

Testen von Ende-zu-Ende-Strecken



Testen von Ende-zu-Ende-Strecken

ETHERNET IN DER INDUSTRIE UND PROZESSAUTOMATION Anwendungen in der Maschinenteknik und Prozessautomation bedienen sich mittlerweile auch der Ethernet-Übertragungstechnik. Profinet ist ein Beispiel für die Anwendung von Maschine-zu-SPS-Steuerungen. Allerdings unterscheidet sich in diesem Umfeld die Struktur der Verkabelungen von der anwendungsneutralen Datenkommunikation, wie wir sie aus der Gebäudeinfrastruktur kennen. Auch die passive Messtechnik muss auf andere Gegebenheiten angepasst werden.



AUF EINEN BLICK

ETHERNET-VERKABELUNG IN MASCHINENANLAGEN Die Link-Konfigurationen in Industrievernetzungen können sich von der klassischen, anwenderneutralen Verkabelung unterscheiden

MESSTECHNIK Mit geeigneten Adaptern und Messkabeln kann man auch Übertragungseigenschaften der Links über M8- und M12-Stecker messen

Der Grad der Vernetzung unterschiedlicher Geräte und Maschinen im Bereich der industriellen Automatisierung steigt im Zuge der vierten industriellen Revolution rapide an. Obwohl noch ein Großteil dieser Netzwerkstrukturen proprietär sind, sowohl in Verkabelung und Protokoll (meist seriell oder Punkt-zu-Multipunkt), hat doch schon die Trendwende stattgefunden sowohl im Aufbau der Verkabelungsstruktur, als auch in den verwendeten Protokollen zur Datenübertragung. Genauer gesagt bauen diese

Netzwerke in immer höherem Maß auf Ethernet als das Medium der Wahl, eventuell mit leichten Modifikationen. Dies geschieht oft, um eine gewisse Durchgängigkeit von der Bürokommunikation bis hinaus auf die Produktionsebene zu erreichen. Die zugrundeliegende physikalische Struktur orientiert sich dabei an den geltenden Internationalen Verkabelungsstandards, wie z. B. der ISO/IEC 11801. Ein prominentes Beispiel für diesen Wandel in der Automatisierung ist Profinet, welches bereits seit einigen Jahren er-

folgreich Ethernet-Strukturen in der Automatisierung vertritt.

Profinet

Profinet ist ein offener Standard für Industrial Ethernet, entwickelt von Siemens und der Profibus Nutzer Organisation (PNO). Er wird verwendet in Lösungen für die Fertigungs- und Prozessautomatisierung, für Anwendungen im Überwachungsbereich und das gesamte Spektrum der Antriebssteuerung, bis hin zu Echtzeitregellösungen. Profinet ist standardisiert in IEC 61158 und IEC 61784. Profinet-Komponenten werden durch die PNO zertifiziert, was weltweite Kompatibilität garantiert.

Verkabelungsstruktur

Anders als in der IT-Welt verwenden diese industriellen Netzwerke zur Verbindung der einzelnen Komponenten nicht das Konzept des Verlegekabels, welches mit Buchsen (üblicherweise RJ45) abgeschlossen wird und die finale Verbindung zu den Endgeräten mittels Anschlussschnüren (meist »Patchkabel« genannt) herstellt. Es werden hier sogenannte »Ende-zu-Ende«-Strecken oder engl. »End-to-End-Links« verwendet (**Bild 1**). Diese sind mittlerweile ebenfalls in internationalen Standards definiert. Dazu gehören auch Nicht-RJ45-Steckgesichter, wie z. B. M12, M8 oder ähnliche. Im Wesentlichen sind diese Strecken Installationskabel, die direkt mit Steckern abgeschlossen werden und somit auch direkt an die aktiven Komponenten angesteckt werden.

