

# WHITEPAPER

SINGLE PAIR ETHERNET

# SINGLE PAIR ETHERNET



## INHALT

1. Single Pair Ethernet (SPE): Die Zukunft von IIOT
2. Geschichte und Motivation von SPE
3. Normung: Weit gediehen, aber noch nicht abgeschlossen
4. Die Vorteile von SPE
5. Typische Anwendungen für SPE
6. Das SPE-Ökosystem
7. Die Rolle von LAPP
8. Fit für SPE?

## 1. SINGLE PAIR ETHERNET (SPE): DIE ZUKUNFT VON IIOT

**Anlagen, Maschinen, Steuerungen, Aktoren, Sensoren und sogar Werkzeuge und Werkstücke: In der Fabrik der Zukunft ist alles mit allem vernetzt – auch mit dem Internet und der Cloud – jedes physische Ding bekommt ein virtuelles Abbild.**

Doch im industriellen Internet der Dinge gibt es bisher einen Systembruch: Während in der Leit- und der Steuerungsebene der Automatisierungspyramide Ethernet als Kommunikationsstandard schon lange etabliert ist, dominieren in der unteren Ebene, der Feldebene, andere Standards. Dort wo Sensoren und Aktoren vernetzt werden, herrschen Feldbus-Systeme. Manche Komponenten übermitteln Informationen häufig noch analog. Damit die Versprechen von Industrie 4.0 aber Wirklichkeit werden können, ist eine nahtlose Kommunikation über alle Ebenen hinweg unumgänglich – die Feldebene darf keine technische Insel mehr sein. Dazu braucht es auf der Feldebene eine neue Infrastruktur. Sie muss mehrere Voraussetzungen erfüllen: Sie muss kompatibel zu den Ethernet-Netzwerken in den Ebenen darüber sein, gleichzeitig sollte sie kostengünstig und platzsparend sein; denn in vielen Maschinen geht es eng zu.

Die Industrie hat dazu einen neuen Standard geschaffen: Single Pair Ethernet (SPE). SPE-Leitungen haben nur noch ein verdrehtes Aderpaar, normalerweise haben Ethernet-Leitungen zwei oder gar vier Aderpaare. SPE gelingt damit die Quadratur des Kreises: Es ist annähernd so leistungsfähig wie Multi Pair Ethernet, erlaubt jedoch viel größere Distanzen, ist kompakter und erfordert weniger Aufwand bei der Installation. SPE macht die Feldebene smart und sorgt für eine durchgängige, verlässliche weltweite Vernetzung. Hersteller und Anwender sind sich einig: **Single Pair Ethernet ist die Zukunft des Industrial Internet of Things (IIOT).**

Für die Anwender bringt das viele Vorteile, allerdings müssen sie einige Aspekte bereits jetzt beachten. Denn die Normung für SPE ist weit gediehen, und es gibt erste Produkte auf dem Markt. Für Betriebe ist es deshalb gut ratsam, SPE bereits jetzt in ihre Planungen einzubeziehen. Dieses Whitepaper erläutert, welche Aspekte wichtig sind, und worauf Anwender achten müssen.

## 2. GESCHICHTE UND MOTIVATION VON SPE

Die Ursprünge von Ethernet reichen bis in die 1970er Jahre zurück. Ursprünglich entwickelt für die schnelle Kommunikation zwischen Bürocomputern und mit Rechenzentren, gibt es die Bestrebung seit rund 20 Jahren, Ethernet auch in der industriellen Fertigung zu etablieren. Das hat viele Vorteile:

- **Die Übertragung von IT-Daten und Echtzeitdaten erfolgt über das gleiche Netzwerk**
- **Durch Kaskadierung von Switches sind große Netzwerkausdehnungen möglich**
- **Es lassen sich große Datenmengen mit hoher Geschwindigkeit übertragen**
- **Alle Netzwerkteilnehmer können gleichberechtigt auf Busse zugreifen**
- **Die Anzahl der Teilnehmer ist aufgrund des großen Adressbereichs fast unbegrenzt**
- **Verschiedene Übertragungsmedien können kombiniert werden (Kabel, Funk, Lichtwellenleiter)**

Industrial Ethernet verzeichnet deshalb in den letzten Jahren eine sehr hohe Wachstumsrate, die deutlich über den Wachstumsraten von Feldbussen liegt. Es ist damit zu rechnen, dass Industrial Ethernet in einigen Jahren die dominierende Technologie zur Vernetzung in der Industrie sein wird. Bisher allerdings nicht auf der unteren Ebene, denn dort dominieren nach wie vor Feldbus-Systeme – trotz der zahlreichen Vorteile von Industrial Ethernet. Mit Industrie 4.0 und der smarten Fabrik lässt sich dieser Systembruch aber nicht mehr länger aufrechterhalten. Sie erfordern eine durchgängige Vernetzung der drei Ebenen der Automatisierungspyramide (manche Definitionen sprechen auch von fünf Ebenen) durch einen einheitlichen Standard mit dem TCP/IP-Protokoll.

Schützenhilfe kommt aus der Automobilindustrie. Dort gibt es seit 2015 Überlegungen, einen platzsparenden Nachfolger für den CAN-Bus zu entwickeln, um größere Datenmengen im Fahrzeug zu übertragen. Damals wurden die ersten Standards für Leitungen definiert, die statt den bei Ethernet üblichen vier Aderpaaren nur ein Aderpaar verwenden. Später kamen weitere dazu für Datenraten bis 1 Gbit/s, was sich auch für teilautonomes Fahren eignet. Noch schnellere Normen bis 10 Gbit/s für autonomes Fahren sind in der Planung.

Sowohl für die Anforderungen der Automobilindustrie an eine schnelle Datenübertragung im Fahrzeug als auch für den Wunsch der Fertigungsindustrie nach einer nahtlosen Vernetzung in Fabriken gibt es ein und dieselbe Antwort: Single Pair Ethernet, ein Übertragungsstandard, der mit nur einem Adernpaar im Kabel auskommt. SPE hat zahlreiche Vorteile:

- **Vernetzung mit TCP/IP ohne Systembrüche**
- **Jeder Feldteilnehmer über IP adressierbar**
- **Dank TSN (Time-Sensitive-Networking) geeignet für echtzeitkritische Anwendungen**
- **Ersatz für den Wildwuchs proprietärer Feldbusse**
- **Große Distanzen bis 1.000 Meter**
- **Dadurch mehr Flexibilität bei der Verkabelung und Verzicht auf Gateways mit SPE möglich**
- **Stromversorgung von Endgeräten über die gleiche Leitung durch PoDL**
- **Nachhaltig dank Verzicht auf Batterien, im Vergleich zu Funktechnologien**
- **Weniger Material und Gewicht**
- **Flexibel und platzsparend, z. B. in Schleppketten**
- **Leichtere, fehlerfreie Installation, was Montagezeit spart**
- **Höhere Betriebssicherheit als Funktechnologien**
- **Wirtschaftlicher**

Mittlerweile haben sich zahlreiche Unternehmen aus der elektrischen Verbindungstechnik wie Kabel- und Steckerhersteller in mehreren Partner Netzwerken zusammengetan, um die Technologie voranzutreiben. Die Mitglieder des Konsortiums gehen davon aus, dass SPE in den kommenden Jahren auf der Sensor-/Aktor-Ebene die heute vorherrschenden Feldbus-Systeme ablösen und damit die Basisinfrastruktur für intelligente Sensoren und Aktoren und die smarte Fabrik wird.

