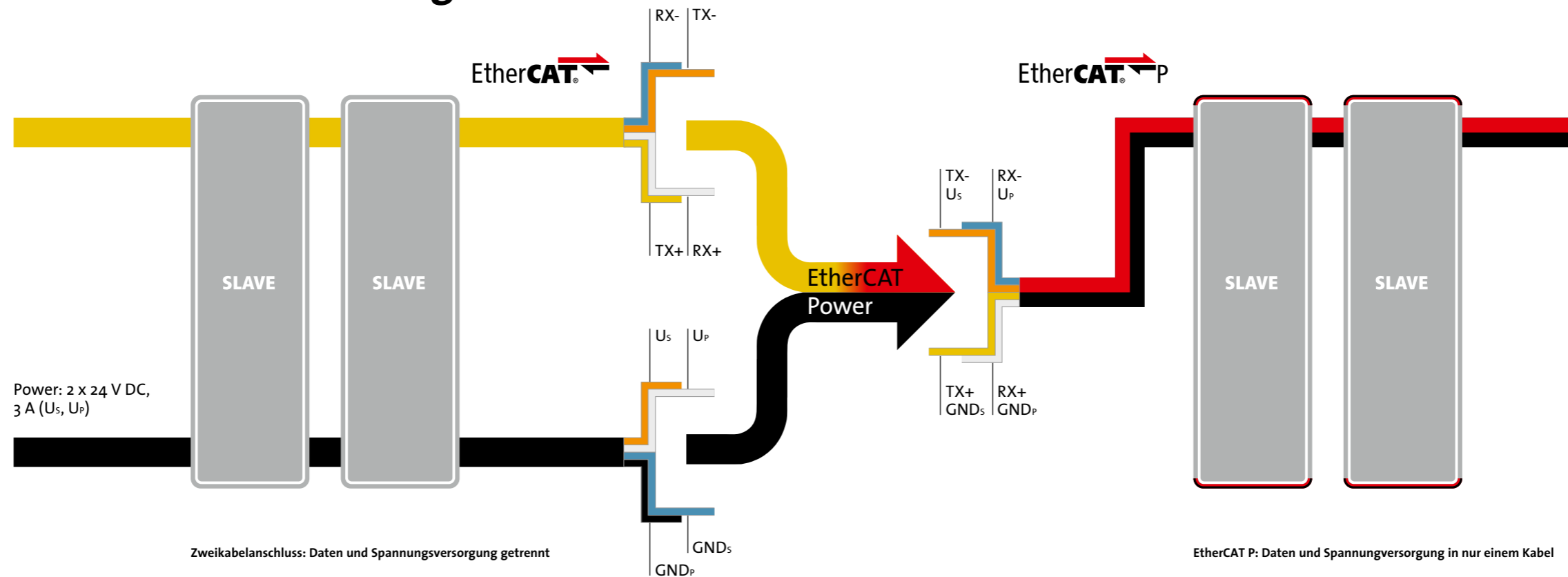
# Systemübersicht

EtherCAT für die Fabrikvernetzung EtherCAT für die Maschinen- und Anlagensteuerung



## EtherCAT P: Kommunikation und Power auf einer Leitung

EtherCAT® P



EtherCAT P (P = Power) ist ebenfalls eine Erweiterung des bisher beschriebenen EtherCAT-Protokolls und ermöglicht nicht nur die Übertragung von Kommunikationsdaten, sondern auch die Spannungsversorgung über ein und dasselbe vieradrige Standard-Ethernet-Kabel.

EtherCAT und EtherCAT P sind protokolltechnisch identisch. Die Erweiterung betrifft ausschließlich die physikalische Schicht, was auch bedeutet, dass für EtherCAT P keine neuen EtherCAT Slave Controller vonnöten sind. EtherCAT P bietet demnach die gleichen Vorteile wie EtherCAT, ermöglicht zusätzlich jedoch die Spannungsversorgung über das Kommunikationskabel und bietet damit für viele Applikationen attraktive Vorteile.

Zur Versorgung der speziellen EtherCAT-P-Geräte stehen zwei galvanisch getrennte, auch einzeln schaltbare 24-Volt-Spannungen zur Verfügung, wobei U<sub>S</sub> der System- und Sensorversorgung, U<sub>P</sub> der Versorgung von Peripherie und Aktoren dient. Beide Spannungen, U<sub>S</sub> und U<sub>P</sub>, sind bei EtherCAT P direkt in die 100-Mb/s-EtherCAT-Kommunikationsleitung eingebunden, und dank Weiterleitung können mehrere EtherCAT-Geräte kaskadiert werden, alles mit einem Kabel. All das führt zu reduzierter Verkabelung, kompakter und

kostengünstiger Verdrahtung, gesenkten Systemkosten und allgemein einem geringeren Platzbedarf für Geräte, Zubehör und Maschinen.

Besonders interessant ist EtherCAT P für Maschinenteile, die in sich abgeschlossen und abgesetzt vom Rest des Systems arbeiten und dank der Erweiterung durch eine einzige Stichleitung mit Daten und Leistung versorgt werden können. Auch für Sensoren aller Art ist EtherCAT P hervorragend geeignet: Diese werden von nun an über einen speziellen M8-Stecker ins Highspeed-Netzwerk integriert und an die Versorgungsspannung angeschlossen. Mögliches Fehlstecken wird dank der mechanischen Kodierung des Steckers ausgeschlossen.

EtherCAT P kann mit EtherCAT im selben Netzwerk genutzt werden. Entsprechende Einspeisegeräte setzen von der herkömmlichen EtherCAT-Physik auf EtherCAT P um, wobei die Ethernet-Datenkodierung voll erhalten bleibt. Genauso kann ein Gerät für sich mit EtherCAT P versorgt werden, daneben aber auch herkömmliches EtherCAT weiterleiten.

Weitere Informationen zu EtherCAT P: [www.ethercat.org/ethercat-p](http://www.ethercat.org/ethercat-p)

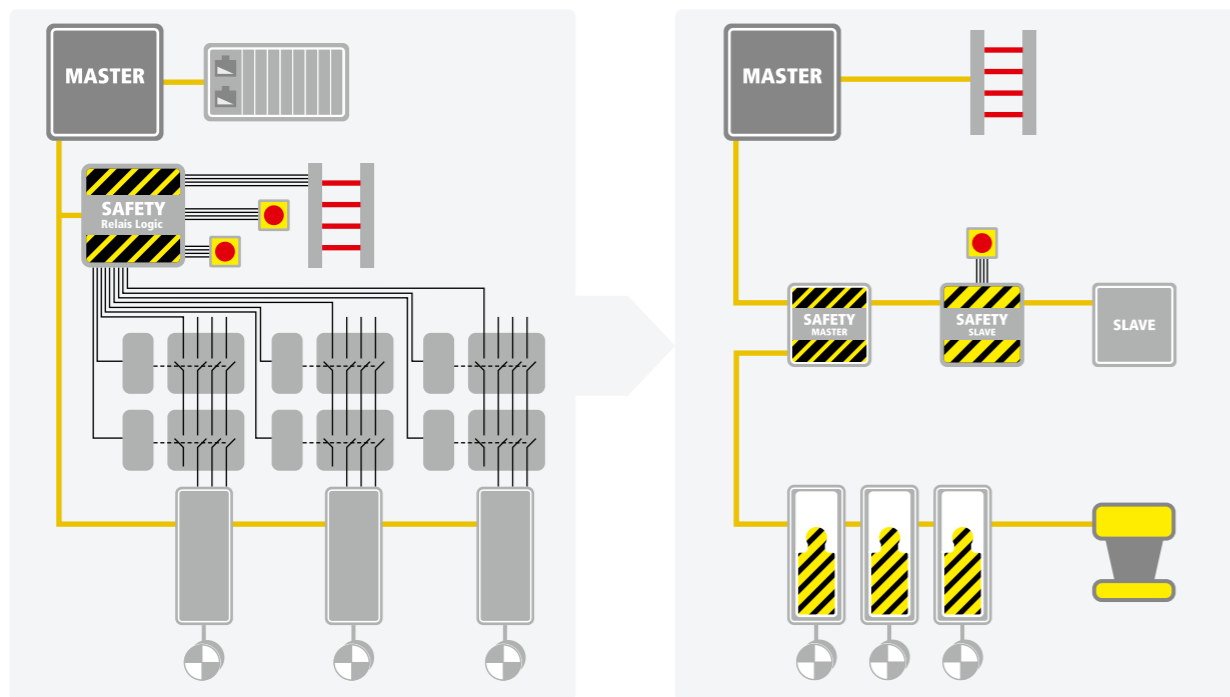


# Sichere Datenübertragung mit Safety-over-EtherCAT

Safety over  
**EtherCAT**

Moderne Kommunikationssysteme erfüllen heute nicht nur den deterministischen Transport von Steuerungsinformationen, sie bieten außerdem die Möglichkeit, sicherheitsrelevante Daten auf dem gleichen Medium zu übertragen. EtherCAT setzt dabei auf das sichere Protokoll Safety-over-EtherCAT (FSoE = FailSafe over EtherCAT) mit folgenden Vorteilen:

