

## Modulare IPCs für die Bildverarbeitung

PoE sorgt für höchste Energieeffizienz und einfache Verkabelung



**Maschinelles Lernen ist ein praxiserprobtes Verfahren, um Anomalien oder Tendenzen zu erkennen. Durch die so gewonnenen Informationen lassen sich z. B. Prozesse nachsteuern und damit ohne menschlichen Eingriff näher am Optimum betreiben.**  
© pexels/mark-stebnicki

**Bild 1: Unterschiedliche Ausführungen der Eagle-Eyes-Plattform von EFCO. Die Programmierwerkzeuge bleiben gleich, die Hardware passt sich an unterschiedliche Anforderungen an.**

Eine der Domänen, in denen KI in der Industrie schon längst Einzug gehalten hat, ist die industrielle Bildverarbeitung. Denn gerade das Erkennen von Anomalien gelingt mit den Methoden des maschinellen Lernens bestens. Die entsprechenden Algorithmen werden beständig leistungsfähiger; der Programmieraufwand sinkt.

Mehr Kameras und mehr KI in der Bildauswertung ziehen aber einen Bedarf an entsprechend leistungsfähigen Rechnern nach sich.

Gut, wenn sich diese modular erweitern lassen. So kann man immer auf der gleichen Plattform arbeiten, diese aber trotzdem flexibel an die jeweiligen Bedarfe anpassen.

### Je mehr GB-Ethernet-Schnittstellen, desto besser

Wegen der hohen erforderlichen Datenraten und um möglichst kurze Latenzen zu erzielen, werden leistungsfähige Kameras heute meist direkt an den IPC angeschlossen. EFCO beispielsweise stattet daher seine IPCs mit bis zu sechs Gigabit-Ethernet-Schnittstellen (GbE) aus, die alle von der Vorderseite der Geräte zugänglich sind, um den Einbau in den Schaltschrank oder ganz allgemein die Verkabelung zu erleichtern (Bild 1). Optional lässt sich die Datenrate noch weiter steigern: bis zu 2,5 GbE sind möglich, um auch für Hochgeschwindigkeitskameras mit hoher Auflösung genug Bandbreite zur Datenübertragung zur Verfügung stellen zu können.

### GbE-Switches erleichtern Edge-Anwendungen

Sind smarte Kameras im Einsatz – oder andere Systeme mit geringerem Bandbreitebedarf – bieten sich auch Edge-Architekturen an. Mehrere Endgeräte werden vor Ort an einen Edge-Rechner angebunden, der dann über eine entsprechend leistungsfähige Netzwerkverbindung mit dem Hauptrechner kommuniziert. Häufig ist in diesen Fällen vor Ort keine hohe Rechenleistung erforderlich, so dass sich auch Eagle-Net Switches für diese Einsatzfälle anbieten. Auch diese verfügen über GbE-PoE-Ports und können auch via PoE (Power over Ethernet – Stromversorgung eines Endgeräts direkt über das Netzkabel) versorgt werden (Bild 2).

Autor:

Dipl.-Ing. Tom Weber  
Spezialist für Technisches  
Marketing in Regensburg

EFCO Electronics GmbH  
www.efcotec.de

## PoE vereinfacht die Verkabelung

Im Prinzip benötigt jede Kamera im System mindestens zwei Leitungen: Eine für die Daten, eine für die Stromversorgung. In der Praxis laufen diese beiden Kabel auf unterschiedlichen Trassen und ziehen so einen entsprechenden Verdrahtungsaufwand nach sich: Das Stromkabel von der Kamera zum Schaltschrank mit dem Verteiler für das 24-V-Netz; das Datenkabel hingegen vom Rechner durch die Maschine zur Kamera.

Mittels PoE lässt sich die Verkabelung in komplexeren Maschinen erheblich vereinfachen und so der Verkabelungsaufwand deutlich reduzieren: Das Datenkabel wird gleichzeitig für die Stromversorgung der Kamera genutzt. So profitiert die Kamera nebenbei zudem von der aufwändigen Aufbereitung der Versorgungsspannung durch den IPC. Gerade EFCO treibt sehr viel Aufwand, um etwa mittels Suppressor-Dioden Spannungsspitzen abzublocken. Schwankungen auf dem Versorgungsnetz gleicht der Weitbereichseingang aus: die Versorgungsspannung darf zwischen 9...36 VDC schwanken.

Gerade für Applikationen im Maschinenbau sind der Remote-Power-Steuereingang sowie das „Zündschlüssel-Signal K15“ unverzichtbar. Damit lässt sich der Rechner samt Betriebssystem über den zentralen Netzschalter starten – oder mit einstellbarer Verzögerungszeit geordnet herunterfahren.