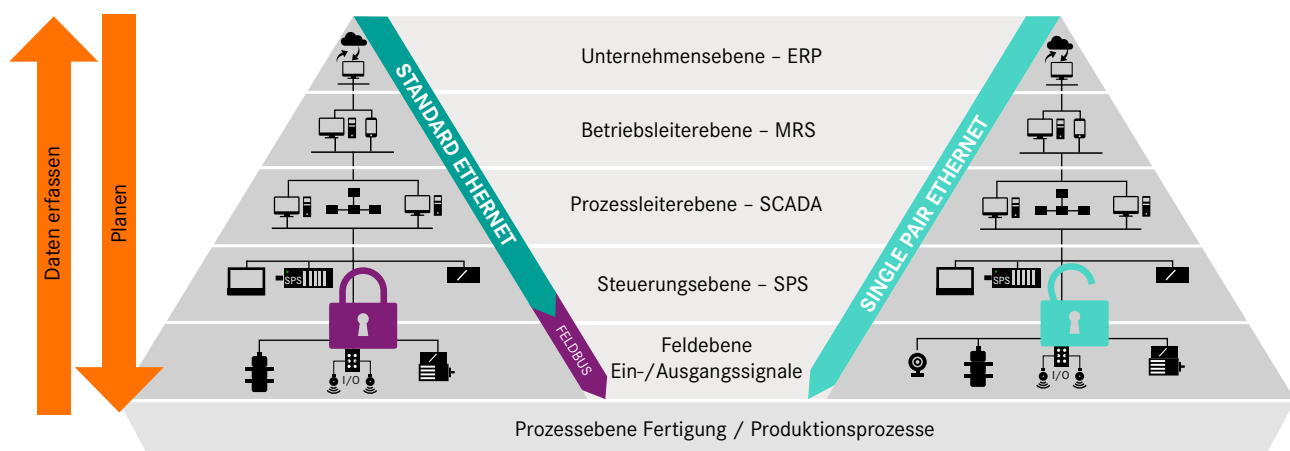


Abbildung: Single Pair Ethernet ermöglicht durchgängige Ethernet Kommunikation

### 3. NORMUNG: WEIT GEDIEHEN, ABER NOCH NICHT ABGESCHLOSSEN

Damit sich eine Technologie breit am Markt etablieren kann, sind Normen notwendig. So kann sich der Kunde darauf verlassen, dass alle Komponenten miteinander funktionieren, egal von welchem Hersteller sie stammen. Bei den Feldbussen ist dies meist nur innerhalb eines Systems der Fall. Dort gibt es mehr als ein Dutzend unterschiedliche Systeme, die nicht ohne weiteres kompatibel sind. Die Mitglieder des SPE Industrial Partner Network sind sich einig, dass das bei SPE nicht passieren soll. Sie arbeiten daher derzeit an System- und Komponenten-Standardisierung. Während die Normung bei den Systemeigenschaften abgeschlossen ist, gibt es bei den Komponenten, besonders bei den Steckverbindern, noch Beratungen.

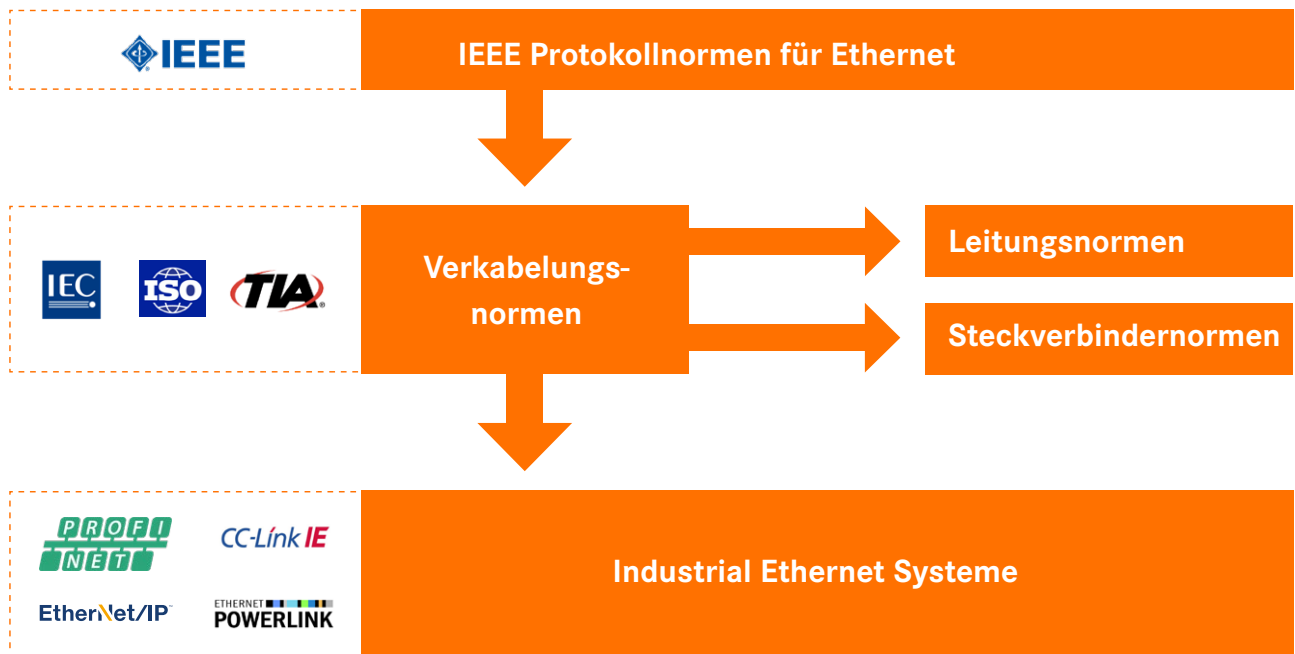


Abbildung: Übersicht Standardisierungsprozess für Single Pair Ethernet

### 3.1. NORMEN DER PROTOKOLLE BEI IEEE

Es wurden im Wesentlichen vier Leistungsklassen mit unterschiedlicher Datenrate und Link-Länge (Gesamtleitungslänge zwischen zwei aktiven Geräten inklusive maximal vier Steckverbindungen) definiert. Bei den Link-Längen wird nach ungeschirmten und geschirmten Leitungen differenziert. Für die Industrieanwendungen sind überwiegend die geschirmten relevant, da sie höhere Leitungslängen sowie den notwendigen Schutz gegen elektromagnetische Störungen ermöglichen:

- 10 Mbit/s bis zu 1.000 m
- 100 Mbit/s bis zu 40 m
- 1 Gbit/s bis zu 40 m
- 2,5 bis 10 Gbit/s bis zu 15 m

Auch Multidrop ist möglich. IEEE 802.3cg erlaubt bis zu acht Abzweige von der Stammleitung. Dieses interessante Feature ermöglicht den Anschluss eines Netzwerkteilnehmers durch direkten physischen Abzweig ohne einen Switch.

