

Ethernet – wie geht es weiter?

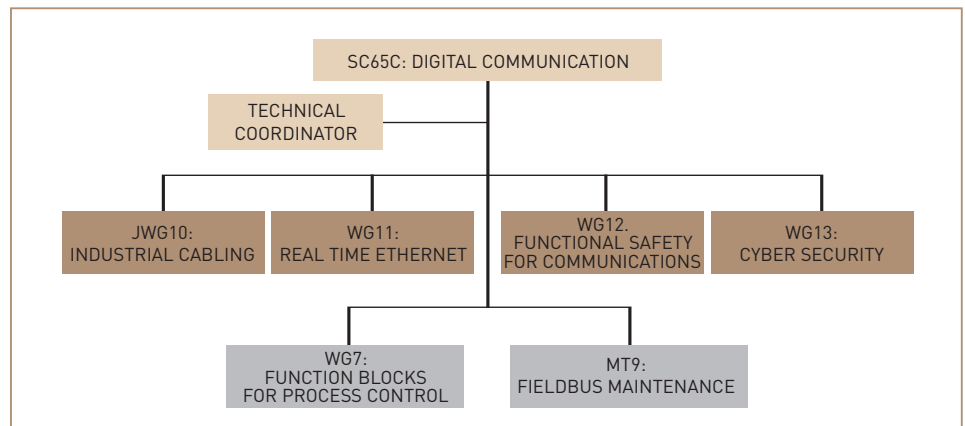
Von Max Felser*

Seit mehr als zehn Jahren werden Feldbusse in der Automatisierungstechnik eingesetzt. Vor fünf Jahren sind dabei zehn verschiedene Feldbusse in einer Norm festgeschrieben worden. Nun werden diese immer mehr durch Lösungen mit Ethernet abgelöst. Wird damit der Wildwuchs der Netzwerke in der Automatisierungstechnik eingedämmt?

Die Normierung von Feldbussen war immer eine schwierige Aufgabe. Nach einem ersten Start – bereits im Jahr 1985 – und nach ein paar Jahren Definitionsarbeit in verschiedenen Normierungsgremien blockierte die Normierungsarbeit in einem Sumpf von politischen und marketingbedingten Interessen. Dieser «Krieg der Feldbusse» wurde auf den 31. Dezember 2000, mit dem Beginn des neuen Millenniums, mit einem Kompromiss beendet: Alle Feldbusse durften in einer Norm berücksichtigt werden. Somit besteht heute eine Norm IEC 61158, strukturiert in verschiedene Teile nach der Struktur eines Referenzmodells, mit zehn unterschiedlichen Typen von Feldbussen verteilt in einem Dokument. Damit die einzelnen Feldbusse realisiert werden können, braucht es eine Anleitung in Form des Dokuments IEC 61784-1, wo aufgelistet wird, welche Kapitel und Abschnitte des Dokuments IEC 61158 wie zu einem funktionierenden Feldbus zusammengesetzt werden müssen.

Gleichzeitig mit dieser Entwicklung der Feldbusse hat in der Bürowelt der Siegeszug des Ethernet-Netzwerks begonnen. Kommunikation mit Ethernet wird immer kostengünstiger und leistungsfähiger. Das heutige Ethernet ist zwar noch aufwärtskompatibel zu den ursprünglichen Definitionen, hat aber sonst nicht mehr viel gemeinsam. Heute ist es die Lösung für Netzwerke und es gibt mehrere Ansätze, Ethernet auch für industrielle Netzwerke einzusetzen.

Die IEC, genauer das Technische Komitee 65C (SC65C), zuständig für die Normierung der industriellen Netzwerke, hat die Herausforderung angenommen und sich eine neue



Struktur der Normierungsgremien. (Bild 1)

Struktur gegeben (Bild 1). Die bestehende Feldbusnorm wird vom Maintenance Team 9 (MT9) weiter gepflegt. Nach den IEC-internen Regeln wird eine neue Version von IEC 61158 erst im Jahr 2007 möglich sein. Die Arbeitsgruppe 7 (WG7) arbeitet weiter an der Definition der Funktionsblöcke für Anwendungen in der Prozesstechnik.

