

## Vom Feldbus zu EtherCAT: weshalb, wann und wie?

Dipl.-Ing. Martin Rostan, Beckhoff Industrie Elektronik

### From Fieldbus to EtherCAT: why, when and how?

*Fieldbus Technology seems to provide a number of advantages compared to Ethernet on the I/O Level: the technology well accepted and a large number of devices is available. But now high performance Ethernet Solutions like EtherCAT appear and challenge the Fieldbus systems. Do the additional features justify the step towards the new technology? The paper discusses the commonalities and differences of legacy Fieldbus systems and EtherCAT. A typical migration path is shown as well as the road map of the EtherCAT market introduction.*

*EtherCAT, Fieldbus, Industrial Ethernet, Echtzeit, Migrationsstrategie*

## 1 Einleitung

Die Feldbus-Technik scheint gegenüber Industrial Ethernet auf I/O Ebene einige strategische Vorteile zu bieten: die Technologie ist eingeführt und bewährt, erfahrene Mitarbeiter sind vorhanden, es steht eine große Auswahl von Geräten unterschiedlicher Anbieter zu akzeptablen Kosten zur Verfügung. Die Adressierung bei Feldbus-Systemen erfolgt in der Regel einfach und übersichtlich per Knotenadresse, der Austausch von Geräten im Feld ist meist problemlos, und auch die Performance der Feldbussysteme reicht für viele Applikationen aus.

Nun treten leistungsfähige Industrial Ethernet Lösungen wie EtherCAT auf und scheinen die Feldbussysteme in Frage zu stellen. Mit deutlich höherer Performance, der Verfügbarkeit der Internet Technologien bis auf die I/O-Ebene und vereinfachter vertikaler Integration soll der Umstieg schmackhaft gemacht werden. Doch wird diese Performance benötigt? Rechtfertigen die zusätzlichen Features bereits, die bewährte Technik zu verlassen und sich neuen Technologien zuzuwenden?

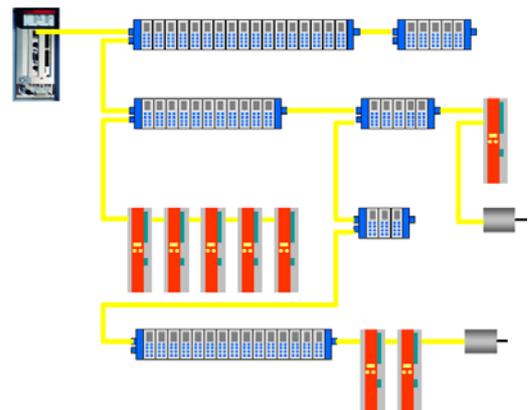


Bild 1: flexible Baumtopologie mit EtherCAT

## 2 Gemeinsames und Unterschiede

Zunächst sollen die Gemeinsamkeiten und die Unterschiede in der Anwendung von herkömmlichen Feldbussystemen und EtherCAT herausgearbeitet werden.

## 2.1 Installation und Verdrahtung

### 2.1.1 Topologie

Die meisten Feldbussysteme verwenden die Linientopologie (z.B. Profibus, DeviceNet, CANopen). Je nach Baudrate sind auch Stichleitungen begrenzter Länge möglich. So erlauben DeviceNet / CANopen bei 500 KBit/s Stichleitungen bis 6 m Länge (kumulierte Stichleitungslänge hier: 30m), während bei 12 MBit/s Profibus keine Stichleitungen zulässig sind. Die verdrahtungstechnisch sehr vorteilhafte baumförmige Topologie wird bei den Feldbussen bislang nur bei niedrigen Baudraten unterstützt. Als Beispiel sei hier AS-Interface genannt.