Zum ersten Mal ist es mit der Norm IEEE 802.3cg möglich, mit Ethernet Distanzen von mehr als 100 Meter zu überbrücken. In der Tabelle ist die Norm IEEE 802.3bu PoDL nicht angeführt, wobei das Kürzel für Power over Dataline steht, also die Übertragung von elektrischer Leistung über SPE – dazu weiter unten mehr.

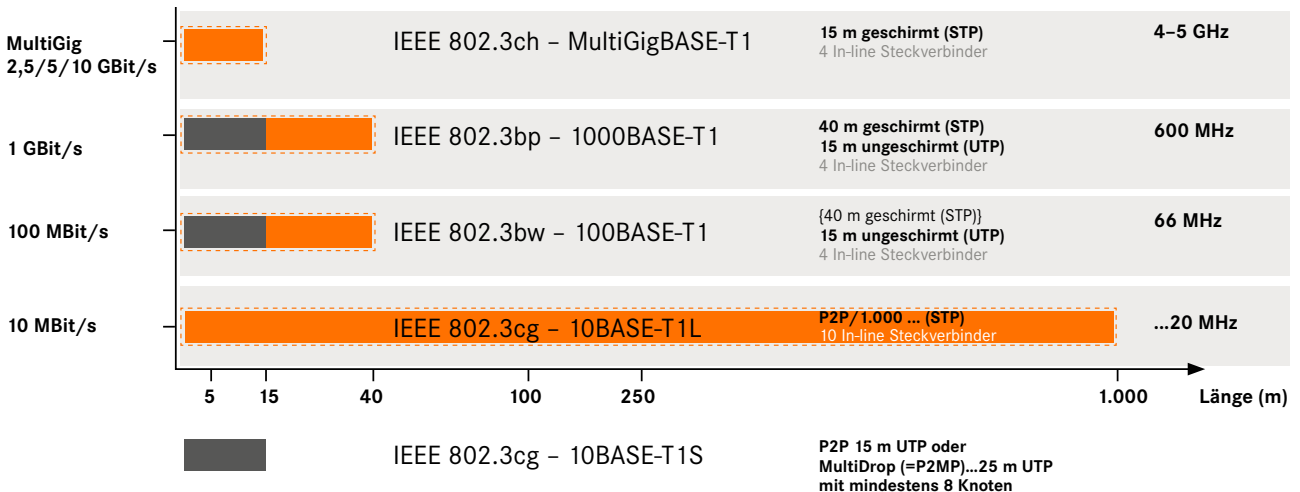


Abbildung: Übersicht der IEEE Normen für Single Pair Ethernet

### 3.2 VERKABELUNGSNORMEN DER ISO UND TIA

Der Normenreihe ISO/IEC 11801 kommt beim Aufbau von Ethernet Netzwerken eine wichtige Rolle zu. In dieser Norm werden komplette Verkabelungskanäle mit allen notwendigen Parametern (Länge, Anzahl Verbindungen, Bandbreite und das komplette Set an Übertragungstechnischen Parametern einschließlich NEXT, FEXT, Schirmungseigenschaften usw.) mit Relation zur Umgebung definiert. Dies wird insbesondere zur Planung des Netzwerks benötigt, aber auch zur messtechnischen Überprüfung der installierten Verkabelung.



#### INFO

Für die Märkte USA, Kanada und Mexico sind die ANSI/TIA Standards von hoher Bedeutung. In den TIA 42-Papieren wird SPE über das Addendum TIA-1005-A-3 berücksichtigt.

### 3.3 NORMUNG DER SPE KOMPONENTEN (LEITUNGEN UND STECKVERBINDER) BEI IEC

#### 3.3.1 Leitungen für SPE

Für die Leitungen ist die Normierung weitgehend abgeschlossen. In der IEEE-Norm 802.3 wurden die Protokollstandards definiert, aus denen die International Electrotechnical Commission (IEC) in der Normenreihe IEC 61156 den Aufbau und die elektrischen Eigenschaften für SPE-Leitungen festgelegt hat. Der IEC 61156 Standard unterteilt die Single Pair Ethernet Leitungen nach der Art der Verlegung, der maximalen Link-Länge und der Datenübertragungsrate.

Immer gleich ist die Farbe der Adern: Blau für BI\_DA+ und Weiß für BI\_DA-. IEC 61156-11 (feste Verlegung) und IEC 61156-12 (flexible Anwendung) definieren die Eigenschaften für eine Übertragungsrate von 1 Gbit/s über eine Übertragungstrecke von 40 m. Um die hohe Übertragungsrate über nur ein einzelnes Adernpaar zu erreichen, stellt die Norm besonders hohe Anforderungen an die elektrischen Eigenschaften. Dazu ist es erforderlich, die Bandbreite gegenüber herkömmlichen Industrial Ethernet Cat.5e Datenleitungen deutlich zu erhöhen, sie sind deshalb für eine Frequenz von bis zu 600 MHz spezifiziert. Für längere Distanzen bis zu 1.000 m wird derzeit die IEC 61156-13 (feste Verlegung) und IEC 61156-14 (flexible Anwendung) entwickelt, die Datenrate beträgt hier 10 Mbit/s.

Die Normung definiert auch die Querschnitte der Leiter. Sie reichen von AWG 16 und AWG 18 (ca. 2 mm Aderdurchmesser) über AWG 22 (ca. 1,6 mm Durchmesser) bis AWG 26 (ca. 1 mm Durchmesser). Für PoDL eignen sich die etwas dickeren AWG 22, die darüber hinaus eine besonders niedrige Dämpfung aufweisen. AWG 26 ist gedacht für besonders dünne Leitungen. Damit reduziert sich der Durchmesser im Vergleich zu einer vierpaarigen Leitung um ein Viertel, das Gewicht sogar um die Hälfte – ideal für enge Bauräume, wie zum Beispiel im Schaltschrank.