Die Arbeitsgruppen 10 bis 13 sind neu gegründet worden: Die Gruppe 10 ist eine gemeinsame Arbeitsgruppe mit der ISO und hat das Ziel, die Installationstechnik von industriellem Ethernet zu normieren. Die Gruppe 11 soll echtzeitfähige Erweiterungen von Ethernet normieren, WG12 behandelt die funktionelle Sicherheit und WG13 die Zugriffsschutz-Mechanismen.

Installationstechnik (JWG10)

Einer der Gründe, Ethernet in der Automatisierungstechnik zu verwenden, ist die Idee, die gleiche Infrastruktur für die Verkabelung einzusetzen. Doch schon hier treten die ersten Probleme auf.

Als man vor Jahrzehnten in der Automatisierungstechnik die Feldbusse eingeführt hatte, war eines der Argumente die Elimination der sternförmigen Verdrahtung der Maschinen und Anlagen mit einer busförmigen Topologie. Genau dies haben wir bei den heutigen Lösungen mit Ethernet nicht mehr: Ethernet wird in der Bürowelt sternförmig verdrahtet.

In einem zentralen Punkt haben wir heute einen Switch als Netzwerkelement, auf den alle PCs sternförmig verdrahtet werden.

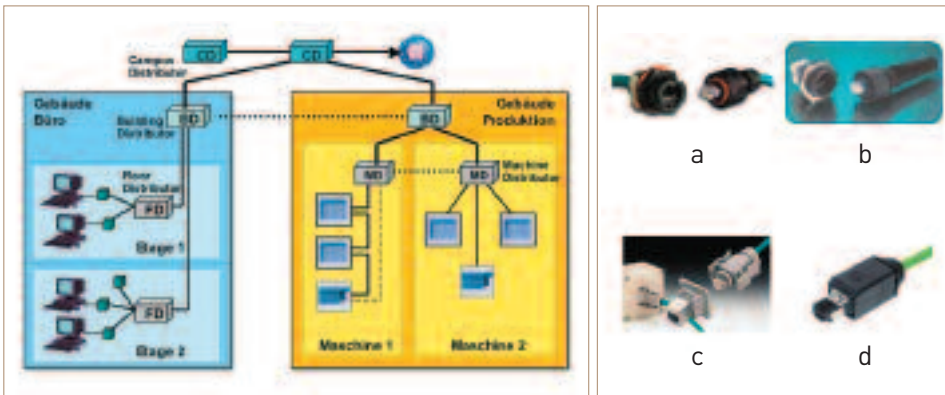
Um hier nicht einen Rückschritt einzugehen, müssen für industrielles Ethernet neue Topologien eingeführt werden: Linienförmige (Daisy-chain) oder ringförmige, redundante Topologien sind gefragt. Dies bedeutet, dass man auch die Anzahl der Netzwerkkomponenten erhöhen muss, die Switches werden also in jedem Knoten benötigt (Bild 2). Diese Switches müssen sich auch in der rauen Industrieumgebung einsetzen lassen und sollten mit einer Speisung der üblichen 0–24 V versorgt werden können. Dies führt zwangsläufig zu einer spezifischen und somit auch teureren Infrastruktur.

Ebenso sind die in der Bürotechnik üblichen RJ45-Stecker zwar sehr kostengünstig, aber schlecht im Feld eines Handwerkers montierbar. Neue «RJ45-Industriestecker» sind nun von verschiedenen Herstellern auf dem Markt, die auch ohne spezielles Werkzeug rasch montiert werden können. Für den Einsatz auf Maschinen sollten diese Stecker jedoch rüttelfest und spritzwasserfest sein. Es gibt mindestens vier verschiedene inkompatible Bauformen, wie man einen RJ45-Stecker spritzwasserfest erstellen kann (Bild 3).