- ein System für die steuerungs- und die sicherheitsrelevanten Informationen
- flexible Erweiterungsmöglichkeiten der sicherheitsrelevanten Anlagenstruktur
- vorgefertigte, zertifizierte Sicherheitslösungen für ein hohes Maß an Sicherheit
- viele Diagnosemöglichkeiten auch für Sicherheitsfunktionen
- nahtlose Integration des Sicherheitskonzepts in das Maschinenkonzept
- keine getrennten Entwicklungswerkzeuge für Standard- und Sicherheitsapplikation

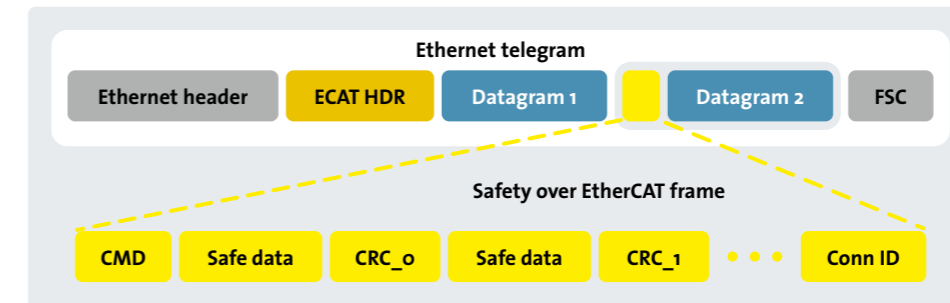


Gegenüber herkömmlicher sicherer I/O-Verdrahtung ermöglicht der Einsatz von Safety-over-EtherCAT wesentlich einfachere und flexiblere Architekturen.

Die vom TÜV SÜD Rail bestätigte Technologie wurde nach IEC 61508 entwickelt und ist in der IEC 61784-3 international standardisiert. Das Protokoll ist geeignet, um in Anwendungen bis zu einem Safety Integrity Level SIL3 eingesetzt zu werden.

Das Transportmedium wird bei Safety-over-EtherCAT als Black Channel betrachtet und daher nicht in die Sicherheitsbetrachtung einbezogen. Das Standard-Kommunikations-

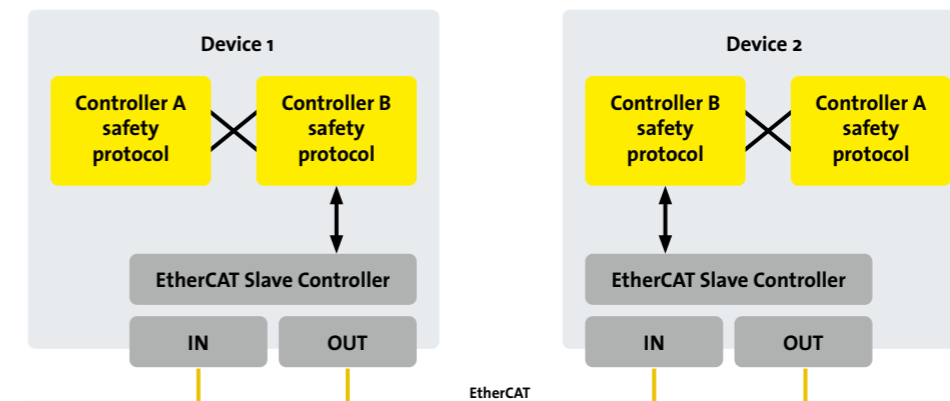
system EtherCAT bleibt einkanalig und überträgt nebeneinander sichere und Standard-Informationen. Die Safety-over-EtherCAT-Frames enthalten die sicheren Prozessdaten sowie zusätzliche Informationen zur Datensicherung; diese Frames werden als Container mit den Prozessdaten der Kommunikation verschickt. Die Übertragungsstrecke ist beliebig und nicht auf EtherCAT beschränkt: So kann der Safety-Container über beliebige Feldbusse, Ethernet oder ähnliche Kommunikationstechnologien übertragen werden – unabhängig vom physikalischen Medium wie z. B. elektrische Leitungen oder Lichtwellenleiter.



Der Safety-over-EtherCAT-Frame (Safety-Container) wird in die Prozessdaten der zyklischen Kommunikation eingebettet.

Durch diese Unabhängigkeit wird auch die sicherheitsrelevante Vernetzung von Anlagenteilen vereinfacht. Der Safety-Container wird über die Steuerungen geroutet und im anderen Anlagenteil ausgewertet. Übergreifende Not-Halt-Funktionen und gezieltes Stillsetzen von Maschinenmodulen sind somit problemlos durchführbar, auch wenn diese über andere Kommunikationssysteme wie z. B. Ethernet miteinander gekoppelt sind.

Die Implementierung des Protokolls in ein Gerät benötigt nur wenige Ressourcen und kann eine hohe Performance und damit kurze Reaktionszeit erreichen. Es gibt z. B. Roboterapplikationen, die mit Safety-over-EtherCAT in einem 8-kHz-Raster arbeiten.



Black-Channel-Prinzip: Die Standard-Kommunikationsanschaltung kann verwendet werden.

Weitere Informationen zu Safety: [www.ethercat.org/safety](http://www.ethercat.org/safety)

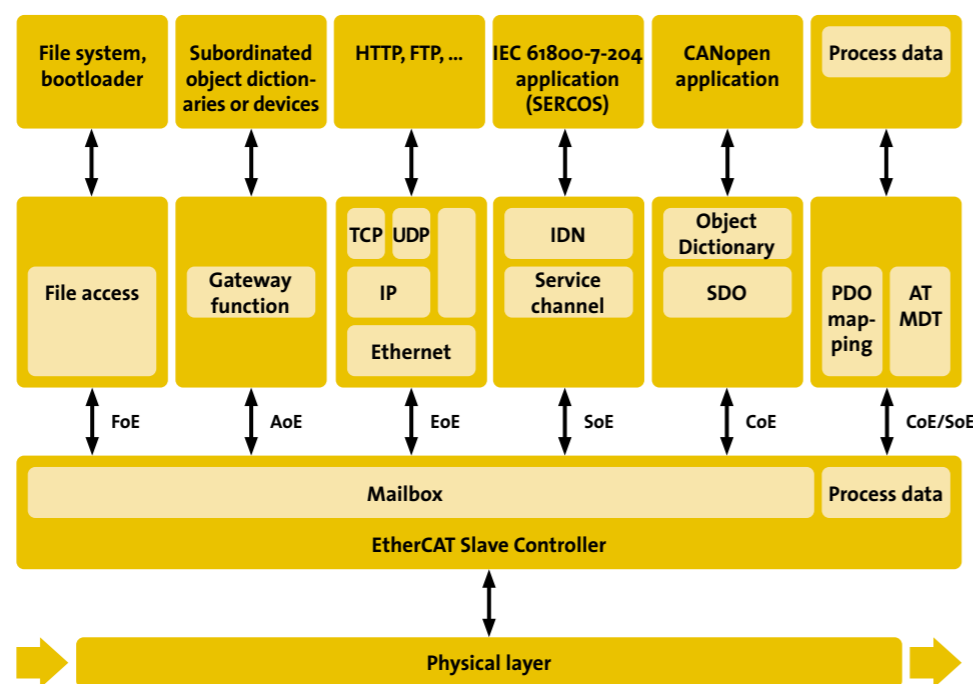


# Kommunikationsprofile

Zur Konfiguration und Diagnose der Teilnehmer kann mit Hilfe von azyklischer Kommunikation auf die für das Netzwerk zur Verfügung gestellten Variablen zugegriffen werden. Ein zuverlässiges Mailbox-Protokoll, mit Auto-Recover-Funktion fehlerhafter Telegramme, ist hierfür die Grundlage.

Basierend auf diesem Mailbox-Kanal sind folgende Kommunikationsprofile für EtherCAT festgelegt:

- CAN application protocol over EtherCAT (CoE)
- Servo drive profile according to IEC 61800-7-204 (SoE)
- Ethernet over EtherCAT (EoE)
- File access over EtherCAT (FoE)



Verschiedene Kommunikationsprofile können nebeneinander realisiert werden.

Ein Teilnehmer muss nicht alle Profile unterstützen, sondern kann entsprechend der eigenen Anforderungen entscheiden, welches Profil geeignet ist. Dem Master werden die implementierten Profile in der Gerätebeschreibungdatei bekannt gegeben.

