

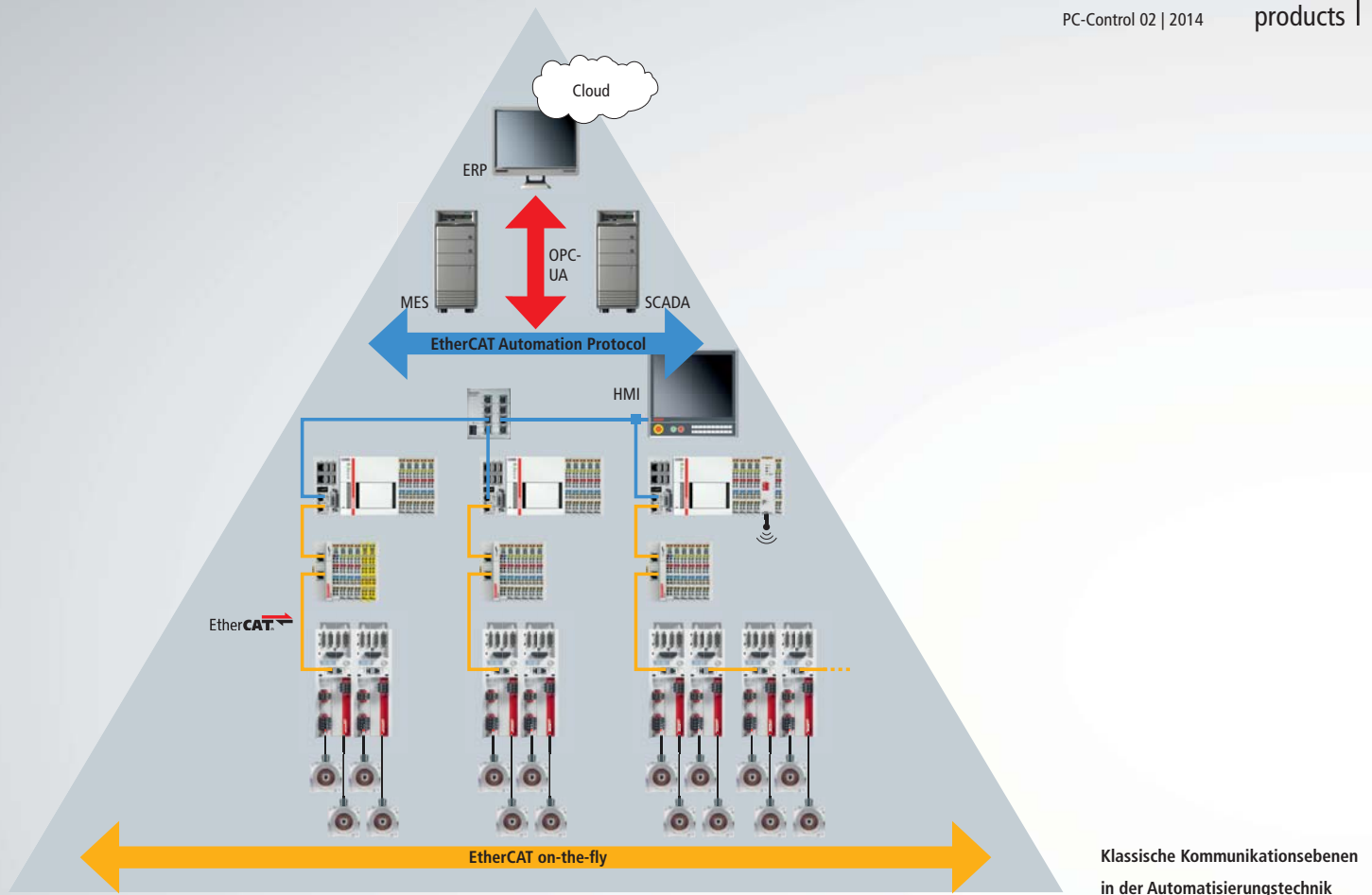


# Flexible Netzwerkarchitekturen mit EtherCAT

Zur Steuerung und Verwaltung von Produktionsaufträgen werden in den Anlagen Systeme aus unterschiedlichen Fachgebieten zusammengeschlossen. Dies erfordert Kommunikationssysteme, die für die diversitären Anforderungen, von der Sensor-/Aktor-Kommunikation bis hinauf zur Produktionsleitebene, geeignet sind. Beckhoff setzt hierfür in seinem Steuerungssystem auf offene Technologien: EtherCAT für die Feld- und Prozessleitebene und OPC UA zur vertikalen Anbindung. Die Anforderungen eines durchgängigen Informationsaustauschs vom Sensor bis in die Managementebene und weiter bis in die Cloud, wie sie heute beispielsweise in den Arbeitskreisen der Industrie-4.0-Verbände diskutiert werden, erfüllt Beckhoff daher bereits seit vielen Jahren.



Autor: Dr. Guido Beckmann,  
Technologie-Marketing, Beckhoff



Klassische Kommunikationsebenen  
in der Automatisierungstechnik

Innerhalb von Maschinen(-modulen) steht der Austausch von I/O-Daten für Sensoren und Aktoren einschließlich Antrieben im Fokus; es werden in der Regel harte Echtzeitanforderungen, Synchronisierung sowie kurze Zykluszeiten benötigt, um die Applikation präzise und möglichst schnell umsetzen zu können. Die horizontale Kommunikation zwischen Maschinen und Produktionsaggregaten unterliegt ebenfalls Echtzeit-Bedingungen – die Zykluszeiten können von ca. 100 ms bis weit