



**White Paper**

**Power over Ethernet**

IEEE 802.3af

**Einleitung**

Die Vernetzung von Industrieanlagen ist ein wichtiges Thema in der Automatisierungswelt und nimmt stetig zu. Nach dem Vorbild der Büro-Netzwerke hält die Ethernet Vernetzung nun auch Einzug in die Industrie-Welt und beginnt andere Standards wie z.B. Profibus zukünftig zu ersetzen. Unter dem Namen Industrial Ethernet werden nun von diversen Firmen, Vernetzungslösungen angeboten. Das Angebot reicht vom kleinen entry Level Switch über modulare Gigabit Switches bis hin zu Wireless LAN (WLAN) Access Points. Um Installationskosten einzusparen und in der Vernetzung flexibler zu werden, wurde der Standard IEEE 802.3af eingeführt, der eine gemeinsame Übertragung von Daten und Energie über ein Netzwerk ermöglicht. Dies bedeutet, dass statt je einem Kabel für das Datennetz, Energienetz und Telefonnetz (VoIP), nun in Zukunft alles über ein LAN-Kabel geführt werden kann. Im Bürobereich werden jetzt schon Geräte wie z.B. IP-Telefone und Access-Points mit PoE Funktionalität erfolgreich eingesetzt. Im Gegensatz zum Büronetzwerk mit Sternförmiger Netzstruktur, wird in der Industrie meist jedoch ein linienförmiges Netzwerk eingesetzt. Da der Power over Ethernet (PoE) Standard nur eine Punkt zu Punkt-Verbindung beschreibt, ist der Einsatz von PoE in der Industrie beschränkt.

**Grundlagen PoE**

Um Kosten bei der Planung, Verkabelung und Installation von Netzwerken zu sparen, wurde das Verfahren Power over Ethernet (PoE) entwickelt, welches unter IEEE 802.3af standardisiert ist. Die Stromversorgung der Geräte erfolgt direkt über die Datenleitung (z.B. über ein CAT 5/5e Kabel bis 100m). Durch PoE wird die Netzwerkplanung flexibel und unabhängig von Schaltschränken und Steckdosen. Mehraufwände für Strom- und Telefonnetz (VoIP) Verkabelung entfallen. Hauptvorteil von Power over Ethernet ist, dass man das Stromversorgungskabel einsparen kann und so auch an schwer zugänglichen Stellen oder in Bereichen, in denen viele Kabel stören würden, Geräte mit Ethernet-Schnittstelle installieren kann. Somit lassen sich zum einen drastische Installationskosten einsparen und zum anderen die Ausfallsicherheit der angeschlossenen Geräte durch Einsatz einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) erhöhen. PoE wird überwiegend von Endgeräten genutzt, die wenig Leistung verbrauchen. Die Technik wird typischerweise in IP-Telefonen, Kameras oder in schnurlosen Übertragungsgeräten wie z.B. WLAN-Access-Points oder Bluetooth-Access-Points eingesetzt. PoE kann jedoch auch als redundante Spannungsversorgung für Switches genutzt werden, um so die Ausfallsicherheit eines Netzwerkes zu verbessern. Beispielsweise könnte bei Ausfall der Versorgungsspannung eines Switches, die Energieversorgung über PoE weiter erfolgen, somit lässt sich die Netzwerkverfügbarkeit deutlich erhöhen. PoE ist in vier adrigen sowie acht adrigen Netzwerken einsetzbar. In vier adrigen Netzwerken kann lediglich die Phantomspeisung eingesetzt werden, in acht adrigen Netzwerken kann sowohl Phantom- als auch Spair-Pair-Speisung eingesetzt werden. Power over Ethernet ist von der IEEE in der Norm 802.3af definiert und standardisiert. Es werden zwei Gerätegruppen definiert:

1. Power over Ethernet PSE (Power Sourcing Equipment) Gerät fungiert als Spannungsquelle und versorgt PoE PD Geräte mit Strom über die Datenleitung.
2. Power over Ethernet PD (Powered Device) Gerät wird durch PoE PSE Gerät über die Datenleitung mit Strom versorgt.

