
KONNEKTIVITÄT

ABB bringt Ethernet-APL mit OPC UA ins Feld

In Zusammenarbeit mit anderen führenden Unternehmen und Normungsorganisationen hat ABB eine Ethernet-Konnektivität für die Feldgeräteebene entwickelt, die sich auch für explosionsgefährdete Bereiche der Prozessindustrie eignet. Durch Erweiterung dieser Technologie in Richtung konvergente Netzwerke auf der Basis von OPC UA hilft ABB der Industrie dabei, die Grenze zwischen IT und OT zu überwinden.





Stefan Bollmeyer
ABB Measurement &
Analytics
Minden, Deutschland

stefan.bollmeyer@
de.abb.com



Francisco Mendoza
ABB Process Automation
Ladenburg, Deutschland

francisco.mendoza@
de.abb.com

In den vergangenen zehn Jahren haben sich Ethernet-basierte Netzwerktechnologien in industriellen Automatisierungsanwendungen zunehmend etabliert. In der Prozessautomatisierung hingegen finden sie nur begrenzt Anwendung [1], was vornehmlich auf ihre eingeschränkte Nutzbarkeit in explosionsgefährdeten Bereichen zurückzuführen ist. So war dieser bedeutende Sektor bisher darauf angewiesen, analoge 4–20-mA-, 4–20 mA + HART- oder Feldbus-Technologien zu nutzen und zugunsten der Sicherheit auf Bandbreite und Kommunikationsgeschwindigkeit zu verzichten.

Als Folge stehen die umfangreichen Daten, die auf der Feldsensorebene erfasst werden, für eine unternehmensweite Nutzung in internen Systemen oder der Cloud nur begrenzt oder gar nicht zur Verfügung. Da Daten und die Datenübertragung die Schlüssel zur Industrie 4.0 und zum Industriellen Internet der Dinge (IIoT) darstellen, hält jedes Hemmnis in der Datenkommunikation Unternehmen in der Prozessindustrie davon ab, das volle Wertschöpfungspotenzial der Datenverfügbarkeit und -übertragung auszuschöpfen.

Aus diesem Grund hat sich ABB einem Konsortium aus elf anderen führenden Unternehmen und drei Normungsorganisationen angeschlossen, um den APL-Standard (Advanced Physical Layer) zu entwickeln und die Ethernet-Kommunikation auf Feldebene auch in explosionsgefährdeten Bereichen der Prozessindustrie zu ermöglichen [1]. Die entwickelte Ethernet-APL-

Technologie ist einfach, praktisch, kompatibel, benutzerfreundlich und bietet Bandbreiten und Geschwindigkeiten, die es Prozessindustrien ermöglichen, die Vorzüge der Digitalisierung, z. B. in Form von Asset-Management- und Zustandsüberwachungsanwendungen, zu nutzen. Gleichzeitig arbeitet ABB daran, das Potenzial von Ethernet-APL durch Forschungen auf dem Gebiet

Trotz der allgemeinen Akzeptanz von Ethernet ist seine Verbreitung in der Prozessindustrie vergleichsweise gering.

der IIoT-Geräte zu erweitern. Breits verfügbare Prototypen zeigen, dass es möglich ist, moderne Protokolle wie OPC UA mit Cybersicherheit und Möglichkeiten zur Informationsmodellierung, die besonders geeignet sind, die Grenzen zwischen Informationstechnologie (IT) und Betriebstechnologie (Operation Technology, OT) zu überbrücken, in kleine, ressourcenbegrenzte Feldgeräte zu implementieren [2]. Mit der Technologie-Einführung ab Juni 2021 werden bald entsprechende Produkte erhältlich sein, die es Prozessindustrien in Kombination mit Ethernet-APL ermöglichen, Daten über die gesamte Wertschöpfungskette vom Gerät auf der Feldebene bis hin zum Leitsystem und der Cloud effektiv zu nutzen [2].