darunter liegen, wenn z. B. im Takt zur Produktion kommuniziert werden soll. Die vertikale Kommunikation dient der Ankopplung eines Produktionsaggregats oder einer Linie an ein übergeordnetes Managementsystem, etwa zur Produktionssteuerung (ERP). Zeitliche Anforderungen sind hier sehr viel weicher und liegen im Bereich einiger Sekunden bis Millisekunden. Allerdings müssen eine Reihe weiterer Aspekte auf dieser Ebene beachtet werden: so z. B. Security, Authentifizierung, Alarming, Trending, historische Daten, dienstbasierende Kommunikation etc.

Das Protokoll OPC-UA der herstellerübergreifenden OPC Foundation hat sich über die Jahre zu einer breit akzeptierten Protokollfamilie entwickelt, soweit keine harten Echtzeitanforderungen bestehen. Insofern kann das Protokoll OPC-UA, in Verbindung mit bestehenden modernen Feldbussystemen, als vielseitiges Bindeglied zwischen der MES-Ebene in Unternehmen und der Produktion Verwendung finden. Beckhoff hat die Relevanz von OPC-UA frühzeitig erkannt und auf der ersten Developer-Konferenz im Jahr 2006 eine Steuerung als OPC-UA-Prototypen gezeigt und sammelt mit dieser Technologie bereits seit 2008 Erfahrung im Feld. Jede Beckhoff-Steuerung kann heute mit einer OPC-Server- und auch -Client-Funktionalität ausgestattet werden.

Müssen jedoch harte Echtzeitanforderungen erfüllt werden, eignet sich besonders das offene EtherCAT-Protokoll, das im Jahr 2003 von dem Unternehmen Beckhoff

