

» SINGLE PAIR ETHERNET

Was ist Single Pair Ethernet (SPE) und warum brauchen wir es überhaupt? Ethernet hat sich doch schon längst in der Industrie etabliert. Das sind klassische Fragen, die sich jemand stellt, wenn er sich zum ersten Mal mit dem Thema Single Pair Ethernet beschäftigt.

Zur Historie:

Die ersten „Datenleitungen“ waren PVC-isolierte Einzeladern, die zum Paar verseilt wurden, um möglichen Störungen vorzubeugen.

Später stellte man fest, dass eine kapazitätsarme¹⁾ Isolierung (z. B. Polyethylen) verbesserte elektrische Eigenschaften besitzt, höhere Reichweiten ermöglicht und den Einsatz von Ferriten (Magnete, die zur störungsfreien Datenübertragung beitragen) in der Leitungskonfektion reduzieren kann. Dies war im Bereich der Analogtechnik die übliche Praxis. Und es wurde für jede Funktion und jeden Teilnehmer eines Systems ein eigenes Paar zur Ansteuerung benötigt.

Das änderte sich mit dem Einzug der Digitaltechnik. Wellenwiderstand, Leitungsdämpfung, Nahnebensprechen und weitere Eigenschaften wurden als Leitungsparameter

definiert und die sogenannte Bustechnik erhielt Einzug in die Automatisierung, den Anlagen- und Maschinenbau. Plötzlich konnten mit einem Leitungspaar, z. B. Profibus, viele Teilnehmer eines Netzwerks angesprochen werden. Dies gelang dank digitaler Technik und Adressierung jedes einzelnen Teilnehmers. Die Datenübertragung der BUS-Leitungen etwa lief allerdings im Vergleich zu heutigen Möglichkeiten noch sehr langsam und erreichte maximal 20 Mbit.

Das sogenannte Ethernet, ein einheitliches Datennetz für Netzwerke (LAN-Technik), war ursprünglich ausschließlich der Bürokommunikation unterstellt und erst um die Jahrtausendwende wurden Industriegeräte, Stecker sowie Ethernetleitungen industrietauglich gemacht – das Industrial Ethernet war geboren.

AUSPRÄGUNGEN INDUSTRIAL ETHERNET

Aufbau	Datenübertragungskategorie	Reichweite*
2-paarig oder Sternvierer, Paare ungeschirmt	Cat 5 100 Mbit	
4-paarig, Paare ungeschirmt	Cat 6 bis 250 MHz	bis 100m
	Cat 6 _A bis 500 MHz	
4-paarig, Paare geschirmt	Cat 7 bis 600 MHz	ohne Repeater
	Cat 7 _A bis 1000 MHz	

* Reichweite abhängig vom Leitungsquerschnitt und Anzahl der Steckübergänge

Im Jahr 2015 setzte die Automobilindustrie verstärkt auf Single Pair Ethernet. Der Vorteil: platzsparend, leistungsfähig und leicht. Ideal also, um den drastisch gestiegenen Datenraten durch Tempomat, autonomen Fahren oder Kamerasystem im Fahrzeug gerecht zu werden. Im Automobil wird üblicherweise eine ungeschirmte Leitung für

100BASE-T1 verwendet, da die Anwendungslängen <15m sind.

Um das Single Pair Ethernet industrietauglich zu machen und den Technologieumschwung mitzugestalten, sind wir dem SPE Industrial Network e.V. beigetreten:

SPE Industrial Network <https://single-pair-ethernet.com>

¹⁾ Kapazitätsarme Isolierungen wie Polyethylen speichern weniger Energie und bieten eine bessere, effiziente Performance der Datenübertragung.

Ersetzt Single Pair Ethernet das klassische Industrial Ethernet?

Nein. Denn die klassische 2- und 4-paarige Verkabelung bietet Vorteile in Sachen Reichweite und schafft bis zu 100 Meter ohne Repeater. Ein weiterer Aspekt ist, dass eine 4-paarige Verkabelung bei Ausfällen oder mechanischen Belastungen eines Paares immer noch eine Restübertragung von 100 Mbit gewährleistet.