## CAN application protocol over EtherCAT (CoE)

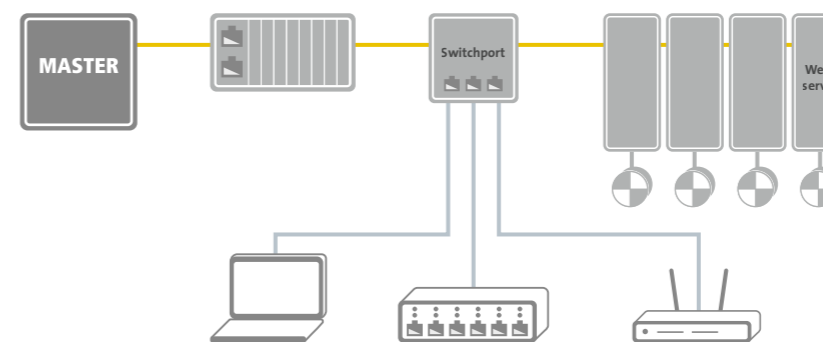
EtherCAT stellt mit dem CoE-Protokoll die gleichen Kommunikationsmechanismen bereit, wie sie vom CANopen®-Standard EN 50325-4 her bekannt sind: Objektverzeichnis, Mapping von Prozessdatenobjekten (PDO) und Servicedatenobjekten (SDO). Selbst das Netzwerkmanagement ist vergleichbar. So kann EtherCAT auf Geräten, die bisher mit CANopen ausgestattet waren, mit minimalem Aufwand implementiert werden. Große Teile der CANopen-Firmware sind wiederverwendbar. Dabei lassen sich die Objekte optional erweitern, um einerseits die 8-Byte-Beschränkung aufzuheben und andererseits die vollständige Auslesbarkeit des Objektverzeichnisses zu ermöglichen. So wird auch der größeren Bandbreite von EtherCAT Rechnung getragen. Auch die Geräteprofile, zum Beispiel das Antriebsprofil CiA® 402, können dadurch für EtherCAT wiederverwendet werden.

## Servo drive profile according to IEC 61800-7-204 (SoE)

SERCOS™ ist als Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle für Motion-Control-Anwendungen bekannt. Das SERCOS-Profil für Servoantriebe ist in der IEC 61800-7 genormt. In dieser Norm ist auch dessen Abbildung auf EtherCAT enthalten. Der Servicekanal, und damit der Zugriff auf alle antriebsinternen Parameter und Funktionen, wird auf die EtherCAT-Mailbox abgebildet.

## Ethernet over EtherCAT (EoE)

EtherCAT nutzt die Ethernet-Kompatibilität auf der physikalischen Schicht und im Telegrammaufbau. Häufig wird mit dem Begriff Ethernet aber auch die Übertragung von IT-Anwendungen assoziiert, die z. B. auf einer TCP/IP-Verbindung beruhen.



Transparente Durchleitung von Standard-IT-Protokollen



Mit dem EoE-Protokoll kann beliebiger Ethernet-Datenverkehr im EtherCAT-Segment transportiert werden. Standard-Ethernet-Geräte werden innerhalb des EtherCAT-Segments via Switchport angeschlossen und die Ethernet-Frames per EoE getunnelt. Dies ist bei den Internet-Protokollen auch in anderen Bereichen üblich (z. B. TCP/IP, VPN, PPPoE (DSL) etc.). Das EtherCAT-Netzwerk ist dabei für die Ethernet-Geräte voll transparent. Das Gerät mit Switchport-Eigenschaft sorgt für das Einklinken von TCP/IP-Fragmenten in den EtherCAT-Verkehr und vermeidet dadurch, dass die Echtzeit im Netzwerk beeinflusst wird.

EtherCAT-Geräte können zusätzlich selbständig Ethernet-Protokolle (wie z. B. HTTP) unterstützen und damit außerhalb des EtherCAT-Segments wie ein Standard-Ethernet-Teilnehmer auftreten. Der Master fungiert als Layer-2-Switch, der die Frames gemäß der MAC-Adressinformation zu den entsprechenden Teilnehmern per EoE weiterleitet. Damit können sämtliche Internet-Technologien auch im EtherCAT-Umfeld zum Einsatz kommen: integrierte Webserver, E-Mail, FTP-Transfer, etc.

### File access over EtherCAT (FoE)

Dieses an TFTP (Trivial File Transfer Protocol) angelehnte, sehr einfache Protokoll ermöglicht den Zugriff auf Dateien im Gerät. Genutzt wird dies vor allem, um einen einheitlichen Firmware-Upload auf die Geräte über das Netzwerk zu erreichen. Damit das FoE-Protokoll auch von Boot-Loader-Programmen unterstützt werden kann, wurde es bewusst schlank spezifiziert. Ein TCP/IP-Stack muss hierfür nicht vorhanden sein.

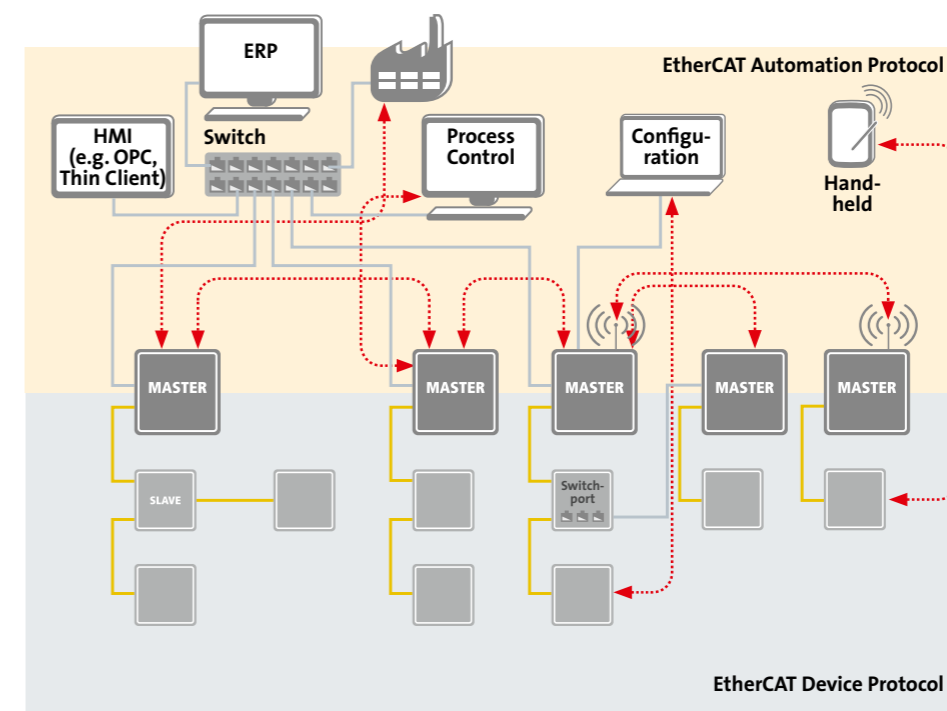
### ADS over EtherCAT (AoE)

Die EtherCAT-Spezifikation beschreibt ADS over EtherCAT (AoE) als ein auf Mailbox basierendes Client-Server-Protokoll. Während Protokolle wie ein detailliertes semantisches Konzept anbieten, ergänzt AoE dieses mit routingfähigen und parallelen Diensten, wo diese benötigt werden. Dies ist zum Beispiel beim Zugriff aus einem SPS-Programm auf unterlagerte Netzwerke über ein EtherCAT/Feldbus-Gateway wie etwa CANopen®, IO-Link™, etc. der Fall. Die AoE-Implementierung benötigt deutlich weniger Speicher als vergleichbare Dienste wie sie vom Internet Protocol (IP) angeboten werden. Die Adressparameter von Sender und Empfänger sind im AoE-Telegramm enthalten, was eine besonders ressourcenschonende Implementierung sowohl auf Client- als auch auf Server-Seite ermöglicht.

Darüber hinaus ist AoE das Mittel der Wahl für die azyklische Kommunikation des EtherCAT Automation Protocols (EAP) und bietet somit eine durchgängige Kommunikation zwischen einem übergeordneten ERP-System, einer EtherCAT-Steuerung und einem via Gateway angeschlossenen, unterlagerten Feldbus-Gerät. AoE ist auch der standardisierte Weg, über den eine abgesetzte, herstellerunabhängige Diagnosesoftware Informationen zum Zustand des EtherCAT-Netzwerks abfragen kann.