Um die geforderte hohe Verfügbarkeit in der industriellen Umgebung garantieren zu können, ist eine Zertifizierung vor der Inbe-

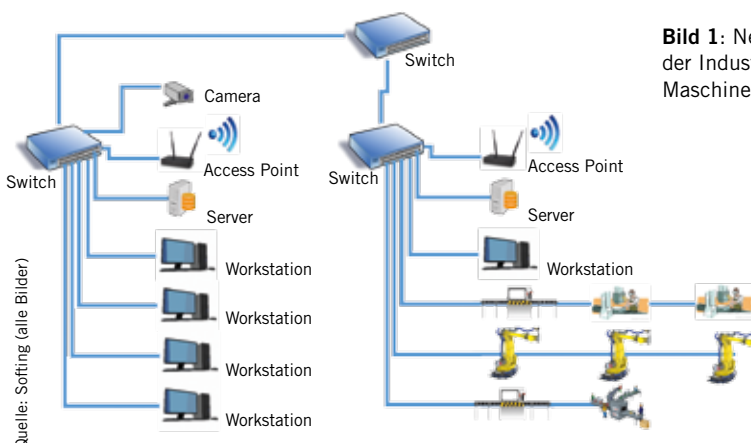
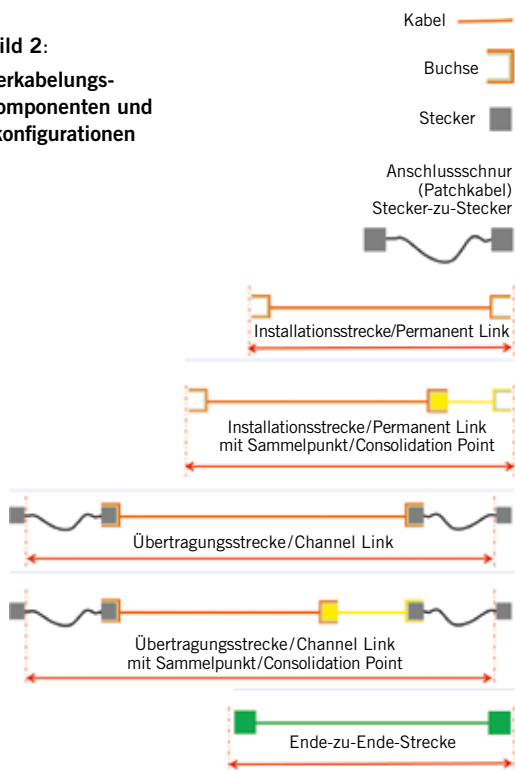


Bild 1: Netzwerk in der Industrie und Maschinenteknik

Quelle: Softing (alle Bilder)

Bild 2:
Verkabelungs-
komponenten und
-konfigurationen



Eine »Übertragungsstrecke« ist die komplette horizontale Verkabelungsstrecke, inklusive »Installationstrecke«, beliebigen Rangierverteilern bzw. den Anschlusschnüren auf beiden Seiten der Strecke.

Beide oben beschriebenen Konfigurationen passen sehr gut zu den o.g. Anwendungsgebieten, allerdings nicht unbedingt für den Einsatz in industrieller Umgebung. Hier ist es oft erforderlich Maschinen untereinander oder mit Netzwerkgeräten, z.B. Switches, direkt zu verbinden, ohne zusätzliche Anschlusschnüre.

Für diesen Anwendungsfall wurde die »Ende-zu-Ende (EzE)«-Strecke geschaffen (Bild 2 unten).

Die einfachste EzE-Strecke ist ein Verlegekabel, abgeschlossen mit zwei Steckern. Diese Konfiguration sieht aus wie eine Anschlusschnur, hat aber eine Reihe von zusätzlichen Bewertungskriterien, die sie von einer

Standardanschlusschnur unterscheiden. Darüberhinaus kann eine EzE-Strecke mehrere Segmente enthalten, siehe Beschreibung im Folgenden.

EzE-Streckendefinition und Unterschiede

- Eine EzE-Strecke hat unterschiedliche Leistungskriterien als eine Anschlusschnur.
- Eine EzE-Strecke kann aus solidem oder flexiblem Kabel aufgebaut sein. Anschlusschnüre werden immer aus flexiblem Kabel gebaut.

RICHTLINEN

ISO/IEC TR 11801-9902: Dieser Technische Bericht beschreibt Anforderungen, Definitionen und Grenzwertkurven für die EzE-Verkabelung der Klassen D und E.