Aderquerschnitt	Aderndurchmesser	Kabeldurchmesser
AWG 26	1,0–1,3 mm	4–5 mm
AWG 22	1,5–2,0 mm	5–6 mm
AWG 18	2,35–2,7 mm	6,5–8 mm
AWG 16	3,0–3,4 mm	8–10 mm

Abbildung: Leitungsabmessungen in Abhängigkeit zum Aderquerschnitt

Querschnitt	Datenrate	Anwendung	Standard
AWG 26	1Gbit/s 1000BASE-T1 bis 40m	Feste Verlegung	IEC 61156-11
		Flexible Verlegung	IEC 61156-11
		Dynamische Anwendung (z. B. Schleppkette)	IEC 61156-12
		Robotik	IEC 61156-12
AWG 22	1 Gbit/s 1000BASE-T1 bis 40m (optimiert PoDL)	Feste Verlegung	IEC 61156-11
		Flexible Verlegung	IEC 61156-11
		Dynamische Anwendung (z. B. Schleppkette)	IEC 61156-12
		Robotik	IEC 61156-12
AWG 18	10 Mbit/s 10BASE-T1 bis 1.000m	Feste Verlegung	IEC 61156-13
		Flexible Verlegung	IEC 61156-14

Abbildung: SPE Leitungen für unterschiedliche Anwendungen und Verlegearten nach IEC 61156

### 3.3.2. Anwendungsspezifische Leitungen

Bei der Auswahl der richtigen Leitungen für die jeweilige Applikation sind nicht nur die normativ beschriebenen elektrischen Übertragungsparameter und Leitungsaufbau relevant. Insbesondere die Umweltbedingungen oder der Brandschutz sind im industriellen Einsatz zu beachten.

Bei den Umweltbedingungen ist zu berücksichtigen, dass Leitungen mit Medien in Kontakt kommen, hohen Temperaturen oder auch UV-Licht ausgesetzt sein können. Dies hat Einfluss auf die Wahl des richtigen Außenmantelmaterials. So ist PVC (Polyvinylchlorid) ein kostengünstiger Allrounder mit guter bis sehr guter Flammwidrigkeit. PUR (Polyurethan) ist sehr widerstandsfähig gegen mechanische Belastungen. Spezialmaterialien wie das ROBUST Mantelmaterial von LAPP ist sehr resistent gegen chemische Einflüsse und unter anderem für die Lebensmittelverarbeitung bestens geeignet.

Die vielen einsatzspezifischen Anforderungen zeigen, dass es auch bei Single Pair Ethernet zahlreiche unterschiedlich spezialisierte Leitungen geben wird.



#### INFO

Wenn es um die Brandeigenschaften geht, kommen auch Zulassungen wie UL für den nordamerikanischen Markt oder CPR (Construction Product Regulation) für den europäischen Wirtschaftsraum als Auswahlkriterium hinzu.



**3.3.3 Steckverbinder für SPE**

Die SPE Steckverbinder sind in der Norm IEC 63171 standardisiert.

Es wurden sechs unterschiedliche Steckgesichter in die Norm eingebracht. Aus Anwendersicht ist die Festlegung auf einen Standard erstrebenswert, um die Komponentenvielfalt zu reduzieren und Inkompatibilitäten zu vermeiden. Am Ende wird der Markt entscheiden, welcher Standard sich durchsetzt. Wichtig wird hierfür sein, welche Schnittstelle durch die Mehrzahl der Gerätehersteller implementiert und durch die Anwender präferiert wird.

Norm	Beschreibung	Übermittelt durch	MICE Umgebung
IEC 63171	Basis Standard		M <sub>1</sub> I <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E <sub>1</sub> ... M <sub>3</sub> I <sub>3</sub> C <sub>3</sub> E <sub>3</sub>
IEC 63171-1	„LC Style“ IP20 Umgebung	CommScope	M <sub>1</sub> I <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E <sub>1</sub>
IEC 63171-2	„Type 2 Style“ IP20 Umgebung	PxC/Weidmüller	M <sub>1</sub> I <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E <sub>1</sub>
IEC 63171-3	„Tera Style“ IP20 Umgebung	Siemon	M <sub>1</sub> I <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E <sub>1</sub>
IEC 63171-4	„BKS Style“ IP20 Umgebung	BKS	M <sub>1</sub> I <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E <sub>1</sub>
IEC 63171-5	„Type 5 Style“ IP65/67 Umgebung	PxC/Weidmüller	M <sub>2</sub> I <sub>2</sub> C <sub>2</sub> E <sub>2</sub> M <sub>3</sub> I <sub>3</sub> C <sub>3</sub> E <sub>3</sub>
IEC 63171-6	„Industrial Style“ IP20 und IP65/67 Umgebung	SPE Industrial Partner Network	M <sub>1</sub> I <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E <sub>1</sub> M <sub>2</sub> I <sub>2</sub> C <sub>2</sub> E <sub>2</sub> M <sub>3</sub> I <sub>3</sub> C <sub>3</sub> E <sub>3</sub>

Abbildung: Die sechs Single Pair Ethernet Steckertypen der IEC 63171

Die größte Unterstützung erfährt der Standard IEC 63171-6, welcher durch das SPE Industrial Partner Network propagiert wird. Er beschreibt sechs unterschiedliche Gehäuseformen, die auf einem einheitlichen Steckgesicht basieren: fünf IP67 Steckverbinder mit M8- oder M12-Steck-/Schraubverschlüssen und einen IP20-Flachstecker. Das rechteckige Steckgesicht mit den beiden Pins in 2,8 mm Abstand ist bei allen gleich. Das hat den Vorteil, dass der Steckerblock mit den beiden Anschlusspins praktisch beliebig mit M8 und M12 Rundsteckern mit Schraub-, PushPull und SnapIn-Verschlüssen kombinierbar ist. Sogar in künftige Hybrid-Stecker passt es hinein. So passt ein IP20-Stecker ohne weiteres in IP65/67 Buchsen mit dem Durchmesser M8 und M12. Das ist praktisch, wenn der Monteur schnell eine Verkabelung testen oder ein Gerät mit M12 Buchse konfigurieren möchte, aber nur ein Patchkabel mit IP20 Stecker zur Hand hat.



Abbildung: Beispiel eines Steckgesichts nach IEC 63171-6

Weitere Vorteile sind die Symmetrie des Steckgesichts und damit die exakt gleiche Laufzeit der Signale über die beiden Adern, was bei Ethernet eine Grundvoraussetzung für eine hohe Übertragungsqualität bis Bandbreiten von 4 GHz ist. Das symmetrische Steckgesicht erlaubt eine ebenso symmetrische Kontaktierung auf der Platine. Weitere positive Eigenschaften sind die hohe Spannungsfestigkeit von 1.000 Volt (Pin zu Pin) beziehungsweise 2.250 Volt (Pin zu Gehäuse), Ströme bis 4 Ampere (bei 60 °C), mehr als 1.000 Steckvorgänge (für die IP20-Version), verwechslungssichere Polarität sowie hohe Robustheit bezüglich Temperatur, Feuchte und Staub, Schock, Vibration sowie elektromagnetischer Verträglichkeit. Und zu guter Letzt eignen sich alle IEC 63171-6 Stecker für alle Leitungsdicken mit Adern von AWG 26 bis AWG 18.

