

Konfigurations- und Diagnosemöglichkeit des EtherCAT-Masters

→ Eine der wesentlichen neuen Eigenschaften der TwinCAT Version 2.10 ist die umfassende Unterstützung von EtherCAT. Die Implementierung des EtherCAT-Masters in TwinCAT bietet ein einfach zu konfigurierendes und zu diagnostizierendes Automatisierungssystem für Standardanwendungen – bei Bedarf aber auch eine sehr flexible, manuelle Konfiguration für die optimale Anpassung des Kommunikationssystems an die jeweilige Applikation. Die Möglichkeiten der manuellen Konfiguration im TwinCAT System Manager, die internen Systemabläufe sowie die erweiterten Diagnoseeigenschaften werden im Weiteren erläutert.

EtherCAT und TwinCAT – die neue Steuerungsgeneration

In ihrer bald zehnjährigen Erfolgsgeschichte und vielen zigtausend Installationen unterstützt die Automatisierungssoftware TwinCAT die meisten Feldbusse und allgemeinen Kommunikationsmedien in einheitlicher und – den jeweiligen Randbedingungen angepasst – optimierter Weise. Neben den klassischen Feldbussen, wie PROFIBUS, CANopen, DeviceNet, SERCOS, Interbus sowie dem Lightbus, werden normale PC-Schnittstellen, wie USB und Ethernet, in unterschiedlichen Protokollvarianten und Echtzeitverhalten unterstützt. Speziell im Bereich Ethernet ermöglicht die TwinCAT-Implementierung, unterschiedliche Ethernet-Protokolle in voller Echtzeitfähigkeit zu betreiben.

EtherCAT ist als offenes, auf Ethernet basierendes Kommunikationssystem für einen breiten Einsatz im gesamten Automatisierungsumfeld konzipiert. Mit der extrem hohen Effizienz und den Synchronisationsqualitäten im Bereich weniger Nanosekunden ist EtherCAT ideal für schnelle, leistungsfähige Maschinensteuerungen geeignet. Aber auch weniger anspruchsvolle Applikationen profitieren, dank niedriger Anschaltkosten und flexibler Topologie sowie der Tatsache, dass der Master, als reine Softwarelösung, auf normalen Ethernet-Controllern basiert.

TwinCAT und EtherCAT zusammen bieten dem Anwender ein einfach zu konfigurierendes und zu diagnostizierendes Automatisierungssystem, das auch für komplexe Aufgabenstellungen bestens gerüstet ist. In Anwendungen, in denen diese Konfigurations-Flexibilität nicht notwendig ist, werden schon mit den Default-Einstellungen wesentlich bessere Ergebnisse erzielt als mit herkömmlichen Feldbussystemen (siehe Kastentext: „EtherCAT – einfach zu konfigurieren“). Zusätzlich kann das Kommunikationssystem durch die manuelle Konfiguration optimal an die Applikation angepasst werden.

