



Das ultraschnelle, von Beckhoff entwickelte EtherCAT wird bereits seit 20 Jahren erfolgreich eingesetzt und hat sich längst als offener, weltweiter Standard für die Echtzeit-Ethernet-Kommunikation etabliert.

Hans Beckhoff (Mitte) und Martin Rostan (links) lassen die vergangenen 20 erfolgreichen EtherCAT-Jahre Revue passieren und geben ihre langjährigen Erfahrungen mit Johannes Beckhoff (rechts) auch an die nächste Generation weiter.



Interview mit Hans Beckhoff, Johannes Beckhoff und Martin Rostan zu 20 Jahre EtherCAT

## EtherCAT-Kommunikation seit zwei Jahrzehnten in der Praxis bewährt, kompatibel und offen

Die Erfolgsgeschichte von EtherCAT währt nun schon 20 Jahre! Das von Beckhoff entwickelte und zur Hannover 2003 erstmals vorgestellte Kommunikationssystem hat sich seither als hochleistungsfähiges Echtzeit-Ethernet in vielfältigsten Anwendungsbereichen bewährt, mit Kontinuität und technischer Weiterentwicklung im Markt durchgesetzt und als offener IEC-Standard etabliert. Hans Beckhoff und Martin Rostan beschreiben die wichtigsten Aspekte dieser spannenden Zeit. Johannes Beckhoff richtet als Vertreter der nächsten Führungsgeneration im Unternehmen den Blick auf die künftigen Anforderungen.

### Schon im Jahr 1989 hat Beckhoff mit dem Lightbus ein hochleistungsfähiges Bussystem vorgestellt. Was waren die Gründe, mit EtherCAT ein neues Kommunikationssystem zu entwickeln?

**Hans:** Beckhoff steht seit jeher für Hochleistungssteuerungen und dafür, die Leistungsgrenzen in der Automatisierung fortwährend zu erweitern. Grundlage ist das Prinzip der PC-basierten Steuerungstechnik, um die PC-Vorteile und insbesondere die hohe Rechenleistung direkt an der Maschine nutzen zu können. Für die Datenkommunikation haben wir das 1989 mit dem Lightbus hervorragend gelöst. Anfang der 2000er Jahre verfügten die PCs dann standardmäßig über Ethernet-Schnittstellen und es gab die ersten Prozessoren mit integrierten Ethernet-Interfaces. EtherCAT wurde entwickelt, um dieses neue informationstechnische Medium an der Maschine zu nutzen – ganz nach unserer Philosophie, die IT-Welt mit der Automatisierung zu verbinden. Dabei sind unsere umfangreichen Erfahrungen mit dem Lightbus, aber auch mit allen anderen Feldbussen wie CANopen und PROFIBUS in das Konzept eingeflossen. Das hat sicherlich zum großen Erfolg von EtherCAT beigetragen.

**Martin:** Ausgangspunkt war, dass der Lightbus und ebenso die anderen Feldbusse und ersten Industrial-Ethernet-Technologien mit der Leistungssteigerung der PCs nicht mehr mithalten konnten. Das führte damals zu sehr komplexen, weil dezentralen Steuerungsarchitekturen. PC-based Control steht hingegen in erster Linie für einen zentralen Steuerungsansatz und benötigt eine entsprechend performante Kommunikationstechnologie. Mit EtherCAT wurde diese Lücke geschlossen und somit der zuvor bestehende Flaschenhals in der Datenkommunikation eliminiert – was übrigens auch heute nach 20 Jahren noch gilt!

**Hans:** Richtig, mit Ethernet und der damit zur Verfügung stehenden 100-MBit/s-Datenrate konnte die Steuerungstechnik von einer zehnfach höheren Übertragungsgeschwindigkeit profitieren. Die damaligen RS485- und CAN-basierten Netzwerke funktionierten gut, waren aber in ihrer Bandbreite und Leistungsfähigkeit begrenzt.