Mit Single Pair Ethernet könnte die analoge Sensorik digitalisiert und die vergleichsweise langsame Bustechnik nach

und nach ersetzt werden. Darüber hinaus bietet Single Pair Ethernet besonders bei kleinen Anlagen weitere Vorteile im Vergleich zum klassischen Industrial Ethernet: dünnere Biegeradien, kleinere Leitungen und Übertragungsraten bis zu 1 Gbit auf einem Aderpaar. Besonders für kleine Kameras oder die sogenannten Cobots, kollaborative Roboter, die mit Menschen zusammen arbeiten, sind die Platzvorteile ausschlaggebend.

Wie funktioniert die 1-paarige Datenübertragung überhaupt?

Im klassischen Ethernet wird mit einer 4-paarigen Cat 5 Leitung im Frequenzbereich bis 100 MHz gearbeitet. Die einzelnen Paare senden/empfangen abwechselnd und so kann bis 1 Gbit übertragen werden.

Beim Single Pair Ethernet steht ja nur 1 Paar zur Verfügung. Um dort 1 Gbit übertragen zu können, werden Chipsätze mit einem Bereich bis 600 MHz verwendet. Einige Frequenzen des breiten Spektrums empfangen und andere Frequenzen senden... So funktioniert SPE!

Warum ist Single Pair Ethernet für die Industrie interessant?

Single Pair Ethernet ermöglicht eine durchgängige Datenübertragung bis auf die Feldebene. Anders als bisher wird nur ein Paar zur Übertragung der Signale benötigt (statt bislang zwei oder vier Paare).

Daraus ergibt sich beispielsweise:

1 Gbit 1000BASE - T1 bis zu 40m Reichweite



oder

10 Mbit 10BASE - T1L bis zu 1000m Reichweite



mit AWG 22 und AWG 26

mit AWG 18

Somit passt Single Pair Ethernet genau in das Anforderungsprofil der Industrie und bietet folgende Vorteile (gegenüber des klassischen Industrial Ethernet):

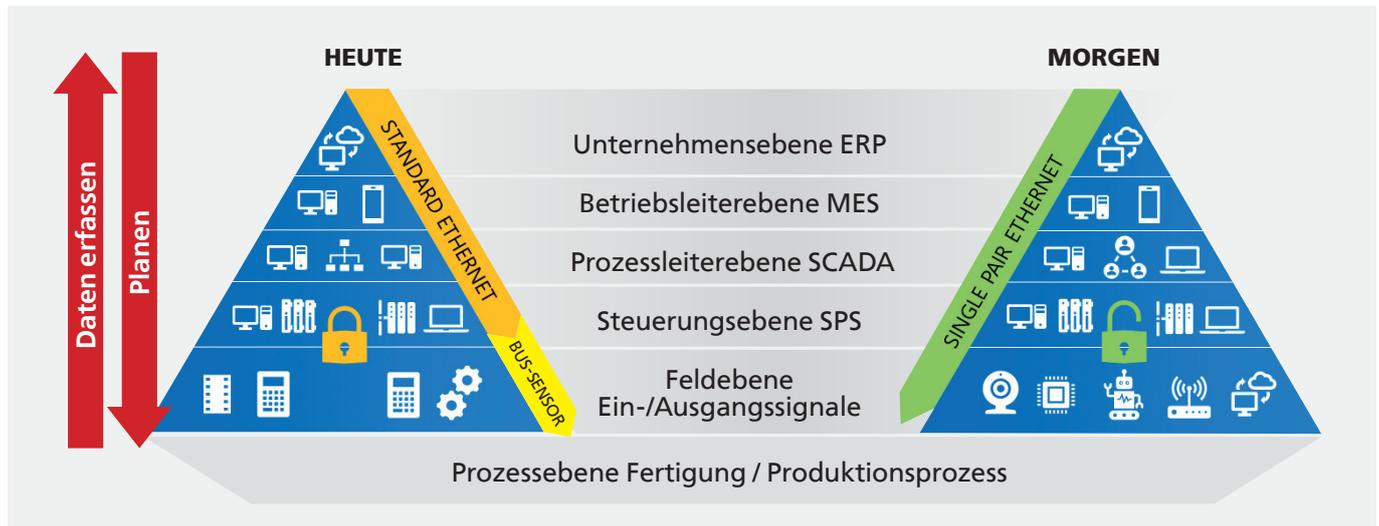
- Dünnere Leitungen
- Geringerer Konfektionsaufwand
- Weniger Platzbedarf, weniger Gewicht ggf. kleineres Verlegesystem möglich
- Kleinere Biegeradien und kleinere Ketten bei bewegten Anwendungen
- Geringere Brandlast, weniger Rauchentwicklung
- Weniger Materialien wie Kupfer oder Kunststoffe => Ressourcenschonend