Unter Anderem noch im Rennen ist der Steckverbinder IEC 63171-2, der von der Single Pair Ethernet Alliance unterstützt wird. Beim von der SPE System Alliance vertretenen Steckgesicht liegen die PINs übereinander, dies sorgt für einen geringeren Flächenverbrauch auf der Platine, aber auch für ein Anwachsen der Abmessungen nach oben. Durch die unterschiedlichen Längen der PINs, entsteht eine Asymmetrie. Diese Längenunterschiede können durch zusätzliche Leiterbahnen auf der Platine ausgeglichen werden, was wiederum Platz kostet. Das Steckgesicht von IEC 63171-2 ist asymmetrisch keilförmig – die PINs weisen somit unterschiedliche Abstände zum Schirmgehäuse auf. Bei sehr hohen Frequenzen stellen die erwähnten Asymmetrien Fehlerquellen dar.

Das SPE Industrial Partner Network rechnet damit, dass sich IEC 63171-6 durchsetzen wird. Weil die Systemeigenschaften zur Datenübertragung genormt sind, ist es prinzipiell möglich, unterschiedliche Steckverbinder zu mischen, also zum Beispiel an das eine Ende des Kabels einen IEC 63171-6 Stecker zu konfektionieren.

ren und ans andere Ende einen IEC 63171-2 Stecker, sofern die Buchse etwa am Switch einen Wechsel nötig macht. Optimal ist das nicht. Deshalb setzt sich das SPE Industrial Partner Network dafür ein, dass sich alle Marktteilnehmer zum Wohl der Anwender auf einen Stecker-Standard einigen.

#### 4. DIE VORTEILE VON SPE

Single Pair Ethernet ist ein echter Game-Changer in der industriellen Vernetzung. SPE erleichtert die Vernetzung von Sensoren und Aktoren auf der Feldebene. Die dünneren Leitungen sparen Platz, außerdem lassen sie sich in engeren Biegeradien verlegen.

Da die Zahl der Komponenten, die auf der Feldebene vernetzt werden, rasant ansteigt, rücken die Montagezeiten vermehrt in den Fokus der Anwender. Weil der Monteur bei SPE statt acht Adern nur noch zwei anschließen muss, kann er damit gut die Hälfte der Arbeitszeit sparen und der Betrieb spürbar seine Arbeitskosten senken. Die Dauer für die Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen kann ebenfalls reduziert werden, weil weniger Probleme durch Anschlussfehler oder schlechte Kontaktierung entstehen. Hinzu kommt, dass an den bisherigen Systemgrenzen zwischen Leit- und Steuerungsebene zur Feldebene heute Übersetzer und Gateways zum Einsatz kommen, die eine Verbindung zur Feldebene herstellen. Mit SPE fallen diese weg, es versorgt eine Vielzahl von Feldkomponenten platzsparend und kostengünstig. Des Weiteren benötigt SPE weniger passive Bauelemente für die Ethernet Schnittstelle, wodurch sich die Fläche auf der Leiterplatte der Geräte auf nur noch ein Viertel reduziert. Künftige Switches werden also deutlich kompakter, was Platz an der Maschine und im Schaltschrank spart und letztlich Produktionsanlagen verschlankt.

Ein großer Pluspunkt von SPE ist die größere Leitungslänge von bis zu 1.000 Meter. Das ist das Zehnfache der Distanz, die bisherige Ethernet-Leitungen überbrücken können. Damit wird industrielles Ethernet auch für Betriebe interessant, die ausgedehnte Anlagen betreiben, zum Beispiel in der chemischen Industrie, wo eine einzelne Prozesslinie mehrere Fußballfelder abdecken kann. Bisher wurden Sensoren oder Aktoren dort über langsame analoge Leitungen oder über Funk angebunden, wobei aber der Reichweite und der Störfestigkeit Grenzen gesetzt sind, zudem braucht es bei Funk immer noch ein Kabel zur Stromversorgung. SPE vereint alles in einem: Hohe Zuverlässigkeit der Verbindung und Geschwindigkeit über große Distanzen. Gleichzeitige stellt PoDL (Power over Data-line) die Stromversorgung über das gleiche Kabel sicher.

Nach der Norm IEEE 802.3bu PoDL kann eine SPE-Leitung Leistungen bis 50 Watt bei 48 Volt über ein verdrehtes Aderpaar übertragen. Gerade auf der Maschinenebene bringt dies große Vorteile. Dort kommen immer mehr Sensoren, kleine Aktoren und IP-Kameras zum Einsatz, die eine Stromversorgung be-



#### VORTEILE

- Vernetzung mit TCP/IP ohne Systembrüche
- Jeder Feldteilnehmer über IP adressierbar
- Dank TSN (Time-Sensitive-Networking) geeignet für echtzeitkritische Anwendungen
- Ersatz für den Wildwuchs proprietärer Feldbusse
- Große Distanzen bis 1.000 Meter
- Dadurch mehr Flexibilität bei der Verkabelung und Verzicht auf Gateways mit SPE möglich
- Stromversorgung von Endgeräten über die gleiche Leitung durch PoDL

nötigen. In der Fertigung, wo die Wartungszyklen lang sein sollen, sind Batterien keine Option, also benötigen viele Komponenten neben dem Datenkabel noch ein weiteres Kabel für die Stromzufuhr. Mit PoDL ist das in vielen Fällen nicht mehr notwendig, was den Verkabelungsaufwand halbiert und Probleme mit engem Bauraum entschärft. Die Stromzufuhr erfolgt aus dem Switch oder aus einem Netzteil, das in die Leitung eingeschleift wird. Möglich ist PoDL bei Leitungen von 10 Mbit/s bis 10 Gbit/s, die maximale Leitungslänge beträgt bis zu 1.000 Meter. Für höhere Leistungen bis 400 Watt sind Hybridleitungen möglich, die zwei weitere Adern in einem Mantel enthalten. Im Gegensatz zu Power over Ethernet sind bei PoDL auch typische Bordnetzspannungen von 12 und 24 Volt für den Einsatz in Fahrzeugen definiert.

In letzter Zeit ist im Zusammenhang von Fabriken viel von Funktechnologien die Rede, vor allem von 5G. Tatsächlich haben Wireless-Technologien Vorteile, wenn es um die Datenkommunikation in smarten Fabriken geht, vor allem dort, wo häufig wechselnde und mobile Anlagen zum Einsatz kommen und wo größere Distanzen überbrückt werden müssen. Funktechnologien haben aber auch Nachteile: Sie übertragen keine elektrische Energie, es braucht also immer noch Leitungen zur Stromversorgung und in dicht gepackten Anlagen gibt es Funkschatten ohne Empfang. SPE kennt diese Einschränkungen nicht. Die dünnen Leitungen kommen in noch so enge Lücken und bringen die Stromversorgung gleich mit.