**Inhalt**

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>Grundlagen PoE</b>	<b>1</b>
PD Erkennung und Klassifizierung	2
PD Ablehnungskriterium	3
PoE Leistungsklassen	3
Leitungsverluste	3
Einspeisungsmethoden	4
Phantomspeisung	4
Spare-Pair-Speisung	4
Einspeisorte	5
Detektion und Klassifikation am Beispiel des PoE Controller MAX5945	6
<b>PoE Lösungen von Hirschmann™</b>	<b>7</b>
<b>Anhang: Weitere Unterstützung</b>	<b>8</b>

## PD Erkennung und Klassifizierung

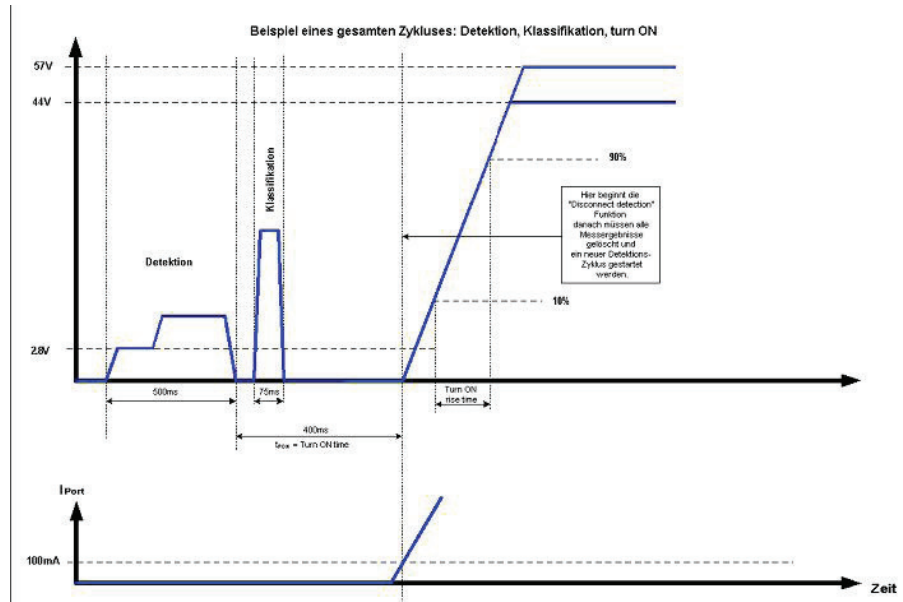
IEEE 802.3af PSE-Geräte verfügen über einen Prüfmechanismus, um bei Anschluss nicht kompatibler Geräte, diese vor Schaden zu schützen. Nur Geräte, die über ein auf dem IEEE 802.3af Standard basierendes authentifizierendes Merkmal verfügen, erhalten somit über die Datenleitung Strom. Um festzustellen, ob ein PD angeschlossen ist, werden folgende Eingangsparameter geprüft:

- charakteristischer Widerstand = R<sub>GOOD</sub>(19k – 26, 5k),
- typischer Widerstandswert = R<sub>TY P</sub> (25k),
- charakteristische Kapazität = C<sub>GOOD</sub>(max.150nF).

Dieses Verfahren nennt man "Resistive Power Discovery". Die Detektions-Spannung  $V_{detect}$  muss im gültigen Bereich  $V_{valid}$  liegen. Das PSE misst bei zwei unterschiedlichen Spannungen  $V_{detect}$  den Strom am Power Interface (PI) des PD's und generiert daraus ein  $\Delta V_{test}$  sowie ein  $\Delta I_{test}$ . Hieraus berechnet sich dann der differenzielle Eingangswiderstand des PD's. Der Wert des Eingangswiderstandes ist ausschlaggebend für die Entscheidung des PSE's zur Aktivierung der Fremdspeisung:

- $R = R_{GOOD}$  -> PD vorhanden
- $R = R_{BAD}$  -> kein PD vorhanden.