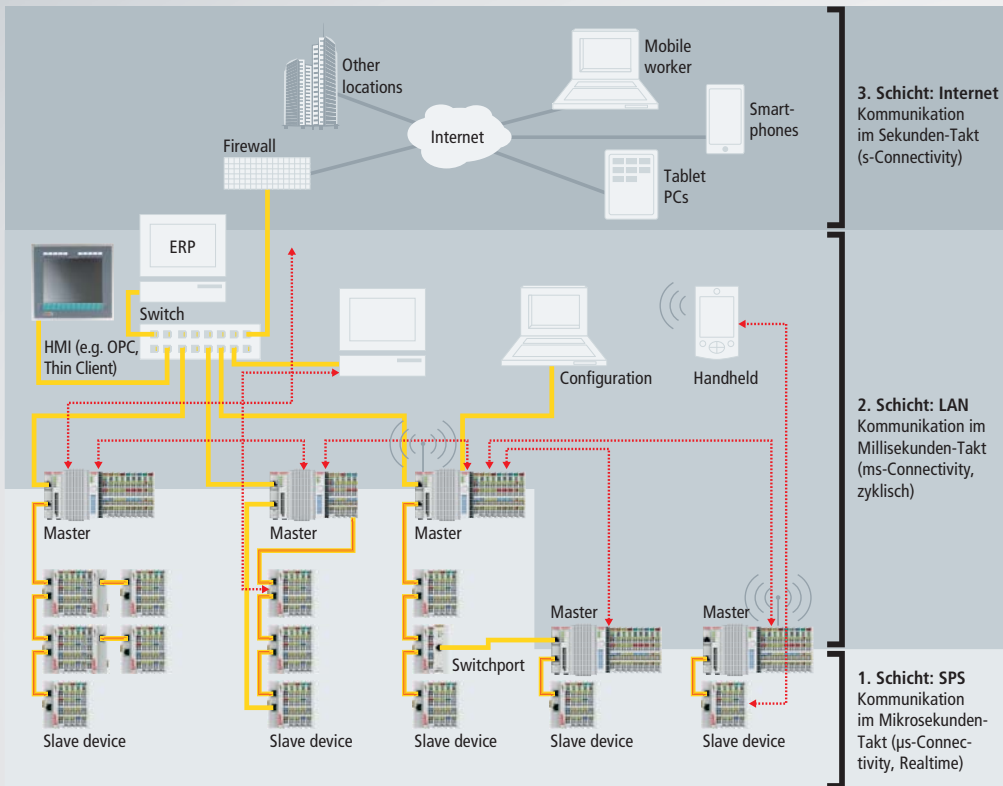
vorgelegt wurde und das seitdem von der EtherCAT Technology Group (ETG) gepflegt wird. Das Produktspektrum umfasst bei Beckhoff heute mehr als 250 verschiedene Geräte mit EtherCAT-Schnittstelle; nicht gezählt sind dabei alle PC-basierten Steuerungen mit einem Ethernet-Port, die durch die Automatisierungssoftware TwinCAT als EtherCAT-Master eingesetzt werden können.

Auf der Feldebene wird das bekannte EtherCAT Device Protocol – häufig und auch im Folgenden einfach als EtherCAT-Protokoll bezeichnet – für die I/O-Kommunikation innerhalb einer Maschine oder eines Maschinenteils genutzt. Besondere Eigenschaften sind unter anderem die hochgenaue Deterministik mit sehr geringen Zykluszeiten (bis  $<100 \mu\text{s}$ ), präzise Synchronisierung für Antriebs- und Messtechnik-Anwendungen sowie niedrige Anschaltkosten zur Nutzung der Technologie bis in die I/O-Ebene. Die Anforderungen an Protokolle auf der Steuerungs- und Produktionsleitebene werden vom EtherCAT Automation Protocol (EAP) erfüllt, welches damit die horizontale und vertikale Integration von EtherCAT im Gesamtsystem stärkt.

### EtherCAT-Topologievielfalt

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 möglich, bei nahezu beliebiger Knotenanzahl.

Für die Systemverdrahtung ist besonders die Kombination aus Linie und Abzweigen oder Stichleitungen von Vorteil: Die hierfür benötigten Abzweigports sind auf den Buskopplern, z. B. EK1100, direkt integriert. Kostengünstige Industrial-Ethernet-Kabel können für den 100BASE-TX-Mode mit einer Länge von 100 m zwischen-



Durchgängige EtherCAT-Kommunikation

zwei Teilnehmern verwendet werden; für längere Strecken kommen Lichtleiter zum Einsatz. 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  $<15 \mu\text{s}$  gewährleisten dabei eine stoßfreie Umschaltung. Der Beckhoff-EtherCAT-Master unterstützt die Hot-Connect-Funktion für Gerätegruppen oder auch Einzelgeräte – der Anwender kann durch einfache Konfiguration diese Funktionalität auswählen.

Für Leitungsredundanz wird die Linie zum Ring ergänzt. Auf TwinCAT-Masterseite ist neben der Softwareaktivierung lediglich ein zweiter Ethernet-Port erforderlich; Slave-Geräte unterstützen dies ohnehin.