## Die Experten



**Hans Beckhoff** ist Diplom-Physiker und geschäftsführender Inhaber von Beckhoff Automation. 1980 gründete er das Unternehmen im ostwestfälischen Verl und legte mit der Philosophie der PC-basierten Steuerungstechnik den Grundstein für den seitherigen wirtschaftlichen und technologischen Erfolg.



**Johannes Beckhoff** ist der Sohn von Hans und seit 2019 im Unternehmen Beckhoff Automation tätig. Der studierte Physiker (M.Sc.) arbeitet in der Grundlagenentwicklung und prägt in dieser Funktion schon heute die technologische Zukunft von PC-based Control mit.



**Martin Rostan** ist Diplom-Ingenieur und Senior VP Technology Marketing bei Beckhoff sowie Executive Director der EtherCAT Technology Group (ETG) in Nürnberg. Er ist bereits seit 25 Jahren bei Beckhoff Automation tätig und startete 1998 als erster Produktmanager des Unternehmens für Feldbusprodukte.

### Welche Ethernet-Aspekte waren bei der industriellen Umsetzung besonders zu beachten?

**Hans:** Das Ethernet-Protokoll ist für die Übertragung großer Datenmengen und langer Datentelegramme konzipiert und nicht für die im Maschinenumfeld üblichen kleinen Informationseinheiten, wie z.B. ein 1-Bit-Endschalterwert oder ein 16-Bit-Analogwert. Die Aufgabenstellung bestand also darin, eine Synthese zwischen der 100-MBit/s-Datenrate und diesem feingliedrigen 1- bis 16-Bit-Bereich der Automatisierungswelt zu finden. Und genau das ist uns mit EtherCAT in idealer Weise gelungen! Wir haben die hierfür notwendigen technischen Prinzipien neu erfunden sowie in das EtherCAT-Protokoll und in die EtherCAT-Hardware integriert.

**Martin:** Das Grundprinzip der Telegramm-Verarbeitung im Durchlauf haben wir vom Lightbus übernommen und die Datenkommunikation auf ein neues Level gehoben. Gleichzeitig wurde die neue und mittlerweile in der Automatisierungstechnik angekommene Ethernet-Technologie sinnvoll genutzt und damit der große Flaschenhals bei Ethernet für die Echtzeit-Kommunikation elegant umgangen. Eine große Rolle spielte hier die hohe Protokolleffizienz, d.h. das Ausnutzen von mehr als 90 % der verfügbaren Bandbreite. Wichtig war zudem, dass die Komplexität des Protokolls vollständig in der Hardware abgebildet und somit die EtherCAT-Implementierung für die Gerätehersteller deutlich vereinfacht wurde.

### Wie lassen sich die grundlegenden Vorteile von EtherCAT zusammenfassend beschreiben?

**Hans:** Zunächst handelt es sich bei den traditionellen RS485- und CAN-basierten Feldbussen um sogenannte Party-Line-Busse mit vielen Teilnehmern an einer einzigen Verbindung. Das erschwert deutlich die Netzwerkd Diagnose und Fehlersuche. EtherCAT hat daher die Punkt-zu-Punkt-Verbindung von Ethernet übernommen, sodass sich – eine wesentliche Eigenschaft – jede Übertragungsstrecke gut diagnostizieren lässt. Weiterhin haben wir schon recht früh beschlossen, mit einem Standard-Ethernet-Telegramm auszukommen und somit auf eine spezielle Kommunikationskarte im Master zu verzichten, was nach wie vor einen immensen Vorteil von EtherCAT darstellt. Ganz entscheidend ist die erwähnte Protokolleffizienz, dass also dem 64- bis 1.500-Byte-Ethernet-Telegramm im Durchlauf Daten entnommen oder hinzugefügt werden können. Nur so lässt sich die hohe Bandbreite konsequent und für die vielen kleinen Informationseinheiten der zahlreichen Automatisierungsgeräte – über 65.000 sind in einem Netzwerk möglich – in einem Telegramm nutzen.