Hat das PSE ein PD erkannt, beginnt es mit der Klassifikation, d.h. mit der Feststellung des Leistungsbedarfs des angeschlossenen Gerätes. Dafür legt das PSE eine definierte Spannung  $V_{class}$  an das PI des PD's an und misst den resultierenden Strom  $I_{class}$ . Anhand der Stromhöhe wird das PD einer Leistungsklasse zugeordnet. Erst jetzt wird die gesamte Spannung  $V_{port}$  auf das PI geschaltet.



Beispiel eines gesamten Zyklus: Detektion, Klassifikation, turn ON

Pos	Parameter	Symbol	Einheit	Min	Max	Zusatz Information
1	Leerlauf - Spannung	$V_{oc}$	V		30	nur im Detektions-Modus
2	Kurzschluss - Strom	$I_{sc}$	mA		5	nur im Detektions-Modus
3	Gültige Test Spannung	$V_{valid}$	V	2.8	10	
4	Klassifizierungs - Spannung	$V_{elas}$	V	15.5	20.5	
5	Spannungsdifferenz zw. Testpunkten	$\Delta V_{test}$	V	1		
6	Zeit zwischen zwei Messungen	$T_{BT}$	ms	2		bei max. f=500Hz
7	Flankesteilheit (Slow rate)	$V_{slow}$	V/ $\mu$ s		0.1	
8	Gültiger Signatur - Widerstand	$R_{GOOD}$	K $\Omega$	19	26.5	
9	Ungültiger Signatur - Widerstand	$R_{BAD}$	K $\Omega$	15	33	
10	Leerlauf - Widerstand	$R_{open}$	K $\Omega$	500		
11	Gültige Signatur - Kapazität	$C_{GOOD}$	nF		150	
12	Ungültige Signatur - Kapazität	$C_{BAD}$	$\mu$ F	10		
13	Signatur offset Spannungstoleranz	$V_{os}$	V	0	2.0	
14	Signatur offset Stromtoleranz	$I_{os}$	$\mu$ A	0	12	

Tabelle 2.1: PSE PI Detektions-Anforder

## PD Ablehnungskriterium

- Widerstand kleiner oder gleich  $R_{BADmin}(\leq 15k)$  oder
- Widerstand größer oder gleich  $R_{BADmax}(\geq 33k)$  oder
- Kapazität größer oder gleich  $C_{BADmin}(\geq 10\mu F)$

## PoE Leistungsklassen

In der IEEE 802.3af wird die Leistung der Spannungsversorgung auf PSE Seite (siehe Tabelle 2.2) sowie die Stromaufnahme des PD's auf PSE Seite (siehe Tabelle 2.3) in fünf verschiedene Klassen eingeteilt. Aufgrund der Leitungsverluste (siehe Bild: 2.5) steht am PD nicht mehr die komplette Leistung zur Verfügung (siehe Tabelle 2.4).

## Leitungsverluste

Das PSE schickt eine maximale Leistung von 15.4W mit 350mA bei einer minimalen Spannung von 44V an das PD. Ein Standard Cat5 Kabel kommt bei einer Länge von 100m auf einen Widerstand von ca. 20Ω somit ergibt sich ein Leitungsverlust von ca. 2.45W.

$$R_{CABLE} = (20\Omega || 20\Omega) + (20\Omega || 20\Omega) = 20\Omega$$

$$P_{CABLE} = (350mA)^2 * 20\Omega = 2.45W$$

$$P_{PD} = 15.4W - 2.45W = 12.95W$$

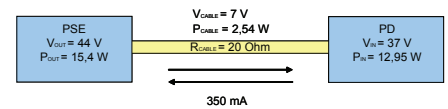


Abbildung 2.5: Leitungsverluste

Klasse	Verwendungszweck	Min. Leistungslevel am Ausgang des PSE
0	default	15.4 watt
1	optional	4.0 watt
2	optional	7.0 watt
3	optional	15.4 watt
4	reserved for future applications	handle as class 0