Herkömmliches Ethernet (100BaseTx) setzt auf die sternförmige Verdrahtung mit Switches und/oder Hubs als Sternkoppler. Durch „Reihenschaltung“ (Kaskadierung) der Switches lassen sich zwar eine begrenzte Anzahl von Teilnehmern in Linie anordnen, dies wird aber durch kumulierte Laufzeitverzögerung erkauft. EtherCAT unterstützt dagegen sowohl die Linienstruktur als die baumförmige Topologie mit beliebig vielen Teilnehmern und Abzweigen auch auf Ethernet 100BaseTx (siehe Bild 1).

### 2.1.2 Netzwerkausdehnung

Die Gesamtausdehnung des Netzwerks hängt bei den Feldbussen meist von der Baudrate ab - als Beispiel seien die RS485 basierten Systeme wie Profibus oder auch die CAN basierten Systeme genannt. Zusätzliche Teilnehmer erhöhen hier die Netzwerklänge nicht, da alle Teilnehmer parallel am gleichen Netzwerksegment angeschlossen sind. Durch Repeater lassen sich physikalische Netzwerksegmente zwar koppeln, dennoch bleibt die Ausdehnung beschränkt. Bei EtherCAT ist jeder Teilnehmer gleichzeitig Repeater – das Signal wird in jedem Knoten neu generiert. Damit wird nicht nur das Weiterleiten von Störungen vermieden, sondern auch die Netzwerkausdehnung maximiert. Bei 100m zwischen zwei Knoten und maximal 65535 Knoten sind hier kaum praktische Grenzen gesetzt.

### 2.1.3 Verkabelung und EMV

Die meisten Feldbussysteme verwenden verdrehte geschirmte Zweidrahtleitung in Kombination mit D-Sub Steckverbindern (im IP20 Bereich). Feldbus-Steckverbinder im Feld zu konfektionieren ist nicht nur relativ aufwändig und damit teuer, sondern wegen der damit verbundenen Fehlerquellen auch eine der gängigsten Ursachen für Busstörungen. EtherCAT nutzt Standard Ethernet Leitungen, die sehr preiswert in unterschiedlichen Längen vorkonfektioniert angeboten werden. Der RJ45 Steckverbinder hat sich dabei als überraschend industrietauglich herausgestellt. Der Stecker kann durch PG-Verschraubungen durchgeführt werden und ist mit geeignetem Werkzeug auch leicht im Feld aufzukrimpen. Für Anwendungen mit erweiterten Anforderungen stehen abgedichtete RJ45 Varianten und M12 Steckverbinder zur Verfügung. Da bei EtherCAT auf Switches und Hubs verzichtet werden kann, entfällt auch deren Installation, Spannungsversorgung und ggf. Konfiguration.

Aus EMV-Gründen setzen einige Feldbussysteme auf Lichtwellenleiter. Auch für EtherCAT steht diese Variante auf der Entwicklungs-Roadmap. Allerdings hat sich herausgestellt, dass 100 MBit Ethernet generell deutlich robuster gegen EMV Einflüsse ist als die Feldbussysteme bei wesentlich niedrigeren Baudraten. Dies hat vor allem

zwei Gründe: Zum einen generiert jeder Teilnehmer das Signal neu, damit breiten sich Störungen nicht über das gesamte Netzwerk aus. Zum anderen ist die Manchester-Codierung des Signals, bei dem Flanken statt Pegel ausgewertet werden, weniger anfällig auf Störungen. In den ersten EtherCAT Serienanwendungen konnte daher auf den Einsatz separater Kabelkanäle verzichtet werden – im Gegensatz zu herkömmlichen Feldbussystemen.

## 2.2 Performance

### 2.2.1 Zykluszeit

Mit EtherCAT werden neue Dimensionen in der Netzwerk-Performance erreicht. Dank ASIC oder FPGA in den Slaves und DMA Zugriff auf den Ethernet Controller im Master erfolgt die gesamte Protokollbearbeitung in Hardware und ist damit unabhängig von der Laufzeit von Protokollstacks, von CPU Performance oder Software-Implementierung. Die Update Zeit für 1000 E/As beträgt nur 30  $\mu$ s. Mit einem einzigen Ethernet-Frame können bis zu 1486 Bytes Prozessdaten ausgetauscht werden – das entspricht fast 12000 digitalen Ein- und Ausgängen. Für die Übertragung dieser Datenmenge werden dabei nur 300  $\mu$ s benötigt. Für die Kommunikation mit 100 Servoachsen werden nur 100  $\mu$ s benötigt. In dieser Zeit werden alle Achsen mit Sollwerten und Steuerdaten versehen und melden ihre Ist-Position und Status.