**Martin:** Dieses Prinzip ergibt einen weiteren Vorteil: Die Steuerung kann das Prozessabbild im Datentelegramm schon genau passend zusammenstellen, da die Netzwerkteilnehmer ihre Daten an beliebigen Stellen einfügen oder entnehmen können. Daher entfallen die bei anderen Systemen erforderlichen, aufwändig zu implementierenden Bit-Operationen über eine Schnittstellenkarte. Durch den EtherCAT-Master wird die Steuerung hingegen in keiner Weise belastet, da ein komplett vorsortiertes Prozessabbild bereitsteht, das direkt verarbeitet werden kann. EtherCAT ist daher nicht nur in der eigentlichen Kommunikation mit sehr kurzen Zykluszeiten sehr schnell, sondern auch in allen vor- und nachgelagerten Prozessschritten.



Martin Rostan, Executive Director der ETG und Senior VP Technology Marketing bei Beckhoff:

„Das EtherCAT-Basisprotokoll ist stets gleichgeblieben und immer nur zu 100 % abwärtskompatibel erweitert worden.“



Hans Beckhoff, geschäftsführender Inhaber von Beckhoff:

„Die Fieldbus Memory Management Unit ist eine der wesentlichen Eigenschaften von EtherCAT und ermöglicht es, Daten im Durchlauf aus einem dezentralen Speicher zu entnehmen und wieder zurückzuschreiben.“

**Hans:** Stimmt. Und dieses Prinzip basiert auf der IT-Funktion der Memory Management Unit, die wir dafür zur Fieldbus Memory Management Unit (FMMU) weiterentwickelt haben. Die FMMU ist eine der wesentlichen Eigenschaften von EtherCAT und ermöglicht es, Daten im Durchlauf aus einem dezentralen Speicher zu entnehmen und wieder zurückzuschreiben, sodass man ein beliebiges Mapping zwischen den Daten im physikalischen Gerät und den Daten im durchlaufenden Telegramm durchführen kann. Außerdem lassen sich über

die FMMU sehr gut auch einzelne Tasks bzw. Prozesskerne abbilden und mit entsprechenden Zeitebenen definieren, was der modernen und Task-basierten Steuerungstechnik ideal entspricht. Eine weitere zentrale Eigenschaft von EtherCAT sind die Distributed Clocks, mit denen eine definierte und automatisch abgegliche Systemzeit für das Kommunikationssystem eingeführt wurde. Das ist entscheidend, da fortschrittliche Steuerungskonzepte fast immer Zeitscheiben-basiert sind und synchronisierte Abtastpunkte für die Daten und Signale benötigen. Ein solches Konzept der verteilten Uhren gab es bei den bisherigen Feldbussen nicht.

### Werden diese elementaren EtherCAT-Vorteile so auch im Markt wahrgenommen?

**Hans:** Auf jeden Fall. All diese Vorteile ergeben zusammen eine Technologie, die in sich logisch aufgebaut ist und von IngenieurInnen weltweit schnell verstanden und „geliebt“ wird. Dieser eher emotionale Aspekt ist sicherlich ebenfalls einer der Gründe, weshalb EtherCAT sich weltweit durchgesetzt hat.

**Johannes:** Dem kann ich nur zustimmen, auch wenn ich bei dieser frühen Entwicklung selbst nicht dabei war. EtherCAT ist in seinen Eigenschaften ein hochleistungsfähiges und dabei einfaches und logisches Protokoll. Ohne auf die anderen Systeme geblickt zu haben, hat sich für mich daher von Anfang an eher folgende Frage gestellt: EtherCAT ist eine optimale Lösung – wie sollte man Industrial Ethernet denn sonst umsetzen?

