



EtherNet / IP

Das Ethernet-Protokoll für die Industrie 4.0

Benjamin Herrmann

HRL-TVT 4.5

10.11.2025

EtherNet/IP™

Intern C-SC1



I. Funktionsweise

Was haben Netflix und eine Bosch Produktionslinie gemeinsam?

NETFLIX

Netflix

- ✓ Standard TCP / IP
- ✓ Echtzeit – Streaming
- ✓ Normales Ethernet
- ✓ Streamt Serien & Filme

 **BOSCH** / **EtherNet/IP**™

EtherNet / IP

- ✓ Standard TCP / IP
- ✓ Echtzeit – Daten
- ✓ Normales Ethernet
- ✓ “Streamt“ Produktionsdaten

Das Besondere:

Keine teure Spezial – Hardware nötig – nutzt dieselbe Technologie wie ein Router zu Hause!

I. Funktionsweise

Was ist EtherNet / IP? - Funktionsprinzip

Die Grundlagen

EtherNet / IP = Ethernet Industrial Protocol

- Basiert auf Standard – Ethernet (Layer 1 + 2)
- Nutzt TCP / IP und UDP (Layer 3 + 4)
- + CIP auf Layer 5 – 7 (Anwendungsebene)

Zwei Kommunikationswege

1. Implicit Messages (I / O)

- UDP, schnell, zyklisch
- Für Sensoren & Aktoren

2. Explicit Messages (Config)

- TCP, zuverlässig, bei Bedarf
- Für Konfiguration & Diagnose

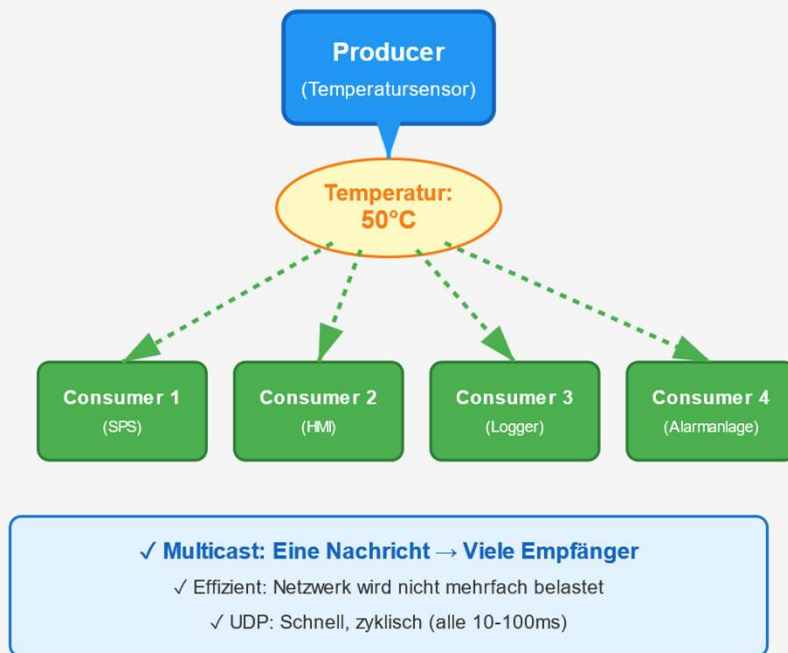
OSI-Modell

7	Anwendung	CIP
6	Darstellung	CIP
5	Sitzung	CIP
4	Transport	TCP / UDP
3	Vermittlung	IP
2	Sicherung	Ethernet
1	Bitübertragung	Ethernet (Kabel)

I. Funktionsweise Kommunikationsmodelle

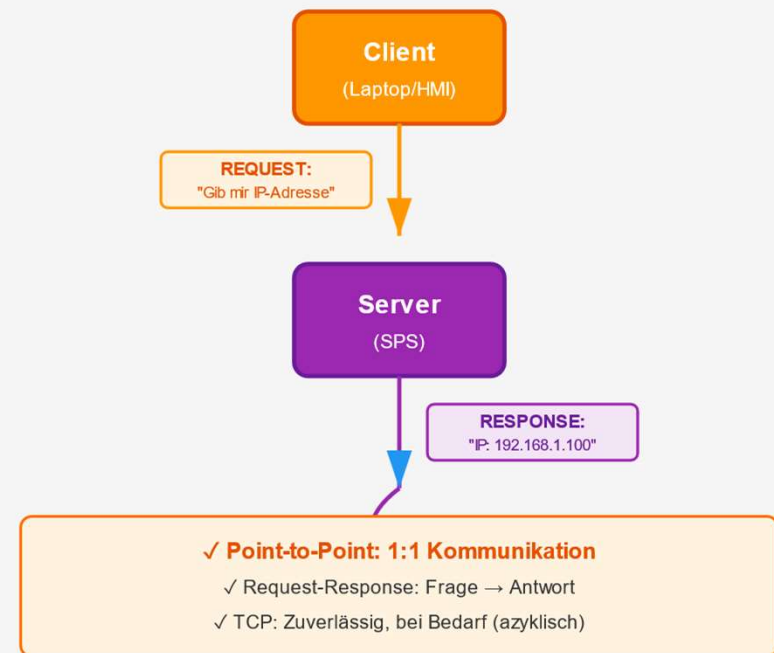
Producer-Consumer

(I/O-Daten - Multicast)