Die Zykluszeiten der klassischen Feldbussysteme entsprechen in etwa der Zykluszeit aktueller Steuerungen. Auf den ersten Blick scheint damit ausreichend Netzwerkperformance zur Verfügung zu stehen. Wozu soll man schließlich Ein- und Ausgangsdaten schneller lesen bzw. schreiben als die Steuerung die Daten verarbeiten kann? Auch wenn man von PC basierten Steuerungen und deren Leistungsfähigkeit absieht, ist dieser Ansatz ein wenig zu kurz gegriffen, wie im Folgenden anhand der Reaktionszeit aufgezeigt wird:

### 2.2.2 Reaktionszeit

Bei einer Reaktionszeitbetrachtung muss berücksichtigt werden, dass typische Feldbusimplementierungen aus mehreren unterlagerten zyklischen Prozessen bestehen.

Zunächst zur Slave-Seite: Auf dem E/A Knoten oder im Antrieb arbeitet eine Firmware (bei modularen Systemen auch in Verbindung mit einem lokalen Erweiterungsbus), die Prozessdaten von den Sensor-schnittstellen zur Feldbus-ankopplung transportiert. Der Feldbus selbst läuft

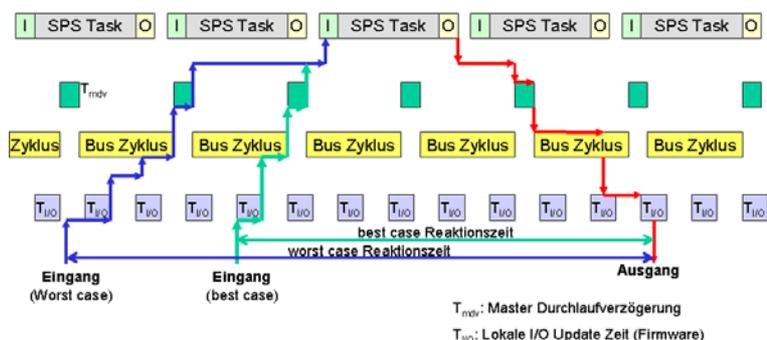


Bild 2: Reaktionszeit mit freilaufendem Bussystem

meist ebenfalls zyklisch, und zwar in der Regel asynchron zum Firmwarezyklus des Feldbusknotens. Das gleiche Bild gibt es im Master: eine zyklisch laufende Steue-

rungstask mit unterlagertem, zyklischen Feldbusmaster – freilaufend und entkoppelt durch einen gemeinsamen Speicherbereich (DPRAM).

Untersucht wird nun die Reaktionszeit auf ein beliebiges Eingangssignal (siehe Bild 2). Im worst case Fall tritt dieses gerade auf, nachdem der lokale E/A Zyklus die Eingänge abgefragt hat. Nun muss zunächst ein lokaler Firmware-Zyklus abgewartet werden, bis die Firmware des dezentralen E/A Knotens Kenntnis vom Eintreten des Ereignisses hat. Sie kann diese Information aber erst beim nächsten Abfragen der Eingangsdaten durch den Feldbus mitteilen – im worst case muss darauf einen ganzen Feldbus-Zyklus lang gewartet werden.