**Martin:** Wir haben damals den Satz geprägt „EtherCAT is the Engineer's Choice“! Und das trifft es gut: EtherCAT war und ist im Vergleich die überzeugendere Technologie und lässt sich daher auch immer sehr gut technologisch erklären.



## EtherCAT-Erfolg weltweit!

EtherCAT verdankt seinen weltweiten Erfolg als Industrial-Ethernet-System zwei Säulen: zum einen die überlegene und überzeugende Technologie und zum anderen deren Offenlegung im Rahmen der EtherCAT Technology Group. Folgende Zahlen der ETG belegen die große Akzeptanz von EtherCAT bei Chip-Anbietern, Geräteherstellern und Anwendern:

- über 7.000 ETG-Mitglieder aus 72 Ländern und nach wie vor jährlich weit mehr als 400 Neumitglieder
- ca. 3.500 registrierte EtherCAT-Gerätehersteller
- 12 EtherCAT-Chip-Anbieter mit insgesamt über 40 verschiedenen Chips
- über 230 Steuerungsanbieter mit EtherCAT als Systembus
- über 200 Motion-Control-Anbieter mit mehr als 1.000 Antriebsprodukten

### Wie wichtig war für Beckhoff die EtherCAT-Vorstellung auf der Hannover Messe 2003 und wie hat der Markt reagiert?

**Hans:** Das war für das Entwicklerteam, mit einer Kerngruppe aus sechs Experten, auf jeden Fall ein besonderes Ereignis, auf das alle stolz waren. Anhand einer großen, 4 m breiten Messe-Präsentationswand wurde das Prinzip prominent vorgestellt. Mithilfe von Oszilloskopen konnte zudem die Echtzeitfähigkeit demonstriert werden. Das ganze Prinzip war damit hervorragend dargestellt. Dementsprechend begeistert waren die Kunden. Und die Wegbegleiter aus den anderen Feldbusorganisationen sowie von anderen Steuerungsanbietern waren augenscheinlich beeindruckt – zumindest konnte ich das damals den stillen und manchmal sogar bleich gewordenen Gesichtern entnehmen.

**Martin:** Richtig, ich kann mich noch gut an einen Fall erinnern, als ein Marktbegeleiter tatsächlich aschfahl, mit offenem Mund und grublos unseren Messestand verlassen hat. Mehr Bestätigung ist wohl kaum möglich. Jeder, der das Funktionsprinzip verstanden hatte, war damals sofort davon begeistert und hat bestätigt, dass EtherCAT die beste Art der industriellen Ethernet-Nutzung darstellt.

### Wichtiger Faktor für den Erfolg von EtherCAT war die Offenlegung des Protokolls und die damit zusammenhängende Gründung der EtherCAT Technology Group (ETG) zur Messe SPS 2003. Welche Überlegungen haben damals zu dieser Öffnung gegenüber dem Markt geführt?

**Hans:** Die Gründung der ETG hat sicher ebenso viel wie die durchdachte Technologie zum Erfolg beigetragen. Die ETG wurde von Martin aufgebaut und ist heute eine selbstständige Organisation, welche die EtherCAT-Technologie weltweit bekannt gemacht hat. Ohne die ETG wäre EtherCAT wahrscheinlich eine spannende Technologie mit einigen Anhängern geblieben, hätte aber nie die heutige Verbreitung als weltweit akzeptierter Standard erreicht.