## PoE in der Praxis

Die technischen Rahmenbedingungen für PoE legt der verbreitete PoE+-Standard (IEEE 802.3at-2009)

Spannungsebene	42,5...57 V <sub>DC</sub> ; in aller Regel 48 V
Maximaler Ausgangsstrom	600 mA
Maximale Ausgangsleistung	30 W
Maximale Leistung am Endgerät	25,5 W
Benutzte Adernpaare	2 (von vier im Standardkabel)

**Tabelle 1: Wesentliche Eigenschaften von PoE+**

	AWG 22	AWG 23	AWG 24	AWG 25	AWG 26
<b>CAT</b>	7	6	6 / 5	5	5
<b>Leitungswiderstand</b>	0,054 Ω/m	0,070 Ω/m	0,087 Ω/m	0,11 Ω/m	0,138 Ω/m

**Tabelle 2: typische Leitungswiderstände von Netzkabeln**

fest. Tabelle 1 gibt einen Überblick über wesentliche Eigenschaften.

Theoretisch dürfte ein AWG-26-Kabel (CAT 5) bis 3 A belastet werden und könnte so gut 160 W an Leistung übertragen. Dabei würde sich das Netzkabel allerdings spürbar erwärmen, worunter auch die übertragbare Datenrate leiden würde. Entsprechend liegen die Werte in Tabelle 1 deutlich unter den theoretischen Maximalwerten, um die Erwärmung der Kabel zu minimieren.

Dennoch gibt es immer wieder Unklarheiten bezüglich Spannungsabfall und Verlustleistung auf der Ethernet-Leitung. Dabei kann man diese sehr schnell und mit einfachen Formeln präzise berechnen.

## Verluste im Kabel berechnen

Der Spannungsabfall lässt sich mit Hilfe der folgenden Formel 1 ermitteln:

$$U_{\text{Abfall}} = \frac{2 * l * R * P_{\text{Bedarf}}}{U_{\text{Versorgung}}}$$

Darin ist (l) die Länge des Netzkabels zwischen Kamera und IBC [m], R der Leitungswiderstand [Ω / m], P<sub>Bedarf</sub> der Leistungsbedarf der Kamera und U<sub>Versorgung</sub> die Höhe der Versorgungsspannung auf dem Netzkabel.

## Typische Leitungswiderstände

Ein Beispiel: Bei 25 m Netzkabel CAT 5, einem Leistungsbedarf von 15 W und einer Versorgungsspannung von 48 V ergibt sich ein Spannungsabfall von 2,16 V. Bei einem CAT-7-Kabel verringert sich dieser auf 0,84 V, also auf knapp ein Drittel.

Der Leitungsverlust berechnet sich nach folgender Formel 2:

$$P_{\text{Verlust}} = \frac{2 * l * R * P_{\text{Bedarf}}^2}{U_{\text{Versorgung}}^2}$$

Die Formelzeichen in beiden Formeln sind identisch. Damit ergibt sich mit den Werten aus dem Beispiel oben ein Leitungsverlust von 0,67 W bei einem CAT-5-Kabel und von 0,26 W bei einem CAT-7-Kabel.

Ein Leitungsverlust von 0,67 W im Kabel bei einem Leistungsbedarf von 15 W für das Endgerät entspricht also einem Verlust von rund 4,5 %; bei einem CAT-7-Kabel betragen die Verluste hingegen nur 1,7 %.

Anschaulich betrachtet: Während also bei einem CAT-7-Kabel von den 97 % Wirkungsgrad aus der Stromversorgung des IPC noch gut 95 % nach 25 m Netzkabel beim Endgerät ankommen, sind es bei CAT 5 gerade noch gut 92 %.

Doch selbst der Leitungsverlust in CAT-5-Kabeln ist immer noch erheblich besser, als die üblichen Steckernetzteile, deren Wirkungsgrade schon bei Nennleistung häufig unter 90 % liegen. Im Teillastbetrieb – also im Regelfall, weil niemand Geräte so auslegt, dass sie ständig an ihrer Leistungsgrenze arbeiten – liegt der reale Wirkungs-



**Bild 2: Die robusten Eagle-Net-Switches und -Router von EFCO eignen sich auch für den Einsatz als Edge-Rechner unter Linux.**



# Bildverarbeitung

grad häufig irgendwo zwischen 70 und 80 %. Auch deshalb kommt eine Schweizer Studie zu dem Schluss, dass PoE für Verbraucher bis ca. 15 W die energetisch günstigste Lösung ist.

## Mehr statt weniger Leistung

Bei den Eagle-Eyes-IPCs von EFCO stehen bis zu 200 W für die Versorgung der Peripherie zur Verfügung. Sollte das in speziellen Applikationen nicht ausreichen, etwa weil zusätzlich zu den Kameras auch eine leistungsfähige KI-Karte im Erweiterungsmodul versorgt werden muss, kommen zusätzliche externe Netzteile zum Einsatz, wie etwa das DC2454-110-ISO von Elec-Con (Bild 3). Wichtig ist die galvanische Trennung, damit die Stromausgänge von IPC und externem Netzteil ohne weiteres parallel geschaltet werden können. Ohne Potentialtrennung kann es durchaus vorkommen, dass Ausgleichsströme von einigen Ampere über das Netzkabel fließen. Dieses erwärmt sich dadurch stark; der Datenverkehr wird spürbar ausgebremst, bis hin zu sporadischen Störungen. "Warme" Netzkabel sind also immer ein ernstes Alarmzeichen, dass irgendwas nicht stimmt.