Nach Abschluss des Feldbus-Zyklus befindet sich die Eingangsinformation nun im Feldbus-Master, also in der Anschaltbaugruppe der Steuerung. Der Master kopiert die Daten ins DPRAM der Steuerung und gibt das DPRAM wieder frei – benötigt wird hierfür die Master-Durchlaufverzögerung. Bei einem freilaufenden System hat nun im worst case die Steuerung gerade bereits mit der Steuerungstask begonnen, wenn die Master-Baugruppe das DPRAM freigibt – die Eingangsdaten werden von dieser Task nicht mehr erreicht. Es dauert nun also eine komplette Steuerungstask, bis die Eingangsdaten schließlich von der Steuerung wahrgenommen und verarbeitet werden. Es muss nun im worst case davon ausgegangen werden, dass auch der Weg zu den Ausgängen unglücklich verläuft: der Start des nächsten Master-Zyklus wird von der SPS-Task gerade verpasst, sodass ein Feldbus-Zyklus abgewartet werden muss. Nun werden die Ausgangs-Daten übertragen und verpassen gerade den lokalen E/A Zyklus.

Wie aus der Grafik ersichtlich, summiert sich die Reaktionszeit bei einem solchen System bei unglücklichem Timing auf  $> 4$  Buszykluszeiten oder entsprechend viele Steuerungs-Task-Zeiten. Selbst der Jitter zwischen Idealfall und worst case – ein Maß für den Determinismus des betrachteten Systems – liegt im Bereich von 2 SPS Tasks. Das zeigt, dass der systemeigene Determinismus des gewählten Feldbusses in diesem Fall vernachlässigbar ist.

Wie sieht nun der vergleichbare Fall mit EtherCAT aus? Hier kann sowohl auf unterlagerte Erweiterungsbusse als auch auf Master-Baugruppen mit Kommunikationsprozessor und eigenem Firmwarezyklus verzichtet werden – das Ethernet Frame erreicht die E/A Schnittstellen direkt und nahezu verzögerungsfrei. Nachdem die Steuerungstask das Ausgangs-Prozessabbild erzeugt hat, übergibt sie dies samt EtherCAT-Header an den Ethernet Controller. Dieser sendet das Frame und erhält wenige  $\mu\text{s}$  später die Antwort mit aktuellen Eingangsdaten – viel schneller als bei Feldbussystemen, so schnell, dass die Steuerungstask auf das Ergebnis warten kann. Die Reaktionszeit sinkt nun auf ein bis maximal zwei Taskzyklen (Bild 3) – und damit auf den optimalen Wert, der auch mit lokal an der Steuerung angeschlossenen E/As nicht unterboten werden kann.

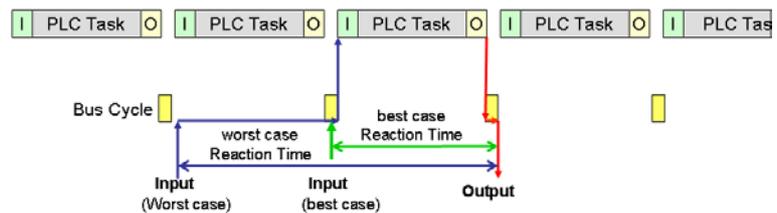


Bild 3: Reaktionszeit mit EtherCAT – keine Kaskadierung von zyklischen Systemen

Man sieht also, dass auch herkömmliche Steuerungen signifikant von einem wirklich schnellen, synchron arbeitenden Bussystem wie EtherCAT profitieren. Voraussetzung ist der Verzicht auf intelligente Master-Baugruppen und auf unterlagerte Erweiterungsbussysteme – beides wirkt sich natürlich auch günstig auf die Kosten aus.

### 2.2.3 Synchronisierung

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, wo mehrere Servo-Achsen gleichzeitig koordinierte Bewegungen ausführen.

Naturgemäß haben deshalb die dedizierten Antriebs-Bussysteme die besten Synchronisationseigenschaften unter den herkömmlichen Feldbussystemen. Bei Sercos beispielsweise wird jeder Zyklus durch ein Synchronisationstelegramm gestartet. Durch die Ringstruktur des Systems erhalten alle angeschlossenen Knoten dieses Telegramm nacheinander. Damit erreicht Sercos zwar Synchronität, aber keine Gleichzeitigkeit – schließlich gibt es einen zeitlichen Versatz zwischen den Teilnehmern.

