

# Ethernet APL ist da!

von Dr. Jürgen Ficker und Frank Riemenschneider

Ethernet mit einem Advanced Physical Layer (Ethernet-APL) ermöglicht über zwei Adern große Kabellängen, Explosionsschutz, Kommunikation und Energieversorgung. Erste Geräte mit dieser Schnittstellen kommen nun auf den Markt.



Im Fokus  
**Netzwerk-  
technik**

Bild: Shutterstock

Ethernet-APL ist eine erweiterte physikalische Schicht für Single-Pair-Ethernet (SPE), die auf 10BASE-T1L basiert. Es kommuniziert über eine Kabellänge von bis zu 1000 m mit 10 MBit/s Vollduplex, was mehr als 300-mal schneller als aktuelle Technologien wie HART oder Feldbus ist. APL ist die logische Erweiterung von Ethernet und bietet die Eigenschaften, die für einen zuverlässigen Betrieb im Feld einer Prozessanlage erforderlich sind. Ethernet-APL ist eine physikalische Schicht, die Ethernet/IP, HART-IP, OPC-UA, Profinet oder jedes andere übergeordnete Protokoll unterstützt. Damit gewährleistet Ethernet-APL eine logische Erweiterung der Ethernet-basierten Kommunikation von Unternehmens-

systemen in die Feldebene. Dieser ‚letzte‘ Meter der Ethernet-Konnektivität ermöglicht es der Unternehmenszentrale, Daten aus allen Regionen ihres umfangreichen Netzwerkes zu erhalten.

## Komponenten und Topologien

Ethernet-APL ist so konzipiert, dass es verschiedene Installationstopologien mit optionalen Redundanz- oder Ausfallsicherheitskonzepten unterstützt. Es beinhaltet ausdrücklich nur Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, wobei jede Verbindung zwischen Kommunikationspartnern ein ‚Segment‘ darstellt. Ethernet-APL-Switches isolieren also die Kommunikation



### Web-Tipp

Seit 2015 liefern die Standardisierungsarbeiten für das eigensichere, für 2-adrige Kabel ausgelegte Physical Layer Ethernet APL: [bit.ly/3zFhTsF](http://bit.ly/3zFhTsF)

zwischen den Segmenten. Dadurch werden Störungen eliminiert und die Kommunikation wird von Natur aus vor Gerätefehlern in einem anderen Segment geschützt.

Ethernet-APL definiert zwei allgemeine Arten von Segmenten: Der ‚Trunk‘ liefert hohe Leistungs- und Signalpegel für große Kabellängen von bis zu 1000 m. Das ‚Spur‘-Segment liefert eine geringere Leistung mit optionaler Eigensicherheit für Längen von bis zu 200 m.

Es gibt zwei typische Arten von Switches: Der Power-Switch speist elektrische Energie und Kommunikation in einen oder mehrere Trunk-Ports ein. Er wird in der Regel von außen gespeist. Der Field-Switch bietet mindestens einen Port, an den eine Stickleitung angeschlossen werden kann. Er kann über den Ethernet-APL-Trunk oder extern mit elektrischer Energie versorgt werden. Port-Profile legen die Pegel für die elektrische Energieversorgung und die Kommunikationssignale fest, um die Interoperabilität zu gewährleisten. Ports können klassifiziert werden als P (Powered, Energiequelle), L (Load, Energieverbraucher) und C (Cascade, für Daisy-Chain-Konfigurationen).

Ethernet-APL spezifiziert Feldbuskabel Typ A, IEC 61158-2 als Referenzkabel der AWG-Klassen 22 – 14 mit einem Verdrahtungsquerschnitt von 0,324 bis 2,5 mm<sup>2</sup>. Dies ermöglicht einfache Migrationsstrategien für bestehende Feldbus-Installationen, einschließlich der Unterstützung der Eigensicherheit. Ethernet-APL schreibt Polaritätsunabhängigkeit für den Spur vor, was Verdrahtungsfehler bei der Installation reduziert. Bild 1 fasst die Eigenschaften von Ethernet-APL (10BASE-T1L) im Vergleich zu anderen Kommunikationstechnologien zusammen.