**Martin:** Beckhoff stand schon immer für Offenheit und unterstützte alle relevanten offenen Feldbustechnologien. Damals waren dies rund 20 verschiedene Kommunikationssysteme und auch branchenspezifische Varianten, für die es alle Experten bei Beckhoff gab. Die entsprechenden Erfahrungen sind daher nicht nur technologisch, sondern auch hinsichtlich der Vor- und Nachteile der jewei-

ligen Nutzerorganisationen in die ETG eingeflossen. Dazu gehört wiederum der Aspekt der Offenheit: Die ETG-Mitglieder schätzen sehr, wie die Entwicklung der EtherCAT-Technologie gemanagt wird – einerseits mit Beckhoff als Technologietreiber, andererseits aber auch durch das konsequente Berücksichtigen der Anforderungen aller Partner. Das Prinzip der offenen Feldbusorganisation hat sich hier klar bewährt. Nicht umsonst hat sich die ETG inzwischen mit über 7.000 Mitgliedern aus 72 Ländern zur mit Abstand größten Feldbusorganisation entwickelt – bei weltweiter Verbreitung u. a. mit über 40 % der Mitglieder aus Asien. Wir sind so gewachsen, dass die „nur 14 %“ unserer Mitglieder vom amerikanischen Kontinent uns zum größten amerikanischen Feldbusverband machen. Wichtig für die Anwenderorientiertheit von EtherCAT ist außerdem, dass von Beginn an nicht nur Gerätehersteller, sondern auch Endanwender beteiligt waren.

Johannes Beckhoff, Grundlagenentwicklung bei Beckhoff:

„Durch EtherCAT haben wir die Möglichkeit, die intelligenten Transportsysteme XTS und XPlanar zentral zu verwalten und zu programmieren, was deren Nutzung für den Anwender viel einfacher und komfortabler gestaltet.“

### EtherCAT feiert nun sein 20-jähriges Jubiläum, ist aber längst noch nicht alt geworden. Was macht es heute nach wie vor zur ersten Wahl als industrielles Kommunikationssystem?

**Hans:** In den letzten 20 Jahren hat sich die Technologie als so gut durchdacht herausgestellt, dass wir keine Änderungen am grundsätzlichen Protokoll durchführen mussten. Das ist ein wesentlicher Aspekt unseres Erfolgs. Hinzu kommt, dass wir die EtherCAT-Prinzipien auch in andere Anwendungsebenen eingebracht haben, beispielsweise mit dem EtherCAT Automation Protokoll (EAP) für die Steuerung-zu-Steuerung-Kommunikation. Weiterhin wurde die Erweiterung EtherCAT G eingeführt, als 1-GBit/s-Variante und auch als 10-GBit/s-Version. Das EtherCAT-Protokoll funktioniert also auch bei diesen rasant steigenden Geschwindigkeiten.

**Martin:** Es ist sogar ein Alleinstellungsmerkmal von EtherCAT, dass die Technologie an sich nie geändert werden musste. Das im Chip enthaltene Basisprotokoll ist stets gleichgeblieben und immer nur vollständig abwärtskompatibel erweitert worden. Gleiches gilt für Safety over EtherCAT, bei dem die Abwärtskompatibilität ebenfalls durchgängig gegeben ist. Und auch in EtherCAT G-Netzwerken können nach wie vor 100-MBit/s-Geräte eingebunden und betrieben werden. Dementsprechend funktioniert ein heutiges EtherCAT-Gerät auch in einer 20 Jahre alten Anlage, was für viele Anwender allein schon Grund genug ist für die Wahl dieses Feldbusses. Unsere Technologie stellt also auch in Zukunft keinen Flaschenhals in der Steuerungsarchitektur dar. Für die meisten Anwendungen wird dies mit 100 MBit/s weiterhin so bleiben, durch EtherCAT G besteht aber zudem ausreichend Potenzial um alle Highend-Anforderungen der nächsten 20 Jahre ohne Technologiebruch problemlos zu erfüllen.