01 Kommunikations-
technologien in der
Prozessautomatisie-
rung früher und heute

	Vergangenheit				Gegenwart
	Pneumatisch	Elektronisch + Feldbus			Ethernet
Technologie	Pneumatisch	4–20 mA	4–20 mA + HART	Feldbus	Ethernet
Medien	Luft	Analog	Analog + seriell	Seriell digital	Netzwerk
Messung	1 Wert	1 Wert	1+n Werte	n Werte	n Werte
Lokaler Zugriff auf Daten			Gateway erforderlich	Integriert	Integriert
Fernzugriff auf Daten			Gateway erforderlich	Gateway erforderlich	Integriert

Parameter	Attribut
Stromversorgungsanschluss (Ethernet-APL Power Switch)	Bis zu 92 W
Switch-Netzwerk	Ja
Referenzkabeltyp	IEC 61158-2, Type A
Maximale Trunk-Länge	Bis zu 1000 m, in Zone 1/Division 2
Maximum Spur-Länge	Bis zu 200 m, in Zone 0/Division 1
Geschwindigkeit	10 Mbit/s, Vollduplex
Schutz für explosionsgefährdete Bereiche inspiriert durch Feldbus	2-WISE für alle Zonen und Divisionen, mit optionaler Eigensicherheit am Gerät
Standards	IEEE 802.3cg-2019 (10BASE-T1L), IEC TS 60079-47 ED1 (2-WISE)

02

Ethernet für die Prozessindustrie

Kommunikations- und Netzwerktechnologien haben sich in den vergangenen Jahrzehnten rapide entwickelt →01. Mit seiner Vielzahl an standardisierten Tools für die Installation, Fehlerbehebung und Diagnose, der großen Bandbreite und hohen Kommunikationsgeschwindigkeit ist Ethernet heute der allgemein anerkannte Standard für drahtgebundene digitale Technologien in den meisten Branchen und Geschäftsanwendungen. Aber dennoch ist seine Verbreitung in der Prozessindustrie noch immer vergleichsweise gering. Warum ist das so? Hierfür gibt es zwei vorwiegende Gründe: die Einfachheit und Kostengünstigkeit – und damit Dominanz – bereits vorhandener Kommunikationstechnologien und die Explosionsgefahr in vielen Umgebungen der Prozessindustrie [3]. Kosten, Eignung und Praktikabilität machen die Nutzung von Ethernet-basierten Technologien auf der Feldebene zu einer Herausforderung.

Datenübertragungstechnik im Wandel der Zeit

Früher wurden Feldgeräte zur Messung von Prozesswerten üblicherweise mithilfe einer einfachen Verdrahtung an Leitsysteme (Distributed Control Systems, DCSs) angeschlossen und die Messungen als analoge 4–20-mA-Signale übertragen [3]. Später wurde mit der HART-Technologie das analoge Signal um eine digitale Kommunikationsmöglichkeit erweitert, wobei die Einfachheit der herkömmlichen Verdrahtung erhalten blieb. Doch trotz der digitalen Eigenschaft sind die Bandbreite und Kommunikationsgeschwindigkeit extrem niedrig (1.200 bit/s) →01–02. Nichtsdestotrotz besitzt diese Technologie noch immer den größten Marktanteil bei installierten und neuen Anlagen [3].

Anfang der 2000er Jahre avancierte die in den 1990er Jahren eingeführte vollständig digitale, serielle Feldbustechnik zur Technologie der Wahl. Die Technologie bietet zwar eine verbesserte Bandbreite (31,25 kbit/s) →02, erfordert aber Gateways und hat sich im Hinblick auf Planung, Betrieb und Wartung als zu komplex erwiesen, um Nutzer in der Prozessindustrie gänzlich zufriedenzustellen. Was die Prozessindustrie für eine vollständig digitale Zukunft benötigt, ist eine Technologie mit einer Ethernet-ähnlichen Bandbreite und Kommunikationsgeschwindigkeit, die so einfach zu planen, zu betreiben und zu warten ist wie die 4–20-mA-Zweidrahtlösung, aber dennoch bis zur Feldebene reicht und sich für explosionsgefährdete Bereiche eignet.

Die Explosionsgefahr in vielen Prozessumgebungen hemmt die Nutzung von Ethernet-basierter Technologie im Feld.

Kollaboration als Schlüssel

Eine Ethernet-ähnliche Kommunikationstechnologie zu realisieren, die die genannten Anforderungen erfüllt, ist keine leichte Aufgabe, denn die zu bewältigenden Herausforderungen sind vielfältig: kurze Kabelreichweiten (100 m), komplexe Verdrahtung (Ethernet-Kabel mit mehreren verdrehten Adernpaaren) und mangelnde Sicherheit für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen. Hier ist eine intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit und die enge Zusammenarbeit zwischen führenden Unter-

— 02 Technische Eigenschaften von Ethernet-APL.