Mit 1.000 Meter Leitungslänge bietet SPE auch spezielle Standards für Langstreckenfunk Paroli. Und der Anwender hat die Garantie, dass alle Daten immer und vollständig dort ankommen, egal welche Störungen es gibt. SPE verleiht dem Kupferkabel neue Möglichkeiten, es macht sowohl Funkstandards als auch der Glasfaser Konkurrenz, welche heute zur Überbrückung höherer Distanzen genutzt wird.

Klar ist aber auch: SPE ist nicht die Lösung für alles, es wird die etablierten Standards für Industrial Ethernet mit vier Aderpaaren nicht überflüssig machen. Die haben nach wie vor ihre Daseinsberechtigung in der Leit- und Steuerungsebene der Automatisierungspyramide, wo es auf hohe Datenübertragungsraten und eine Steckkompatibilität zur Office-IT ankommt. „One fits all“ funktioniert auch hier nicht. SPE lässt sich nicht an Geräte mit herkömmlicher Ethernet-Schnittstelle wie PCs oder Server anschließen. Auch erlaubt Power over Ethernet in Multi Pair Ethernet Leitungen mit 95 Watt etwas höhere Leistungen als die 50 Watt bei SPE. Hinzu kommt der Vorteil, dass Multi Pair Leitungen Autonegotiation beherrschen. Damit können zwei miteinander verbundene Ethernet-Netzwerkports selbstständig die maximale Übertragungsgeschwindigkeit aushandeln. Aktuell ist dies mit SPE nur möglich, wenn alle Chips vom gleichen Hersteller kommen. Eine anwenderfreundliche Standardisierung ist bereits angedacht, womit diese Funktion dann auch herstellerübergreifend zur Verfügung steht.



## VORTEILE

- Nachhaltig dank Verzicht auf Batterien, im Vergleich zu Funktechnologien
- Weniger Material und Gewicht
- Flexibel und platzsparend, z. B. in Schleppketten
- Leichtere, fehlerfreie Installation, was Montagezeit spart
- Höhere Betriebssicherheit als Funktechnologien
- Wirtschaftlicher

## 5. TYPISCHE ANWENDUNGEN FÜR SPE

### Industrie

Mit SPE lässt sich eine Fabrik über die gesamte Automatisierungspyramide vernetzen, durchgängig vom Sensor bis in die Unternehmensleitebene und die Cloud – alles mit der gleichen Technologie und besonders wirtschaftlich. Das kommt dem Trend zum Downsizing entgegen, denn es müssen immer mehr Sensoren wirtschaftlich angeschlossen werden. SPE schließt die Lücke bis zum Sensor und Aktor. Durch die direkte Netzwerkintegration können Sensoren und Aktoren auch „Smarter“ werden, das heißt sie können zusätzliche Information bereitstellen, oder komfortabel aus der Ferne parametrieren und diagnostiziert werden. Eine weitere sinnvolle Anwendung in der Industrie ist Vernetzung von Geräten im Schaltschrank, wo durch die dünneren Leitungen und kleineren Steckverbinder Platz gespart werden kann.

### Prozessautomation

Für weite Distanzen in großen Anlagen wie in der Chemieindustrie ist SPE ein Game-Changer. Seit Jahrzehnten sind dort noch analoge Signalübertragungen im Einsatz oder Feldbusse mit Datenübertragungsraten von nur 31,25 Kbit, eine Übertragung von Videobildern ist damit nicht möglich. Zudem sind analoge Signale störanfälliger als digitale Übertragungen. Das ist nun mit SPE über Distanzen von 1.000 Metern machbar. Für diesen Einsatz wurden unter dem Begriff APL (Advanced Physical Layer) basierend auf 10BASE-T1L gemäß IEEE 802.3cg zusätzliche Vorkehrungen für die Prozessindustrie definiert. So ist in APL unter anderem die Eigensicherheit berücksichtigt, die den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen erlaubt.

Mögliche Evolutionsstufen für den SPE Einsatz in der Industrie:

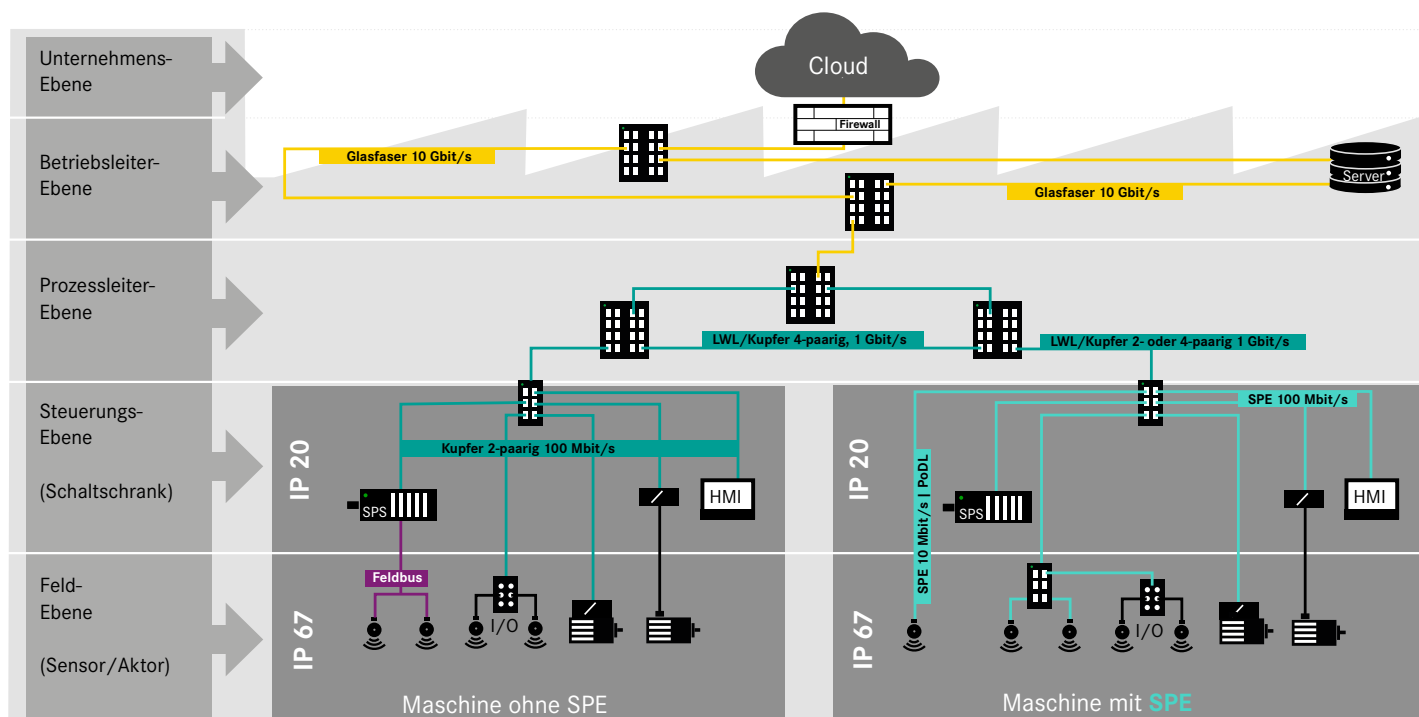


Abbildung: Mögliche Implementierungsschritte für Single Pair Ethernet

**Bus und Bahn**

In öffentlichen Verkehrsmitteln eignet sich SPE zum Vernetzen von Informationssystemen etwa zur Anzeige der Haltestellen oder Sitzplatzreservierungen, für Kameras zu Überwachungszwecken oder zur Fahrgastzählung sowie für das Infotainment und WLAN.