Client-Server

(Konfiguration - Request/Response)



EtherNet/IP nutzt beide Kommunikationsarten je nach Anwendung

II. Performance

Wie schnell ist EtherNet / IP ?

Die Geschwindigkeit

Zykluszeit
1 - 100 ms

Ethernet - Speed
10/100/1000
Mbit/s

✓ Für 90 % der Industrie-Anwendungen perfekt



Kommt an seine Grenzen z.B. bei
Schweißrobotern (ca. 200 km/h)

Zum Vergleich:

- Guter Gaming - Ping: 20 - 50 ms
- Menschliches Auge: ~100 ms Reaktionszeit
- EtherNet / IP: 1 - 100 ms



Schneller als menschliche Wahrnehmung!

Praxis Beispiel: Bosch Reutlingen

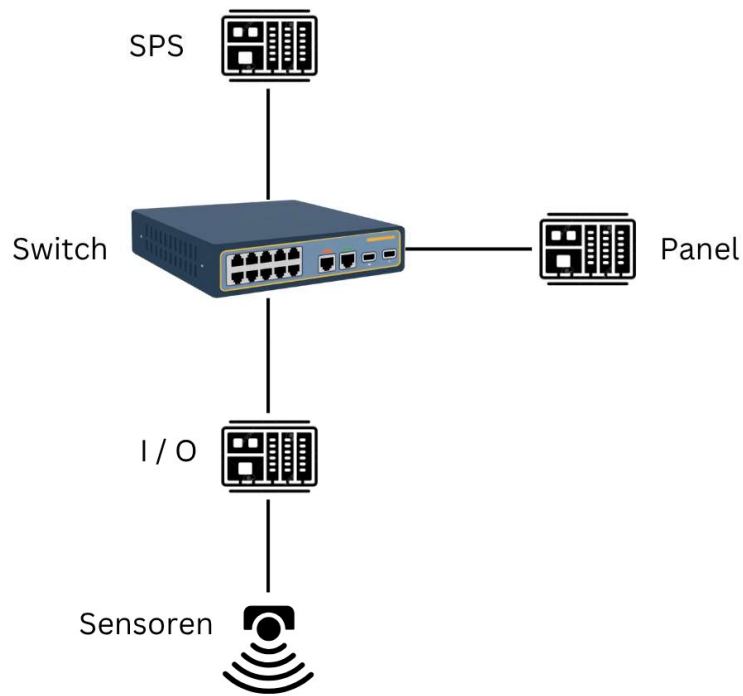
Montage Linie:

- Sensordaten alle 100 ms aktualisiert
- Schnell genug für Qualitätskontrolle
- Perfekt für Schraubvorgänge & Prüfungen
- Auch bei Hochgeschwindigkeits-Förderband (bis 2 m / s)

III. Topologie

Wie ist das Netzwerk aufgebaut ?

Standard - Stern - Topologie



✓ Vorteile

- ✓ Flexibel erweiterbar
- ✓ Ausfall eines Gerätes ≠ Totalausfall
- ✓ Standard-Switches verwendbar
- ✓ Beliebig skalierbar
- ✓ Einfache Fehlersuche

□ Verkabelung

➔ Standard Ethernet - Kabel

- ✓ CAT5e / CAT6
- ✓ Bis 100m pro Strecke
- ✓ RJ45-Stecker
- ✓ Günstig & überall verfügbar

Auch möglich:

Baum-Topologie

→ Für große Anlagen mit mehreren Ebenen

Ring-Topologie

→ Für höhere Ausfallsicherheit

IV. Protokolleigenschaften

Die technischen Details

CIP - Common Industrial Protocol



Objektorientiert

Jedes Gerät = Objekt mit:

- **Attributen** (Daten)
- **Services** (Befehle)
- **Connections** (Verbindungen)
- **Behaviors** (Verhalten)