— 03 Ethernet-APL erhöht die Bandbreite zum Feldgerät in explosionsgefährdeten und ungefährlichen Umgebungen.

nehmen auf dem Gebiet der Prozessautomatisierung und Normungsorganisationen erforderlich, um diese Schwierigkeiten zu bewältigen. Bereits 2010 haben führende Unternehmen der Branche die Notwendigkeit von vollständig digitalisierten Anlagen und Anwendungen der Industrie 4.0 erkannt und auf die Bedeutung einer Ethernet-Konnektivität für die Feldebene hingewiesen [3]. Im Jahr 2015 wurde von einer Gruppe führender Anbieter von Prozessautomatisierungstechnik mit ABB, Emerson, Endress+Hauser, Krohne, Pepperl+Fuchs, Phoenix Contact, R. Stahl, Rockwell Automation, Samson, Siemens, Vega und Yokogawa mit Unterstützung von führenden SDOs (Standards Development Organizations) wie FieldComm Group, ODVA und PROFIBUS & PROFINET International das Advanced Physical Layer (APL) Projekt ins Leben gerufen [3]. Im Jahr 2018 kamen die Beteiligten überein, dass eine Lösung, um nachhaltig zu sein, vollständig kompatibel mit dem Ethernet-Standard IEEE 802.3 sein und bestimmte Kriterien erfüllen sollte [3]:

- Zweidraht-Kabel
- Lange Kabelstrecken
- Spannungsversorgung und Kommunikation über dasselbe Kabel
- Unterstützung aller Explosionsschutztechnologien einschließlich Eigensicherheit
- Einfache Installationstechnik
- Wiederverwendung vorhandener Feldbuskabel

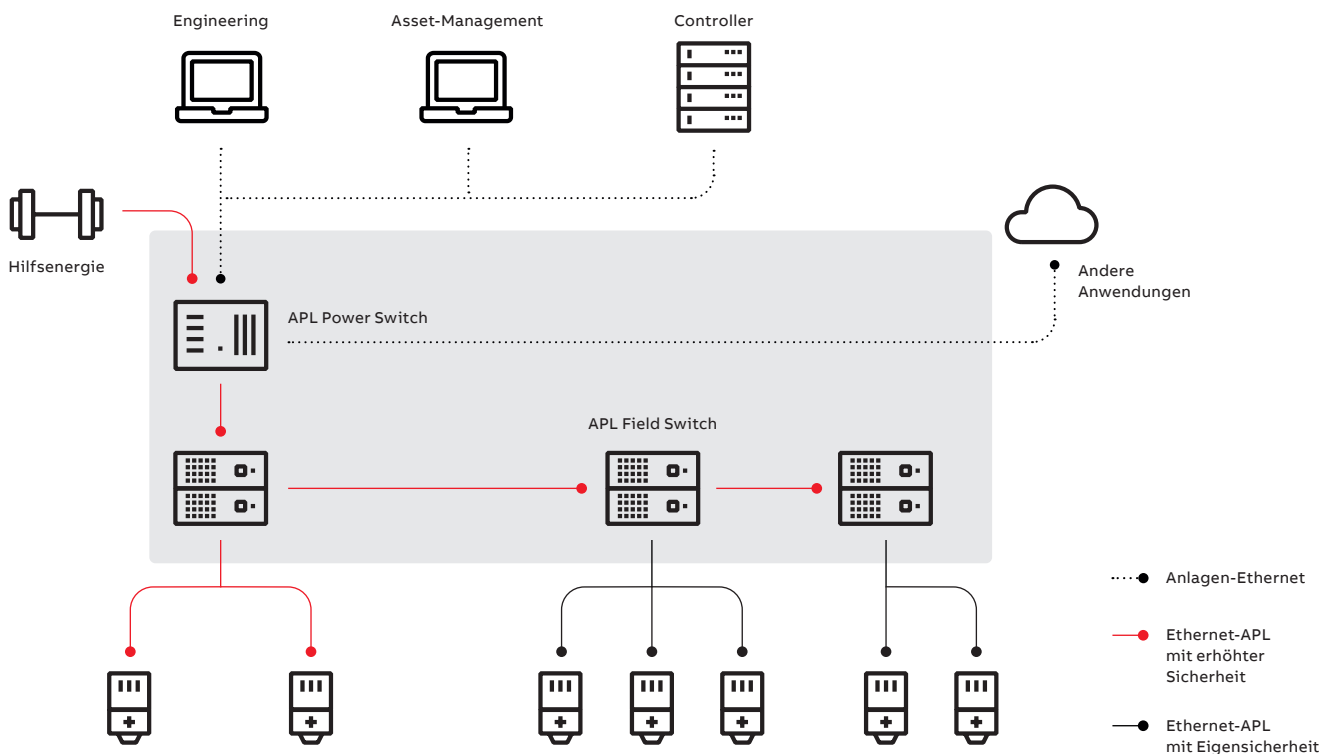
vom Typ A zur Reduzierung der Kosten und Vereinfachung der Umstellung vom Feldbus auf Ethernet-APL

- Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen
- Unterstützung von Überspannungsschutz

Die erweiterte physikalische Schicht ermöglicht die SPE-Kommunikation über eine Entfernung von 1.000 m.

Ethernet-APL

Ethernet-APL ist das Ergebnis einer fast zehnjährigen Bemühung, Ethernet auf die Feldebene zu bringen, und ein Ableger des ursprünglichen Ethernet-Standards IEEE 802.3 mit dem vor Kurzem veröffentlichten Standard IEEE 802.3cg-2019 [4]. Die 10BASE-T1L-Variante dieses Standards vereinfacht die Netzwerkarchitektur erheblich und erhöht die verfügbare Bandbreite für die digitale Instrumentenkommunikation (300-mal schneller als FOUNDATION Fieldbus H1 oder PROFIBUS PA und 8.000-mal schneller als das frühe HART-Protokoll) →02, sodass die genannten Kriterien des APL-Projekts erfüllt werden [1].





04



05



06

—
04 Ethernet-Prototypen (unten) ermöglichen ABB Coriolis Masse-Durchflussmessern (oben) die Kommunikation über OPC UA.

—
05 Ethernet-Prototyp für die Kommunikation mit einem Laser-Füllstand-Messumformer vom Typ ABB LLT100 via OPC UA.

—
06 Ethernet-APL-Netzwerk für die Kommunikation über OPC UA mit Prototypen eines ABB-Druckmessumformers (links), eines Füllstand-Messumformers (rechts) und eines Ethernet-APL-Switches (oben).

Ethernet-APL ist eine erweiterte physikalische Schicht, die die Ethernet-Kommunikation über ein Adernpaar (Single Pair Ethernet, SPE) über eine Entfernung von 1.000 m mit optionaler Spannungsversorgung von Endgeräten ermöglicht [3] →02. Durch Definition von Port-Profilen für verschiedene Explosionsschutzklassen ermöglicht APL die Erweiterung von 10BASE-T1L für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – eine bedeutende technische Errungenschaft für die Prozessindustrie. Darüber hinaus definiert die technische Spezifikation der IEC für ein eigensicheres Zweidraht-Ethernet (2-WISE) Richtlinien für die Eigensicherheit (ohne die Notwendigkeit von Berechnungen) von schleifen- und separat gespeisten Instrumenten in explosionsgefährdeten Bereichen bis Zone 0, 1 und 2 bzw. Division 1 und 2 →03, [4]. Die in diesem Jahr (2021) veröffentlichte 2-WISE-Spezifikation (IEC TS60079-47:2021) basiert auf dem eigensicheren Feldbuskonzept FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept) und wird die Planung und den Nachweis der Eigensicherheit für Ethernet-APL vereinfachen [4].

Unterstützte Topologien

Ethernet-APL ist darauf ausgelegt, verschiedene Installationstopologien mit optionalen Redundanz- oder Resilienzkonzepten und Trunk-und-Spur-Verkabelung zu unterstützen. Der Trunk (Hauptleitung) überträgt hohe Leistungen und Signalstärken über lange Strecken bis 1.000 m, wohingegen der Spur (Stich- oder Anschlussleitung) für geringere Leistungen und Längen bis 200 m vorgesehen ist, aber optional eigensicher ausgelegt werden kann. Ethernet-APL sieht Punkt-zu-Punkt-Verbindungen vor, wobei jede Verbindung zwischen den Kommunikationspartnern ein Segment bildet. Somit isolieren Ethernet-APL-Switches die Kommunikation zwischen den Segmenten.