### Barrierefreier Übergang von OT zu IT

Mit der Ethernet-Technologie im Bereich der verfahrenstechnischen Anlagen wird die Betriebstechnik (OT) mit der IT-Technologie integriert und die Vision einer einheitlichen Netzwerktechnologie erreicht.

Feldgeräte enthalten oft eine Menge Daten wie Selbstdiagnose-Funktionalitäten. Mit Ethernet-APL lässt sich auf diese Daten parallel zur Prozesssteuerung in Echtzeit zugreifen. Dies ermöglicht, zusätzliche Dienste, Geschäftsmodelle und

Alleinstellungsmerkmale zur Differenzierung der Feldgeräte zu entwickeln. Ethernet-APL reduziert die Kosten für den Zugriff auf diese nützlichen Daten im Vergleich zu herkömmlichen Technologien erheblich, indem es Protokollumsetzer, zusätzliche Systemkomponenten oder Nachrüstlösungen, die sonst erforderlich wären, überflüssig macht.

Der Weiterverarbeitung der Daten im Rahmen von IIoT-Anwendungen sind kaum Grenzen gesetzt. Wartungs-Dashboards oder die Trendüberwachung von Prozesswerten unterstützen die gezielte Prozessoptimierung.

Bild 2 zeigt beispielhaft den Aufbau einer Prozessanlage mit Ethernet-APL, wobei die zuvor beschriebenen möglichen digitalen Dienste unter ‚Other applications‘ zusammengefasst sind.

### Implementierung in Feldgeräten

Die Implementierung von Ethernet-APL in Feldgeräten erfordert prinzipiell nur einen begrenzten Aufwand bezüglich des PHY und des Protokollstacks. Aber Achtung: Es gibt systemtechnische Herausforderungen, da die Feldgeräte in explosionsgefährdeten Umgebungen in Bezug auf elektrische Leistung und Platz begrenzt sind. Insbesondere ist die Ausgangsleistung einer APL-Stickleitung, die APL-Field-Switches mit den Feldgeräten verbindet, auf 540 mW bei 15 V(DC) begrenzt. Da man mit dem Feldgerät die T6-Temperaturanforderung aus Ex-Sicht erfüllen möchte, bedeutet dies, dass ein Gerät auch im Fehlerfall deutlich weniger als 540 mW aufnehmen darf. Dies macht den Einsatz eines ULP-Mikrocontrollers (Ultra-Low-Power) zwingend erforderlich.

Das Problem ist nun, dass ULP-MCUs ressourcenbeschränkt sind, um den Energiebedarf zu minimieren: Sie verfügen in der Regel nicht über einen integrierten MAC und sind auf niedrigere Taktfrequenzen und einen geringen Speicherbedarf angewiesen. Ein Standard-Ethernet-PHY-Chip ohne MAC, wie er von diversen Chipherstellern angeboten wird, reicht hier also nicht aus, sondern es muss ein kombinierter MAC/PHY-Chip wie etwa der ADIN1110 von Analog Devices eingesetzt werden, der beides auf einem Stück Silizium integriert. Details über den ADIN1110 finden sich in Computer&AUTOMATION 2021, Heft 6, Seiten 21 bis 23.

Vergleich von Technologien für das Feld in Prozessanlagen	4-20 mA mit HART	Feldbus	Ethernet 100BASE-TX	Ethernet 10BASE-T1L
<b>2-Draht-Leitung</b>	Ja	Ja	Nein	Ja
<b>Kommunikation</b>	1.2 kbit/s halbduplex	31.25 kbit/s halbduplex	100 Mbit/s voll duplex	10 Mbit/s voll duplex
<b>Referenzkabel</b>	nicht verfügbar	Typ 'A'	CAT 5/6	Typ 'A'
<b>max. Länge Trunk</b>	nicht verfügbar	typ. 700 m	100 m	1000 m
<b>max. Länge Spur</b>	nicht verfügbar	120 m	nicht verfügbar	200 m
<b>Schraubverbinder</b>	Ja	Ja	(Ja) <sup>1</sup>	Ja
<b>Polaritätsunabhängig</b>	Nein	(Ja) <sup>2</sup>	nicht verfügbar	Ja
<b>optional Eigensicherheit</b>	Ja	Ja	(Ja) <sup>3</sup>	Ja
<b>Einheitliche Netzwerktopologie vom Feld bis in Unternehmens-IT</b>	Nein	Nein	Ja	Ja