Datentypen & Features

TCP für komplexe Nachrichten

- ✓ Konfiguration
- ✓ Diagnose
- ✓ File-Transfer
- ✓ Garantierte Zustellung

UDP für zeitkritische I/O

- ✓ Sensordaten
- ✓ Aktoren-Steuerung
- ✓ Minimale Latenz
- ✓ Multicast möglich



Herstellerunabhängig

Verwaltet von ODVA
(Open DeviceNet Vendor Association)

Auch verwendet bei:

- DeviceNet (über CAN)
- ControlNet (über CTDMA)
- CompoNet (über TDMA)



Praktische Features

- **DHCP / BootP:** Automatische IP-Vergabe (wie im Büro-Netzwerk)
- **Webserver:** Diagnose einfach im Browser (kein Spezial-Tool nötig)
- **Standard-IT-Tools:** Wireshark, Ping, Traceroute funktionieren

V. Kosten

Was kostet EtherNet / IP ?

Lizenzgebühren

0 €

Offener Standard!

Hardware
Standard-

Komponenten

Keine Spezial-Hardware

Einsparungen gegenüber anderen Systemen

- ✓ Kein Vendor-Lock-in (kein Hersteller Zwang)
- ✓ Standard-IT-Komponenten verwendbar
- ✓ Einfachere Schulung (IT-Wissen nutzen)
- ✓ Geringere Lagerhaltung (Standard-Teile)
- ✓ Längere Verfügbarkeit der Komponenten

Kostenaufschlüsselung (Beispiel)

Komponente	Typ	Kosten (ca.)
Standard-Switch (5 Ports)	Infrastruktur	50 - 200 €
Industrial-Switch (16 Ports)	Infrastruktur	500 - 2.000 €
Ethernet-Kabel CAT 6	Verkabelung	1 - 5 € / Meter
EtherNet/IP Adapter	Gerät	300 - 800 €
Lizenzgebühren	Software	0 €

VI. Diagnose und Fehlersuche

Troubleshooting leicht gemacht

Integrierte Diagnose-Tools

▪ Webserver

Jedes Ethernet/IP-Gerät hat einen integrierten Webserver

Einfach IP im Browser eingeben:
192.168.1.100

▪ LED-Status

- **Grün** = OK
- **Rot** = Fehler
- **Blinken** = Kommunikation aktiv
- Standard-IT-Tools
 - Wireshark: Traffic analysieren
 - Ping: Erreichbarkeit prüfen
 - LLDP: Topologie-Erkennung

Fehlersuche in 3 Schritten

✓ Schritt 1: LED-Check

Leuchten die Status-LEDs an allen Geräten?

✓ Schritt 2: Ping-Test

Ist das Gerät im Netzwerk erreichbar?

Ping 192.168.1.100

✓ Schritt 3: Webserver

Status-Seite im Browser aufrufen und Details prüfen

Beispiel Fehler Diagnose

Problem: Ein Sensor meldet sich nicht mehr

➤ Lösung:

- LED grün
- Switch blinkt
- Ping timeout

➤ Ursache: IP-Adresse war doppelt vergeben

➤ Fix: DHCP neu konfigurieren

➤ **Problem in wenigen Minuten gelöst**

VII. Sicherheit

Cybersecurity

Warum wichtig?

- 2023: 70% mehr Cyberangriffe auf Industrie
 - Produktionsstillstand kostet Millionen
- IT + OT wachsen zusammen = größere Angriffsfläche

Technologie

TLS/DTLS Verschlüsselung

Wie HTTPS im Browser

- TLS für TCP-Verbindungen
- DTLS für UDP-Verbindungen
 - AES-Verschlüsselung

X.509 Zertifikate

Jedes Gerät bekommt ein digitales Zertifikat
→ eindeutige Authentifizierung

Features

- Ende-zu-Ende-Verschlüsselung
- Benutzer-Authentifizierung
- Zugriffskontrolle (wer darf was?)
- Man-in-the-Middle Erkennung

Defense-in-Depth

3 Sicherheitsschichten:

Firewall (Netzwerk)

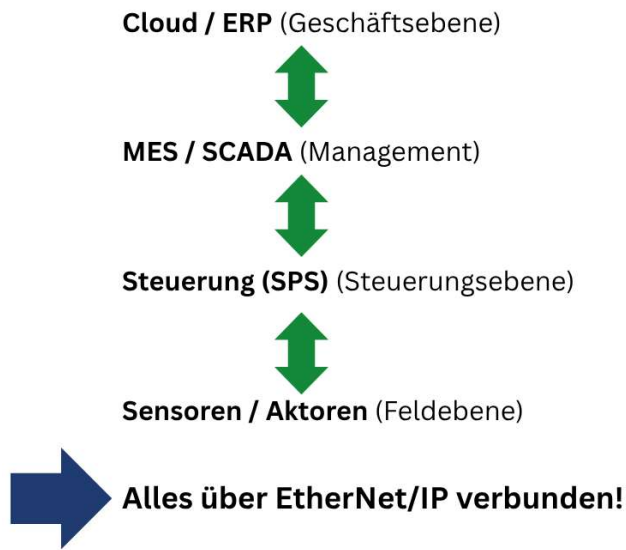
Network Segmentation

CIP Security (Gerät) ← Letzte Verteidigung!