Der leistungsfähigste Ansatz zur Synchronisierung mit Gleichzeitigkeit ist der exakte Abgleich verteilter Uhren – wie im neuen Standard IEEE 1588 beschrieben. Im Gegensatz zur vollsynchronen Kommunikation, deren Synchronisationsqualität bei Kommunikationsstörungen sofort leidet, verfügen verteilte abgeglichene Uhren zudem über ein hohes Maß an Toleranz gegenüber möglichen störungsbedingten Verzögerungen im Kommunikationssystem.

Bei EtherCAT basiert der Datenaustausch ja vollständig auf einer reinen Hardware-Maschine. Da die Kommunikation eine logische (und dank Vollduplex Fast Ethernet auch physikalische) Ringstruktur nutzt, kann die Mutter-Uhr den Laufzeitversatz zu den einzelnen Tochter-Uhren einfach und exakt ermitteln – und umgekehrt. Auf Basis dieses Wertes werden die verteilten Uhren nachgeführt, und es steht eine hochgenaue netzwerkweite Zeitbasis zur Verfügung, deren Jitter deutlich unter einer Mikrosekunde beträgt.

Hochauflösende verteilte Uhren dienen aber nicht nur der Synchronisierung, sondern können auch exakte Informationen zum lokalen Zeitpunkt der Datenerfassung liefern. Steuerungen berechnen beispielsweise häufig Geschwindigkeiten aus nacheinander gemessenen Positionen. Speziell bei sehr kurzen Abtastzeiten führt schon ein kleiner zeitlicher Jitter in der Wegerfassung zu großen Geschwindigkeitssprüngen. Konsequenterweise werden mit EtherCAT auch neue, erweiterte Timestamp-Datentypen eingeführt. Mit dem Messwert wird die lokale Zeit mit einer Auflösung von bis zu 10 ns verknüpft - die große Bandbreite von Ethernet macht das möglich. Damit hängt dann die Genauigkeit einer Geschwindigkeitsberechnung nicht mehr vom Jitter des Kommunikationssystems ab. Sie wird noch einmal um Größenordnungen besser als diejenige von Messverfahren, die auf Kommunikation mit niedrigem Jitter basieren.

## 2.3 Konfiguration

Die Konfiguration der Feldbussysteme umfasst in der Regel die Schritte

- 1) Einstellen der Knotenadresse auf den Slave-Geräten (außer bei den Systemen mit Ringstruktur)
- 2) Einstellen der Baudrate in Abhängigkeit von Netzwerkausdehnung, EMV-Gegebenheiten und Applikationsanforderung
- 3) Auswahl der elektronischen Gerätebeschreibungen (GSD, EDS) im Konfigurationstool, ggf. Auswahl und Einstellung der Prozessdaten-Kommunikationseigenschaften (z.B. zyklisches Polling, ereignisgesteuerte Kommunikation)
- 4) Zuordnen von physikalischem zu logischem Prozessabbild (Mapping)

Bei EtherCAT entfallen die ersten beiden Schritte, da die Knotenadresse automatisch vergeben wird und die Baudrate festliegt. Auch der dritte Schritt ist weitgehend automatisiert: Im Online-Modus ermöglicht das System die automatische Auswahl und Zuordnung der Gerätebeschreibungen, je nach Implementierung als auch vollständiger Upload aus dem Peripheriegerät selbst. Wird zunächst Offline konfiguriert, so dient diese Funktionalität zum automatischen Soll/Ist Vergleich beim Systemstart.

Die Knotenadresse ist dabei nicht an die physikalische Position im Netzwerk gekoppelt und kann auch bei nachträglichen Erweiterungen erhalten bleiben. Vermieden wird die Ethernet-typische Problematik des MAC-Adressen-Handlings.

Nicht nur die Knotenart und Version, sondern auch die Topologie kann eingelesen und mit der Sollkonfiguration verglichen werden. Damit werden Verkabelungsfehler auf einfache Weise erkannt.