Tabelle 2.2: PoE PSE Leistungsklassen

Gemessener Klassifizierungsstrom $I_{class}$	Klassifikation
0mA bis 5mA	Klasse 0
>5mA und <8mA	Klasse 0 oder 1
8mA bis 13mA	Klasse 1
>13mA und <16mA	Klasse 0, 1 oder 2
16mA bis 21mA	Klasse 2
>21mA und <25mA	Klasse 0, 2 oder 3
25mA bis 31mA	Klasse 3
>31mA und <35mA	Klasse 0, 2 oder 3
35mA bis 45mA	Klasse 4
>45mA und <51mA	Klasse 0 oder 4
$\geq 51mA$	Klasse 0

Tabelle 2.3: PD Klassifikation

Klasse	Verwendungszweck	Leistung am Eingang des PDs
0	15,4 Watt	0,44 bis 12,95 Watt
1	4,0 Watt	0,44 bis 3,84 Watt
2	7,0 Watt	3,84 bis 6,49 Watt
3	15,4 Watt	6,49 bis 12,95 Watt
4	Like class 0	reserved for future applications

Tabelle 2.4: PD Leistungsklassen

## Einspeisungsmethoden

Für die Einspeisung der Spannung auf die Datenleitung gibt es zwei verschiedene Varianten:

1. Phantomspeisung
2. Spare-Pair Speisung

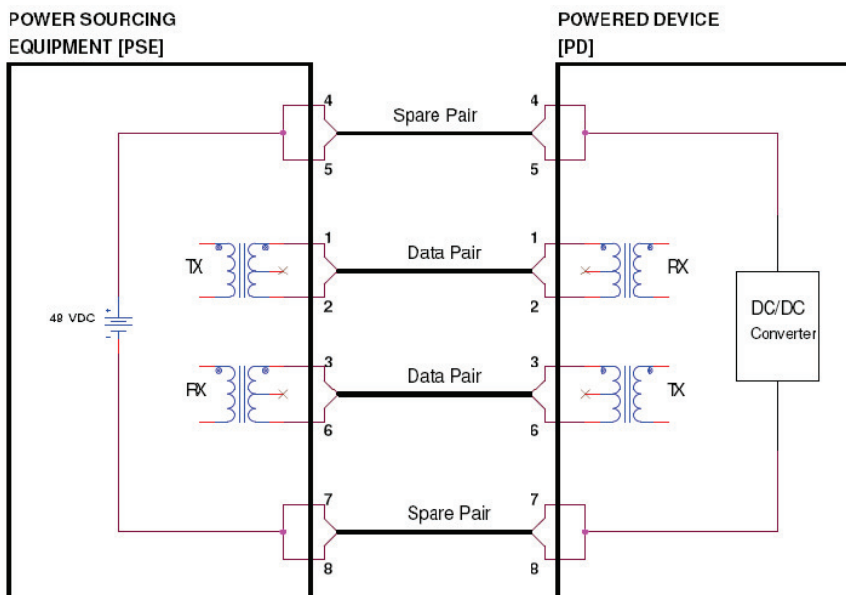
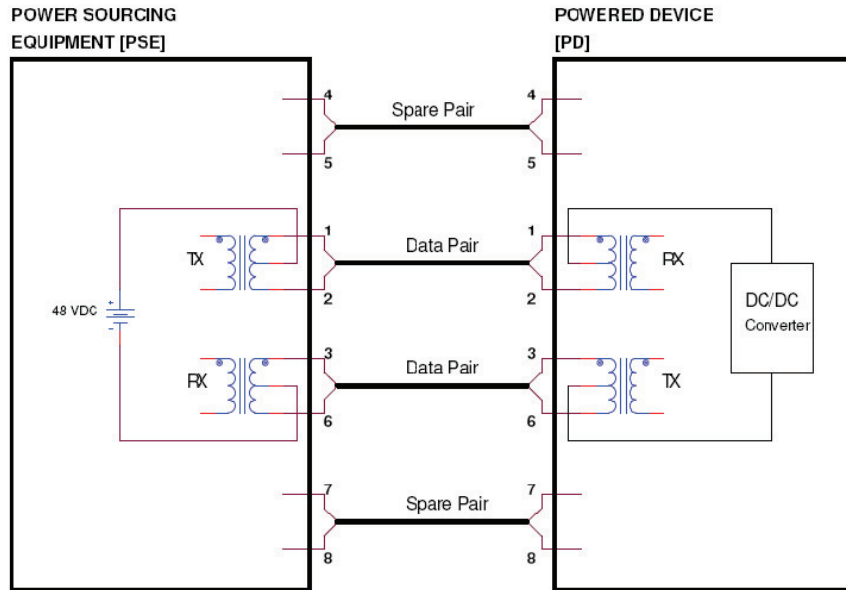
Ein Power Device muss immer beide Varianten unterstützen. Bei dem Power Sourcing Equipment ist es dem Hersteller überlassen, welche Methode er unterstützt.