**Johannes:** Hier stimme ich Martin zu, 100 MBit/s reichen für die meisten Anforderungen einer Maschine sogar für Zykluszeiten kleiner 1 ms aus. Mit EtherCAT G lassen sich dann extrem datenintensive Anwendungen realisieren, wie z. B. XPlanar oder Vision-Applikationen – mit mehreren kByte Daten in einem Sub-ms-Zyklus. So könnten wir ohne EtherCAT G kein wirklich großes XPlanar-System realisieren, vielleicht maximal 20 Kacheln. Eine GBit/s-Datenrate ermöglicht bereits über 100 Kacheln. Grundsätzlich gilt das auch für das

lineare Transportsystem XTS. Es funktioniert hervorragend mit einer Übertragungsrate von 100 MBit/s, wäre aber ohne das effiziente EtherCAT-Protokoll überhaupt nicht möglich, da auch hier mehrere kByte Daten bei sehr kurzen Zykluszeiten von 250 µs übertragen werden müssen. Andere Kommunikationssysteme können das nicht leisten und erfordern bei vergleichbaren Systemen eine aufwändige dezentrale Steuerungsarchitektur.

**Hans:** Und gerade unsere zentrale Steuerungsphilosophie ermöglicht erst, eine mathematisch-physikalische Modellbildung des gesamten Prozesses auf einer CPU zu rechnen. Genau in Analogie zum Menschen, dessen zentrales Gehirn alle Daten aus dem Körper über das zentrale Nervensystem erhält. Das in seinen Subroutinen modular strukturierte Gehirn berechnet dann effektiv z. B. die gewünschten Bewegungen. Unsere Automatisierungstechnik ist nach dem gleichen Prinzip aufgebaut und EtherCAT entspricht somit dem zentralen Nervensystem einer Maschine, das möglichst viele Peripheriedaten schnell in das zentrale Steuerungsmodell einfließen lässt. Der Erfolg von Beckhoff als Automatisierer hängt wesentlich damit zusammen, dass wir genau diesen Ansatz verfolgen – den „technologischen Dreisprung“ aus PC-Technik, EtherCAT und zentraler Steuerungsphilosophie.

### Welche Themen stehen aktuell und mittelfristig im Fokus der EtherCAT-Entwicklungen?

**Hans:** Als Ethernet-basiertes System werden EtherCAT und die EtherCAT-Produkte weiterhin den im Markt zur Verfügung stehenden Hardware-Layern folgen. Auch heute gibt es für RJ45, M8, Kunststoff- und faseroptische Lichtwellenleiter bereits ein breites Spektrum an Beckhoff-spezifischen Koppler-Ausführungen, das zukünftig um weitere marktrelevante physikalische Übertragungsarten erweitert werden wird. Ein wesentlicher Entwicklungsschritt ist zudem die Einführung unserer Hybrid-Technologie für die Einkabellösung. Hierfür haben wir EtherCAT P entwickelt, also die Integration von Daten und Power in einem 4-adrigen Standard-Ethernet-Kabel. Besonders spannend ist in diesen Zusammenhang unsere Serie an EtherCAT P-Hybridsteckverbindern in den Baugrößen B12, B17, B23 und B40, die zukünftig in einer IEC-Norm als Standard-Rundsteckverbinder für die dezentrale Automatisierung enthalten sein werden. Wir haben EtherCAT zunächst als Kommunikationsprotokoll begonnen und nutzen die komplette Hardwarephysik, die Ethernet bereitstellt. Zusätzlich wurden die für die Automatisierung notwendigen elektromechanischen Ergänzungen entwickelt, um das System maximal praktikabel zu gestalten. In diesem Zusammenhang ist EtherCAT P ein großer Schritt, ebenso wie die EtherCAT P-Steckverbinder-Serie.

**Martin:** Ein weiterer in der Automatisierung zunehmend wichtiger Aspekt ist das Thema Cyber Security. Hier bietet EtherCAT ebenfalls Vorteile, da es aufgrund seiner Architektur und seiner spezifischen Eigenschaften bereits systemimmanent alles mitbringt, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Und auch in diesem Fall kommt EtherCAT ohne eine neue Protokoll-Version, Hardware-Änderungen oder spezielle Maßnahmen aus.

Das Interview führte Stefan Ziegler, Editorial Management PR, Beckhoff Automation



weitere Infos unter:

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

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