## 2.4 Diagnose

Die Erfahrungen mit Feldbussystemen zeigen, dass die Verfügbarkeit und Inbetriebnahmezeiten entscheidend von der Diagnosefähigkeit abhängen. Nur eine schnell und präzise erkannte und eindeutig lokalisierbare Störung kann kurzfristig behoben werden. Deshalb wurde bei der Entwicklung des EtherCAT Systems besonderer Wert auf vorbildliche Diagnoseeigenschaften gelegt.

Bitfehler in der Übertragung werden durch die Auswertung der CRC-Prüfsumme zuverlässig erkannt: das 32 Bit CRC-Polynom weist eine minimale Hamming-Distanz von 4 auf. Neben der Bruchstellenerkennung und -lokalisierung erlauben Protokoll, Übertragungsphysik und Topologie des EtherCAT Systems eine individuelle Qualitätsüberwachung jeder einzelnen Übertragungsstrecke. Die automatische Auswertung der entsprechenden Fehlerzähler ermöglicht die exakte Lokalisierung kritischer Netzwerkabschnitte. Schleichende oder wechselnde Fehlerquellen wie EMV-Einflüsse, fehlerhafte Steckverbindungen oder Kabelschäden werden erkannt und lokalisiert, auch wenn sie die Selbstheilungsfähigkeit des Netzwerkes noch nicht überfordern.

## 2.5 Geräteprofile

Die Geräteprofile bilden die Schnittstelle, die der Anwender vom Feldbussystem hauptsächlich sieht – die eigentlichen Kommunikationsdienste sind meist versteckt

und stellen Prozess-, Parameter- und Diagnosedaten mit unterschiedlichen zeitlichen Randbedingungen zur Verfügung. Die Geräteprofile geben dabei vor, wie die Geräteparameter abgelegt sind, und definieren das Geräteverhalten. Es hat viele Jahre gedauert, die Feldbus-Geräteprofile zu entwickeln und im Markt zu etablieren.

Für EtherCAT werden deshalb nur dort eigene Geräteprofile entwickelt, wo keine geeigneten vorhanden sind. In den anderen Bereichen nutzt EtherCAT bewährte und eingeführte Profile – wie sie z.B. für CANopen, Profibus oder Sercos existieren. Diese Profildfamilien sind sehr umfangreich und reichen von E/A Geräten und Encodern über Antriebe bis hin zu Hydraulikventilen. Der CANopen Ansatz geht dabei auch über die reine Gerätesicht hinaus: in Applikationsprofilen sind die Kommunikationsschnittstellen ganzer mechatronischer Subsysteme spezifiziert.

EtherCAT bildet die Kommunikationsdienste so passend ab, dass selbst Teile einer ggfs. vorhandenen Protokollimplementierung wieder verwendet werden können, beginnend zunächst mit CANopen. Für Neuentwicklungen stehen zudem Funktionserweiterungen zur Verfügung, die der größeren Bandbreite von EtherCAT Rechnung tragen.

EtherCAT ist dabei nicht auf die CANopen Profile beschränkt, es können in Zukunft weitere Profile unterstützt werden. Bei Bedarf können auch entsprechende Schnittstellen zu anderen Standards bereitgestellt werden.

## 2.6 Internet Technologien

Geräte, die via Webserver ihre eigene Dokumentation oder gar ihr eigenes Konfigurationstool zur Verfügung stellen; der Zugang auf Diagnosedaten aus dem Intranet ohne Technologiebruch; den Drucker leicht und einfach ansteuern; mit dem Notebook ohne spezielle Schnittstelle direkt ins Automatisierungsnetz, – das sind die Technologien, die den Trend zu Ethernet auch auf den unteren Ebenen der Steuerungsarchitektur beflügeln. Hier müssen die Feldbussysteme passen.