### Phantomspeisung

Bei der Phantomspeisung wird die Spannung auf die Adernpaare 1/2 (-) und 3/6 (+) eingekoppelt. Diese Methode kann bei Netzwerken mit vier adriger oder acht adriger Verkabelung eingesetzt werden

### Spare-Pair-Speisung

Bei der Spare-Pair-Speisung werden die freien Adernpaare genutzt. Die Spannung wird direkt auf die freien Adernpaare 4/5 (+) und 7/8 (-) gegeben. Diese Methode kann ausschließlich bei Netzwerken mit acht adriger Verkabelung angewendet werden. Dies gilt nicht für Gigabit Ethernet, da hierbei alle acht Adern zur Signalübertragung verwendet werden und somit keine Spare-Pairs zur Verfügung stehen.



## Einspeisorte

Bei dem Gebrauch von PoE muss weiterhin eine Unterscheidung zwischen Midspan und Endspan Versorgung getroffen werden.

### Midspan

Ein Midspan Modul ist ein Gerät, welches in ein schon bestehendes Netzwerk integriert werden kann, um Energie auf den Datenleitungen zur Verfügung zu stellen. Somit kann relativ einfach ein PoE Power Device (PD) in ein nicht PoE Netzwerk eingebunden werden. Dadurch ist eine Hochrüstung bestehender Netzwerke leicht möglich.



Abbildung 2.6: PoE Midspan-Versorgung

### Endspan

Bei einem Endspan Modul ist das PSE bereits in dem Switch integriert. Dies bedeutet, der Switch kann PoE an seinen Ethernet Ports zur Verfügung stellen, somit ist kein Midspan Modul und keine weitere Spannungsversorgung nötig.



Abbildung 2.7: PoE Endspan-Versorgung

## Detektion und Klassifikation am Beispiel des PoE Controller MAX5945

Der MAX5945 ist ein vier Port Power Management Controller aus dem Hause Maxim. Er beinhaltet alle nötigen Schaltungen (PD Detektion, Klassifikation ...) um ein normkonformes Power Sourcing Equipment aufbauen zu können.

Der MAX5945 kann in drei verschiedenen Modi betrieben werden.

1. vollautomatisch
2. halbautomatisch
3. manuell

Im vollautomatischen Modus übernimmt der MAX5945 die komplette Steuerung, von der Detektion über die Klassifizierung bis hin zum Anschalten der PoE Spannung an den jeweiligen Port.

Der halbautomatische Modus ist so ausgelegt, dass der PoE Controller die Detektion und Klassifikation übernimmt, jedoch die Aktivierung der PoE Spannung von einem weiteren Controller aus zu erfolgen hat.

Im manuellen Modus gibt der MAX5945 die komplette Steuerung an einen anderen Controller ab.

Die Beschaltung und Funktionsweise des MAX5945 lässt sich am Beispiel eines PoE fähigen RJ45 Ports beschreiben.