Protokollkompatibilität als Erfolgsgrundlage

Trotz der vielversprechenden Aussichten wird es einige Zeit dauern, bis sich die Ethernet-APL-Technologie großflächig etabliert hat [3]. So braucht die Prozessindustrie, in der noch immer die analoge 4–20 mA + HART-Technologie vorherrscht, überzeugende Gründe, um ihre Planung und ihre Systeme auf APL umzustellen. Jegliche Zurückhaltung beim Umstieg von vorhandener Technik kann nur überwunden werden, wenn der Nutzen der neuen Technologie klar auf der Hand liegt.

Da Ethernet-APL Protokolle wie EtherNet/IP, HART-IP, OPC UA, PROFINET und andere unter-

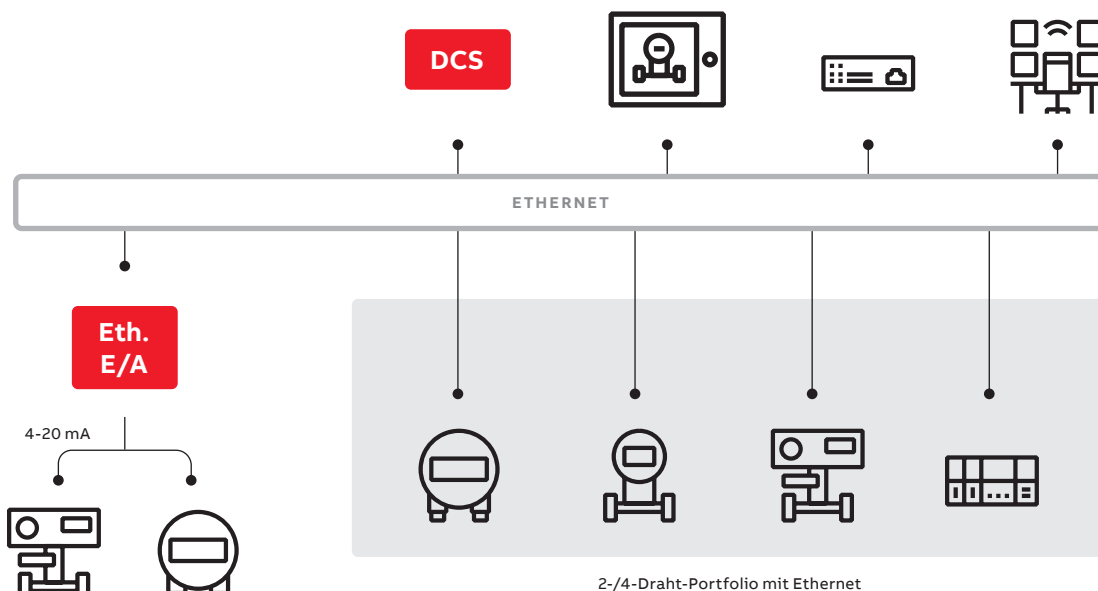
stützt, ist ein solcher Umstieg realistisch. Die Tatsache, dass viele Prozessindustrien heute bereits Leitsysteme nutzen, die PROFINET und/oder Ethernet/IP-Protokolle unterstützen, erleichtert den Umstieg auf Ethernet-APL [1]. Und da APL ohne Gateways oder andere Protokollumwandlungen auskommt, sollten Unternehmen den Mehrwert schnell erkennen, der sich aus der reduzierten Komplexität, den geringeren Betriebskosten, der verbesserten Nutzerfreundlichkeit und der erhöhten Robustheit gegenüber herkömmlichen Feldbussystemen bzw. den analogen 4–20 mA + HART-Systemen ergibt.

Wichtig ist, dass moderne Protokolle ebenfalls über APL laufen können [1]. In diesem Zusammenhang befasst sich ABB insbesondere mit OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture). Ethernet-APL ermöglicht die Implementierung von OPC UA direkt in Feldgeräten und vereinfacht so die Integration in IT- und OT-Anwendungen der Industrie 4.0.

APL ermöglicht die Erweiterung von 10BASE-T1L für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen.