Type	Art. Nr.	Datenrate	Ø mm	Kupferzahl kg/km	Gewicht kg	Reichweite m
PROFInet 2x2xAWG22/1 PVC	Helu 800653	100 Mbit	6,5	32	67	bis 100
Ind. Ethernet 4x2xAWG26/19 PUR	Helu 82839	1 Gbit	6,6	31	56	ca. 70
Ind. Ethernet 4x2xAWG26/7 PUR	Helu 805548	10 Gbit	7,8	34	64	ca. 70
SPE 1x2xAWG26/19 PUR	Helu 11018067	1 Gbit	5,0	16	29	bis 40
SPE 1x2xAWG22/19 PUR	Helu 11018068	1 Gbit	6,4	24	50	bis 40

Kupfer- und Gewichtsreduktion ca. 48 %

Kupfer- und Gewichtsreduktion ca. 25%

Ein weiterer Punkt ist, dass man heute trotz Industrial Ethernet auf der untersten Ebene digitale Bustechnik und analoge Sensortechnik nutzt. Mit Single Pair Ethernet ist der Grundstein gelegt, die bisherige Sensortechnik zu digitalisieren und Ethernet bis hin zum Sensor nutzen zu können.



Normierung

Definition für	Normierung
Leitungen	nach IEC 61156 & ISO/IEC 11801-X
Verkabelungsstandards	nach ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG3 & TIA42
Ethernet Protokoll-Standards	nach IEEE802.3
Stecker für Industrie	nach IEC 63171-6
Stecker für Gebäudeverkabelung	nach IEC 63171-1

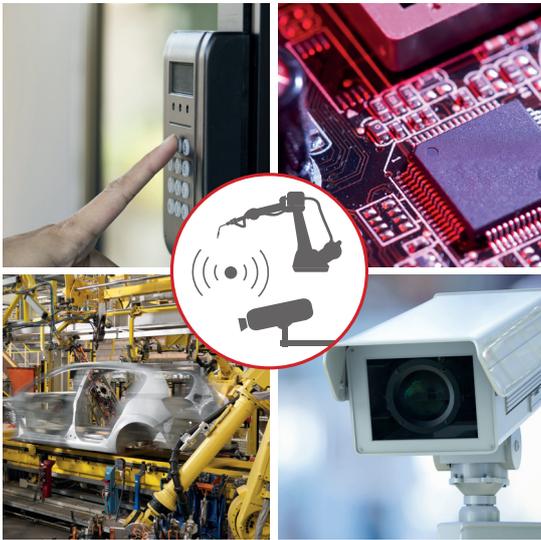
Anwendungsbereiche

Single Pair Ethernet deckt die Anforderungen der diversen Industrien ab. Das heißt, je nach Anwendung werden beispielsweise Leitungen für die feste Verlegung, für den flexiblen Einsatz oder für die hochdynamische Anwendung, etwa in der Schleppkette oder im Roboter verwendet. Als Mantelwerkstoffe kommen je nach Kundenwunsch und Applikation PVC, FRNC oder PUR zum Einsatz aber auch Hochtemperaturwerkstoffe wie FEP sind realisierbar.