## Anlagenweite Kommunikation mit dem EtherCAT Automation Protocol (EAP)

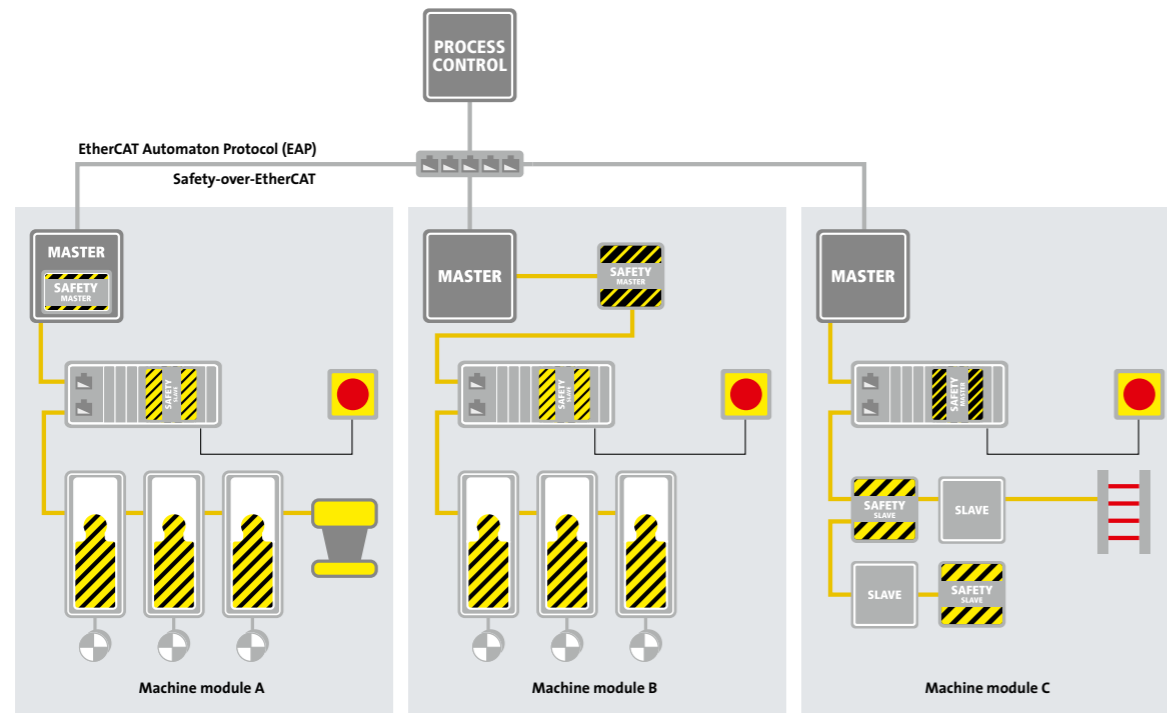
Die Prozessleitebene erfordert zum Betrieb einer Anlage oder einer Fabrik weitere (und teilweise andere) Kommunikationsmöglichkeiten, als es das bisher beschriebene EtherCAT Device Protocol bietet. Anlagenteile müssen häufig mit Steuerungen benachbarter Anlagenteile Informationen über den eigenen Status und die nächsten Produktionsschritte abgleichen. Zudem gibt es in der Regel einen zentralen Leitreechner, der die Überwachung des gesamten Systems durchführt, dem Anwender Statusdaten zur Produktivität bereitstellt und neue Aufträge an die Maschinenteile vergibt.



Anlagenweite Kommunikation mit EtherCAT

Das EtherCAT Automation Protocol (EAP) erfüllt die Anforderungen der genannten Anwendungsfälle. Es definiert Schnittstellen und Dienste für

- den Datenaustausch zwischen EtherCAT-Master-Geräten (Master/Master-Kommunikation),
- den Datenaustausch zu Visualisierungsgeräten,
- den Durchgriff von überlagerten Steuerungen auf Teilnehmer in unterlagerten EtherCAT-Segmenten (Routing),
- die Anbindung von Konfigurationstools für die Anlagen- sowie für die Teilnehmerkonfiguration.



Anlagenweite Kommunikationsarchitektur mit EtherCAT Automation Protocol und Safety-over-EtherCAT

Die in EAP verwendeten Kommunikationsprotokolle sind Bestandteil des IEC-1158-Standards. EAP kann über beliebige Ethernet-Verbindungen, auch über Funk, übertragen werden. So lassen sich zum Beispiel auch fahrerlose Transportgeräte, wie sie in der Halbleiter- oder Automobilindustrie üblich sind, über Funk in das Netzwerk einbinden.

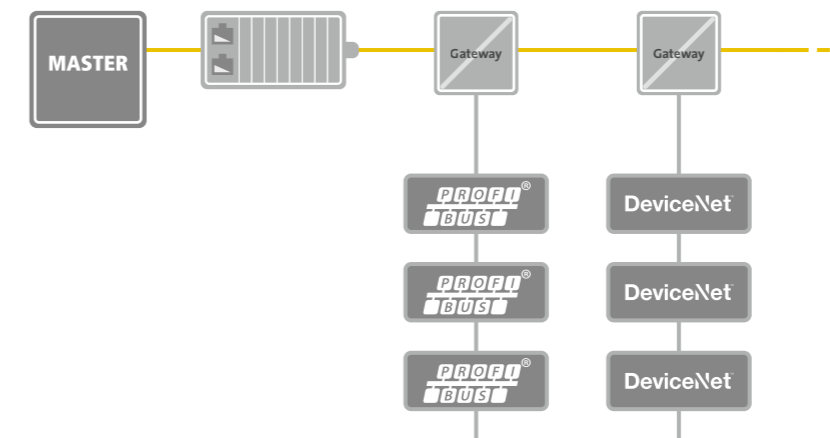
Der zyklische Prozessdatenaustausch im EAP kann nach dem „Pushed“- oder dem „Polled“-Prinzip erfolgen. Im „Pushed“-Betrieb sendet jeder Kommunikationsteilnehmer seine Daten zyklisch oder in einem Vielfachen der eigenen Zykluszeit. Im Empfänger kann konfiguriert werden, von welchem Sender welche Daten empfangen werden sollen. Die Konfiguration zwischen Sender- und Empfängerdaten erfolgt wie gewohnt über das Objektverzeichnis. Im „Polled“-Betrieb werden die Daten von den Teilnehmern abgefragt.

Die zyklische EAP-Kommunikation kann direkt in den Nutzdaten eines Ethernet-Telegramms übertragen werden, ohne ein zusätzliches Transport- oder Sicherungsprotokoll. Der EtherType Ox88A4 identifiziert auch hier die EtherCAT-spezifische Nutzung des Frames. Dadurch können mit dem EAP Daten im Millisekunden-Takt ausgetauscht werden. Wenn ein Routing der Daten innerhalb einer verteilten Anlage gefordert ist, dann können die Prozessdaten auch per UDP/IP oder TCP/IP übertragen werden.

Mit Hilfe von EAP und der Nutzung des Safety-over-EtherCAT-Protokolls können auch sicherheitsrelevante Daten ausgetauscht werden. Anlagenweit werden zwischen den Maschinenmodulen Sicherheitsinformationen ausgetauscht, um z. B. übergreifende Not-Aus-Funktionen zu realisieren oder um Vorgänger- und Nachfolge-Module über die Aktivierung von Stillstandfunktionen zu informieren.

## Integration anderer Bussysteme

Durch die zur Verfügung stehende Bandbreite ist es möglich, klassische Feldbusanschlungen in einem EtherCAT-Gateway als unterlagertes System zu nutzen. Hilfreich ist das beispielsweise bei der Migration von einem klassischen Feldbus hin zu EtherCAT. Die schrittweise Umsetzung einer Anlage auf EtherCAT sowie die Einbindung von Automatisierungskomponenten, die (noch) keine EtherCAT-Schnittstelle unterstützen, ist somit möglich.



EtherCAT ermöglicht die Integration dezentraler Feldbus-Schnittstellen.

Zudem werden dadurch kleine oder Embedded-Industrie-PC-Lösungen ermöglicht, da der Platz für Erweiterungskarten nicht mehr bereitgestellt werden muss: Über einen einzigen Ethernet-Port im PC können neben den dezentralen I/Os, Achsen und Bediengeräten auch komplexe Systeme wie Feldbus-Master/Slaves (Gateways), schnelle serielle Schnittstellen und andere Kommunikations-Interfaces angesprochen werden. Die Daten des eingebundenen Feldbusses stehen dem Master im Prozessdatenabbild direkt zur Verfügung.

Prozessoptimierung, vorausschauende Instandhaltung, Manufacturing-as-a-Service, adaptive Systeme, Ressourcenschonung, die intelligente Fabrik oder schlicht Kostensenkung: für die Nutzung von Prozessdaten in überlagerten Systemen gibt es zahlreiche gute Gründe.

Sei es das Internet of Things (IoT), Industrie 4.0, Made in China 2025 oder die japanische Industrial Value Chain Initiative (IVI): Allen Ansätzen gemein ist die Forderung nach nahtloser, kontinuierlicher und standardisierter Kommunikation über alle Ebenen hinweg. Sensordaten, die in die Cloud hochgeladen werden, sowie Auftragsdaten und Parameter, welche von ERP-Systemen in verteilte Geräte heruntergeladen werden; ein Zuführsystem, das sich zwei Maschinen teilen: Anforderungen an den Datenfluss gibt es sowohl in vertikaler wie horizontaler Richtung.

Aufgrund seiner Leistung, Flexibilität und der offenen Schnittstellen erfüllt EtherCAT bereits von Natur aus die Anforderungen der digitalen Transformation:

- Herausragende Leistung ist die Voraussetzung, um Big-Data-Anwendungen zu Steuerungsnetzwerken hinzuzufügen.
- Die hohe Flexibilität von EtherCAT ermöglicht das Hinzufügen von Cloud-Connectivity zu bestehenden Systemen, ganz ohne die Steuerung anfassen oder die Feldgeräte aktualisieren zu müssen: Mit Hilfe der Mailbox-Gateway-Eigenschaft des EtherCAT-Masters greifen Edge-Gateways auf sämtliche Daten innerhalb beliebiger EtherCAT-Feldgeräte zu. Hierbei kann das Edge-Gateway entweder ein abgesetztes Gerät sein, welches über TCP oder UDP/IP mit dem Master kommuniziert, oder aber eine Software-Funktion, die sich auf derselben Hardware wie der EtherCAT-Master selbst befindet.
- Die offenen Schnittstellen sind es, welche die Integration jedes beliebigen IT-basierten Protokolls innerhalb des Masters oder direkt in die Teilnehmer erlauben. Beispiele hierzu sind OPC UA, MQTT oder AMQP. So wird die direkte Verbindung ohne Technologiebrüche vom Sensor in die Cloud möglich.