**Bild 3: Der DC2454-110-ISO von Elec-Con ist ein Wandler mit galvanischer Trennung. Er setzt die Standard-24-V-Schaltspannung auf 54 V für PoE-Applikationen hoch.**

## Diagnoseanzeigen nutzen

Gute Industrie-PCs zeigen über LEDs direkt an der PoE-Buchse, ob Strom fließt. Moderne IPCs gehen noch einen Schritt weiter und zei-

gen auf einem integrierten Display permanent den aktuellen Stromverbrauch der angeschlossenen Peripherie an (Bild 4). Gerade in komplexen Installationen sparen diese

durchdachten Features einiges an Fehlersuchzeit.

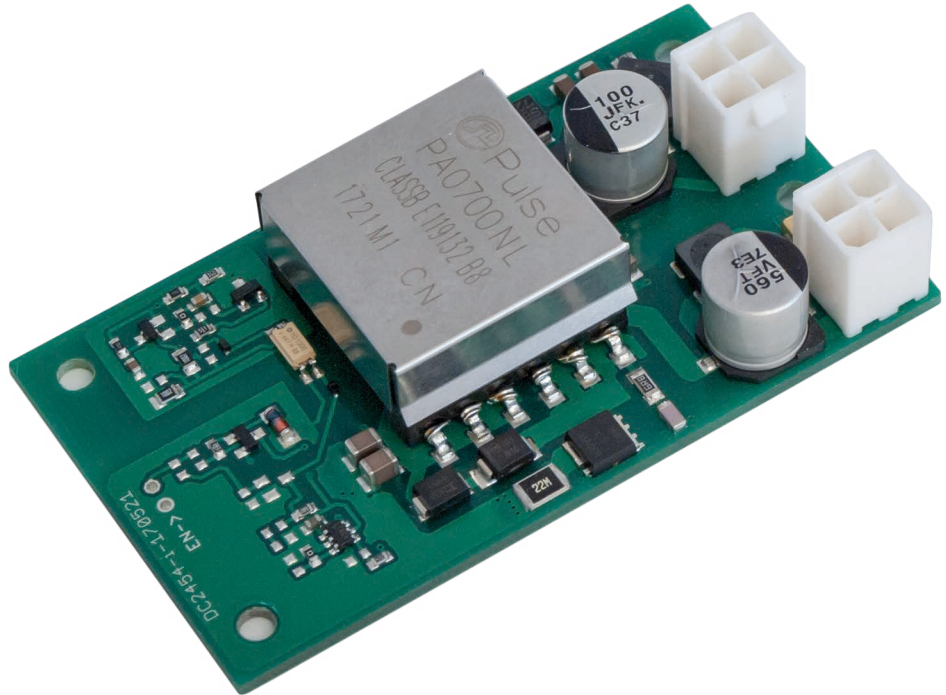
## Modulare Erweiterbarkeit

Im High-End-Bereich kommen spezialisierte Grafik- oder KI-Karten zum Einsatz, welche direkt an die internen Busse des IPC angebunden sein wollen – und auch einen entsprechenden Leistungshunger haben.

Entsprechend lassen sich die IPCs von EFCO auch mechanisch durch ein optimal abgestimmtes Erweiterungsgehäuse an den erweiterten Platzbedarf anpassen (Bild 5). Dieses trägt knapp 50 mm Höhe auf und bietet Raum für zwei Full-Size-PCI-Einsteckkarten.

Besonderen Wert hat EFCO dabei auf das Wärmemanagement gelegt. So ist ein Einsatz der Industrierechner bis +75 °C Umgebungstemperatur möglich. Allerdings kann die Verlustwärme dabei nicht mehr rein über Konvektion abgeführt werden; die Erweiterungsgehäuse sind mit einer entsprechenden Zwangsbelüftung ausgestattet.

Konstruktiv sorgt ein Hitzeschott im Inneren der IPCs dafür, dass das Mainboard und der Prozessor vor der zusätzlichen Wärme geschützt bleiben. ◀



**Bild 4: Der Eagle-Eye AIH von EFCO mit dem Erweiterungsmodul EP. Darin finden zwei Full-Size-PCI-Karten Platz. Deutlich erkennt man rechts oben das kleine Display, das z. B. zur Anzeige von Diagnosedaten, wie etwa dem aktuellen Stromverbrauch an jeder POE-Schnittstelle genutzt werden kann.**