EtherCAT unterstützt die Internet-Technologien intern ebenso wie extern. Beliebige Ethernetgeräte (z.B. das Notebook zur Konfiguration) können innerhalb des EtherCAT-Segments via Switchport angeschlossen werden. EtherCAT Geräte können zusätzlich über einen TCP/IP Stack verfügen und damit wie ein Standard Ethernet Teilnehmer auftreten. Der Master fungiert dabei wie ein Switch, der die Frames gemäß der Adressinformation zu den entsprechenden Teilnehmern weiterleitet. Statt physikalischen Ports werden lediglich die automatisch im Hochlauf vergebenen EtherCAT Adressen verwendet.

Entsprechend funktionieren auch die Switchports: beliebige Ethernet Geräte können angeschlossen werden, die Ethernet Frames werden durch das EtherCAT Protokoll getunnelt, wie es im Internet üblich ist (z.B. VPN, PPPoE (DSL) etc.). Das EtherCAT Netzwerk ist dabei für das Ethernet Gerät voll transparent, und die Echtzeiteigenschaften werden nicht beeinträchtigt. Die für diese Kommunikation zur Verfügung stehende Bandbreite ist in aller Regel deutlich größer als der Durchsatz der beteiligten Stacks und Webserver, so dass EtherCAT auch hier keinen Flaschenhals darstellt.

## 2.7 Master/Scanner

Feldbussysteme - und auch andere Echtzeit-Ethernet Ansätze – verlangen nach Master/Scanner Implementierungen mit eigenem Kommunikationsprozessor. Meist als Einsteckkarte ausgeführt, kümmert sich dieser Master eigenständig um die Kommunikation mit den Slaves und stellt das Prozessabbild im DPRAM der Steuerung zur Verfügung (was wegen der Beschränkungen der Steckkartentechnologie die CPU i.A. sehr „ausbremst“.). Wie oben bereits angesprochen, ist diese Architektur aus Performance-Gründen nicht optimal – vor allem, wenn der Buszyklus freilaufend betrieben wird.

Der EtherCAT Master kommt dagegen ohne dedizierten Kommunikationsprozessor aus – ein z.B. bereits auf dem Motherboard vorhandener Ethernet Controller genügt. Zudem erfolgt die Kommunikation zu handelsüblichen Ethernet Controllern per DMA und damit ohne Last für die CPU.

## 2.8 Kosten

Letzteres hat natürlich auch positive Auswirkungen auf die Kostensituation: der Master ist „nur“ Software. Auch auf der Infrastrukturseite realisiert EtherCAT Kostenvorteile – nicht nur gegenüber Switch- oder Hub-basierten Ethernet Ansätzen, sondern auch gegenüber den Feldbussen. Kabel und Steckverbinder werden in großen Mengeneinheiten gefertigt und sind entsprechend günstig. Die Kosten für die Kommunikationsanschaltung der EtherCAT Slave Geräte entsprechen in etwa denen der Feldbusgeräte – allerdings werden die intelligenten und entsprechend aufwändigen Gateways (Buskoppler) herkömmlicher Systeme durch einfache Pegelumsetzer ersetzt.

## 3. EtherCAT Roadmap

Die EtherCAT Entwicklung wurde 2001 begonnen – zunächst unter dem Arbeitstitel „Fast Lightbus“, denn EtherCAT verwendet Grundprinzipien des 1989 von Beckhoff eingeführten Lichtleiter-Bussystems. Zur HMI 2003 wurde EtherCAT dann vorgestellt, der Einsatz bei Pilotkunden begann im Juli 2003. EtherCAT-Komponenten auf FPGA Basis befinden sich bei ausgewählten Anwendern im Serieneinsatz. Mit der Gründung der EtherCAT Technology Group (ETG) im November 2003 begann die Phase der Offenlegung. Dieser Organisation gehören mittlerweile über 120 Mitgliedsfirmen aus der ganzen Welt an.