Für die Belange des industriellen Ethernet hat man auch Stecker mit einem M12-Gehäuse für Ethernet festgelegt. Leider hat sich

(l.) Unterschiede bei der Verkabelung für Büros und industrielles Ethernet. Im Gebäude feste Grundinstallation mit variablem Geräteanschluss in Stern- oder Baumstruktur. In der Produktion anlagenspezifische Kabelführung mit individueller Vernetzungsstruktur inklusive Linien und Redundanz. (Bild 2)

(r.) Unterschiedliche spritzwasserfeste Stecker: a) Bajonettverschluss (alden), b) Bajonettverschluss (ODVA), c) runder Klipp (Phoenix Contact), d) rechteckiger Klipp (Harting). (Bild 3)



in der Praxis weder eine einheitliche Codierung noch eine einheitliche Anzahl der Anschlusskontakte durchgesetzt.

Die Normierung soll hier einen Satz von einheitlichen Steckern und Regeln für die Planung der Installation festlegen. Erste Entwürfe von diesem Dokument liegen im Moment zur Kommentierung auf.

Funktionelle Sicherheit (WG12)

Die meisten Feldbusse können heute auch für Aufgaben mit erhöhten Anforderungen an die Sicherheitstechnik eingesetzt werden. Zu diesem Zweck wurden zusätzliche Protokolle definiert, die transparent über die Feldbusse übertragen werden und die Sicherheitsstufe mithilfe von zusätzlichen Checksummen und ähnlichen Mechanismen erreichen. Es gibt keinen Grund, warum dies nicht auch mit einem Netzwerk auf der Basis von Ethernet gehen soll. Erste Versionen sind schon veröffentlicht, weitere Arbeitsgruppen haben ihre Arbeit für die Definition von funktioneller Sicherheit für Ethernet-Protokolle aufgenommen.

Es ist Aufgabe der WG12, diese Ansätze zu strukturieren. Als Resultat soll eine Norm entstehen, welche die Anforderungen an solche Protokolle für funktionelle Sicherheit erfüllen sollen.

Zugriffsschutz (WG13)

Der Hauptzweck des Ethernet-Einsatzes in der Automatisierungstechnik ist die Mög-

lichkeit, auf jedes Feldgerät in einer Anlage oder auf einer Maschine mit den bekannten Internet-Protokollen aus der TCP/IP-Familie zuzugreifen. Traum ist es, in jedem Gerät einen Webserver für die Parametrierung zu haben, mit FTP Dateien lesen und schreiben zu können, um neue Funktionen zu definieren oder die Funktionen von E-Mail oder anderer Dienste zu nutzen, damit beispielsweise eine Maschine Störungen melden kann.

Genau dieser freie Zugang zur Welt des Internet beinhaltet auch wieder eine Gefahr: Das Internet ist heute voller Viren und Würmer, die sich schnell in einem System ausbreiten können und die Funktion eines Netzwerks lahm legen können. Ja, es ist nicht einmal notwendig, dass die Schädlinge die Automatisierungsgeräte selbst angreifen; es genügt, wenn ein Netzwerk aufgrund von «normalen» verseuchten PCs oder sogar temporär eingesteckten Laptops überlastet ist und somit nicht mehr zeitgerecht die Meldungen übertragen kann.

Auch der Zugriffsschutz für Manipulationen muss sichergestellt werden; denn nicht nur Hacker mit kriminellen Absichten, sondern auch das fahrlässige Bedienen oder mangelhaft ausgebildetes Unterhaltungspersonal können Schäden verursachen. Wenn alles mit jedem verbunden ist und keine Schutzmechanismen aufgebaut sind, kann durch eine falsche Eingabe einer Zahl in der IP-Adresse unter Umständen die falsche Maschine abgestellt werden.

Analysen zeigen, dass grosse Firmen in ihren Büronetzwerken oftmals eine homogene Netzwerkinfrastruktur von einem Hersteller einsetzen. Damit auch herstellertübergreifend die Systeme geschützt werden können, müssen Konzepte festgelegt werden, die nicht nur für einen Hersteller oder ein System Gültigkeit haben. Dies ist eine neue Herausforderung der Automatisierungstechnik.