Die Tatsache, dass all diese Eigenschaften bereits von vornherein Bestandteil der Technologie waren, zeigt, wie zukunftsfähig die EtherCAT-Architektur ist. Sollten im Laufe der Entwicklung weitere Features relevant werden, werden diese selbstverständlich hinzugefügt und zwar ohne das Basis-Protokoll selbst zu ändern: EtherCAT ist seit der Einführung 2003 stabil.

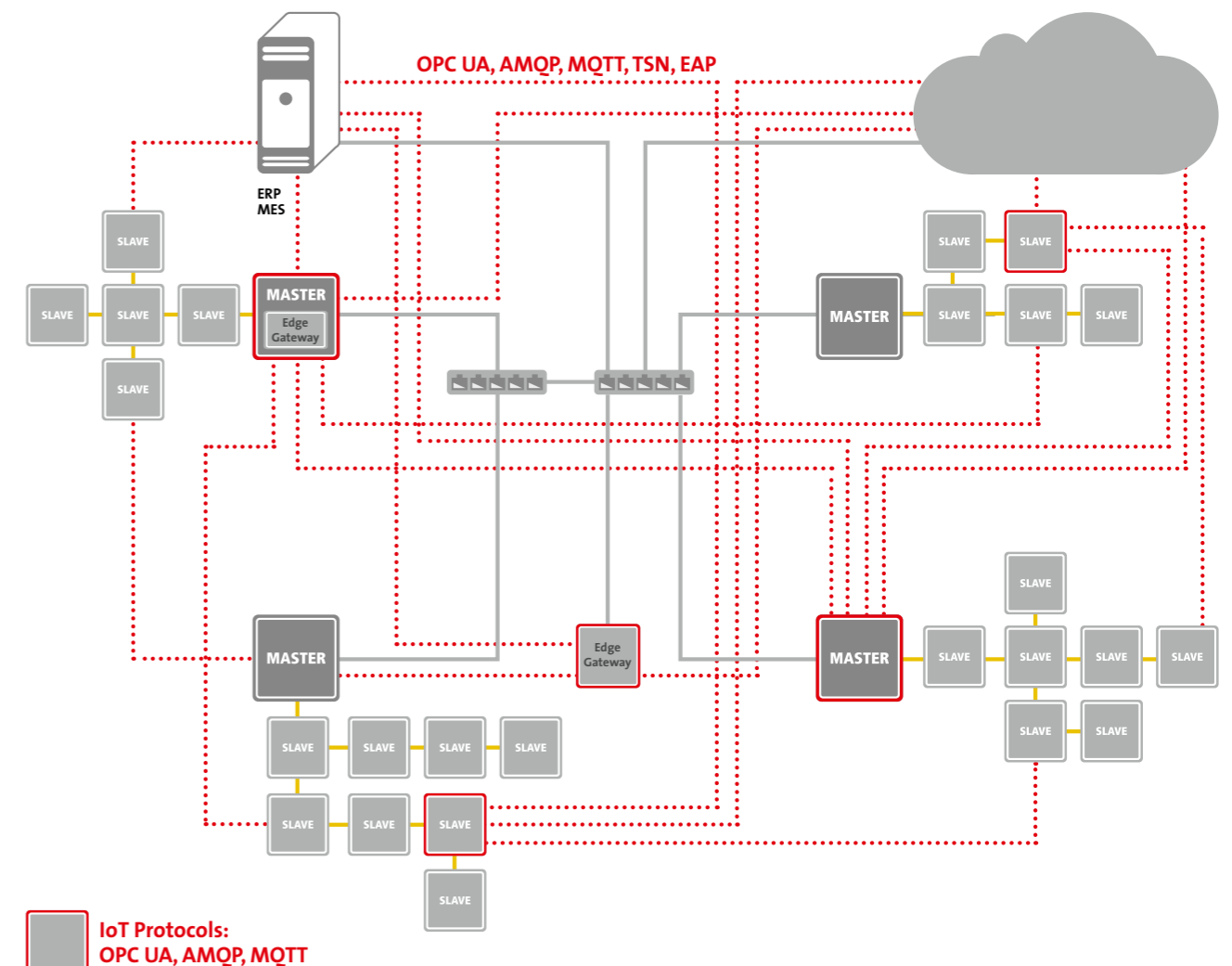
Die neuen Eigenschaften von TSN (Time-Sensitive Networking) verbessern die Echtzeit-Eigenschaften der Controller-zu-Controller-Kommunikation. Unterstützt durch TSN können Steuerungen – sogar solche, die cloud-basiert sind – über die vorhandene Ethernet-Infrastruktur auf ein Netzwerk aus EtherCAT-Geräten zugreifen. Und da EtherCAT typischerweise nur einen Frame für ein gesamtes Netzwerk benötigt, erfolgt dieser Zugriff deutlich schlanker und somit schneller als bei jeder anderen Feldbus- oder Industrial-Ethernet-Technologie. Die ETG trägt zur TSN-Entwicklung bereits seit dem ersten Tag bei: Schon als TSN noch als AVB bekannt war, waren EtherCAT-Experten in der TSN-Arbeitsgruppe innerhalb der IEEE 802.1 aktiv.

Weitere Informationen zu EtherCAT und TSN: [www.ethercat.org/tsn](http://www.ethercat.org/tsn)

Die EtherCAT Technology Group war zudem unter den ersten Feldbusnutzerorganisationen, welche eine Partnerschaft mit der OPC Foundation vereinbart haben. OPC UA stellt dem EtherCAT-Portfolio eine skalierbare TCP/IP-basierte Client-Server-Kommunikation mit integrierter Sicherheit zur Seite und ermöglicht so den verschlüsselten Datentransfer in MES/ERP-Systeme.

Mit OPC UA Pub/Sub wurde die Nutzbarkeit von OPC UA in Maschine-zu-Maschine-Applikationen sowie für die vertikale Kommunikation mit cloud-basierten Diensten verbessert. Die ETG trägt aktiv zu diesen Entwicklungen bei und sorgt dafür, dass sie sich nahtlos in die EtherCAT-Umgebung einfügen.

EtherCAT ist nicht nur IoT-ready, EtherCAT ist IoT!





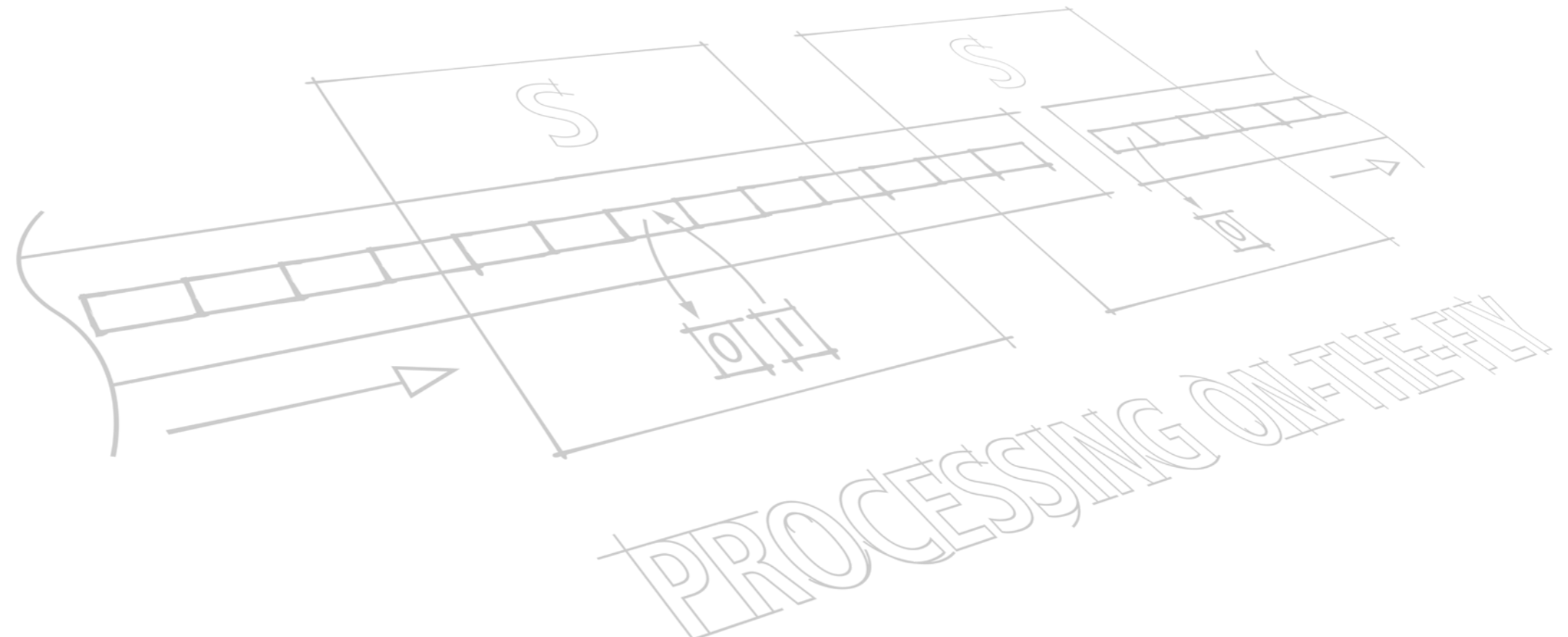
EtherCAT

# EtherCAT-Schnittstellen-Implementierung

Die EtherCAT-Technologie wurde speziell auf niedrige Kosten optimiert. Jeder Sensor, jedes I/O-Gerät und jeder Embedded-Controller soll in der Lage sein, eine EtherCAT-Anschaltung zu geringen Kosten einbinden zu können. Nicht die EtherCAT-Schnittstelle, sondern die Geräteapplikation bestimmt die Leistungsanforderung der benötigten CPU.