Über den OUT Pin werden die Detektionsspannungen angelegt, und der dabei fließende Strom wird über den detection Pin (DET). Ist ein gültiges PD erkannt, wird über OUT die Klassifikationsspannung angelegt und der dabei fließende Klassifizierungsstrom wieder am DET Eingang gemessen. Erst wenn die Leistungsklasse ermittelt ist und in einem gültigen Bereich liegt, wird der Leistungstransistor über den GATE Ausgang eingeschaltet und die vollen -57 Volt liegen an dem PD an.

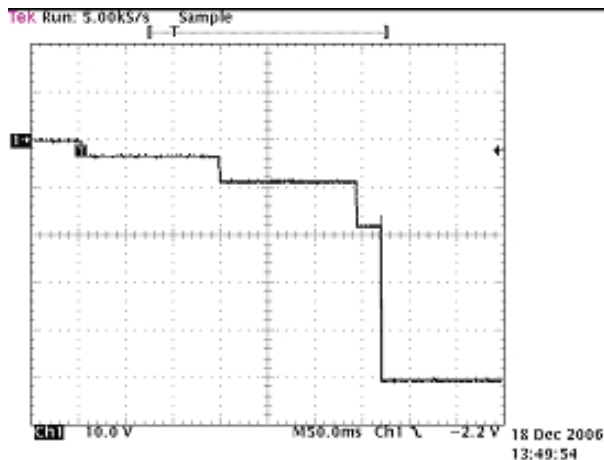


Abbildung 3.6: Signatur eines gültigen PD's

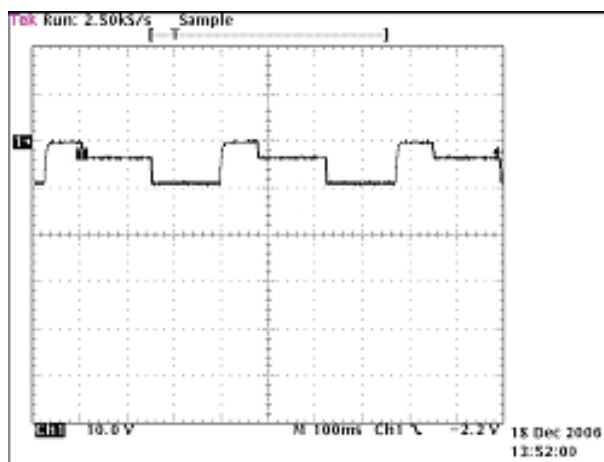
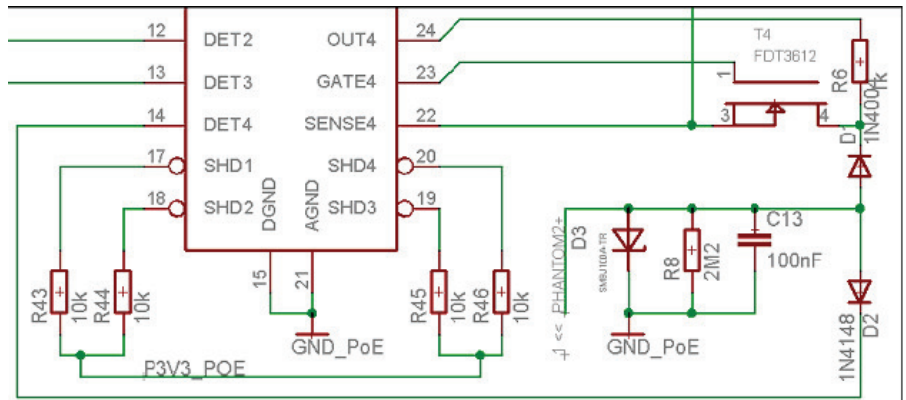


Abbildung 3.7: Signatur eines ungültigen PD's

Bild 3.6 zeigt die Signatur eines gültigen PD's, die zwei Detektionsphasen und die Klassifizierung sind gut zu erkennen. Bild 3.7 zeigt die Signatur eines ungültigen PD's, nach der Detektion wird abgeschaltet und ein neuer Detektionszyklus angestoßen.