Die Grundlagenentwicklung von EtherCAT und die technische Erprobung wurden mittlerweile erfolgreich abgeschlossen. Während noch einige spezielle Protokoll-Features – zum Teil angeregt durch die Beiträge der ETG-Mitglieder – ergänzt werden, begann bereits die ASIC Entwicklung. Das ASIC wird die FPGA Implementierung ergänzen, aber nicht ersetzen. Es wird etwa zur HMI 2005 verfügbar sein. Zeitgleich wird an den Themen weitergearbeitet, die keine Funktionserweiterung des ASICs erfordern. Hierzu gehört die Safety-Thematik ebenso wie zusätzliche Lösungen zur Hochverfügbarkeit (Leitungsredundanz + Hot Swap). Masterredundanz und Hot Connect von Leitungssegmenten sind bereits möglich.

Zur SPS/IPC/Drives 2004 stellen eine Reihe von Herstellern EtherCAT Produkte vor: Antriebe, Encoder, E/A Baugruppen, Tools und Steuerungen auf unterschiedlichen Plattformen werden auf dem ETG Messestand gezeigt.

#### **4. Migration vom Feldbus zu EtherCAT**

Die vorgestellte Technologie kann ihre Vorteile nicht nur in reinen EtherCAT Netzwerken ausspielen. Naturgemäß sind nicht sofort alle Geräte mit EtherCAT Schnittstelle erhältlich, und die etablierten Feldbussysteme verlieren auch nicht Ihre Daseinsberechtigung. Deshalb wurde bei der Entwicklung von EtherCAT größten Wert auf Abwärtskompatibilität und Investitionsschutz gelegt.

So kann die gesamte Palette der bewährten Beckhoff Busklemmen – über 150 Standard- und zusätzlich 160 Sondervarianten – über EtherCAT Buskoppler sofort in EtherCAT Netzen zum Einsatz kommen. Das schließt auch die TwinSAFE Klemmen – E/As mit SIL 3 – ein, deren Markteinführung kurz bevor steht.

Verschiedenste Feldbusgeräte unterschiedlichster Protokolle und Hersteller können in EtherCAT Umgebungen ebenfalls eingebunden werden: klassisch im IPC vorgeordnete Schnittstellen werden in intelligente Schnittstellenklemmen am EtherCAT ausgelagert. Über einen einzigen Ethernet Port im PC können dann neben den dezentralen E/As, Achsen und Bediengeräten auch komplexe Systeme wie Feldbus-Master, schnelle serielle Schnittstellen, Gateways und andere Kommunikations-Interfaces angesprochen werden. So kann der Anwender die bestehenden Feldgeräte mit Feldbusanschluß direkt an EtherCAT-Feldbusmaster für Profibus, DeviceNET, etc. Anschließen und weiterhin nutzen. Der zentrale IPC wird kleiner und damit kostengünstiger, eine Ethernet-Schnittstelle genügt zur kompletten Kommunikation mit der Peripherie.

Auch die Verwendung der bekannten Geräteprofile erleichtert den Umstieg – die Anwenderschnittstelle verändert sich kaum.

Es gibt also einen stetigen Migrationspfad zu EtherCAT:

- Umstellen der schnellen Signale auf EtherCAT I/Os.
- Weniger zeitkritische Signale können vorerst in herkömmlicher Technologie verbleiben und über Buskoppler angeschlossen werden.
- Falls benötigt, werden Feldbus-Masterbaugruppen aus dem PC ausgelagert und dezentral an EtherCAT angeschlossen – bei gleicher Feldbus-Performance, gleicher Feldbus-Konfiguration, verbesserter Performance zum PC und reduzierten Kosten. Damit stehen alle gängigen Feldbuskomponenten weiterhin zur Verfügung.

#### **5. Zusammenfassung**

EtherCAT ist schneller, flexibler zu verdrahten, einfacher zu konfigurieren und kostengünstiger als herkömmliche Feldbussysteme. Das System ist erprobt und bewährt sich bereits in Serienapplikationen. Der Umstieg auf diese Technologie kann schrittweise erfolgen, bewährte Feldbuskomponenten können weiterhin eingesetzt werden.