Echtzeit-Ethernet (WG11)

Beim historischen Ethernet konnten bekanntlich Kollisionen auftreten. Es ist nicht garantiert, wie lange es geht, bis ein Telegramm wirklich gesendet werden kann. Die heutigen Lösungen mit Ethernet sind «full-duplex» und «geswitcht», das heisst, zwischen einem Teilnehmer und dem Verbindungsschalter (Switch) bestehen getrennte Leitungen, sodass keine Kollisionen mehr auftreten können. Praktische Messungen zeigen, dass mit einem solchen System Reaktionszeiten von 100 ms ohne Probleme eingehalten werden können. Dies ist für 80% aller Anwendungen der Automatisierungstechnik absolut genügend.

Die meiste Zeit wird nun aber nicht im Ethernet-Netzwerk, sondern mit der Bearbeitung der TCP/IP oder des noch schnelleren UDP/IP-Stacks verbraucht. In der PC-Welt braucht man einfach einen noch schnelleren Prozessor mit noch mehr Speicher. Dies ist bei den Feldgeräten der Automatisierungstechnik aus Kostengründen unerwünscht. Darum geht man den anderen Weg und definiert ein spezielles Echtzeit-Protokoll, das direkt auf Ethernet aufsetzt und den TCP/UDP/IP-Stack umgeht. Damit wird es natürlich unmöglich, diese Echtzeitdaten über das Internet zu übertragen, aber dies ist oftmals auch nicht gefordert. Für Anwendungen im Bereich von 10 ms Reaktionszeit sind damit effiziente Lösungen möglich.

In einem geswitchten, Full-duplex-Ethernet können nur noch Verzögerungen auftreten, wenn im Switch der Ausgangsport gerade besetzt ist. Dies ist, bei einer maximalen Telegrammlänge von Ethernet eine Dauer

INDUSTRIELLE KOMMUNIKATION

IEC 61784 Profile Markenname	Modell der Anwendung	Protokollbeschreibung	Marktbedeutung	Ethertypes
CPF-2 (DeviceNet) ControlNet Ethernet/IP	Alle Protokollvarianten DeviceNet, ControlNet und EtherNet/IP nutzen dasselbe CIP Objektmodell.	Bei Ethernet wird CIP-Protokoll über UDP/IP übertragen. Mit dem CIPsync-Protokoll können Anwendungen synchronisiert und somit auch Echtzeitanwendungen realisiert werden.	Marktführer in Nordamerika (Rockwell)	(0x0800 IP)
CPF-3 Profinet CBA Profinet IO	Mit Profinet CBA eine Lösung mit verteilten Komponenten, Profinet IO übernimmt vom Profibus DP das Modell der dezentralen Peripherie.	Die Ein- und Ausgangsdaten werden entweder mit RPC/DCOM- oder einem speziellen Profinet-Protokoll übertragen. Bei Profinet IO auch zusätzlich spezieller Switch definiert, der Telegramme aufgrund der Zeit und nicht der Adressen durchleitet.	Von den Feldbus Marktführern Profibus und Interbus (Siemens und andere)	0x8892
CPF-4 P-Net	Wie P-Net.	Bei P-Net über IP werden die einzelnen P-Net-Telegramme über UDP/IP getuntelt.	Milchverarbeitung und Schiffsbau (Dänemark)	(0x0800 IP)
CPF-10 Vnet/IP	Objekte und Dienste werden definiert.	Die Dienste werden in Telegrammen über TCP/IP gesendet.	Neuer Vorschlag (Yokogawa)	(0x0800 IP)
CPF-11 TCnet	Verteilter Speicher in den Geräten.	Bei dieser Lösung wird mit einem speziellen Zugriffsprotokoll ein verteilter Speicher modelliert.	Neuer Vorschlag (Thoshiba)	0x888B
CPF-12 EtherCAT	Ein Master und mehrere Slave-Knoten mit Ein- und Ausgabedaten. Applikationsprotokolle von CANopen und SERCOS.	Alle EtherCAT-Knoten bilden einen Teilnehmer am Ethernet; es besteht also ein verteilter Ethernet-Knoten. Das eigentliche EtherCAT-Protokoll zwischen den EtherCAT-Knoten sendet ein Telegramm, in dem jeder Knoten seine Daten am richtigen Platz entnimmt oder einfügt.	Verfügbare Produkte (Beckhoff)	0x88A4
CPF-13 Ethernet POWER-LINK (EPL)	Ein Master mit mehreren Slave-Knoten mit Ein- und Ausgabedaten. Applikationsprotokolle von CANopen.	Ein Master pollt seine Slave auf einem gemeinsamen Ethernet (keine Switches).	Verfügbare Produkte (B&R)	0x88AB
CPF-14 EPA	Funktionsblöcke werden verteilt und die Ein- und Ausgänge werden verbunden.	Zeitschlitze werden für Echtzeit- und Nichtechtzeitdaten definiert.	Neuer Vorschlag (China)	0x88BC
CPF-15 MODBUS – RTPS	In MODBUS-TCP werden die normalen Objekte (Register, Coils usw.) gelesen und geschrieben. Ein erweitertes Protokoll für Real-Time-Publisher-Subscriber (RTPS)	Das MODBUS-TCP und auch das RTPS-Protokoll werden über das UDP/IP-Protokoll übertragen.	Vater der Feldbusse (Schneider Electric)	(0x0800 IP)
CPF-16 SERCOS III	Ein Controller kontrolliert seine Antriebe mit zyklischer und azyklischer Kommunikation.	Mehrere Ethernet-Telegramme werden in einem festgelegten Zeitraster an die Antriebe gesendet. Die Antriebe sammeln die Daten in diesen gemeinsamen Telegrammen.	Idee aus der CNC Welt (Bosch Rexroth)	0x88CD