Type	Art. Nr.	Ø mm	Kupferzahl kg/km	Gewicht kg
CAN 1x2x0,34mm ² PUR f. Schleppkette	802182	6,9	30	54
SPE 1x2xAWG22/19 PUR f. Schleppkette	11018068	6,4	24	50
Reduktion		~ 7%	~ 20%	~ 7%

Beispiel 1 – FABRIKAUTOMATION

Beispiel 2 – PROZESSAUTOMATION



Kamera, Sensor, Roboter, Maschine

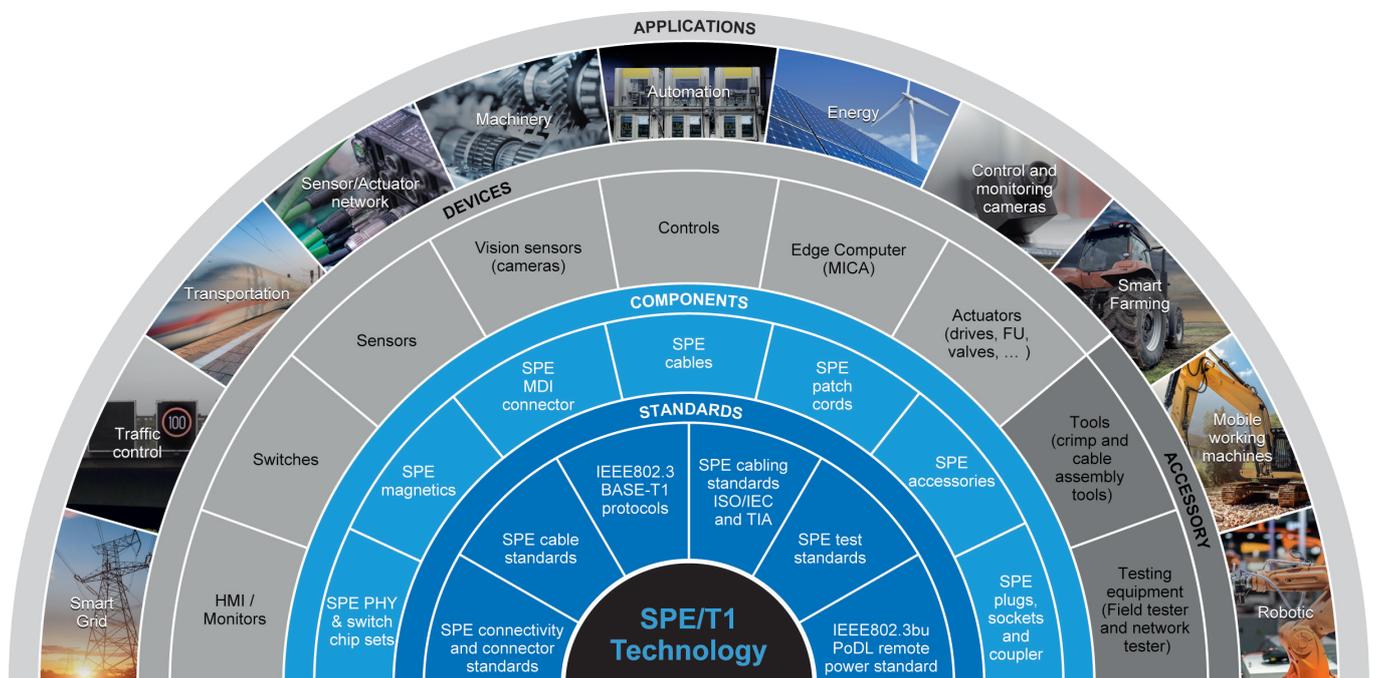
Ventil, Druckmessung, Temperatursensor

FABRIKAUTOMATION

PROZESSAUTOMATION

Neben den Ergänzungs- oder Substitutionsmöglichkeiten von SPE bei klassischen Sensorleitungen und Industrial Ethernet bieten sich auch Möglichkeiten beim CAN Bus im Bereich bis 40m künftig mit SPE 1000Base-T1 zu arbeiten und neben den Gewichtsersparnissen die Datengeschwindigkeit drastisch zu erhöhen.