Neben den reinen Hardware- und Softwareanforderungen sind für die Entwicklung einer Schnittstelle der Support und verfügbare Kommunikationsstacks von hoher Bedeutung. Die EtherCAT Technology Group setzt hier durch ein weltweites Support-Team auf schnelle Hilfe bei technischen Problemen oder offenen Fragen. Evaluation-Kits von verschiedenen Herstellern, Entwickler-Workshops und frei verfügbare Beispielcodes erleichtern zudem den Einstieg.

Für den Anwender ist der wichtigste Faktor die Interoperabilität und Kompatibilität von EtherCAT-Geräten verschiedener Hersteller. Daher ist jeder Gerätehersteller verpflichtet, vor der Markteinführung einen Konformitätstest durchzuführen. Dieser Test prüft das korrekte Verhalten eines Gerätes und hilft bereits während der Entwicklung Fehler in der Implementierung zu erkennen und zu beheben.



Die Hardware-Anforderungen an einen EtherCAT-Master sind denkbar einfach: Ein Standard-Ethernet-Port ist ausreichend. Damit ist EtherCAT die Ethernet-Lösung für harte Echtzeit-Anforderungen, die ohne spezielle Master-Hardware auskommt; der On-Board-Ethernet-Controller oder eine günstige Standard-Netzwerkkarte genügen.

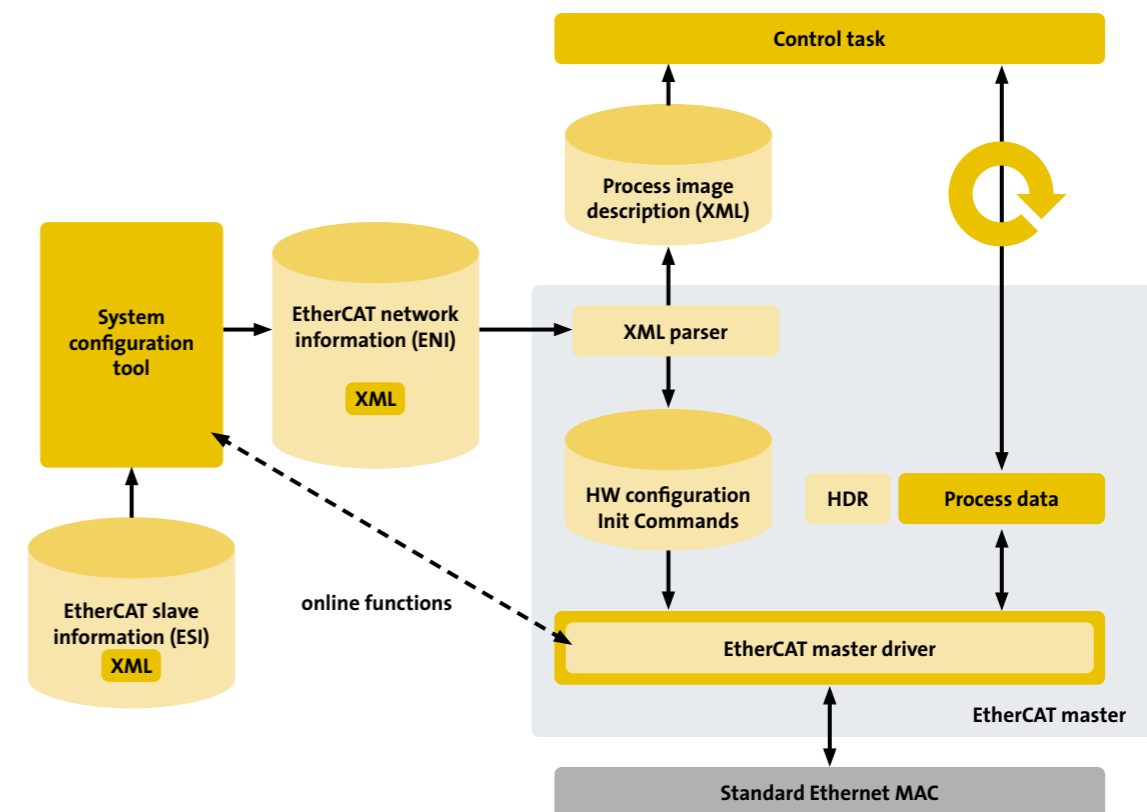
Die Anbindung dieser Ethernet-Controller erfolgt bei nahezu all diesen Interface-Lösungen per Direct Memory Access (DMA). Der Datentransfer zwischen Master und Netzwerk benötigt also keine CPU-Performance. Dabei ist das Prozessabbild bereits fertig sortiert, da das Mapping bei EtherCAT nicht im Master, sondern in den Netzwerkteilnehmern erfolgt. Die Peripheriegeräte fügen ihre Daten an die entsprechende Stelle im durchlaufenden Frame ein und lesen die für sie bestimmten Daten ebenfalls im Durchlauf.

Das bedeutet, die Leistungsanforderung der Master-CPU wird nicht durch die EtherCAT-Anschaltung bestimmt, sondern durch die gewünschte Master-Applikation. Speziell für die kleine und mittlere Steuerungstechnik und für klar umrissene Anwendungen ist die Implementierung eines EtherCAT-Masters sehr einfach. Auf einer Vielzahl von Betriebssystemen wurden bereits EtherCAT-Master implementiert: Windows und Linux in verschiedenen Ausprägungen, QNX, RTX, VxWorks, INtime und eCos sind nur einige Beispiele.

Zur Entwicklungsunterstützung einer Master-Implementierung stellen ETG-Mitglieder eine ganze Bandbreite an Möglichkeiten bereit: von frei verfügbaren EtherCAT-Master-Bibliotheken zum Download über Master Sample Codes bis hin zu kompletten Paketen inkl. Dienstleistungen für unterschiedliche Echtzeit-Betriebssysteme und Prozessoren.

Der EtherCAT-Master benötigt zum Betrieb des Netzwerks neben dem zyklischen Frame-Aufbau noch die Hochlaufkommandos für jedes Feldgerät. Diese Kommandos können mit Hilfe eines EtherCAT-Konfigurationstools in eine Netzwerkbeschreibungdatei (ENI; EtherCAT Network Information) exportiert werden. Hierzu verwendet das Konfigurationstool die Gerätebeschreibungdateien (ESI; EtherCAT Slave Information) der angeschlossenen Geräte.

Der Umfang der verfügbaren Master-Implementierung und der unterstützten Funktionen variiert je nach Zielapplikation. Optionale Funktionen werden unterstützt oder bewusst weggelassen, um die Hardware- und Software-Ressourcen zu optimieren. Die ETG.1500 EtherCAT-Master-Classes-Spezifikation definiert daher zwei Klassen von Master-Geräten: Ein Class-A-Master ist ein Standard-EtherCAT-Master, ein Class-B-Master einer mit reduziertem Funktionsumfang. Class B wird nur empfohlen, wenn die verfügbaren Ressourcen Class A nicht zulassen, zum Beispiel in einem Embedded-System. Notwendige und empfohlene Funktionen werden dementsprechend für die beiden Klassen aus Sicht des Endanwenders zugeordnet.