Erweiterung von Ethernet-APL mit OPC UA im Feld

Im Jahr 2016 forderte die Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie (NAMUR) in einem Positionspapier (aus dem 2018 schließlich die NAMUR-Empfehlung NE 168 hervorging [5,6]) Hersteller dazu auf, ein einfach anzuwendendes Ethernet-Kommunikationssystem für die Feldebene zu entwickeln und dabei die Probleme zu vermeiden, die Endanwender mit bestehenden Feldbussystemen haben [5,6]. Dies hat ABB dazu veranlasst, sich auf die Beseitigung vorhandener Barrieren zu konzentrieren, die die Kommunikation von Informationen stören – wie etwa die umfangreichen Umwandlungen und Datenbeschreibungen, die traditionelle Feldbusse benötigen, um Daten in einer Prozessanlage z. B. zu Steuerungs-, Überwachungs-, Optimierungs- und Wartungszwecken nutzbar zu machen. Da die OPC-UA-Technologie auch den Transport von semantischen Informationen ermöglicht, könnte sie nach Überzeugung von ABB bei richtiger Anwendung dabei helfen, die mit Feldbussen verbundenen Barrieren zu beseitigen. Im Jahr 2017 hat ABB damit begonnen, eine Reihe von



Vorhandenes 2-/4-Draht-Portfolio

07

Prototypen zu entwickeln, um zu zeigen, dass OPC UA dazu geeignet ist, Daten von ressourcenbegrenzten Geräten sicher mit ausreichender Performance und geringem Speicherbedarf zu übertragen. Bis dahin wurde OPC UA nur für den Informationsaustausch zwischen leistungstärkeren Geräten wie PC-Servern oder Controllern verwendet.

Durch die Integration von OPC UA und Ethernet-APL macht ABB das Kommunikationsprotokoll für Feldgeräte verfügbar.

Zunächst untersuchte ABB die Verwendbarkeit von OPC UA mit Vierdraht-Durchflussmessern (mit getrennten Drähten für Spannungsversorgung und Kommunikation). Mithilfe eines Ethernet-Adapters, der das HART-Protokoll vom Gerät in einen OPC-UA-Server umwandelt, konnte eine ausreichende Performance erreicht werden, d. h. es konnte problemlos über OPC UA auf Hunderte von Geräteparametern zugegriffen werden, ohne dass zusätzliche Gerätebeschreibungen notwendig waren →04. Darüber hinaus untersuchte ABB die Verwendbarkeit von OPC UA mit Geräten mit geringerer Rechenleistung und geringerem Speicher und somit geringer Leistungsaufnahme wie Füllstand-Messumformern →05. Dank eines neu verfügbaren OPC-UA-Kommunikationsstacks, der für Embedded-Geräte (hohe Performance und geringer Speicher) vorgesehen ist, konnte

ABB eine Ethernet-Plattform nutzen, die OPC UA zusammen mit der vollen Gerätefunktionalität nativ in den Prototyp integriert. So konnten der Stromverbrauch und der Speicherbedarf bei gleicher Aktualisierungsrate weiter reduziert werden.

Da die Ergebnisse die Anforderungen hinsichtlich Performance und Stromverbrauch für Ethernet-APL erfüllten, implementierte ABB ein natives OPC-UA-Gerät mit Spannungsversorgung und Kommunikation über Ethernet-APL. Hierzu wurde die Füllstand-Messumformeranwendung erfolgreich auf Evaluierungsboards portiert, die vom Ethernet-APL-Konsortium entwickelt wurden →06. Als Nächstes untersuchte das ABB-Team erfolgreich die Portier- und Integrierbarkeit von OPC UA auf einen Druckmessumformer-Prototyp, der eine der schnellsten Aktualisierungsraten im Bereich der Prozessinstrumente (2 ms) erfordert.

Zurzeit werden diese ABB-Prototypen von ausgewählten Kunden in ersten Ethernet-APL-Testumgebungen eingesetzt, wo sie ihre volle Interoperabilität in einem herstellerunabhängigen Ethernet-APL-Netzwerk beweisen. Damit realisiert ABB nicht nur Ethernet-APL-Geräte, sondern treibt gemeinsam mit der OPC Foundation und der FieldComm Group auch die Standardisierung von OPC-UA-basierten Geräten voran.

