

Konzepte & Technologien für die Automatisierung von Produktionsanlagen

Dietmar Bohn, Geschäftsführer PNO

23. Dezember 2025



PI. We create **standards** for **interoperability** that drive **scaling** and **innovation**.



Zielgruppe:

1. **Maschinenbau**-Studierende
2. **Elektrotechnik**-Studierende
3. **Wirtschaftsingenieurwesen**-Studierende



Motivation der Studierenden:

1. **Beratung für Produktionsoptimierung**
2. **Entwicklung / Produktmanagement für Automatisierungstechnik bzw. Software**
3. **Vertrieb & Marketing für Automatisierungstechnik, Maschinen- und Anlagenbau**
4. **Leitung einer Produktionsorganisation**



„Die **OT-Experten/-Entscheider** von morgen“

Zielsetzung der Präsentation: -> Praxisvortrag

1. **Fokus: Diskrete Fertigungsindustrien**
2. **Optimierung von Produktionsanlagen durch intelligente Initiativen und Automatisierungstechnik**
3. **Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik¹**
4. **Trends in der Diskreten Fertigungsindustrie**
5. **Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen**
6. **Was leisten die Industrieverbände der industriellen Kommunikationstechnik und ihre Technologien für diese Optimierungen**

Volkswirtschaften unter Druck:

Konkurrenzfähigkeit gegenüber Billiglohnländern

Wachsender Wohlstand

Fachkräftemangel

CO₂-Reduktion

Industrielle Automatisierung, um einige der wichtigsten Herausforderungen der Welt zu mildern oder sogar zu lösen und die ehrgeizigen Ziele der Menschheit zu erreichen.

Technologien, die **global skalieren**, funktionieren nur mit **systematischer Standardisierung**.

- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

HEIDELBERG

SAP

tdmsystems

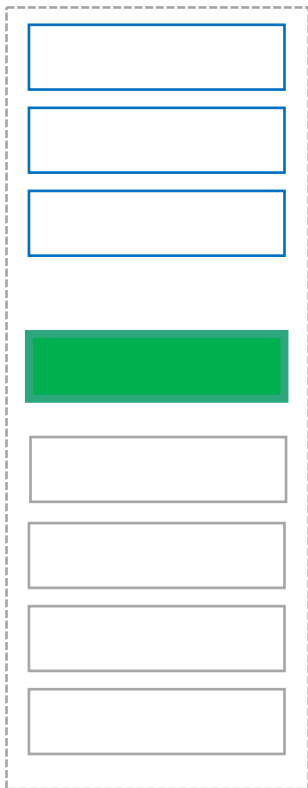
SANDVIK



- Dipl.-Ing. Elektrotechnik
- 30+ Jahre Industrie-Erfahrung
- Maschinensteuerungen (OT)
- Informationstechnik (IT)
- Prozesse & Business-Software (IT)
- Software-Entwicklung (IT)
- Produktmanagement (IT)
- (Industrie-) Solution Management (IT)
- Geschäftsführung Softwarefirma
- Digitalisierung & Automatisierung (OT & IT)
- Geschäftsführung Industrie-Verband
- Marketing Automatisierungstechnologien (OT)



LinkedIn



SW – User Interface

SW – Applikation

SW – Plattform

...

Kommunikation

...

Datenbank

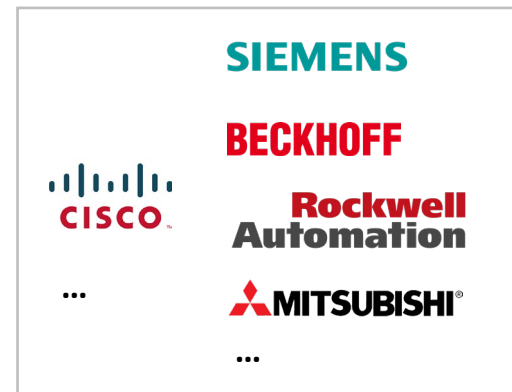
Betriebssystem (OS)

Firmware

Hardware: Server, ..., Halbleiter, ...




*Firmennamen nur
illustrativ, nicht
vollständig!*



Vorstellung

 Standards (EN, IEC, IEEE, ISO, ..., SAC)

Updates (IEC 6xxxx, IEEE 802, ...)

 Technologieentwicklung, Spezifikationen

Wartung & Weiterentwicklung (Updates)

 Halbleiter, Technologie

Optimierung und Updates

Technologieentwicklung ist kein Sprint, sondern ein Marathon.



SPS, Switches, IOs, ...