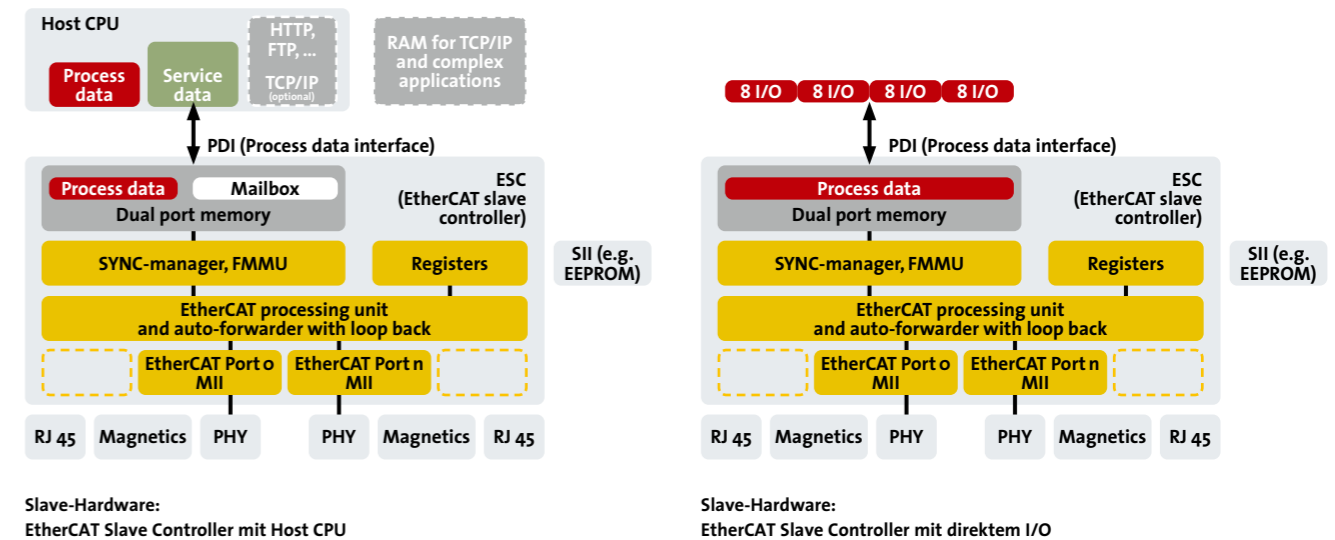


Typische EtherCAT-Master-Architektur

Im angeschlossenen Feldgerät kommt ein kostengünstiger EtherCAT Slave Controller (ESC) als ASIC, FPGA oder integriert in einem Standard-Microcontroller zum Einsatz. Für einfache Geräte ist nicht einmal ein zusätzlicher Microcontroller erforderlich. Die Prozessein- und -ausgänge können direkt an den ESC angeschlossen werden. Bei komplexeren Geräten ist die Kommunikations-Performance bei EtherCAT nahezu unabhängig von der Leistungsfähigkeit des verwendeten Microcontrollers. In den meisten Fällen ist ein 8-Bit-Microcontroller ausreichend.

EtherCAT Slave Controller sind von mehreren Herstellern verfügbar. Je nach Ausprägung variiert die Größe des internen DPRAM sowie die Anzahl der FMMUs und SyncManager. Unterschiedliche Prozessdatenschnittstellen (PDI) für den externen Zugriff des Applikationscontrollers auf den Anwendungsspeicher stehen zur Verfügung:

- Die 32-Bit-Parallel-I/O-Schnittstelle eignet sich für den Anschluss von bis zu 32 digitalen Ein- und Ausgängen, aber auch für einfache Sensoren oder Aktoren, die mit 32 Datenbits auskommen und keinen Applikationscontroller benötigen.
- Das SPI (Serial Peripheral Interface) ist speziell für Geräte mit kleiner Prozessdatenmenge gedacht, wie z. B. analoge I/O-Module, Geber, Encoder oder auch einfache Antriebe.
- Das parallele 8/16-Bit-Microcontroller-Interface entspricht herkömmlichen Schnittstellen bei Feldbus-Controllern mit integriertem DPRAM. Es eignet sich besonders für komplexere Teilnehmer mit größerem Datenaufkommen.
- Für die Varianten wie FPGA und System-on-Chip (SoC) sind passende synchrone Busse für die verschiedenen Microcontroller implementiert.

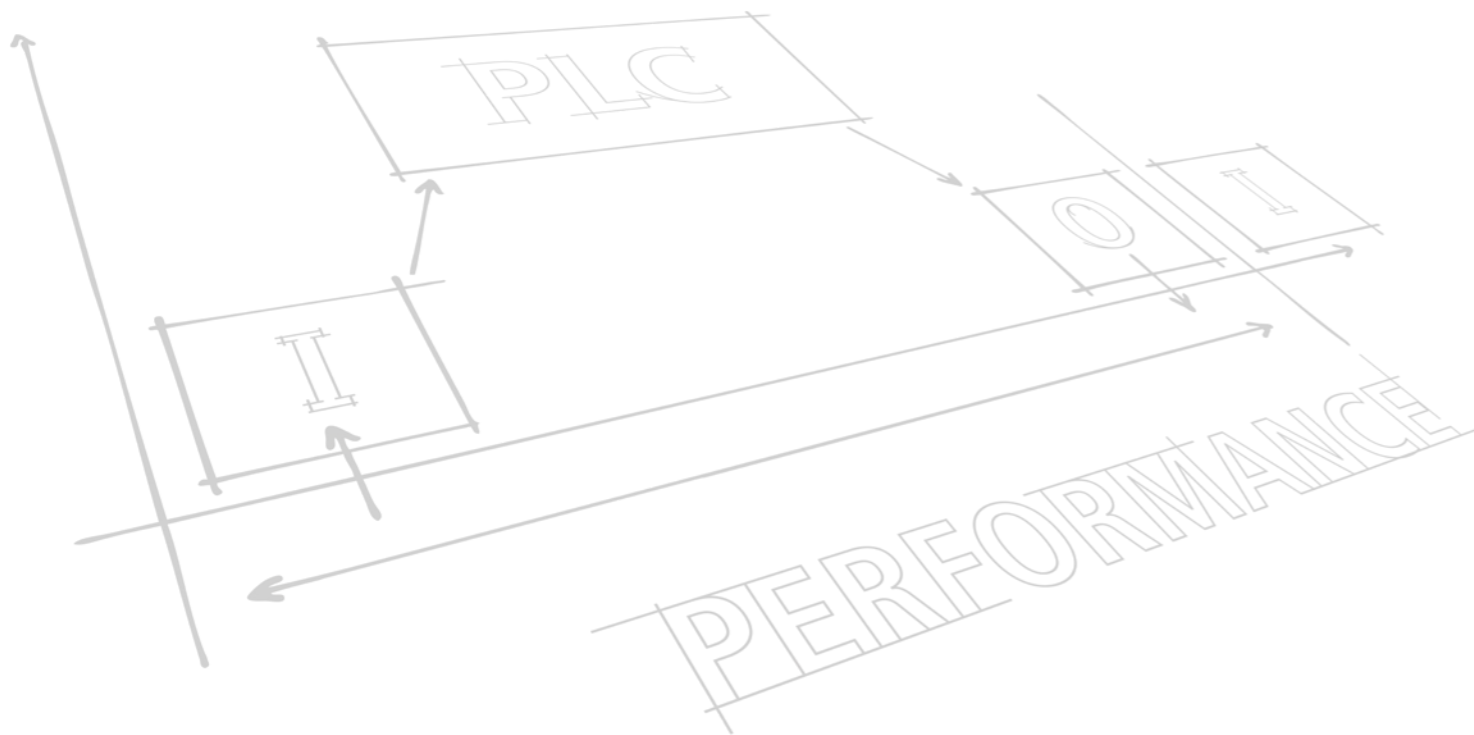


In einem nichtflüchtigen Speicherbaustein (z. B. EEPROM) werden Informationen über die Hardware-Konfiguration der PDI-Schnittstelle abgelegt. Zudem werden in diesem SII (Slave Information Interface) die zentralen Geräteeigenschaften abgelegt, sodass ein EtherCAT-Master auch ohne vorhandene Gerätebeschreibungsdatei das Gerät betreiben kann. Die vollständige Beschreibung der Geräteeigenschaften wird in der Gerätebeschreibungsdatei mitgeliefert. Diese XML-Datei enthält unter anderem Möglichkeiten des Prozessdaten-Mappings, unterstützte Mailbox-Protokolle inkl. der optionalen Features sowie die unterstützten Synchronisierungsmodi. Ein Netzwerk-Konfigurationstool nutzt diese Informationen zur (Offline-)Konfiguration des Netzwerks.

Zur Unterstützung einer Slave-Implementierung werden verschiedene Evaluation-Kits von den Herstellern angeboten. Der Umfang umfasst auch Anwendungssoftware im Source-Code; Test-Master sind teilweise enthalten. Somit kann in wenigen Schritten ein voll funktionsfähiges Master-Slave-EtherCAT-Netzwerk in Betrieb genommen werden.

Der ETG.2200 Slave Implementation Guide gibt wertvolle Tipps und Hinweise auf weiterführende Dokumente zur Geräteimplementierung:

[www.ethercat.org/etg2200](http://www.ethercat.org/etg2200)





Konformität und Interoperabilität sind sehr entscheidende Faktoren für den Erfolg einer Kommunikationstechnologie. Daher wird in der EtherCAT Technology Group ein Hauptaugenmerk auf dieses Thema gelegt. Ausgehend von der notwendigen Konformitätsprüfung jeder Geräteimplementierung mit Hilfe eines automatischen Konformitätstesttools bietet die ETG viele weitere Aktivitäten zur Verbesserung der Interoperabilität zwischen EtherCAT-Mastern, EtherCAT-Slaves und den EtherCAT-Konfigurationstools an.

## EtherCAT Plug Fest

Ein sehr pragmatischer Ansatz, um die Interoperabilität der Geräte untereinander zu testen, ist, diese in einem Netzwerk zusammenzuschließen. Hierfür lädt die ETG mehrmals jährlich zu EtherCAT Plug Fests ein. Zu diesen in der Regel zweitägigen Events treffen sich Master- und Slave-Anbieter, um das gegenseitige Verhalten der Geräte zu testen und die einfache Handhabung im Feld zu verbessern. Tipps und Tricks zur EtherCAT-Technologie werden ausgetauscht und offene Fragen können mit den Experten der ETG geklärt werden. Die ETG organisiert diese Entwicklertreffen regelmäßig in Europa, Nordamerika und in Asien.