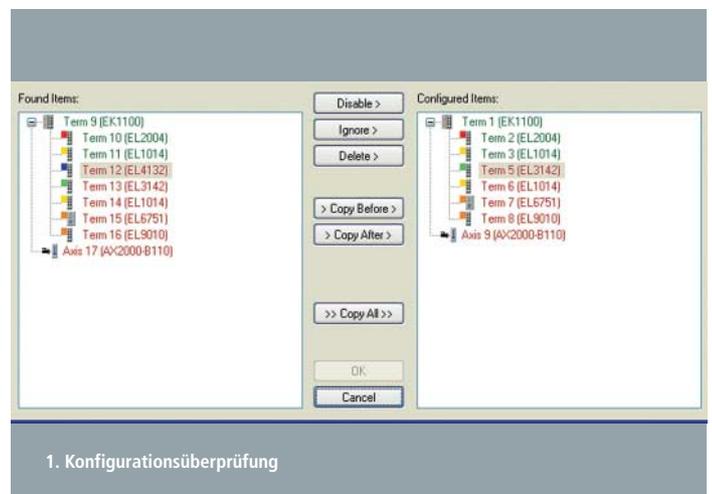
Bewährtes und Neues

Auf den ersten Blick wird ein EtherCAT-System in TwinCAT genauso einfach konfiguriert und administriert wie jedes andere Feldbussystem. Wird ein neues Master-Gerät eingefügt, bzw. automatisch gefunden, werden die Teilnehmer parametrisiert. Die Teilnehmer bringen Prozessdaten in Form von Variablen mit, die mit Variablen der Steuerungstasks (z. B. mit der SPS) verlinkt werden können. Alle Einstellungen bezüglich der Synchronität und Konsistenz der Daten werden dann

automatisch vom TwinCAT System Manager berechnet und verwaltet. Die EtherCAT-Unterstützung in TwinCAT bietet u. a. folgende neue Eigenschaften:

- | Konfigurationsüberprüfung
- | Trennung zwischen Prozessdaten- und Busdiagnose
- | automatische Teilnehmer- und Leitungsdiagnose
- | vollständige und gleichberechtigte Integration von Third-Party-Geräten

Die Konfigurationsüberprüfung erleichtert die Inbetriebnahme, indem die erstellte Konfiguration mit der physikalisch vorgefundenen verglichen wird. Unterschiede, die aufgrund von Verkabelungs- oder Konfigurationsfehlern auftreten, werden dargestellt und können entsprechend beseitigt werden (Bild 1).



Die klare Trennung zwischen Prozessdaten- und Busdiagnose vereinfacht die Entwicklung einer modularen Steuerungsapplikation. Hierzu wird, als Ergänzung zur bestehenden Feldbusunterstützung, der Begriff einer „Sync Unit“ eingeführt, die gemeinsam und synchron ausgetauschte Prozessdaten beschreibt. Während klassische Feldbusse teilnehmer- oder busübergreifend kommunizieren und entsprechend diagnostiziert werden, können bei EtherCAT beliebige Daten einzelner aber auch unterschiedlicher Teilnehmer zu Sync Units logisch zusammengefasst werden. Die Gruppierung von Daten erfolgt anhand der Modularität der Steuerungsapplikation und ist nicht der eher zufälligen Anordnung der I/O-Baugruppen unterworfen.

Zusätzlich erlauben Sync Units die Nutzung des Kommunikationssystems im Multi-Task-Betrieb, so dass mehrere Steuerungstasks, z. B. Motion Control und unterschiedlich schnelle SPS-Tasks, ihre Prozessdaten in eigenen Sync Units jeweils synchron austauschen. Hierbei werden nur diejenigen Daten in entsprechenden Ethernet-Telegrammen übertragen, die in den jeweiligen Tasks benötigt werden – die Busbelastung sinkt erheblich.

Sync Units für die modulare Steuerungsarchitektur

Ziel einer modular aufgebauten Steuerungsarchitektur ist es, jedes Modul möglichst unabhängig entwickeln und verwalten zu können. Ein Modul definiert u. a. einen bestimmten Satz an Prozessdaten, die synchron und konsistent mit der Peripherie ausgetauscht werden müssen – eine Sync Unit. Über welche konkreten I/O-Baugruppen die Daten ausgetauscht werden, sollte für das Modul transparent sein; nur die Gültigkeit der Daten ist entscheidend. Hierzu bringt jede Sync Unit eine zyklussynchrone Prozessdatendiagnose mit, die anzeigt, ob die gesamten Daten der Sync Unit gültig sind.