Geräte-Updates



Applikationen

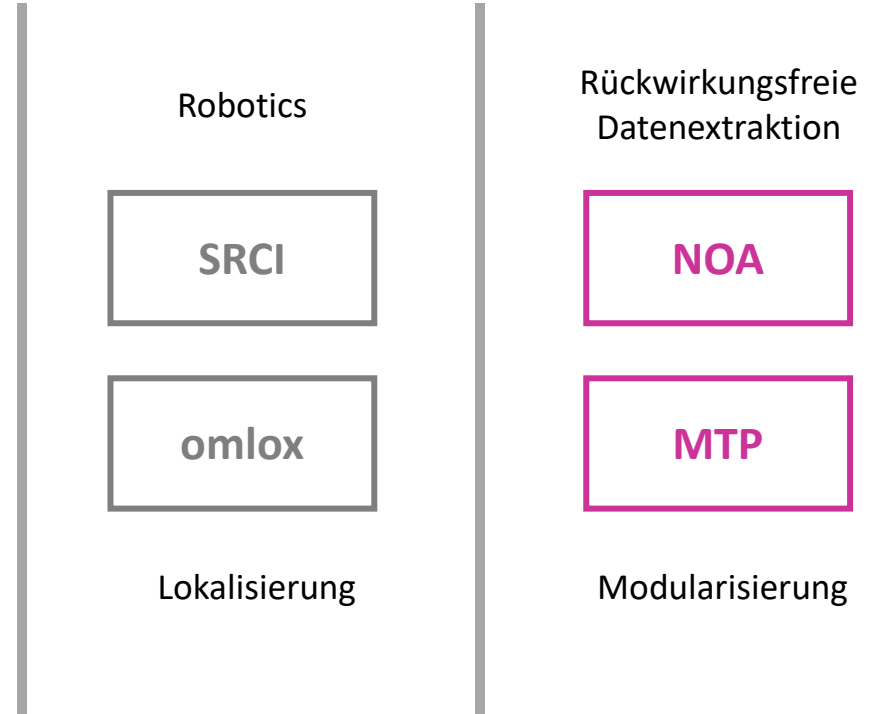


Zertifizierungs- und Interoperabilitäts-Tests

Updates

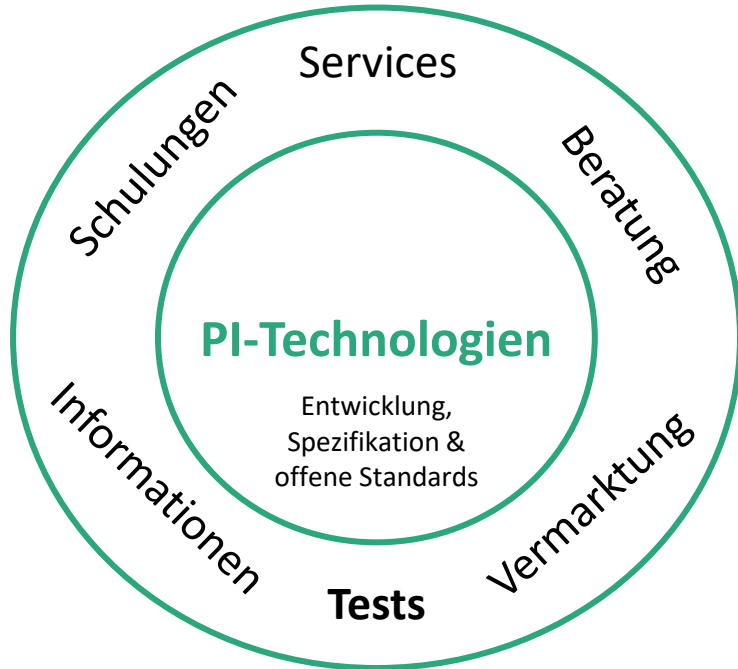
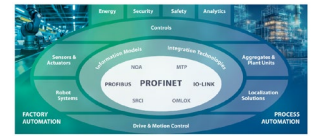


Kommunikationstechnologien



SRCI Standard Robot Command Interface

NOA NAMUR Open Architecture
MTP Module Type Package



Einsatzgebiete der PI-Technologien:

- **Factory Automation** (Diskrete Fertigungsindustrie)
- **Drive & Motion Control** (Maschinen- und Anlagenbauer)
- **Process Automation** (Prozessindustrien)

PI – der führende Industrieverband für industrielle Kommunikationstechnik

PNO:

- PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
- Seit 36 Jahren
- **Technologieentwicklung**
- 80 Arbeitskreise¹, **1.050+ Experten**
- **530+ Mitgliedsfirmen** (DACH)
- Geschäftsstelle in Karlsruhe

RPAs²:

- 24 regionale Mitgliedsorganisationen³
- **Verbreitung** der PI-Technologien
- **Unterstützung** der **1.850+** Mitgliedsfirmen

Test-, Kompetenz- und Trainings-Zentren

- 13 Prüflabore & 66 Kompetenz-Center
- 32 Trainings-Center

PI-Technologien:



Was machen wir:



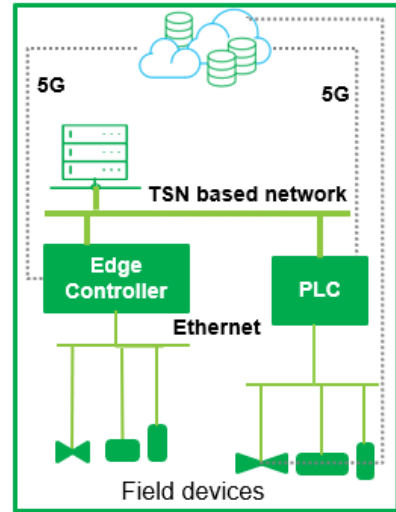
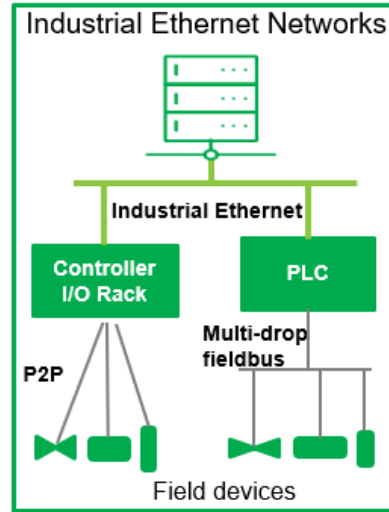
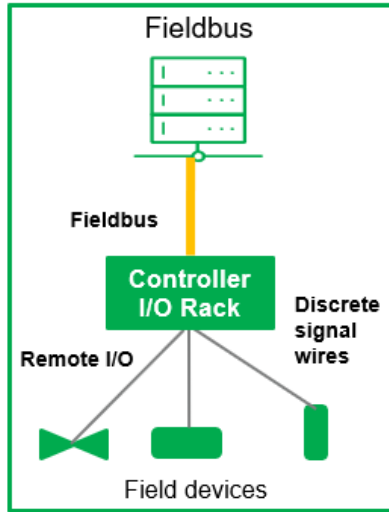
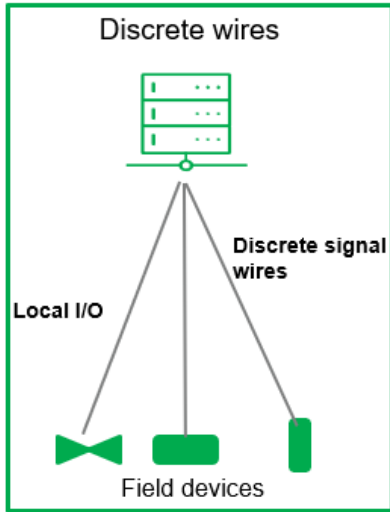
¹ Committees, Working Groups, Project Groups, Ad-hoc Project Groups

² RPAs (Regional PI Associations): US, CN, UK, ..., inkl. GER (PNO)

- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

Einzelverdrahtung vs. Feldbus-Systeme





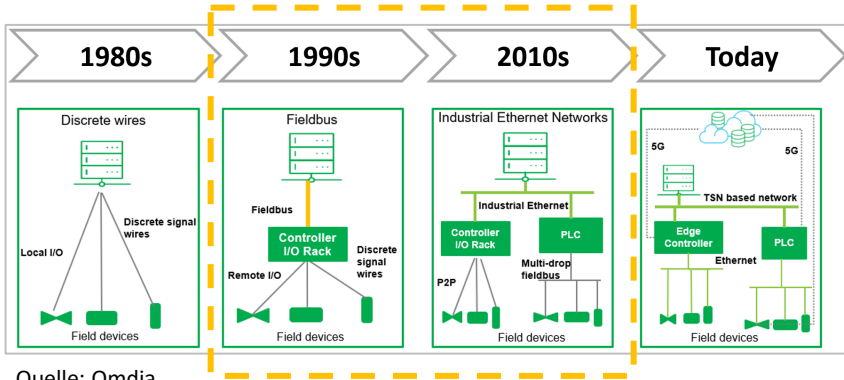
Quelle: Omdia (leicht angepasst)

P2P Point-to-Point

5G 5th Generation Mobile

TSN Time Sensitive Network

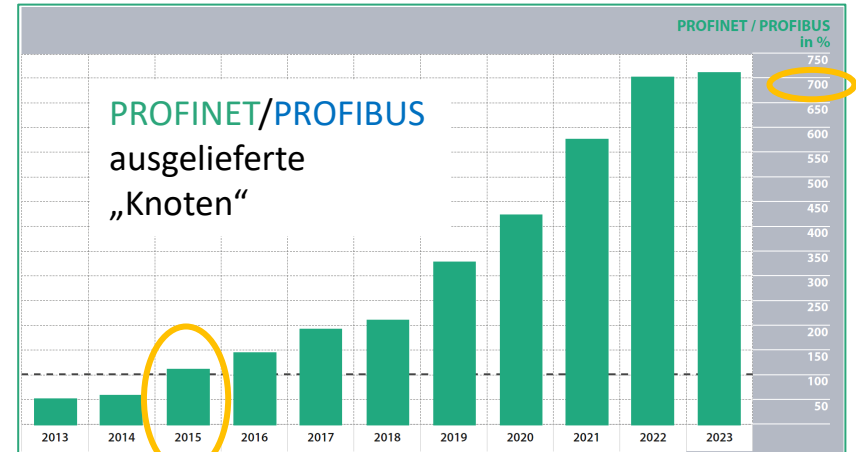
Feldbusse wurden von industriellen Netzwerken abgelöst



Quelle: Omdia

Mittlerweile werden jährlich $\sim 7x$ so viele PROFINET-Knoten verkauft wie PROFIBUS-Knoten¹.