## EtherCAT Conformance Test Tool

Das EtherCAT Conformance Test Tool (CTT) ermöglicht die automatische Überprüfung des Verhaltens eines EtherCAT-Slave-Geräts.

Das CTT ist eine Windows-Applikation, die als Hardware-Schnittstelle lediglich einen Standard-Ethernet-Port benötigt. Über diesen Port werden EtherCAT-Frames an das Device under Test (DuT) versendet und die Antworten empfangen. Die Antworten werden dann mit einem erwarteten Ergebnis verglichen und der Test-Case damit als gültig oder ungültig gewertet. Die Test-Cases inklusive der erwarteten Antwort werden in Form von XML-Dateien beschrieben. Dadurch ist es möglich, die Test-Cases zu erweitern, ohne das Tool selbst anpassen zu müssen. Die Spezifikation der aktuell gültigen Test-Cases erfolgt durch die Technical Working Group Conformance.

Neben den reinen Protokolltests wird vom CTT auch das EtherCAT Slave Information File (ESI) auf gültige Werte überprüft. Zudem gibt es gerätespezifische Protokolltests, beispielsweise für das CiA 402 Antriebsprofil.

Alle Testschritte und die Testergebnisse werden in einem Test-Logger gespeichert und können anschließend näher analysiert werden oder zur Ablage und zum Nachweis für die Gerätefreigabe dienen.

Das Conformance Test Tool wird kontinuierlich gepflegt und mit neuen Testfällen erweitert. Für einen Gerätehersteller ist es wichtig, stets die aktuelle Version des Tools zur Freigabe seiner Geräte zu nutzen – das Tool wird daher in Form eines Abonnements angeboten. Die Nutzung des Conformance Test Tools bereits während der Entwicklungsphase ist hilfreich, um frühzeitig Fehler in der Schnittstellenimplementierung zu entdecken.

## Technical Working Group Conformance

Die EtherCAT Conformance Test Policy verlangt von jedem Gerätehersteller, dass das Gerät mit der gültigen Version des EtherCAT Conformance Test Tools getestet werden muss. Dieser Test kann in-house beim Gerätehersteller erfolgen.

Das Technical Committee (TC) der ETG hat eine Technical Working Group (TWG) Conformance etabliert, die die Testprozedur und die Testinhalte für die Umsetzung im Conformance Test Tool festlegt. Die TWG Conformance arbeitet kontinuierlich an der Erweiterung der Tests und der Testtiefe.

Darüber hinaus steht dank der TWG Conformance auch die Spezifikation eines Interoperabilitätstests zur Verfügung.

## EtherCAT Test Center

Die ETG hat offizielle EtherCAT Test Center (ETC) in Europa, Asien und Nordamerika akkreditiert. Diese führen offizielle EtherCAT Conformance Tests durch. Dieser EtherCAT Conformance Test beinhaltet die Durchführung der automatischen Tests mit Hilfe des CTT, Interoperabilitätstests in einem Netzwerk und zusätzliche Tests bezüglich der Anzeigen und der Beschriftung des Geräts sowie der EtherCAT-Schnittstellen. Gerätehersteller sind aufgefordert aber nicht verpflichtet, ihre Geräte in einem ETC testen zu lassen. Wenn der Test im ETC erfolgreich durchgeführt wurde, bekommt der Hersteller ein EtherCAT-Conformance-Tested-Zertifikat. Dieses Zertifikat kann nicht durch In-house-Tests beim Gerätehersteller selbst erlangt werden.

Der zusätzliche Test in einem unabhängigen EtherCAT Test Center erhöht noch einmal die Kompatibilität und die einheitliche Bedienung und Diagnose der EtherCAT-Implementierungen. Endanwender sollten daher bei ihren Geräteherstellern nach einem EtherCAT-Conformance-Tested-Zertifikat fragen und dieses in die Geräteauswahl einbeziehen.

Neben dem EtherCAT Conformance Test gibt es zudem einen Konformitätstest, der speziell für Geräte mit Safety-Schnittstelle entwickelt wurde und für die Hersteller von FSoE-Geräten gemäß der FSoE Policy verpflichtend ist. Der Test wird von einer anerkannten Prüfstelle, in Deutschland dem TÜV Süd Rail, durchgeführt und liefert den Nachweis für die zuverlässige und standardkonforme Implementierung des Safety-over-EtherCAT-Protokolls.

Weitere Informationen zur Konformität und Zertifizierung sind auf der EtherCAT-Webseite verfügbar: [www.ethercat.org/conformance](http://www.ethercat.org/conformance)

EtherCAT

# www.ethercat.org

Auf der Webseite der ETG finden Sie alles rund um EtherCAT, kommende Veranstaltungen, die neuesten Produkte, alle Mitglieder in der Übersicht sowie Informationen zu Themenschwerpunkten wie sichere Datenkommunikation oder Konformität von EtherCAT-Geräten. Sie können sich über die Vorteile einer kostenlosen Mitgliedschaft informieren und Präsentationen, Presseartikel und Publikationen unter [www.ethercat.org/downloads](http://www.ethercat.org/downloads) herunterladen.

## EtherCAT Product Guide

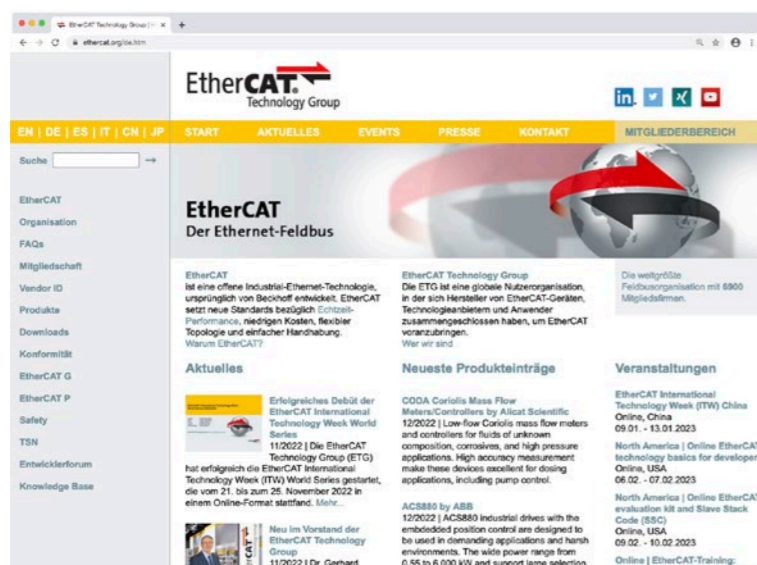
Der EtherCAT Product Guide findet sich online unter [www.ethercat.org/products](http://www.ethercat.org/products). Dieses Verzeichnis listet eine Auswahl an EtherCAT-Produkten und -Dienstleistungen nach Angabe der ETG-Mitglieder. Bei Fragen wenden Sie sich bitte direkt an den Hersteller: Die EtherCAT Technology Group vertreibt selbst keine Produkte.

## Event Section

Die Event Section beinhaltet alle weltweiten Veranstaltungen der ETG sowie diejenigen, welche in Zusammenarbeit mit dem Verband organisiert werden. Im Veranstaltungskalender unter [www.ethercat.org/events](http://www.ethercat.org/events) finden sich u. a. die Termine der technischen Arbeitsgruppen, Messebeteiligungen, EtherCAT-Workshops und Industrial-Ethernet-Seminare.

## Member Area

Als ETG-Mitglied haben Sie Zugriff auf den geschützten Bereich der Webseite unter [www.ethercat.org/memberarea](http://www.ethercat.org/memberarea), welcher unter anderem alle EtherCAT-Spezifikationen, ein Entwicklerforum und eine Knowledge Base mit allen notwendigen Informationen zum Entwickeln, Konfigurieren und zur Diagnose von EtherCAT-Geräten und -Netzwerken enthält.



# ETG weltweit



## Kontakt

**ETG Zentrale**  
Ostendstraße 196  
90482 Nürnberg Germany  
Telefon: + 49 (911) 5 40 56 20  
E-Mail: [info@ethercat.org](mailto:info@ethercat.org)

**ETG Büro Nordamerika**  
San Jose, CA, USA  
Telefon: +1 (877) ETHERCAT  
E-Mail: [info.na@ethercat.org](mailto:info.na@ethercat.org)

**ETG Büro China**  
Beijing, P. R. China  
Telefon: + 86 (10) 8220 0090  
E-Mail: [info@ethercat.org.cn](mailto:info@ethercat.org.cn)

**ETG Büro Japan**  
Yokohama, Japan  
Telefon: + 81 (45) 650 1610  
E-Mail: [info.jp@ethercat.org](mailto:info.jp@ethercat.org)

**ETG Büro Korea**  
Seoul, Korea  
Telefon: +82 (0)2 2107 3242  
E-Mail: [info.kr@ethercat.org](mailto:info.kr@ethercat.org)



EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, are registered trademarks and patented technologies, licensed by Beckhoff Automation GmbH, Germany. Other designations used in this publication may be trademarks whose use by third parties for their own purposes could violate the rights of the owners.