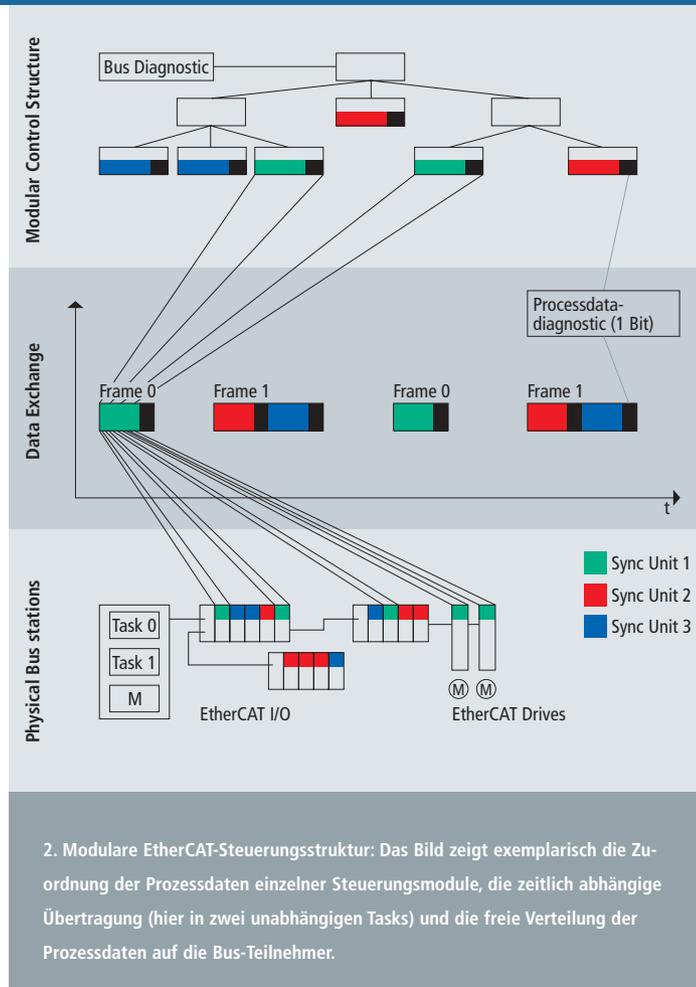
Sollten einzelne oder alle Sync Units ungültige Prozessdaten anzeigen, kann in einem separaten Teil der Steuerungsapplikation eine entsprechende Busdiagnose durchgeführt werden, die Aufschluss über die Ursache der Probleme gibt. Insbesondere für Applikationen, in denen Teile der Maschine weiterarbeiten, wenn andere ungeplant ausfallen oder geplant deaktiviert werden, erleichtern die Sync Units die Strukturierung der Steuerungsaufgabe.

Die mögliche Granularität der Sync Units wird von den EtherCAT-Teilnehmern bestimmt. Jeder Teilnehmer definiert eine oder mehrere Prozessdatenbereiche, die er synchron und konsistent austauschen kann. EtherCAT unterstützt eine breite Palette von Teilnehmern, von der zwei Bit digitalen Eingangsklemme bis zu Teilnehmern, die einen vollständigen, unterlagerten Feldbus integrieren (z. B. ein PROFIBUS-Master). Wie viele unabhängige Prozessdatenbereiche ein einzelner Teilnehmer unterstützt, hängt von seiner Implementierung und von den Ressourcen des EtherCAT Slave Controllers ab (Sync Manager und FMMU-Kanäle) (Bild 2).

Prozessdatendiagnose

Ein entscheidender Vorteil von EtherCAT ist, dass pro Teilnehmer kein zusätzlicher Overhead bei der Prozessdatenkommunikation entsteht. Die auszutauschende Sync Unit wird nur um die entsprechenden Nutzdaten des Teilnehmers erweitert. Hierzu werden alle beteiligten Datenbereiche der verschiedenen Teilnehmer einer Sync Unit in einen logischen Speicherbereich konfiguriert und mittels eines einzelnen EtherCAT-Kommandos ausgetauscht. Als effektives Diagnosemittel besitzt jedes EtherCAT-Kommando einen „Working Counter“, der automatisch von allen Teilnehmern inkrementiert wird, die das entsprechende Kommando bearbeiten. Dieser Zähler wird von der Steuerung in jedem Zyklus mit dem Erwartungswert verglichen und entscheidet, ob die Daten der Sync Unit gültig sind.