VIII. Industrie 4.0

Durchgängige Kommunikation – Von Sensor bis Cloud



Industrie 4.0 Features

- ✓ Echtzeit-Daten für MES/ERP
- ✓ Cloud-Anbindung (OPC UA, MQTT)
- ✓ Horizontale Integration (Fabrik-zu-Fabrik)
- ✓ Vertikale Integration (Sensor-zu-ERP)
- ✓ Remote-Wartung möglich
- ✓ Predictive Maintenance

Die 4 Prinzipien von Industrie 4.0

- 1. Vernetzung**
→ EtherNet/IP verbindet alles
- 2. Transparenz**
→ Echtzeitdaten von jedem Sensor
- 3. Technische Assistenz**
→ Systeme unterstützen Entscheidungen
- 4. Dezentrale Entscheidungen**
→ Geräte reagieren selbstständig

IX. Praxisbeispiel

Bosch Reutlingen – Automatisierte Montagelinie

Aufbau

- 24 Roboter-Arbeitsplätze
 - 180 Sensoren (Druck, Position, Qualität)
 - 12 Schweißroboter (Normal)
 - 3 Steuerungen
- Alles über EtherNet/IP vernetzt

Daten fließen in Echtzeit

- ✓ Produktionszahlen → MES
- ✓ Qualitätsdaten → SAP
- ✓ Maschinendaten → Wartungs-Dashboard
- ✓ Energieverbrauch → Energie-Management

Zahlen pro Schicht

- 2.400 Bauteile produziert
 - 432.000 Datenpunkte übertragen
 - Zustandsupdate alle 50 ms
- **8,6 Mio. Messages pro Schicht!**
- **300 Messages pro Sekunde**

X. Vergleich EtherNet / IP vs. Konkurrenz

Eigenschaft	EtherNet/IP	PROFINET	EtherCAT
Verbreitung	🇺🇸 USA / Asien (Rockwell)	🇪🇺 Europa (Siemens)	🇪🇺 Europa (Beckhoff)
Zykluszeit	1-100 ms (Soft-Realtime)	0,25-100 ms (Hard-Realtime)	< 0,1 ms (Hard-Realtime)
Hardware	✓ Standard	✓ Standard	⚠️ Speziell
Lizenzkosten	✓ Kostenlos	✓ Kostenlos	💰 Gebühren
IT-Integration	★★★★★	★★★★★	★★★
Einstiegshürde	✓ Einfach	~ Mittel	⚠️ Komplex
Installierte Knoten	> 30 Mio.	> 65 Mio.	> 10 Mio.

X. Vergleich

Wann welcher Feldbus ?

EtherNet / IP perfekt für:

- IT/OT-Integration wichtig
- Standard-Hardware gewünscht
- USA/Asien-Markt
- Montage, Verpackung, Prozess

PROFINET besser für:

- Schnellere Zykluszeiten nötig
- Siemens-Umfeld
- Europa-Markt
- Automotive-Industrie

EtherCAT besser für:

- Ultra-schnelle Motion Control
- High-Speed Robotik (<100µs)
- Kompakte Maschinen
- Höchste Performance erforderlich

Fazit

Es gibt nicht *den besten* Feldbus - es kommt auf die Anwendung an!
Für die meisten Standard-Anwendungen ist EtherNet / IP mehr als ausreichend und bietet die beste IT-Integration.

XI. Zusammenfassung

Das wichtigste auf einen Blick

Stärken

- Einfache Integration in IT-Landschaft
- Kosteneffizient (Standard-Hardware)
- Weit verbreitet (30+ Mio. Knoten)
- Offener Standard (keine Lizenzkosten)
- IT-Tools verwendbar
- Industrie 4.0 ready
- Gute Absicherung vor Angriffen
- Zukunftssicher (IoT, Cloud)

Schwächen

- ✗ Nicht für Ultra-High-Speed (Soft-Realtime)
- ✗ In Europa weniger verbreitet als PROFINET
- ✗ Keine harten Echtzeit-Garantien

Perfekt für

- ✓ Montage-Linien
- ✓ Verpackungsanlagen
- ✓ Prozess-Automation
- ✓ Fabriken mit IT/OT-Integration
- ✓ 90% aller Industrie-Anwendungen

In einem Satz:
"Was WLAN für uns ist,
ist EtherNet / IP für die Fabrik"