SPE bietet mit 10BASE-T1L in der Prozessautomation ebenfalls einen Quantensprung, wo seit Jahrzehnten mit 31,25 kBit Datenrate übertragen wird. Zum Beispiel ermöglicht SPE10BASE-T1L 10 Mbit bis max. 1000m Videoübertragungen von Sicherheitskameras (ist mit Profibus PA nicht möglich).



Power over Data Line (PoDL)

Dank PoDL ermöglicht Single Pair Ethernet auch die Stromversorgung parallel zur Datenübertragung. Die folgende Klasseneinteilung gibt für Endgeräte bis maximal 50 Watt Leistungsübertragung einen Überblick:

100BASE-T1 und 1000BASE-T1

Netzteil	12 V unregelt		12 V geregelt		24 V unregelt		24 V geregelt		48 V geregelt	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_{PSE(max)}$ (V) ^a	18	18	18	18	36	36	36	36	60	60
$V_{PSE_{OC}(min)}$ (V) ^b	6	6	14,4	14,4	12	12	26	26	48	48
$V_{PSE(min)}$ (V)	5,6	5,77	14,4	14,4	11,7	11,7	26	26	48	48
$I_{PI(max)}$ (mA) ^c	101	227	249	471	97	339	215	461	735	1360
$P_{class(min)}$ (W) ^d	0,566	1,31	3,59	6,79	1,14	3,97	5,59	12	35,3	65,3
$V_{PD(min)}$ (V)	4,94	4,41	12	10,6	10,3	8,86	23,3	21,7	40,8	36,7
$P_{PD(max)}$ (W)	0,5	1	3	5	1	3	5	10	30	50

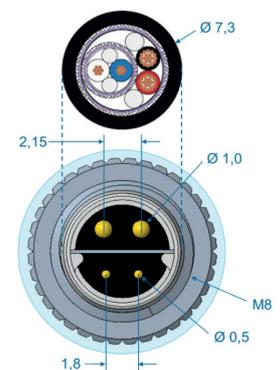
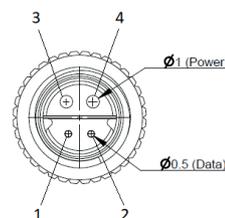
10BASE-T1L PODL GERÄTEKLASSEN

Klasse	10	11	12	13	14	15
$V_{PSE(max)}$ (V)	36	36	36	60	60	60
$V_{PSE_{OC}(min)}$ (V)	20	20	20	50	50	50
$V_{PSE(min)}$ (V)	20	20	20	50	50	50
$I_{PI(max)}$ (mA)	102	155	169	254	388	400
$P_{class(min)}$ (W)	2.04	3.1	3.38	12.71	9.4	20
$V_{PD(min)}$ (V)	13.98	13.96	13.92	35.01	34.87	35.6
$P_{PD(max)}$ (W)	1.43	2.16	2.35	8.89	13.53	14.24
Leitungsquerschnitt	18	14	24	18	14	24
Kabellänge (m)	1000	1000	300	1000	1000	300

Hybridleitungen für größeren Strombedarf

Sollten die PoDL Klassifizierungen bis max. 50 Watt den Strombedarf des Gerätes nicht decken, sorgen SPE-Hybridleitungen und M8-Stecker für die ideale Lösung mit mehr Power.

In diesem Fall beinhaltet die Leitung ein Ethernetpaar mit AWG 22-24 und zwei Stromadern mit AWG 18 die bis zu 400 Watt bei 60V über 40m Distanz bieten. Der Paarschirm über dem Datenelement ist Pflicht; ein Gesamtschirm ist optional möglich.



STECKERBELEGUNG:

PIN	Belegung	Aderfarbe
1	BI_DA+	Blau
2	BI_DA-	Weiß
3	DC +	Rot
4	DC -	Schwarz



» KONTAKT

Haben Sie Fragen zu Single Pair Ethernet (SPE), ix Industrial oder Industrial Ethernet?
Ihr Ansprechpartner bei HELUKABEL:

Horst Messerer
Produktmanager Daten-, Netzwerk- & Bustechnik
Tel.: 07150 9209 129
horst.messerer@helukabel.de

helukabel.com