PROFINET ist ein 100% **Industrial Ethernet** Protokoll.



¹ jeder Netzwerk-Teilnehmer ist ein Knoten (Geräte, Host/Master und Systeme)

1. Schneller
2. Echtzeitfähig
3. Taktsynchron
4. Hohe Bandbreiten
5. Geringere Latenzzeiten
6. Besonders EMV-fest
7. Längere Kabellängen
8. Für anspruchsvolle Umgebungsbedingungen, inkl. Explosionsschutz
9. Robuste Verkabelung: Öl, UV, Verseilung der Drähte (für hohe Übertragungsgeschwindigkeiten, z.B. IRT)
10. ...

Kombination der besten Eigenschaften von Industrie- und Unternehmenslösungen

[Industrial Ethernet-Erklärvideo](#)



Industrial Strength
Purpose built for operations

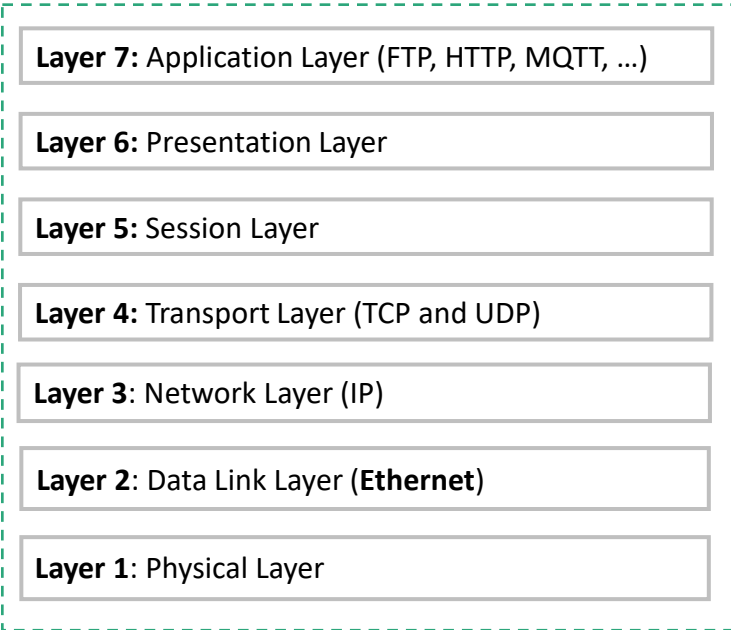


Enterprise Grade
Leverage existing knowledge and investments

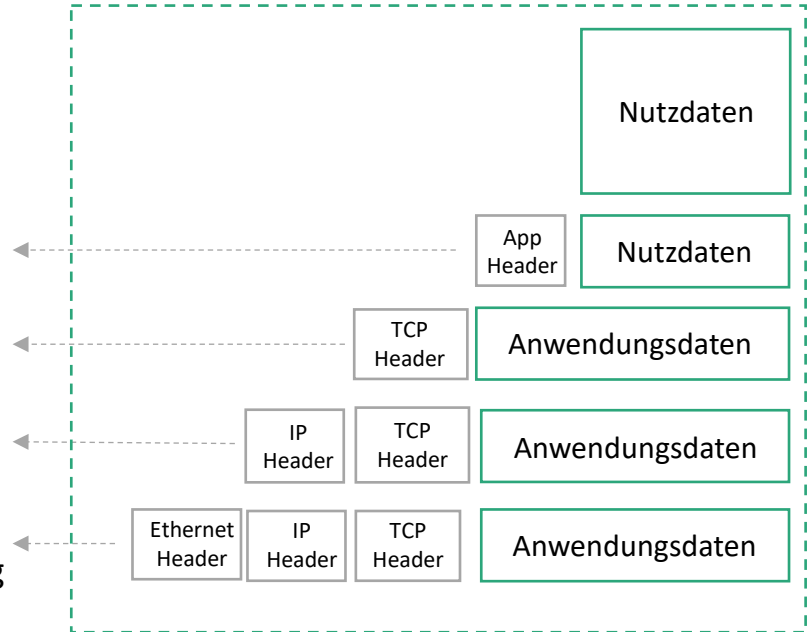
IRT Isochronous Real-Time

EMV Elektro-Magnetische Verträglichkeit

OSI-Modell^{1,2}



- Anwendung
- Darstellung
- Sitzung
- Transport
- Vermittlung
- Sicherung
- Bitübertragung

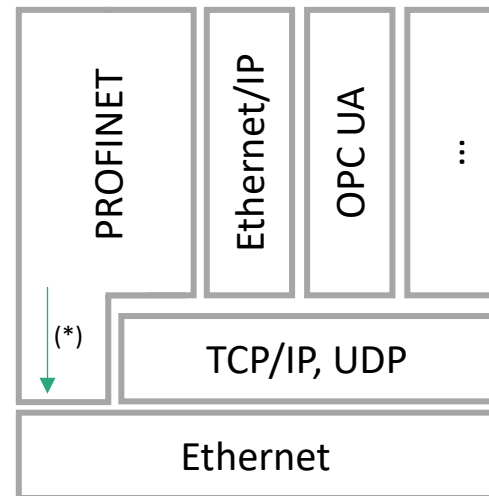


[Ethernet-Erklärvideo](#)