<sup>1</sup>: Verfügbar bis 1 GHz, zertifiziert für Zone 1 <sup>2</sup>: Herstellerabhängig <sup>3</sup>: Verfügbar mit 100BASE-TX-IS von Intrinsically-Safe-Ethernet-Arbeitsgruppe

Bild 1. Der Vergleich unterschiedlicher Kommunikationstechnologien für das Feld in Prozessanlagen. Bild: PNO

## Der Siemens-Weg

Um das Power Budget zu erreichen und den EX-Vorgaben gerecht zu werden, verwendet Siemens einen Ultra-Low-Power-Mikrocontroller STM32L4 von ST Microelectronics, gepaart mit dem ADIN1110 von Analog Devices. Zudem kommt das RTOS embOS und der IP-Stack emNet von Segger zum Einsatz. Damit ergibt sich eine generische Lösungsplattform bestehend aus IP-Stack, Treiber, MCU und MAC-PHY, die sich für viele Anwendungen in der Prozesstechnik eignet.

Die Entscheidung für den IP-Stack emNet fiel, da er selbst auf den kleinsten ULP-Mikrocontrollern eine hohe Performance bietet. Der duale IPv4/IPv6-TCP/IP-Stack wurde von Grund auf für ressourcenbeschränkte Embedded-Anwendungen entwickelt und zeichnet sich durch einen geringen Speicherbedarf aus. So belegt der komplette Stack auf einem Cortex-M-basierten Mikrocontroller weniger als 20 KB ROM und nur 1,5 KB RAM (ohne Lese-/Schreibpuffer).

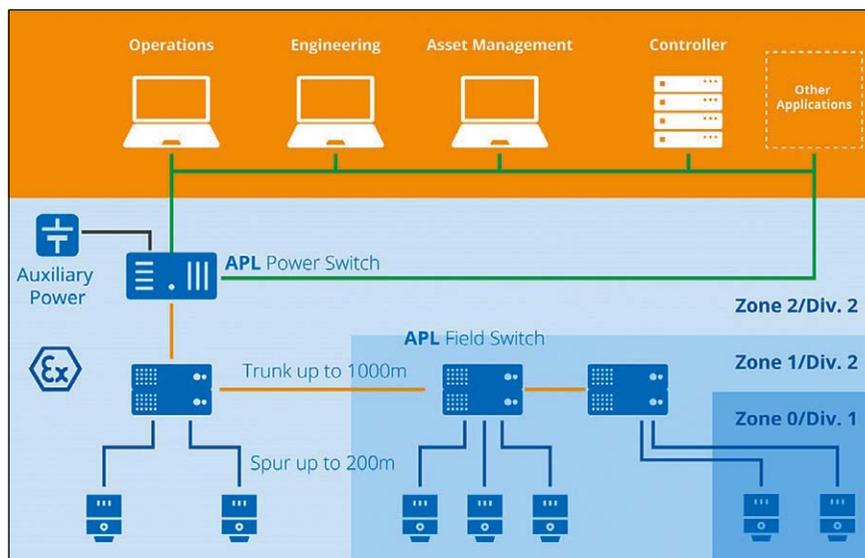
Ein Beispiel für die leistungsoptimierenden Funktionen von emNet ist der UDP-Flood-Schutz. Diese Funktion hilft, Ausführungszeit bei eingehenden Daten zu sparen, die ohnehin verworfen werden sollen. Wenn das Gerät Teil eines überlasteten Netzwerks ist, gibt diese Optimierung CPU-Zeit für andere Aufgaben frei.