Natürlich unterstützt EtherCAT auch die Internet-Technologien: Mit dem Ethernet over EtherCAT (EoE)-Protokoll kann beliebiger Ethernet-Datenverkehr im EtherCAT-Segment transportiert werden. Standard-Ethernet-Geräte werden innerhalb des EtherCAT-Segments via sogenannter Switchport-Klemmen, z. B. der EL6614, angeschlossen und die Ethernet-Frames per EoE getunnelt. Das Switchport-Gerät sorgt für das „Eintakten“ von TCP/IP-Fragmenten in den EtherCAT-Verkehr und vermeidet dadurch, dass die Echtzeit im Netzwerk beeinflusst wird.

TwinCAT als EtherCAT-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.

### Integration anderer Bussysteme

Flexibilität in der Netzwerkarchitektur besteht bei EtherCAT auch nach unten in die I/O-Ebene. Durch die zur Verfügung stehende Bandbreite ist es möglich, klassische Feldbusanschlüsse 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.

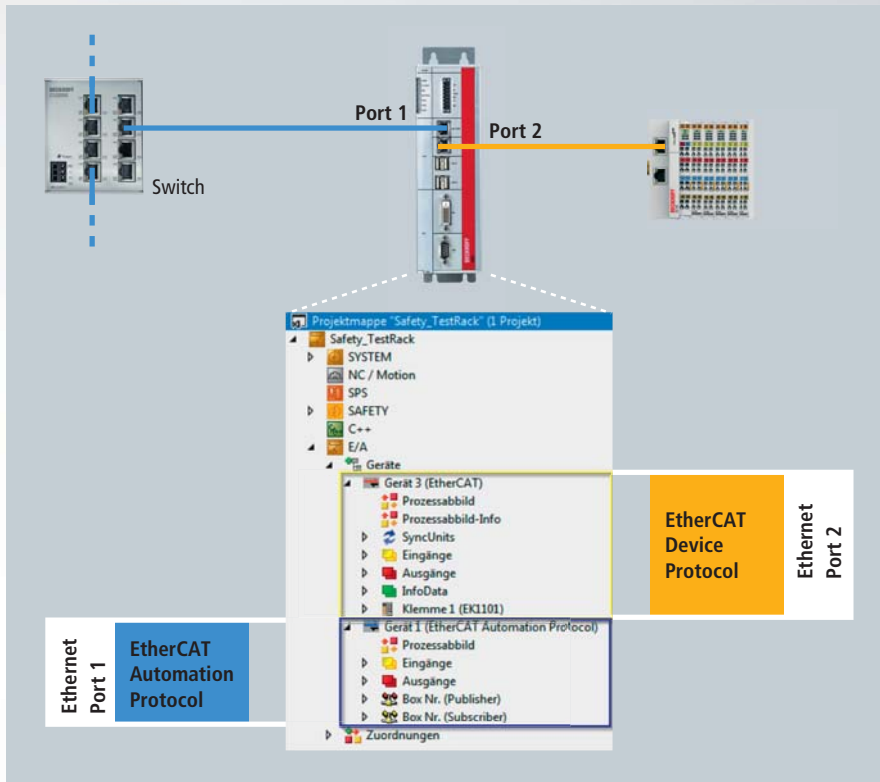
Die Kompakt-Industrie-PC- und Embedded-PC-Lösungen von Beckhoff basieren auf dieser Integration, da der Platz für Erweiterungskarten nicht mehr bereitgestellt werden muss: Über einen einzigen Ethernet-Port im PC können neben den dezentralen I/Os, Achsen und Bediengeräten auch komplexe Systeme wie Feldbus-Master/Slaves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

### Anlagenweite Kommunikation mit dem EtherCAT

#### Automation Protocol

Das EtherCAT Automation Protocol (EAP) definiert Schnittstellen und Dienste zum gleichberechtigten Austausch von Informationen zwischen Steuerungen (Master-Master-Kommunikation) oder zur Anbindung an einen zentralen Leitrechner.