¹ Open System Interconnection

² mit klarer Trennung der einzelnen Schichten

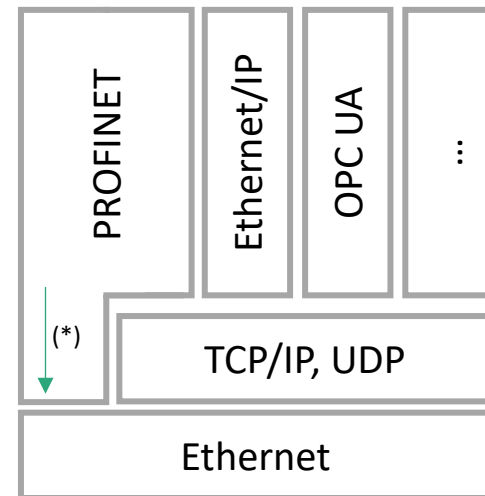
1. Ein Hauptvorteil ist der Einsatz **sicherer, zuverlässiger** und **schneller** Kommunikationstechnologien, die sich **bereits in der IT-Welt bewährt** haben
2. Ermöglicht es, vom Nutzen **kostengünstiger** und weithin bekannter **IT-Standards** zu profitieren, sowohl für die **Steuerung** als auch für die **OT/IT-Integration**
3. Sind **schnelle** Protokolle und ermöglichen die Übertragung **großer Datenmengen**
4. Die nahtlose **Integration** von Industrial Ethernet in **IT-Systeme** ermöglicht eine unternehmensweite **Datentransparenz**, ein zentrales **Management** und eine verbesserte **Zusammenarbeit** zwischen OT- und IT-Teams
5. 100% Ethernet Technologien ermöglichen die Nutzung der **Web-Technologien**¹
6. Reduziert den Bedarf an **proprietären** Protokollen und unterstreicht die **Interoperabilität** im industriellen Umfeld (Bedeutung der Standardisierung)
7. Erleichtert die **Verbindung, Kommunikation** und **Skalierung** von Industriesystemen
8. Industrial Ethernet für die Steuerung ermöglicht es Anlagenbetreibern, den **Automatisierungsgrad** zu erhöhen und die **Verkabelung** zu vereinfachen
9. Für die **effizientere, sichere** und **einfachere Wartung** von Automatisierungsnetzwerken



(*) direkter Zugriff auf Schicht 2 (Ethernet)

¹ inkl. Web Browser

10. Unterstützt die hohen Bandbreiten- und geringen Latenzanforderungen fortschrittlicher Anwendungen (maschinelles Lernen, vorausschauende Wartung, und Fernüberwachung)
11. Ein wichtiger Wegbereiter bzw. das technische Rückgrat für die digitale Transformation und das IIoT – ein aktiver Treiber für Innovation & Fortschritt
12. Die Schlüsselkonzepte von Industrie 4.0 basieren auf einer einfachen und durchgängigen Vernetzung auf allen Ebenen der Automatisierungspyramide und einem TCP/IP-basierten Datenaustausch
13. Eine stabile und sichere Grundlage für die Verbindung von Maschinen, Geräten und Sensoren und ermöglicht den Datenaustausch und die Kommunikation in Echtzeit - entscheidend für die datengesteuerte Entscheidungsfindung
13. Edge-Computing-Funktionen innerhalb von Industrial Ethernet ermöglichen die Ausführung von Sichtbarkeits- und Sicherheitsanwendungen innerhalb des Netzwerks ohne zusätzliche Geräte und können auch eine Datenanalyse in Echtzeit und eine Entscheidungsfindung näher an der Quelle ermöglichen



(*) direkter Zugriff auf Schicht 2 (Ethernet)

[Ethernet/PROFINET-Erklärvideo](#)

Industrielle Kommunikationstechnologien (Schwerpunkt FA):

1. **PROFINET (PI)**
2. **EtherCAT (ETG)**
3. **EtherNet/IP (ODVA)**
4. **OPC UA (OPC Foundation)¹**
5. **IO-Link (PI)**
6. DeviceNet (ODVA)
7. CAN/CANopen (CiA)
8. CC-Link IE (CLPA)
9. Modbus TCP (Modbus Org.)
10. Powerlink (B&R)
11. ...
12. HART (FCG), Foundation Fieldbus (FCG)

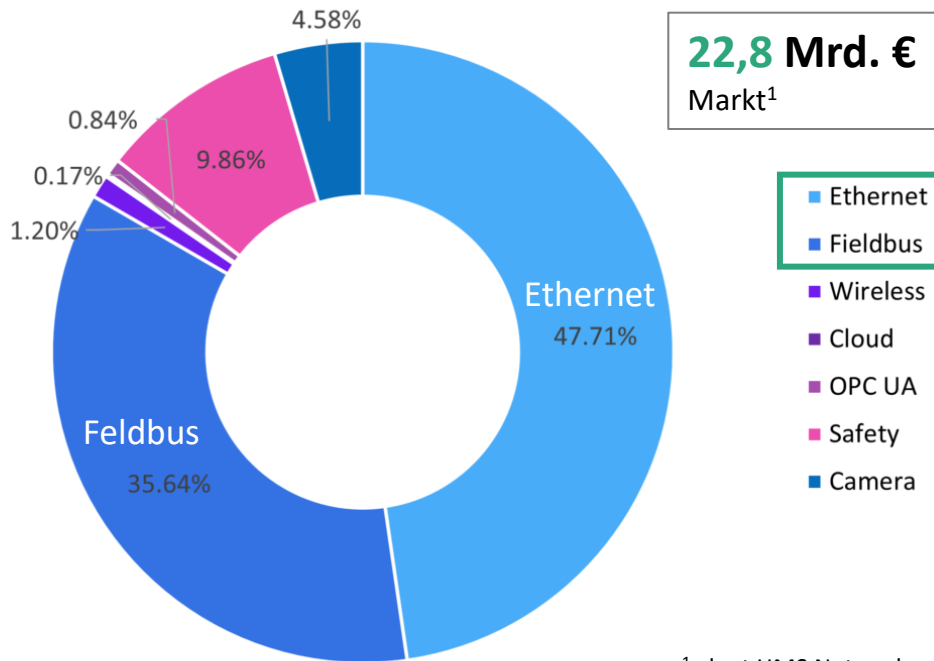
Auswahl der Netzwerktechnologie:

Die Wahl der **Steuerung** (Siemens, Beckhoff, Rockwell Automation, Mitsubishi, ...) bestimmt meist die **Netzwerktechnologie** (Protokoll). Kommunikationsgeräte-Hersteller unterstützen in der Regel mehrere verschiedene Protokolle.

Unterschiedliche Protokolle können zwar in Kombination genutzt werden, erfordern aber **Gateways** zur Protokollanpassung, die zu höheren **Kosten** (und Komplexität) führen.

¹ Ökosystem, inkl. Datenmodellen (Modellierung) - Daten + Semantik = Information

Figure 1: The breakout of the **industrial communications market** by technology



¹ laut HMS Networks

Source: Omdia

© 2020 Omdia

Diskrete Fertigungsindustrien

nur illustrativ



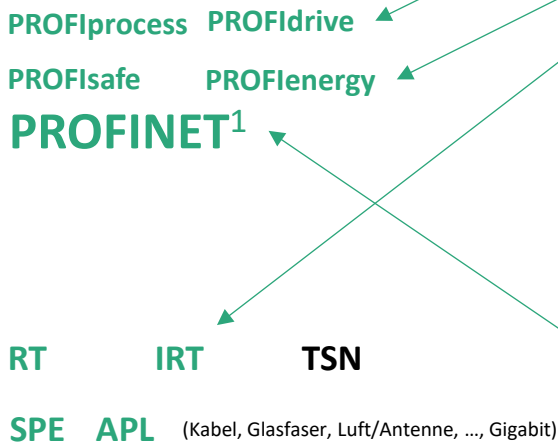
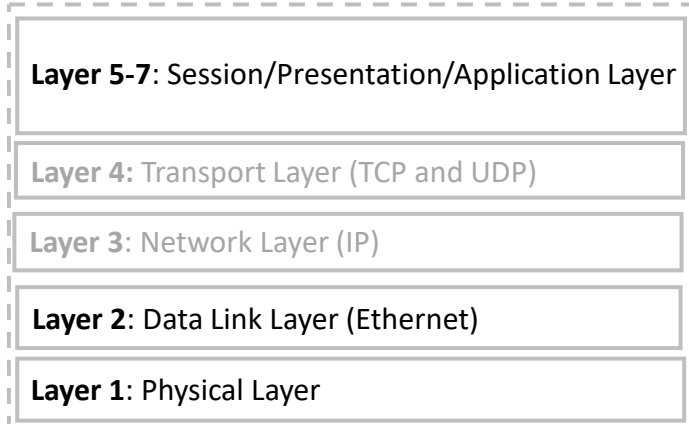
Prozessindustrien