E DIN ISO/IEC 14763-4 VDE 0800-763-4:2017-06 : Errichtung und Betrieb von Standortverkabelung; Teil 4: Messung von Ende-zu-Ende-Verbindungsstrecken

- Einige EzE-Konfigurationen können Segmente mit Steckern oder Buchsen an den Kabelenden enthalten.
- Eine EzE-Strecke kann zwei oder vier Paare enthalten, Anschlusschnüre haben heutzutage üblicherweise vier Paare.
- Bis zu fünf Segmente können aneinandergesteckt werden (mittels Durchführungsverbinders), um eine EzE-Strecke zu ergeben (**Bild 3**).
- Die Gesamtlänge kann bis zu 100m für festes Kabel und bis ca. 70m für flexibles Kabel annehmen.
- Beachten Sie, dass die Länge kein PASS/FAIL-Kriterium ist, sondern nur informativ. Die Streckenlänge wird nur durch die Einfügedämpfung, Laufzeit und den Laufzeitunterschied begrenzt.
- Eine EzE-Strecke kann vom Hersteller vorkonfektioniert kommen oder vor Ort konfektioniert werden. Anschlusschnüre werden üblicherweise in den höheren Kategorien nicht mehr selbst gebaut.
- Eine EzE-Strecke kann bis zu fünf Segmenten und sechs Steckverbindungen enthalten.
- Sind zwei Steckverbindungen weniger als 10 cm auseinander, zählen sie als eine Steckverbindung (**Bild 4**)

triebnahme der Strecken essentiell. Dieser neue Verkabelungstyp ist eine Herausforderung für die Messgeräte und die benötigten Messadapter. Speziell für Profinet gibt es eine eigene Inbetriebnahmerichtlinie, derzeit verfügbar in der Version 1.36 aus dem Jahr 2014. Diese Inbetriebnahmerichtlinie spezifiziert die Messparameter, die zur Qualitätsbestimmung erforderlich sind. Wobei diese Anforderungen bereits auf den klassischen Standards der Büroverkabelung aufbauen.

Streckendefinitionen

Was bedeutet »Ende-zu-Ende«? »Ende-zu-Ende«-Strecken beschreiben eine Verkabelungsstruktur, die sich gänzlich von den klassischen unterscheidet. Bisher kennt man nur die sogenannte »Installationsstrecke« (engl. »Permanent Link«) oder die »Übertragungsstrecke« (engl. »Channel Link«), die in Büroverkabelungen, Rechenzentren oder Heimverkabelungen eingesetzt werden (**Bild 2**).

Eine »Installationsstrecke« besteht üblicherweise aus einem Verlegekabel mit Buchsen an beiden Kabelenden. Die Strecke beginnt typischerweise am Verteilerfeld und endet am Telekommunikationsanschluss, sprich der Datendose im Raum. Manchmal enthalten die Installationsstrecken auch passive Zwischenverteiler, sogenannte »Sammel-punkte« (engl. »Consolidation Point«/CP).

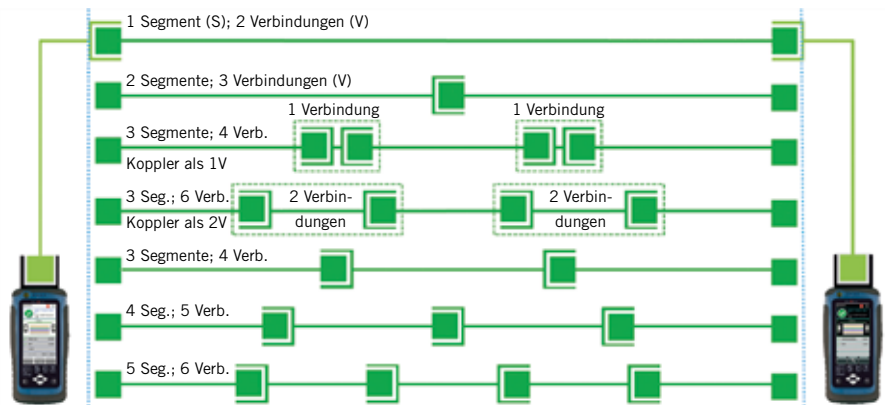


Bild 3: EzE-Streckenkonfigurationen

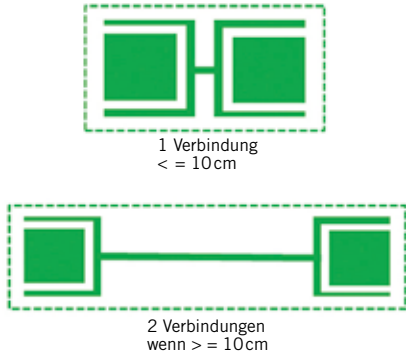


Bild 4: Kombination von Steckerbindungen, die nur in kurzer Entfernung auseinanderliegen, hier Definitionen

- Sind zwei Steckverbindungen weiter als 10 cm auseinander, zählen sie als zwei Steckverbindungen (Bild 4).
- In einigen Konfigurationen können die Segmente aus Stecker, Kabel und einer Buchse, ähnlich einem Sammelpunkt-, kurz SP-, Kabel bestehen.
- In einigen Konfigurationen können Segmente aus zwei Buchsen und einem Kabel dazwischen bestehen, ähnlich einer Installationsstrecke.