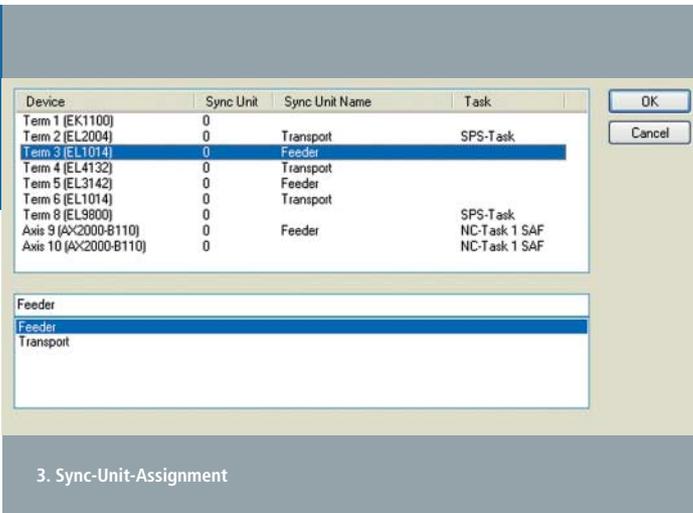
Sind beispielsweise 20 Teilnehmer zu einer Sync Unit zusammengefasst worden, dann muss der Working Counter, nach entsprechender Bearbeitung, von den Teilnehmern inkrementiert sein und dem Erwartungswert entsprechen. Tut er das nicht, werden die gesamten Prozessdaten dieser Sync Unit als ungültig betrachtet, da zyklussynchron nicht ermittelt wird, welche Teildaten gültig sind und welche nicht. Sind die Sync Units, entsprechend der Modularität der Applikation, geschickt gewählt, ist diese Information an dieser Stelle auch nicht notwendig. Im Gegenteil, diese rein boolesche und zyklussynchrone Information ist für das Mo-



dul viel allgemeiner zu verwalten als eine Flut unterschiedlicher, anlagenspezifischer Diagnosedaten. Das Ermitteln der Ursache für die eventuelle Störung ist dann Aufgabe der Busdiagnose und muss nicht zyklussynchron erfolgen.

Sync Units im TwinCAT System Manager

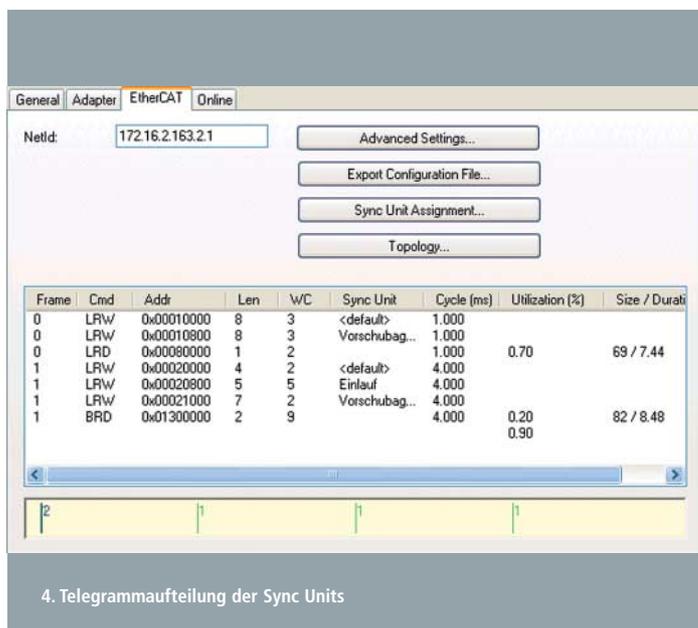
Der TwinCAT System Manager ist zuständig für die Verwaltung und Berechnung der Sync Units und der daraus resultierenden Kommunikationskonfiguration. Diese Berechnung wird weitgehend automatisch, anhand der sich durch die EtherCAT-Teilnehmerstruktur und die Variablenverknüpfungen ergebenden Randbedingungen, durchgeführt. Aktuell benötigt der System Manager Unterstützung bei der applikationsspezifischen Zuordnung der einzelnen Prozessdatenbereiche der EtherCAT-Teilnehmer zu Steuerungsmodulen. Hierzu werden die Prozessdatenbereiche mit frei definierbaren Namen markiert. Alle Prozessdatenbereiche der Teilnehmer, die den gleichen Namen tragen und im gleichen zeitlichen Zusammenhang (Tasks) ausgetauscht werden, sind in einer Sync Unit zusammengefasst. So erhalten z. B. alle Prozessdatenbereiche, die dem Steuerungsmodul