Ausgehend von diesen Tests können Kunden zuversichtlich sein, dass – sobald OPC-UA-Feldgeräte kommerziell erhältlich sind – Ethernet-typische Bandbreiten und Geschwindigkeiten mit Spannungsversorgung und Kommunikation über Zweidraht-Systeme und unproblematischen schnellen Aktualisierungsraten möglich sein werden →07. Dank eingebetteter Informations-

— 07 Schematische Darstellung zukünftiger konvergenter Ethernet-Netzwerke in der Prozessindustrie mit vorhandenen 4–20-mA-Geräten und IIoT-fähigen Feldgeräten auf der Basis von Ethernet-APL und Mehrprotokollfähigkeit.

— 08 Mit seiner Vielzahl an standardisierten Tools für die Installation, Fehlerbehebung und Diagnose sowie seiner großen Bandbreite und hohen Geschwindigkeit ist Ethernet der ultimative Standard für drahtgebundene digitale Technologien in den meisten Industrien.

modelle und integrierter Semantik benötigen diese Geräte keine zusätzlichen Beschreibungen und können problemlos in verschiedene Anwendungen integriert werden.

Die ersten Ethernet-APL-Produkte wurden auf der virtuellen ACHEMA Pulse im Juni 2021 vorgestellt.

Wertschöpfung vom Feld zum Unternehmen

Mit einer einfachen Netzwerkarchitektur und ohne die Notwendigkeit einer Protokollumwandlung ist Ethernet-APL vielseitig kompatibel und einfach in der Anwendung. Mit einer Geschwindigkeit von 10 Mbit/s weist Ethernet-APL zudem die Einfachheit des 4–20-mA-Kommunikationsprotokolls auf, bietet aber gleichzeitig eine Ethernet-typische Bandbreite, die sich für die Instrumentenkommunikation und Unterstützung mehrerer Protokolle eignet. Indem es die Anbindung von weiträumig verteilten, schleifen-gepeisten Zweidraht-Feldgeräten in explo-

sionsgefährdeten Bereichen ermöglicht, bietet Ethernet-APL eine verbesserte Kommunikation ohne Beeinträchtigung der Sicherheit → 08. Durch die Integration von OPC UA und Ethernet-APL macht ABB dieses universell einsetzbare und moderne Kommunikationsprotokoll für Feldgeräte verfügbar. Aufgrund der damit verbundenen Semantik und Informationsmodelle kann auf Beschreibungen verzichtet werden, was dabei hilft, die Brücke zwischen OT und IT zu schlagen.

Im Vorfeld der Einführung von Ethernet-APL im dritten Quartal 2021 hat ABB zusammen mit anderen Anbietern von Automatisierungstechnik die ersten Ethernet-APL-Produkte auf der virtuellen Fachmesse ACHEMA Pulse im Juni vorgestellt. Damit finden die jahrzehntelangen Bemühungen, Ethernet für die Kommunikation auf der Feldebene von Prozessautomatisierungsanlagen zu nutzen, ein erfolgreiches Ende. Das Ergebnis ist eine sichere, geschützte und praktische Kommunikation zwischen dem Feld und dem gesamten Unternehmen einschließlich der Cloud. •

Danksagung

Dieser Artikel wäre nicht möglich gewesen ohne die Ideen, die Arbeit und das Engagement vieler Personen bei ABB. Unser besonderer Dank gilt Roland Braun, Philipp Bauer, Alexander Gogolev, Alexander Nahrwald, Peter Ude und Tilo Merlin.

Literaturhinweise

[1] K. Larson: „The Last Mile-APL Standard to Make Field-level Ethernet a Practical Reality“. *Control*, Juni 2020, S. 24–28.

[2] A. Gogolev: „OPC UA und TSN: Industrie 4.0 für Endgeräte“. *ABB Review* 1/2020, S. 30–35.

[3] APL Project Group (2020): „Ethernet to the Field“. White Paper, S. 1–17.

[4] Profinews: „Moving Forward: Advanced Physical Layer for Industrial Ethernet“. *Profinews*, 30.11.2019. Verfügbar unter: <https://profinews.com/2019/11/moving-forward-advanced-physical-layer-for-industrial-ethernet> (abgerufen am 01.07.2021).

[5] Plauky: „Ethernet-Kommunikation“. Positionspapier. NAMUR Hauptsitzung 2016.

[6] NAMUR Arbeitskreis 2.6 Digitale Prozesskommunikation: „Anforderungen an ein Ethernet-Kommunikationssystem für die Feldebene“. 22.11.2018, S. 1–9.