**Elektromobilität**

In batterieelektrischen Fahrzeugen bietet SPE einen kompakteren Aufbau mit geringeren Biegeradien und damit mehr Flexibilität beim Engineering. Außerdem spart SPE Gewicht: Eine standardmäßige Leitung mit vier Aderpaaren ist deutlich schwerer als eine SPE-Leitung mit zwei Aderpaaren.

**Gebäudeautomatisierung**

In Gebäuden kann SPE Sensoren vernetzen, etwa von Brandmeldeanlagen, Heligkeits- oder Temperaturfühlern, außerdem Systeme zur Zutrittskontrolle, Informationstafeln etwa zur Raumbelugung und vieles mehr. Auch smarte Beleuchtung würde vom reduzierten Installationsaufwand profitieren.

**Einzelhandel**

In Supermärkten an Auslagen mit schnell verderblicher Ware können Sensoren via SPE Informationen über den Füllstand der Auslage übermitteln.

Die folgende Tabelle zeigt einige Anwendungen, für die sich SPE besonders eignet, aber auch Anwendungen, wo vierpaariges Ethernet weiter sinnvoll ist.

Anwendung	Verkabelungstyp	Datenrate	Protokoll
Fahrgastzählung	SPE	10 Mbit/s	10BASE-T1S (MD) oder 100BASE-T1
Tür-Überwachung/-Steuerung	SPE	10 Mbit/s	10Base-T1S (MD)
IP Lautsprecher	SPE	10 Mbit/s	10Base-T1S (MD)
SOS Terminal	SPE	10 Mbit/s	10Base-T1S (MD)
Anzeigen	SPE	100 Mbit/s	100BASE-T1
Driver assistance terminal	SPE	1 Gbit/s	1000BASE-T1
IP-Kameras (innen/außen)	SPE	100 Mbit/s	100BASE-T1
Mobilfunk-/WLAN Router und Zugang	4 pair	1 Gbit/s	1000BASE-T1
Türöffner	SPE	10 Mbit/s	10Base-T1S (MD)
Fahrkartenautomaten	SPE	10 Mbit/s	10Base-T1S (MD)

Abbildung: Anwendungsbeispiele für unterschiedliche SPE-Protokolle



EXKURS

**Exkurs: 1 MPE = 4 SPE?**

Die Idee liegt auf der Hand: Wenn Single Pair Ethernet ein Aderpaar benötigt, bisherige Ethernet-Leitungen aber vier Paare haben, könnte man doch vier SPE-Aderpaare in einer Leitung zusammenführen, oder? Cable-Sharing ist zwar prinzipiell möglich, aber technisch und wirtschaftlich wenig sinnvoll. Bezüglich der Übertragungsgeschwindigkeit gewinnt man nichts, denn vier SPE-Leitungen schaffen zusammen 4 Gbit/s, während eine übliche Cat.6<sub>A</sub>-Leitung 10 Gbit/s schafft. Und statt 100 Meter würde die Reichweite auf 40 Meter schrumpfen. Um die vier Aderpaare überhaupt für SPE nutzen zu können, müsste der Anwender jedes Kabel auf seine Eignung prüfen, denn SPE benötigt eine Bandbreite von 600 MHz.

6. DAS SPE-ÖKOSYSTEM

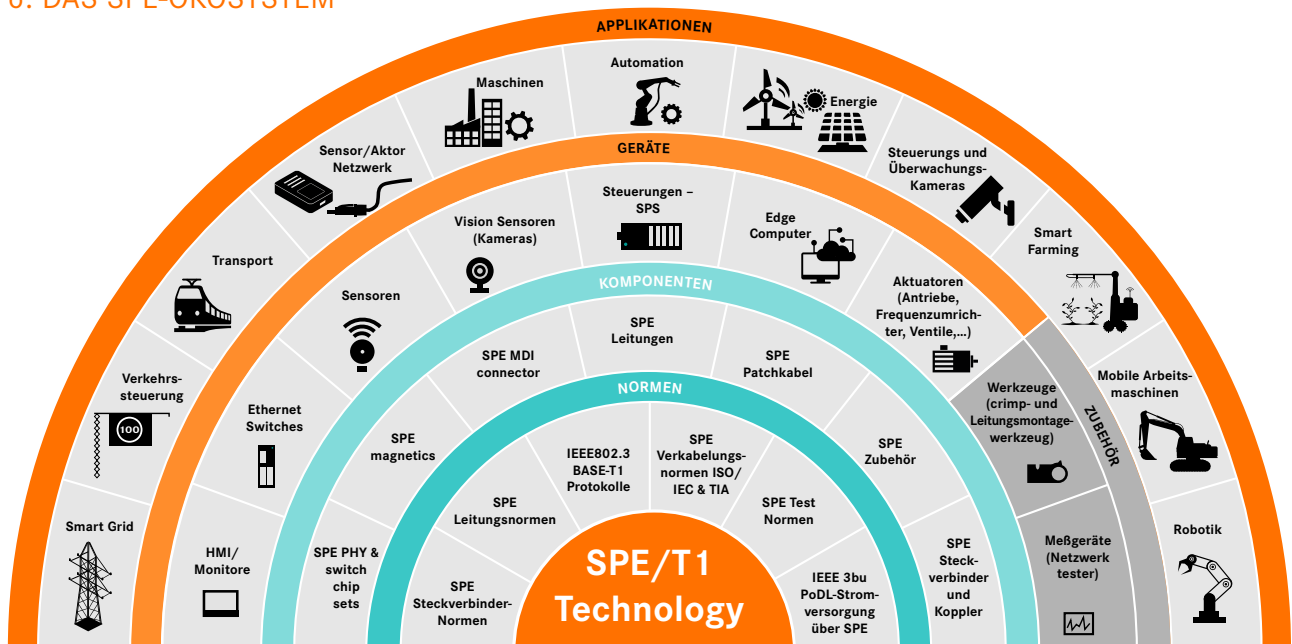


Abbildung: Single Pair Ethernet Ökosystem

Die Grafik deutet es an: Single Pair Ethernet ist nicht einfach nur ein neuer Standard für Datenleitungen neben vielen anderen, sondern ein komplettes Ökosystem aus Komponenten zur nahtlosen Vernetzung in der Industrie auf der Feldebene. Dazu gehören neben Kabeln und Steckern auch Patchcords und Switches sowie selbstverständlich viele Komponenten aus der Anwendung wie Sensoren, Aktuatoren, Kameras. In der Entwicklung sind dafür neue Halbleiterchips für die physische Schnittstelle zwischen Elektronik und Kabel, Chips für Switches, Controller für PoDL sowie passive Komponenten wie magnetische Transformatoren.