Übersicht des vorgeschlagenen Echtzeit-Ethernet. (Tabelle 1)

Die Normierung von Feldbussen war immer eine schwierige Aufgabe.

INDUSTRIELLE KOMMUNIKATION

von 128 μ s. Wenn nun mit Ethernet auch Antriebe synchronisiert werden sollen, brauchen wir eine Zykluszeit von 1 ms mit einem Jitter (zeitliche Abweichung) von weniger als 1 μ s. Ein normales geschwitchtes Ethernet kann dies somit nicht mehr sicherstellen. Es sind mehrere Lösungen für die Normierung vorgeschlagen, die dieses Problem auf unterschiedliche Weise angehen (Tabelle 1).

In der WG11 sind inzwischen mehr als zehn verschiedene Lösungen für Echtzeit mit Ethernet vorgeschlagen worden. Aufgrund der hier gemachten Schilderung würde es grundsätzlich genügen, wenn nur drei bis vier Lösungen normiert würden, die zu einem System zusammengebaut werden könn-

ten. Die Vorschläge sind inkompatibel, weil es nicht möglich ist, mehrere Lösungen auf demselben System zu haben.

Obwohl alle von Ethernet sprechen, besteht wieder dieselbe Situation wie vor zehn Jahren mit den Feldbussen: Zehn verschiedene inkompatible Lösungen sind auf dem Markt und auch alle zehn wollen in derselben Norm geregelt werden.

Die Stimme der Schweiz

Das schweizerische Komitee des TC65 hat darum alle vorliegenden Vorschläge für Echtzeit-Ethernet abgelehnt und die internationalen Normierungsgremien aufgefordert, sich zu überlegen, wieweit eine Reduktion

der normierten Lösungen möglich ist. Eine Situation, wie sie heute bei den Feldbussen besteht, sollte vermieden werden. Wieweit die Stimme der Schweiz in diesen Gremien aber Gehör finden wird, ist noch eine offene Frage. ■

**Professor Dr. Max Felser, dipl. Ing. ETH, Berner Fachhochschule, Burgdorf*

Info: Prof. Dr. Max Felser, Berner Fachhochschule, Hochschule für Technik und Informatik, Jlcoweg 1, 3400 Burgdorf, Tel. 034 426 68 32, Fax 034 426 68 13, max.felser@hti.bfh.ch, prof.hti.bfh.ch/index.php?id=fsm1