„Vorschubaggregat“ zugeordnet sind, auch diesen Namen. Das Steuerungsmodul muss sich nicht um die aktuelle physikalische Aufteilung der I/O-Teilnehmer kümmern, sondern bekommt jeweils zyklussynchron über ein Diagnosebit mitgeteilt, ob deren relevante Daten gültig sind (Bild 3).

Die Zuordnung der Sync-Unit-Namen kann entweder beim Teilnehmer direkt oder, wie im Bild gezeigt, in einer gemeinsamen Liste erfolgen. Zukünftige Erweiterungen des Sync-Unit-Konzeptes sehen vor, dass auch die Sync Units rein über Verknüpfungen zusammengestellt werden und die notwendigen Informationen, welche Daten zu einem Steuerungsmodul gehören, von der Quelle – z. B. dem SPS-Projekt – kommen. Die Sync Units werden dadurch zu einer zentralen Organisationseinheit der modularen Steuerungsarchitektur.

Aus der im Beispiel gezeigten Sync-Unit-Zuordnung werden vom System Manager die notwendigen Ethernet-Telegramme (pro Task mindestens ein Telegramm) und jeweils die zugehörigen Sync Units in einzelnen, eingebetteten EtherCAT-Kommandos erzeugt. Alle nicht explizit zugewiesenen Prozessdatenbereiche werden automatisch der namenlosen „Default“-Sync-Unit zugeordnet.



In der Tabelle, in Bild 4, sind die erzeugten Telegramme (Frame 0 und 1) und die darin eingebetteten EtherCAT-Kommandos dargestellt. Frame 0 ist hier der NC-Task zugeordnet und wird synchron mit dieser in 1 ms Zykluszeit ausgetauscht. Der Frame beinhaltet drei EtherCAT-Kommandos. Die ersten beiden sind für die Prozessdatenkommunikation zuständig und tauschen per logischem Read/Write-Kommando (LRW) die Daten der Default- und der Vorschubaggregat-Sync-Unit aus. Beide haben einen Erwartungswert für den Working Counter von 3 und in diesem Beispiel zufällig auch die gleiche Nutzdatenlänge von 8 Byte. Die Steuerung kann nun die beiden Sync Units unabhängig auf den jeweiligen Working Counters überwachen und ermitteln, ob die entsprechenden Daten korrekt ausgetauscht und gültig sind. Das dritte EtherCAT-Kommando wird für interne Zwecke generiert; es überprüft, welche Teilnehmer azyklisch über ihre Mailbox kommunizieren wollen.

Frame 1 ist der SPS-Task zugeordnet. Die ersten drei EtherCAT-Kommandos tauschen die Daten der Default-, Einlauf- und Vorschubaggregat-Sync-Unit aus, die jeweils synchron mit dem Zyklus der SPS-Task aktualisiert werden. Das vierte Kommando ist wiederum für interne Zwecke – es liest per Broadcast-Read (BRD) den Zustand der State-Machine aller Teilnehmer ein und wird zur automatischen Busdiagnose benötigt. Für die Prozessdatendiagnose steht, pro EtherCAT-Kommando und damit auch pro ausgetauschter Sync Unit, jeweils ein Bit zur Verfügung, das die Gültigkeit der Daten kennzeichnet.