Neben den genormten Leitungstypen befinden sich derzeit spezielle Versionen für verschiedene mechanische Belastungen in der Entwicklung wie Torsion, hochflexibel für Schleppkette oder Roboteranwendung, auch extreme Umweltbedingungen wie Hitze/Kälte oder Resistenz gegen aggressive Medien wie Öle und

Säuren müssen die Leitungen aushalten. Für Kunden, die ihre Anlagen weltweit verkaufen, ist die UL-Zulassung für Nordamerika eine wichtige Eigenschaft. Abgerundet wird die Auswahl durch unterschiedliche Hybridleitungen, die SPE mit zusätzlichen Elementen kombinieren.

### 7. DIE ROLLE VON LAPP

LAPP schafft Verbindungen – weltweit, zuverlässig und kundenindividuell. Dieser Anspruch gilt auch für SPE. LAPP hat mit der Entwicklung industrietauglicher SPE Leitungen früh begonnen und kann diese bereits anbieten. Für die weitere Verbreitung sind Normen wichtig. Deshalb engagiert sich LAPP, zusammen mit vielen anderen Herstellern von Verbindungstechnologien, in der Normung. Die Single Pair Ethernet Technologie ist bereits international genormt, damit ist die Basis für eine weltweite Verbreitung vorhanden. Jedoch wurden für die Industrie-Steckverbinder mehrere Vorschläge in die Norm IEC 63171 eingebracht, wodurch sich die Anwender, wenn sich mehrere Standards durchsetzen sollten, mit mehreren Steckern befassen müssten. Bei den Steckverbindern favorisiert LAPP das Steckgesicht nach IEC 63171-6 und beteiligt sich aktiv an der Verbreitung dieses Standards durch die Mitarbeit im SPE Industrial Partner Network. Das Unternehmen trägt damit zu einer schnellen Entscheidung des Marktes bei.

Damit ein Anwender SPE anwenden kann, benötigt er die vollständige Infrastruktur. Das sind vor allem neben SPE fähigen Kabeln und Steckern die Switches und Endgeräte. Derzeit sind noch nicht alle Komponenten am Markt verfügbar. LAPP arbeitet auch daran und wird als einer der ersten Hersteller solche Komponenten anbieten.

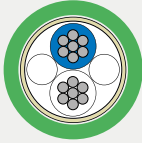
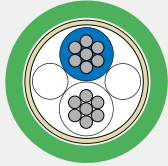
ETHERLINE® T1 Leitungsportfolio		
		
<b>ETHERLINE® T1 FD P 1x2xAWG26/7</b>	<b>ETHERLINE® T1 Y FLEX 1x2xAWG22/7</b>	<b>ETHERLINE® T1 P FLEX 1x2xAWG18/7</b>
# 2170921	# 2170922	# 2170924
PUR-Außenmantel	PVC-Außenmantel	PVC-Außenmantel
Schleppkette	Gelegentlich bewegt	Fest installiert
Bis zu 1 Gbit/s	100 MBit/s - 1 Gbit/s	10 Mbit/s
max. 40 m	max. 100 m	max. 1.000 m
Ø 4,7 mm	Ø 5,8 mm	i. V.
UL AWM 80 °C, 300 V	UL PLTC, CM, AWM	i. V.

Abbildung: Industrielle SPE Leitungen von LAPP



Damit die Anwender ein SPE Netzwerk planen und prüfen können, benötigen sie Planungs- und Installations-Guidelines für die jeweiligen Einsatzzwecke. Diese Richtlinien erarbeiten bei den Industrial Ethernet Systemen die Nutzerorganisationen wie PI für PROFINET oder ODVA für ETHERNET/IP. Dort arbeitet LAPP bereits mit anderen Mitgliedsunternehmen in den Arbeitsgruppen daran.

## 8. FIT FÜR SPE?

Darauf sollten Anwender beim Einsatz von SPE achten:

1. Anwender sollten sich bereits heute mit der neuen Technologie befassen, potenzielle Anwendungsfelder identifizieren und diese Anforderungen mit den Herstellern wie LAPP diskutieren – jetzt werden Systementscheidungen getroffen und wir Hersteller benötigen die Kundenanforderungen zur Systemauslegung.
2. Die Möglichkeiten zum Technologie-Wissensaufbau nutzen. Hersteller und das SPE Industrial Partner Network bieten bereits umfangreiches Informationsmaterial wie Webinare oder eLearnings an. Die SPE-Technologie entwickelt sich derzeit sehr schnell – da sollte man am Ball bleiben.
3. Think outside the Box“ – die neue Technologie bietet ungeahnte Möglichkeiten. Dinge, die vorher nicht machbar erschienen, sind nun möglich. Es geht bei SPE nicht nur um die Reduzierung auf zwei Adern, sondern um potentielle neue Netzwerkstrukturen: Trunk-Fähigkeit, Power over Dataline oder höhere Leitungslängen sind nur einige Beispiele. Wer die neuen Möglichkeiten kennt und diese in seine Anwendung überträgt, kann maximal davon profitieren.
4. Es muss nicht jede Installation einpaarig ausgeführt werden, nur weil es möglich ist. Deshalb sollte man das gesamte Ethernet-Netzwerk in der Fertigung im Blick haben. In vielen Fällen ergibt es weiterhin Sinn, auf eine 4-paarige Ethernet-Installation zu setzen, um keine „Bottle-Neck“ einzubauen, nur um etwas Kupfer zu sparen. Anwender sollten daran denken, dass bei einer künftigen Anlagenerweiterung Standard-Ethernet-Geräte noch anschließbar sein müssen.



### LINKS

Aktuelles zu SPE von LAPP: <https://www.lappkabel.de/branchen/industrielle-kommunikation/ethernet/single-pair-ethernet.html>



[www.single-pair-ethernet.com](http://www.single-pair-ethernet.com)



<https://lappconnect.lappgroup.com/de/single-pair-ethernet-der-neue-bessere-feldbus>



Folgen Sie LAPP auf



Unsere AGBs finden Sie unter  
[www.lappkabel.de/agb](http://www.lappkabel.de/agb)

Treten Sie ein in  
die Welt von LAPP



**U.I. Lapp GmbH**  
Schulze-Delitzsch-Straße 25 · 70565 Stuttgart  
Tel.: 0711 7838-01 · Fax: 0711 7838-2640  
[www.lappkabel.de](http://www.lappkabel.de) · [info@lappkabel.de](mailto:info@lappkabel.de)