Analoge Technologien



Ethernet-basierte Kommunikations-Technologien und Profile: [PROFINET-Erklärvideo](#)



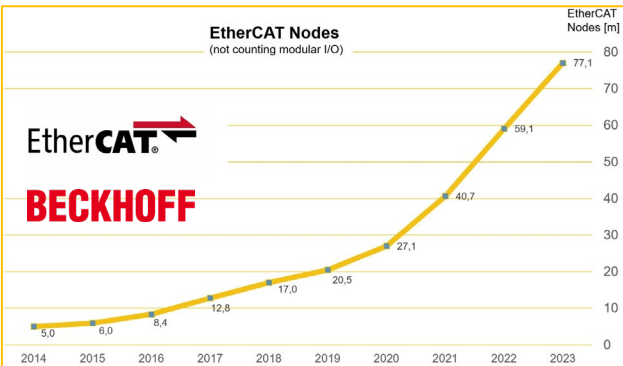
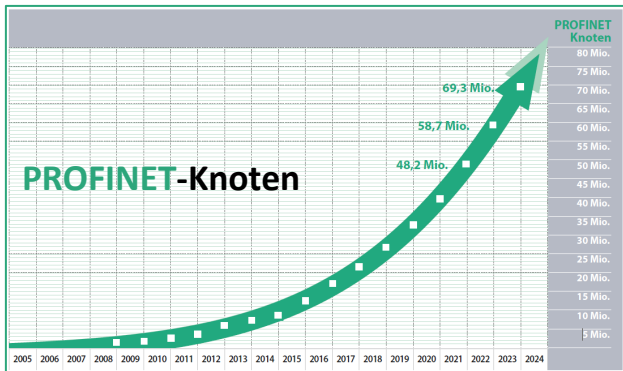
- Profile²:**
1. Geräteprofile³
 2. Applikationsprofile⁴
 3. Kommunikationsprofile

² definieren Hersteller-unabhängiges Verhalten
³ Beschreibung der Geräte für den Gerätetausch

- PROFINET Services:**
1. Echtzeitprotokoll
 2. Zyklischer Datenaustausch
 3. Parameter, Alarme
 4. ...
 5. Security-Mechanismen

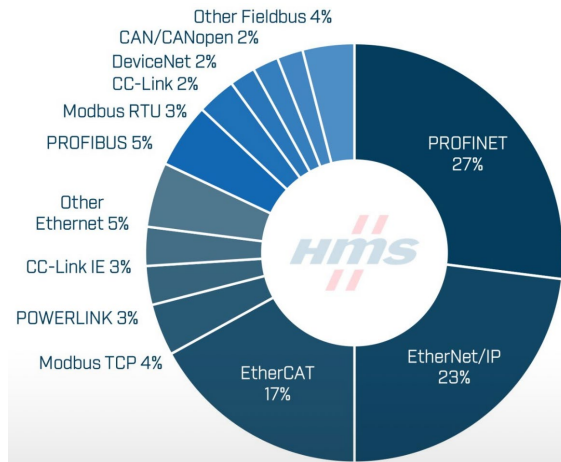
RT Real Time IRT Isochronous Real Time TSN Sime Sensitive Network SPE Single Pair Ethernet APL Advanced Physical Layer ¹ mit integrierter Security-Funktionalität ⁴ für spezifische Anwendungen

Verbände (PI/PNO, ETG, ...)

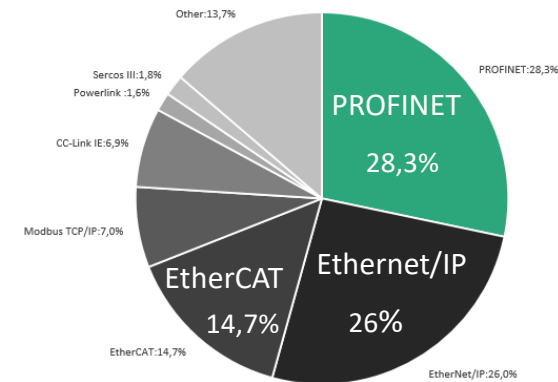


Trend zu mehr Daten und Sicherheit treiben starkes Wachstum.

Hersteller¹ (HMS, ...)



Analysten (Omdia, ...)

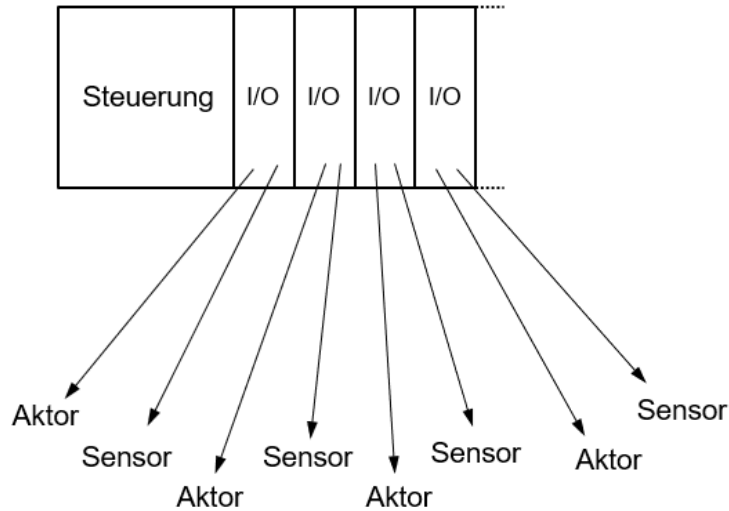


Quelle: OMDIA Report 2023

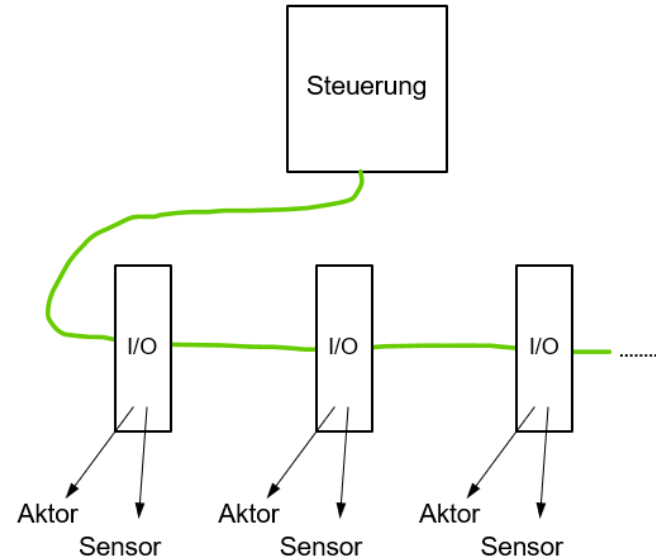
¹ Hersteller-Statistik, global aber nur Factory Automation

- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

Zentral



Dezentral

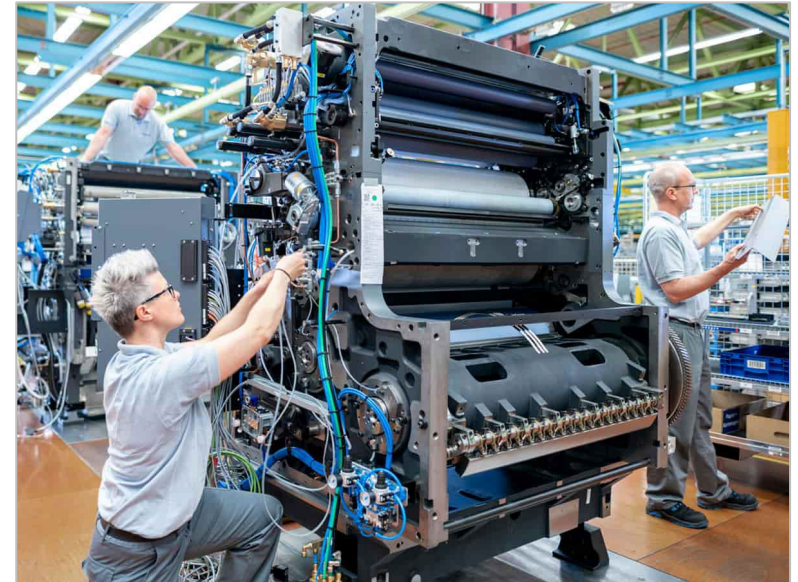


Topologien:

1. Linie
2. Stern
3. Ring
4. Tree
5. ...

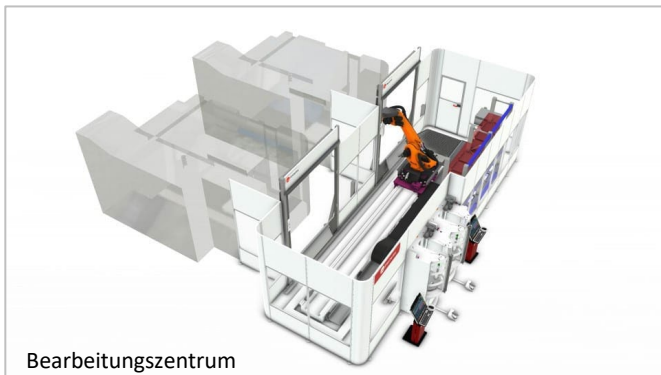


1. Mehr als **1.000 Sensoren und Aktoren**
2. Mehr als **300 Motoren**¹: Hauptantrieb(e), Hilfsantriebe, Stellantriebe, ...
3. **Sicherheitskritische** Komponenten (Safety²)



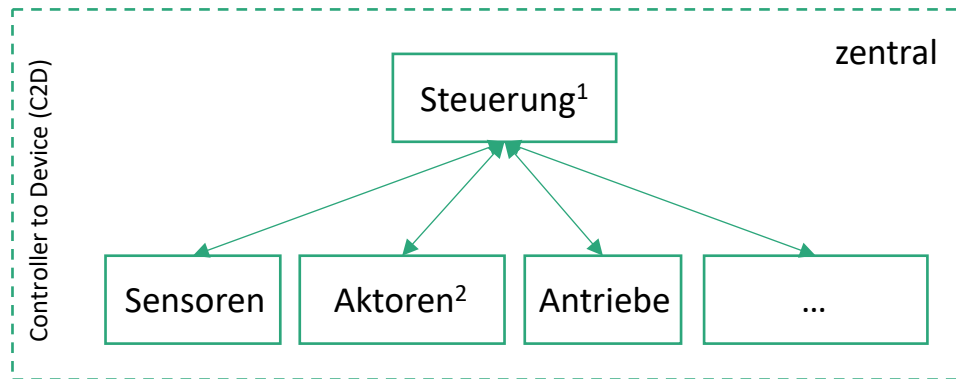
¹ einfache und sehr anspruchsvolle

² Funktionale Sicherheit: Personen- und Sachschutz



Softwarezentrierte Automatisierung bei Maschinen.