Busdiagnose

Weitgehend unabhängig von der Prozessdatendiagnose liefert die Busdiagnose Aufschluss über den Status der einzelnen Teilnehmer und die Qualität der Kommunikationsverbindungen. Jeder EtherCAT-Teilnehmer beinhaltet eine einheitliche Statusmaschine, die den Kommunikationszustand des Teilnehmers anzeigt, bzw. über die dieser Zustand verändert werden kann.

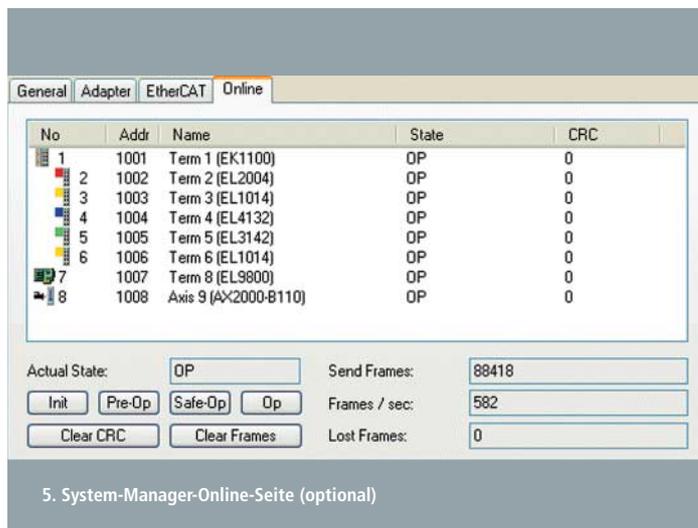
Normalerweise werden Statusübergänge vom Master veranlasst und vom Teilnehmer vollzogen. In Ausnahmefällen kann ein Teilnehmer von sich aus seinen Status verändern. TwinCAT überwacht die Zustände der Teilnehmer automatisch. Zusätzlich werden Fehlerzähler und Link-Informationen der einzelnen Teilnehmer bei Bedarf oder in regelmäßigen Abständen diagnostiziert. Die Fehlerzähler sind im EtherCAT Slave Controller integriert und geben Aufschluss über die Qualität jeder einzelnen Übertragungsstrecke. Da es bei EtherCAT nur Punkt-zu-Punkt-Verbindungen gibt und jede dieser Verbindungen über einen eigenen Fehlerzähler verfügt, ist eine genaue Lokalisierung problematischer Verbindungen möglich.

Die Zustands- und Diagnose-Informationen stehen der applikationsspezifischen Busdiagnose in der SPS sowohl per Prozessdaten-Mapping als auch azyklisch über ADS zur Verfügung (Bild 5).

Die nahezu frei wählbare Topologie bei der Verdrahtung von EtherCAT ist sicher ein weiteres Highlight des Systems, aus Sicht der Diagnose aber auch eine zusätzliche Fehlerquelle – insbesondere während der Inbetriebnahme. Auch hier liefert der EtherCAT Slave Controller ein geeignetes Diagnosemittel: die Auslesbar-

EtherCAT – einfach zu konfigurieren

keit der Verbindungszustände (Links) aller möglichen Anschluss-Ports. Abweichungen von der gewünschten Konfiguration werden erkannt und im Zustand des jeweiligen Teilnehmers angezeigt. Mit Kenntnis der Soll-Topologie kann so auch ein unvollständiges System, bei dem einige Teilnehmer fehlen, initialisiert werden. Die fehlenden Teilnehmer und auch die fehlenden Kommunikationsverbindungen sind über die Zustände der Teilnehmer erkennbar und können auch später, im laufenden Betrieb, aufgenommen werden.