Bedarf an Feldmessung

Im industriellen Umfeld ist es üblich Verbindungsstrecken, z. B. zwischen einer Maschine und ihrer Steuerkonsole, genau auf Länge zu erstellen. Daher ist die Möglichkeit die Abschlussstecker einer EzE-Strecke im Feld

konfektionieren zu können sehr wichtig. Sobald feldkonfektionierbare Komponenten eingesetzt werden, ist es unabdingbar die Qualität der Installation mittels geeigneter Messgeräte zu prüfen.

Sogar wenn EzE-Strecken vorkonfektioniert geliefert werden, ist es sehr zu empfehlen diese Strecken nach dem Einbau zu vermessen. Die Strecken könnten beim Einbau beschädigt worden sein, z. B. durch zu hohe Zugkräfte oder Ziehen über scharfe Kanten.

Es stehen zwei Feldtestmethoden für EzE-Strecken zur Verfügung.

1) Qualifizierung

Diese Testmethode verwendet IEEE 100Mbit/s oder 1000Mbit/s Ethernet als Testsignal und -kriterium. Eine Kombination aus mehreren Einzeltests ergibt eine »PASS/FAIL«-Entscheidung. Im Wesentlichen werden Ethernet-Datenpakete mit voller Geschwindigkeit eine definierte Zeit lang auf die Strecke geschickt und überprüft, ob einzelne Pakete während der Übertragungszeit verloren gehen. Diese Testgeräte unterscheiden nicht zwischen Installations-, Übertragungs- oder EzE-Strecke. Sie bewerten nur die Datenübertragung über die Strecke.

Das neueste Gerät im Bereich der Qualifizierer ist hier der »NetXpert XG« mit der Möglichkeit bis 10 Gbit/s zu qualifizieren. Siehe hierzu auch INFO-Kasten »Fachbeitrag zum Thema«.

2) Zertifizierung

Ein Zertifizierungstester, kurz Zertifizierer, führt seine Messungen gemäß Internationalen Verkabelungsnormen durch und ermittelt mittels niederfrequenten (NF) und hochfrequenten (HF) Messungen die Leistungsklasse einer Strecke innerhalb vorgegebener Leistungsgrenzen.

Die meisten Leistungsverzeichnisse von Verkabelungen spezifizieren die Zertifizierung als erforderliche Messmethode.

Normative Grundlagen

Die erste Definition für Feldmessung einer EzE-Strecke gibt es bereits seit einigen Jahren und wurde von der Profinet Application Group erarbeitet und ist in den Profinet Inbetriebnahmerichtlinien zu finden.

Dieser Artikel konzentriert sich auf ISO/IEC TR 11801-9902:2017 und ISO/IEC 14763-4, die Profinet-Richtlinien werden zwar nicht explizit erwähnt, aber sind in der WireXpert-Geräteserie von Softing IT Networks implementiert und abgeleitet von den erwähnten internationalen Standards.

Derzeit laufen zwei Projekte in ISO und IEC um EzE-Strecken und die entsprechenden Messungen auf internationalem Niveau zu definieren.

ISO/IEC TR 11801-9902:2017 definiert die unterschiedlichen EzE-Verkabelungskonfigurationen und Leistungsanforderungen. Dieser Standard enthält alle Testgrenzwerte, die für eine EzE-Abnahmemessung erforderlich sind.

Man beachte, dass sich die Testgrenzwerte unterscheiden, je nach Streckenkonfiguration. Die ISO/IEC 14763-4 ist seit Februar 2018 veröffentlicht und legt die Messmethoden und Testkonfigurationen für EzE-Strecken fest.