Die zyklische EAP-Kommunikation kann direkt in den Nutzdaten eines Ethernet-Telegramms übertragen werden, ohne ein zusätzliches Transport- oder Sicherungsprotokoll. Dadurch können mit dem EAP Daten sehr effizient und ohne großen Protokoll-Overhead ausgetauscht werden – auch im Millisekundentakt.



Schnittstellenkonfiguration im TwinCAT System Manager

Wenn ein Routing der Daten innerhalb einer verteilten Anlage gefordert ist, kann der EtherCAT-Frame auch per UDP/IP übertragen werden. Azyklische Konfigurationsdaten können zudem per TCP/IP übertragen werden. Im Header des EtherCAT-Frames ist der genaue Protokolltyp spezifiziert.

Das EtherCAT Automation Protocol nutzt eine klassische Ethernet-Infrastruktur und kann somit über beliebige Ethernet-Medien, auch über Funk, übertragen werden.

Der zyklische Datenaustausch erfolgt nach dem „Pushed“- oder „Polled“-Prinzip. Im „Pushed“-Betrieb sendet jeder Kommunikationsteilnehmer (Publisher) seine Daten zyklisch oder in einem Vielfachen des eigenen Zyklus. Im Empfänger (Subscriber) kann konfiguriert werden, von welchem Sender welche Daten empfangen werden sollen. Die Konfiguration der Sender- und Empfängerdaten erfolgt, wie bei EtherCAT gewohnt, über ein Objektverzeichnis und ein Prozessdaten-Mapping.

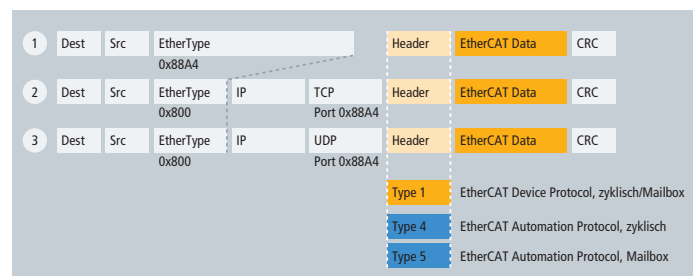
Die Protokolle des EAP wurden schon 2002 mit der Steuerungskommunikation RT-Ethernet in der Beckhoff-TwinCAT-Software eingeführt und seitdem von Kunden tausendfach in Anlagen zum Einsatz gebracht. Die offene EAP-Spezifikation ist die kompatible Erweiterung dieses Konzepts, um eine anlagenweite Konfiguration der Maschine-Maschine-Kommunikation weiter zu vereinfachen und auch Geräte anderer Hersteller einbinden zu können.

Im Engineering des TwinCAT-Systems wird das EtherCAT Automation Protocol als I/O-Gerät konfiguriert. Als Hardwareschnittstelle dient ein Standard-Ethernet-Port, der vom EAP-Kernelmode-Treiber echtzeitfähig an die Steuerung angebunden ist. Die Ein- und Ausgangsvariablen können, wie bei anderen I/O-Gerä-

ten, im Systemmanager verlinkt werden: z. B. mit einer SPS-Steuerungstask oder einer NC oder aber direkt auf andere I/O-Geräte, wie z. B. ein angeschlossenes EtherCAT-System.

Zur weiteren Vereinfachung kann zukünftig die gerätespezifische Konfiguration, mit Hilfe eines zentralen EAP-Konfigurationstools, auf eine anlagenweite Konfiguration erweitert werden. Der EAP-Konfigurator stellt die Kommunikationsbeziehungen aller Steuerungen dar, ermöglicht deren Konfiguration und lädt anschließend die EAP-Objektverzeichnisse der Einzelgeräte. Hierbei ist auch ein dynamisches Anlegen neuer Kommunikationsbeziehungen, inklusive der internen Verbindung zur Steuerungstask, vorgesehen.

EtherCAT erfüllt somit alle Anforderungen, die an heutige und auch zukünftige Steuerungskonzepte gestellt werden. Im Verbund mit einer vertikalen Kommunikation wie OPC-UA bietet es die Grundlage als Wegbereiter einer industriellen Revolution 4.0.



EtherCAT-Frametypen

weitere Infos unter:

[www.beckhoff.de/ethercat](http://www.beckhoff.de/ethercat)