5. System-Manager-Online-Seite (optional)

Fazit

Die EtherCAT-Unterstützung in TwinCAT beschränkt sich nicht auf die reine Nutzung des hoch performanten Kommunikationssystems. Die für die Erreichung der extrem hohen Nutzdatenrate logische Adressierung der Prozessdaten wird gleichzeitig genutzt, um eine teilnehmerunabhängige Strukturierung der Prozessdaten durchzuführen. Hierdurch lassen sich die Prozessdaten in den Sync Units gruppieren, wie sie in der Steuerungsapplikation benötigt werden und nicht so, wie sie aufgrund geografischer und elektrischer Randbedingungen verkabelt wurden. Dies ermöglicht die bus- und dadurch applikationsunabhängige Entwicklung von einzelnen Steuerungsmodulen.

Die Unterscheidung zwischen Prozessdaten- und Busdiagnose erleichtert ebenfalls die unabhängige Entwicklung dieser Steuerungsmodule. Die Prozessdatendiagnose informiert die einzelnen Module zyklussynchron über die Gültigkeit der jeweiligen Prozessdaten. Die Busdiagnose überwacht den applikationsspezifischen Aufbau des Kommunikationssystems und liefert detaillierte Informationen über Betriebszustände und Störungen der einzelnen Teilnehmer.

EtherCAT bietet – wie im nebenstehenden Artikel beschrieben – im Verbund mit TwinCAT neuartige und ausgesprochen leistungsfähige Möglichkeiten, um die Kommunikation perfekt an die Applikationsanforderungen anzupassen. Doch nicht jede Anwendung benötigt diese Konfigurations-Flexibilität. Da EtherCAT stets extrem schnell ist, werden mit den Default-Einstellungen wesentlich bessere Ergebnisse erzielt als mit herkömmlichen Feldbussystemen. In diesem Fall kommt die Einfachheit des Systems besonders gut zur Geltung, d.h. in der Regel muss wesentlich weniger konfiguriert und berücksichtigt werden als bisher.

Zunächst einmal entfällt das manuelle Einstellen der Knotenadressen auf den Feldgeräten – Drehwahl- und Dipschalter haben ebenso ausgeübt wie die entsprechende Einstellung im TwinCAT System Manager. Auch müssen hier – im Gegensatz zu einigen anderen Industrial-Ethernet-Ansätzen – für die meisten Geräte keine IP-Adressen eingegeben oder konfiguriert werden. Das Einstellen der Baudrate – die je nach Feldbus, in Abhängigkeit der Netzwerkausdehnung und der Applikationsanforderungen, auszuwählen ist – entfällt ebenso wie die meisten Beschränkungen durch die Netzwerktopologie: EtherCAT unterstützt die Linientopologie, Sticheleitungen, sternförmige Verdrahtung sowie flexible Baumstrukturen. Auch die Anzahl der Netzwerkknoten ist keinen praktischen Einschränkungen unterworfen: 65535 Knoten je Segment dürften genügen.

Im TwinCAT System Manager werden lediglich die Netzwerkkomponenten ausgewählt und gemäß ihrer Reihenfolge angeordnet. Falls das Netzwerk bereits online ist, kann dies auch automatisch erfolgen. TwinCAT teilt die logischen Knotenadressen automatisch zu. Damit können auch nachträglich Geräte eingefügt werden, ohne dass sich die vorhandenen Adressen verschieben. Beim Aufstarten kann außerdem automatisch ein Soll/Ist-Vergleich erfolgen, sodass Verkabelungsfehler oder eine falsche Geräteauswahl schnell und zuverlässig erkannt werden.

Während die beschränkte Bandbreite der Feldbussysteme häufig eine wohlüberlegte Konfiguration der Kommunikationseigenschaften erfordert, um den Applikationsanforderungen gerecht zu werden, kann dieser Schritt bei EtherCAT, aufgrund der überragenden Performance, meist entfallen.

Die Zuordnung der physikalischen zu den logischen Prozessdaten – das so genannte Mapping – muss selbstverständlich weiterhin konfiguriert werden. Das erfolgt im TwinCAT System Manager auf die bewährte Art und Weise, indem die Prozessvariablen des Bussystems mit den Variablen der Steuerungstasks verknüpft werden.