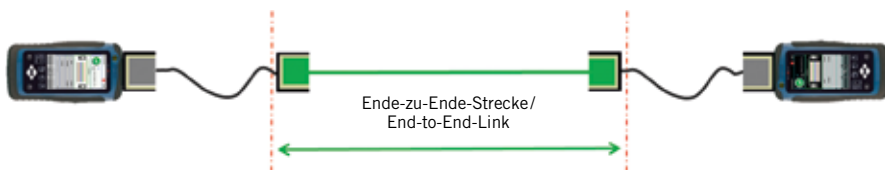


Bild 5: EzE-Strecke, Bezugsebenen für Messung



Bild 6: Bezugsebenen für die Messung einer Übertragungsstrecke/Channel Link

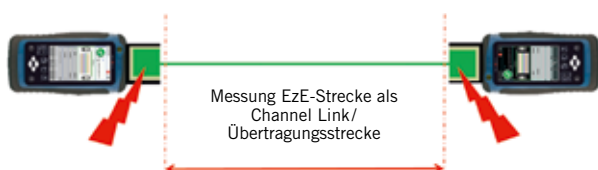


Bild 7: EzE-Strecke im Channel-Link-Modus getestet

Messen an EzE-Strecken

Hier beschreiben wir den korrekten Messaufbau. Da die Steckverbinder an den Enden einer EzE-Strecke im Feld konfektionierbar sind, muss sichergestellt werden, dass diese Steckverbinder auch in der Messung enthalten sind (Bild 5). Die roten vertikalen gestrichelten Linien kennzeichnen die Bezugsebenen der Messung und legen fest, welche Streckenteile in der Messung enthalten sein müssen. Es ist wichtig, dass die Messgeräteschnittstellen und die Messkabel nicht in der Messung enthalten sind, aber die Referenzbuchsen am Ende des Messkabels in der Messung schon.

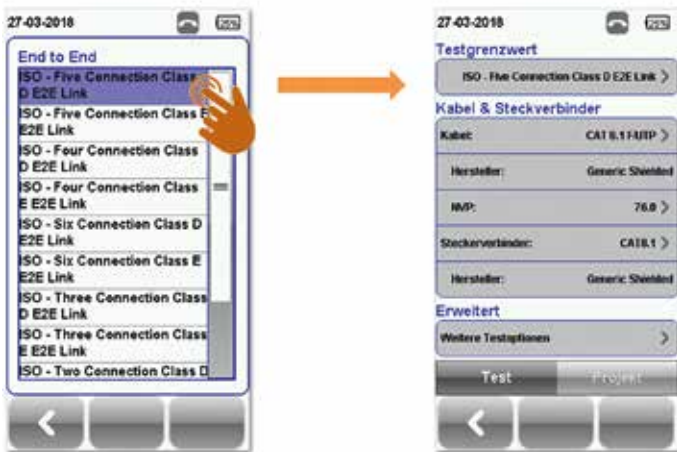


Bild 8: WireXpert, Einstellungsablauf



Bild 9: Messaufbau mit den Geräten von Softing: zwei Messkabel (Adapter, weiß) und Prüfling, Ende-zu-Ende-Stecke (orangefarbene Kabel mit M12-Stecker)

der verfügbaren Testköpfe kann man beim Hersteller erfragen.

Messaufbau

Alle Messgeräte mit Firmware-Version 7.3 und höher unterstützen den Profinet-EzE-Messaufbau mit unterschiedlichen Grenzwertsätzen für die jeweilige Streckenkonfiguration. Man beachte, dass alle Konfigurationen in den Leistungsklassen D (100 MHz) und E (250 MHz) entsprechend den Standards verfügbar sind. Die Auswahl erfolgt wie gewohnt nach Ablauf, gemäß **Bild 8**.

Anmerkung:

- 1) Der korrekte NVP-Wert ist erforderlich, um die Leitungslänge möglichst exakt zu bestimmen.
- 2) Die Auswahlliste der industriellen Steckverbinder und Kabel im WireXpert wird

Da moderne Messgeräte in der Lage sind sowohl die Amplitude, als auch die Phasenlage der Hochfrequenzparameter zu messen, ist es möglich die Einflüsse der Schnittstellen der Testadapter und die Messkabel aus den Messungen herauszurechnen.

Um genaue und wiederholbare Messungen zu erzielen, schreibt die IEC 14763-4 die Verwendung von Referenzbuchsen am Übergang zu der zu testenden Strecke vor.