Die flexible PHY-Treiberschicht des IP-Stack unterstützt praktisch jeden Ethernet-PHY-Transceiver. Ein generischer PHY-Treiber, der mit fast allen Single-Port-PHYs kompatibel ist, die dem IEEE 802.3u-Standard folgen, ist in dem Stack enthalten. Unterstützung für andere PHY-ähnliche Geräte wie etwa Ethernet-Switches ist ebenfalls möglich.

Aufgrund der Unabhängigkeit der einzelnen Schichten nach dem ISO OSI-Modell gibt es keine Einschränkungen für die Implementierung eines beliebigen Ethernet-Protokolls. Daher sind für die Implementierung von Protokollen der Schichten 3-7 keine Anpassungen bezüglich Ethernet-APL notwendig. Protokolle der Anwendungsschicht, die seit vielen Jahren vor allem in der diskreten Automatisierung eingesetzt werden, lassen sich entsprechend ihrer Spezifikationen, Richtlinien und Zertifizierungen problemlos implementieren. Im Rahmen der Erweiterung der Spezifikationen auf der physikalischen Schicht von Ethernet-APL können auch die entsprechenden Prüfvorschriften und Zertifizierungen angepasst werden. Damit ist sichergestellt, dass die Implementierungen den Standards entsprechen.

## Umsetzung in den Feldgeräten

Als Unterstützer der ersten Stunde wird bei Siemens mit Hochdruck an der Implementierung von Ethernet-APL in Geräten gearbeitet. Erste Prototypen waren auf der virtuellen Achema 2021 zu sehen. Besonders die höhere Datenrate ermöglicht nun eine angenehme Einstellung der Geräte über die Kommunikationsleitung. Neben den üblichen Parametriertools lässt sich das Ethernet-APL Gerät über einen integrierten Webbrowser parametrieren. Damit kann das Gerät auch ohne spezielle Software in Betrieb genommen werden. Eine vorherige Inbetriebnahme im Labor ist damit verzichtbar. Das Thema Diagnose gestaltet sich ebenfalls



einfacher: Über den Webserver lassen sich die Geräte schnell und ausführlich analysieren, sodass die Anwender zuverlässig auf Probleme im Prozess reagieren können. Aber auch mit Standardtools lassen sich die neuen Geräte besser bedienen als bislang. Dafür sorgt die standardmäßige Bereitstellung eines FDI-Paketes für die Integration, das unabhängig vom Leitsystemanbieter eine gleichartige Bedienung garantiert. Da in der Prozessindustrie erhöhte Anforderungen an die Robustheit einer Kommunikationsleitung gelegt wird, sind die Ethernet-APL-Geräte standardmäßig mit der Terminal-Klemme ausgestattet.

Entscheidend für die Automatisierung ist neben der physikalischen Schicht vor allem die Applikationsschicht. Um umfassende Anwendungen zu ermöglichen, werden bei Siemens die wichtigen Protokolle Profinet und Ethernet/IP unterstützt.

Erste umfangreiche Tests bei BASF belegen die erwarteten Vorteile der Technologie: So bestätigte sich die flexible Installation sowie die einfache Inbetriebnahme. Die physikalische Schicht Ethernet-APL belegte ihre stabile Ethernet-Kommunikation auch über zweiadrige Feldbuskabel. Die Erprobung der Datenübertragung über den ‚2. Kanal‘ parallel zur Steuerung gemäß des Namur Open-Architecture-Konzepts erwies sich ebenfalls als erfolgreich.

hap

- Facility Ethernet
- Ethernet-APL with Increased Safety
- Ethernet-APL with Intrinsic Safety Option

Bild 2. Beispielhafter Aufbau einer Prozessanlage mit Ethernet-APL. Der Zugriff auf die Daten des Feldes ermöglicht auch neue digitale Dienste entsprechend den Geschäftsanforderungen der Prozessanlage.  
Bild: PNO



### Dr. Jürgen Ficker

ist Produktmanager im Bereich Process Automation bei der Siemens-Sparte Digital Industries in Karlsruhe.  
Bild: Siemens



### Frank Riemenschneider

ist Senior Marketing- und PR-Manager bei Segger Microcontroller in Monheim.  
Bild: privat