Der SENSE Pin ist an eine Komparatorschaltung geknüpft, die während des Betriebes eines PD's die Überwachung des Ports übernimmt (DC disconnect). Wird die Verbindung zum PD unterbrochen, d.h. fällt die Spannung am SENSE Pin länger als max. 400ms unterhalb der DC-disconnect Schwelle, schaltet der Controller den Port ab. Die Überstromabschaltung wird auch mit dem SENSE Pin gesteuert. Abbildung 3.8 zeigt die Beschaltung eines Ports des MAX5945.



## PoE Lösungen von Hirschmann™

Die Hirschmann Automation and Control GmbH bietet Power over Ethernet Lösungen von der Hutschiene bis in den Backbone. Angefangen bei dem Modularen System MICE, welches ein vier Port PoE Medienmodul bietet, über die PoE Kompaktgeräte der OpenRail Familie, geht es weiter zu den Geräten der MACH1000 Familie mit PoE Switche im 19" Format. Die besonders für raue Umgebungsbedingungen ausgelegte Familie bietet bis zu 4 PoE Ports. Auch unsere Backbone Switches MACH4000 können mit einem PoE Modul ausgestattet werden, und können so bis zu 32 PoE Ports (max. 163W) unterstützen.

Da Power over Ethernet in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird, können unsere Wireless Lan Access Points der BAT Familie, heute schon über PoE versorgt werden.

Ganz neu in unserem Portfolio gibt es das PoE Plus Medienmodul für Switches der MACH102 Familie. Das Medienmodul unterstützt 8 PoE Plus Ports bei einer Leistung von bis zu 120 Watt Pro Modul. Ebenfalls ganz neu sind die MACH104-16TX-PoEP Geräte mit 16 PoE Plus Ports Gigabit Ports, und 10Gbit/s Uplinks, geht Ihnen kein Videosignal verloren.

## Anhang: Weitere Unterstützung

### Technische Fragen und Schulungsangebote

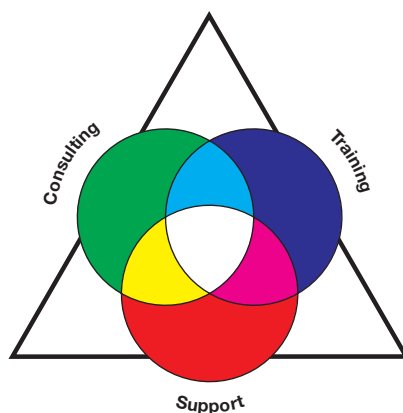
Bei technischen Fragen wenden Sie sich bitte an den Hirschmann™-Vertragspartner in Ihrer Nähe oder direkt an Hirschmann. Die Adressen unserer Vertragspartner finden Sie im Internet unter [www.hirschmann.com](http://www.hirschmann.com).

Darüber hinaus steht Ihnen unsere Hotline zur Verfügung:

Tel. +49 (0)1805 14-1538

Fax +49 (0)7127 14-1551

Das aktuelle Schulungsangebot zu Technologie und Produkten finden Sie unter <http://www.hicomcenter.com>.



### Belden Competence Center

Langfristig garantieren hervorragende Produkte allein keine erfolgreiche Kundenbeziehung. Erst der umfassende Service macht weltweit den Unterschied. In dieser globalen Konkurrenz hat das Belden Competence Center mit dem kompletten Spektrum innovativer Dienstleistungen vor den Wettbewerbern gleich dreifach die Nase vorn:

- Das Consulting umfasst die gesamte technische Beratung von der Systembewertung über die Netzplanung bis hin zur Projektierung.
- Das Training bietet Grundlagenvermittlung, Produkteinweisung und Anwenderschulung mit Zertifizierung.
- Der Support reicht von der Inbetriebnahme über den Bereitschaftsservice bis zu den Wartungskonzepten.

Mit dem Belden Competence Center entscheiden Sie sich in jedem Fall gegen jeden Kompromiss. Das kundenindividuelle Angebot lässt Ihnen die Wahl, welche Servicekomponenten Sie in Anspruch nehmen. Internet: <http://www.hicomcenter.com>.