Diese Referenztestköpfe sind bisher nur für RJ45-Systeme spezifiziert. Für Nicht-RJ45-Systeme wie z.B. M12 D- und X-kodiert, gibt es noch keine final definierten Testköpfe.

Hinweis: Sowohl EzE-, als auch Profinet-Messungen haben gleiche Bezugsebenen.

Warum kann ein klassischer Messaufbau für die »Übertragungsstrecke/Channel Link« nicht verwendet werden?

Bei einer üblichen »Channel Link«-Messung werden die Anschlussschnüre direkt in die Messadapter am Messgerät eingesteckt. Diese Messart schreibt aber vor, dass der erste und letzte Steckverbinder der zu testenden Strecke nicht in der Messung enthalten sein dürfen (**Bild 6**). Für eine EzE-Strecke würde

dies bedeuten, dass genau die Stecker, die im Feld angeschlossen wurden, nicht Teil der Messung sind. Also würden schlecht angeschlossene Steckverbinder, die die Performance der Strecke maßgeblich verschlechtern würden, nicht erkannt werden, außer es läge ein grober Verdrahtungsfehler vor (**Bild 7**).

Erforderliche Hardware

Für die Messung von EzE-Strecken gibt es einige Modelle WireXpert, die bereits für diese Messungen geeignet sind. Weitere unterstützen nur LWL-Messungen, können aber per Lizenzschlüssel und Kalibrierung für Kupfermessungen aufgerüstet werden. Genaue Angaben findet man nach Anfrage beim Hersteller.

Alle Messungen an EzE-Strecken werden in Verbindung mit den Messadaptern für »Industrial Ethernet« durchgeführt. Diese Adapter haben eine TERA-Messbuchse. Der »Feldabgleich« als Referenzierung der Messgeräte wird mittels TERA-zu-TERA-Referenzkabel durchgeführt, welches im »Industrial Ethernet«-Adapterkit enthalten ist. Die Liste



Fachbeitrag zum Thema

Für jede Aufgabe das richtige Gerät – Verkabelungstestgeräte im Überblick »de« 3.2018 – S. 49



Hinweis zu eingesetzten Messgeräten:

<https://itnetworks.softing.com/XG>

<https://itnetworks.softing.com/4500>

kontinuierlich erweitert. Allerdings sind diese Daten nur zur Information und haben keinen Einfluss auf die Messwerte und Genauigkeiten.

Zwei Paare oder vier Paare?

Die oben beschriebenen Testgrenzwerte sind unabhängig von der Anzahl der vorhandenen Leitungspaare und immer für vier Paare ausgelegt. Die Auswahl des zu testenden Kabeltyps bestimmt auf wie vielen Paaren getestet wird. Der Kabeltyp wird im »Kabel«-Menü ausgewählt.

Messungen mit »WireXpert«

Vor der ersten Messung sollte ein »Feldabgleich« (im »Tools«-Menü) zur Referenzie-

rung der Messgeräte durchgeführt werden. Hierzu verbindet man die »Local«- und »Remote«-Geräte mit dem mitgelieferten »TERA-zu-TERA«-Referenzkabel und folgen den Anweisungen des Messgeräts. Nach dem »Feldabgleich« ersetzt man Sie das Referenzkabel mit den passenden Messkabeln und schließt die zu testende Strecke an. Anschließend startet man über die »Autotest«-Taste den Messdurchgang (**Bild 9**).

Fazit

Unaufhaltsam bahnt sich Ethernet seinen Weg hin zum universellen Übertragungsprotokoll für alle nur vorstellbaren Anwendungsfälle in denen (Daten-) Kommunikation verwendet wird. Im Schlepptau auch immer

seine typische Punkt-zu-Punkt-Verkabelungsstruktur, die möglichst genau vermessen sein will, um den Betrieb der Anlage später gewährleisten zu können. Allerdings entstehen hier auch immer mehr Derivate zum ursprünglichen klassischen Verkabelungsmodell aus der Bürokommunikation. Die Ende-zu-Ende-Strecke ist eine Variante, die gerade in den Normen abgebildet wurde, für den Einsatz von Ethernet in der Industrie und Prozessautomation.

AUTOR

Alfred Huber

Leitung Technik, Softing IT Networks GmbH,
Haar