Zentrale vs. dezentrale Steuerung



¹ mit I/O-Kanälen

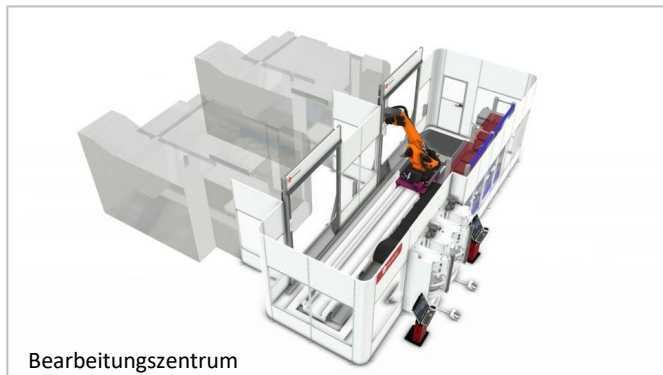
² z.B. Greifer, ..., Relais



CNC-Maschine



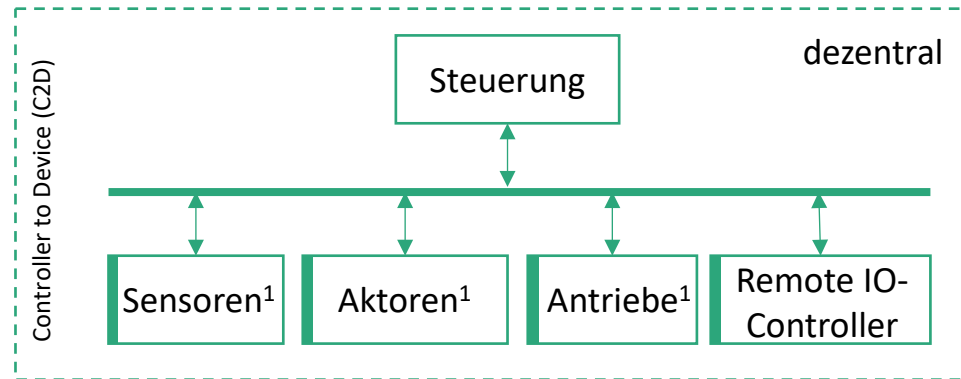
Druckmaschine



Bearbeitungszentrum

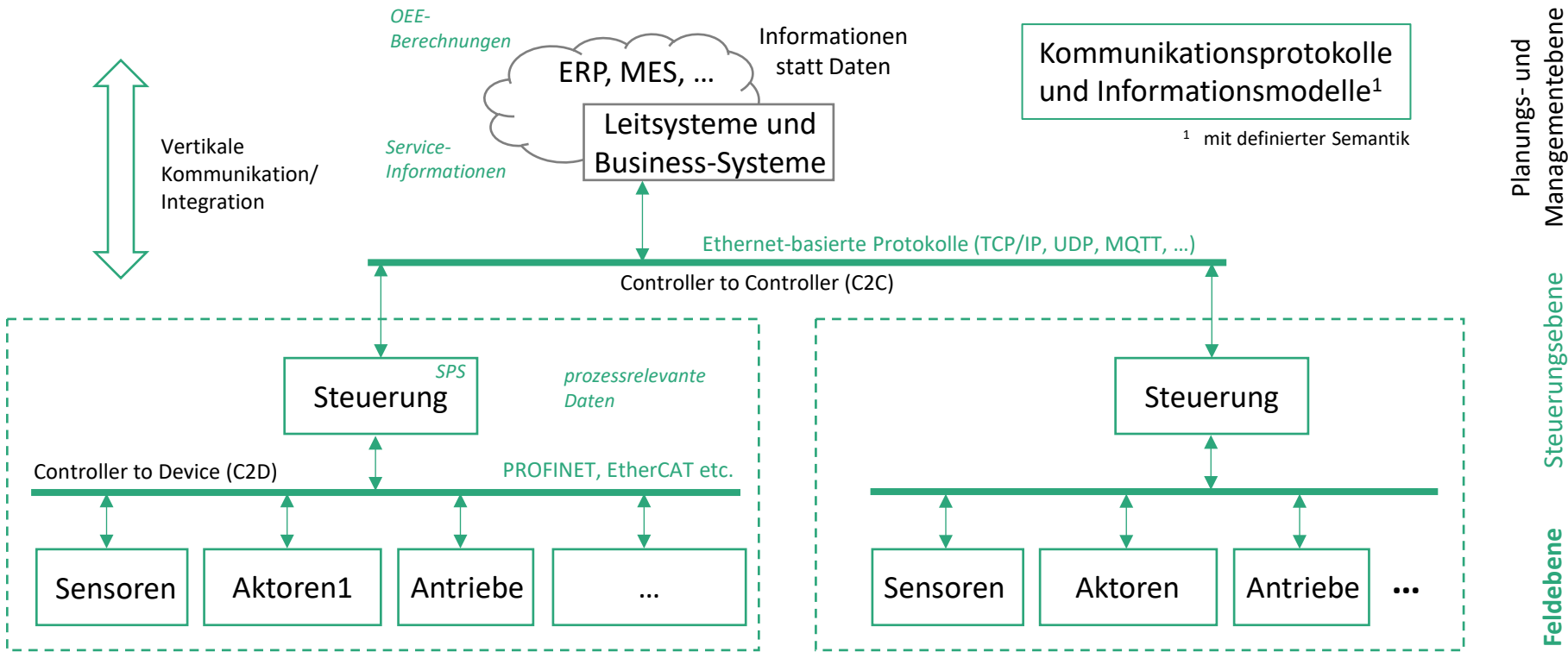
Softwarezentrierte Automatisierung bei Maschinen.

Zentrale vs. **dezentrale** Steuerung



¹ Intelligente Feldgeräte - Sensoren, Aktoren, Antriebe etc. (mit eigenen Prozessoren ausgestattet)

Horizontale und vertikale Durchgängigkeit



Einsatzgebiete

Planungs- und Managementebene

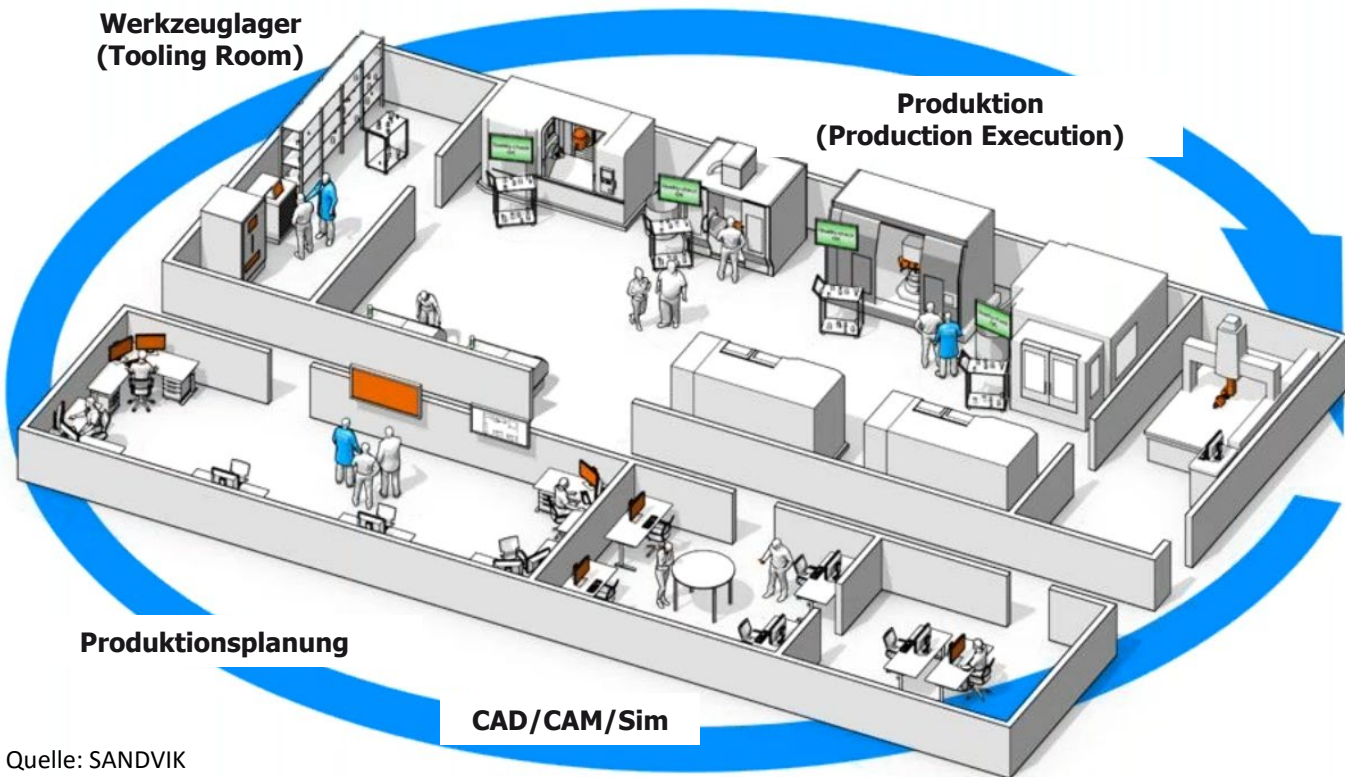
Steuerungsebene

Feldebene



1. Steuerung der einzelnen **Maschinen**
2. **Integration** weiterer Automatisierungskomponenten
3. **Vernetzte** Produktion (M2M)
4. **Auswertungen & Optimierungen**

Quelle: Firma Nachreiner



IT- und OT-Systeme

- **IT:**
 - ERP (Enterprise Resource Planning)
 - MES (Manufacturing Execution)
 - PLM (Product Lifecycle Management)
 - ...
 - CAD/CAM
 - Simulation
 - ...
- **OT:**
 - Maschinen
 - Voreinstellgeräte
 - Messgeräte
 - Qualitätssicherungsgeräte
 - ...

Quelle: SANDVIK

Werkzeuflager

Presetter

HAIMER, KELCH, MAPA, OMEGA by PROLEC, speroni, ZOLLER (King of measure)

Crib Systems / Cabinets

British-Ringger Tools, WALTER, kardex/omstar, LISTA (making workplace work), MAPA, MODULA

SANDVIK Coromant, MAS, HANEL, storetec systems, Jodeloff

RFID / Barcode Reader

IDEM, BALLUFF, CASIO

Firmennamen nur
illustrativ, nicht
vollständig!

Produktion

FMS Systems

Fastems, SOFLEX, promot

MES

FORCAM (we speak machine), mpcdv

Machine Tool

ECI MECHATRONICS, DMG MORI, comara, SIEMENS MMT



Produktionsplanung

CAM / SIM Systems

alphacam, CAMWorks, 3DEXPERIENCE, DMG MORI Virtual Machine, edgecam

ESPRIT, Eureka, Gc 3D SYSTEMS GibbsCAM, hyperMILL, Mastercam, NX

PTC Creo Parametric, starrag, SolidCAM, itebs (DIE CAD/CAM EXPERTEN), TopSolid, VERICUT

SprutCAM, NCSIMUL, INDEXT virtual machine

ERP Systems

SAP

Tool Catalogs

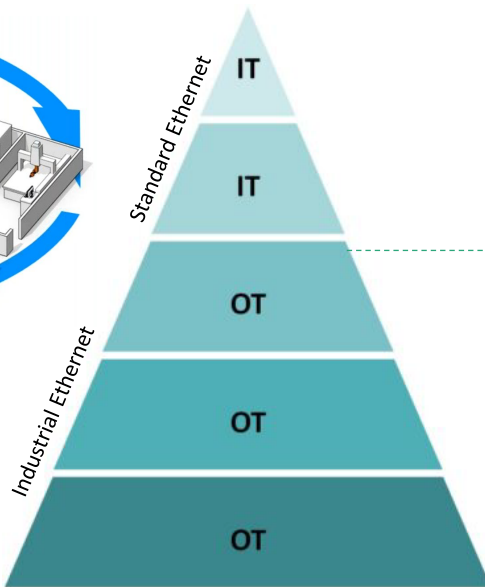
SANDVIK Coromant, WALTER, SECO, Hoffmann Group, ARNO

Möglichst
einfaches
Zusammenspiel –
durch Standards für
Interoperabilität

Einsatzgebiete



Die Schlüsselkonzepte von Industrie 4.0 basieren auf einer einfachen und durchgängigen Vernetzung auf allen Ebenen der Automatisierungspyramide und einem TCP/IP-basierten Datenaustausch.



Quelle: DEA

Ebene 5: Unternehmensebene

Strategische und operative Steuerung des Unternehmens (ERP)

Ebene 4: Produktionsebene

Planung und operative Steuerung der Produktion (MES)

Ebene 3: Linienebene (einige 100ms ... einige sec).

Operative Steuerung einer Produktionslinie (SCADA)

Ebene 2: Maschinenebene (1... 10 ms)

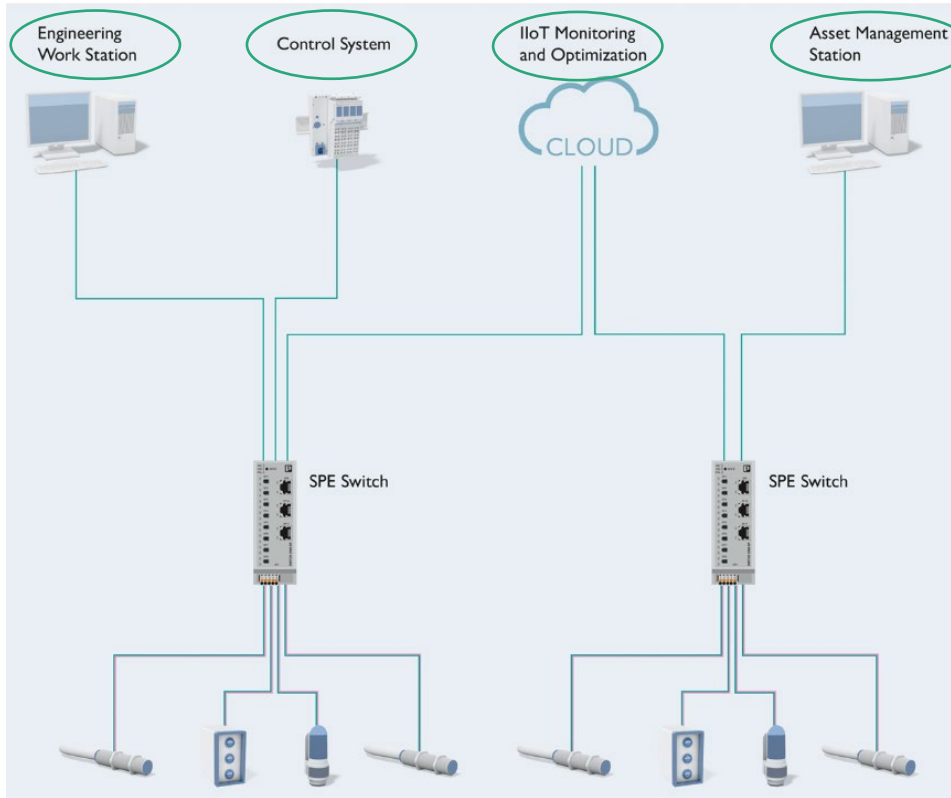
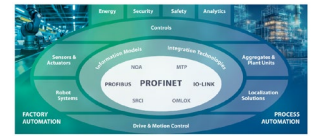
Echtzeit-Steuerung einzelner Maschinen (SPS)

Ebene 1: Sensor-/Aktorebene (einige 0,1 ... 1 ms)

Bearbeitung und Messung in der Produktfertigung (IO)

Industrial-Ethernet-Systeme haben seit einigen Jahrzehnten einen Siegeszug von der Spitze der Pyramide bis hinunter in die Feldebene angetreten.

SCADA Supervisory Control and Data Acquisition (zur Überwachung und Steuerung technischer Prozesse)



- Unterschiedliche Aufgaben der OT-Experten:
 - a. Engineering¹
 - b. Steuerung
 - c. Überwachung und Optimierung²
 - d. Assetmanagement¹

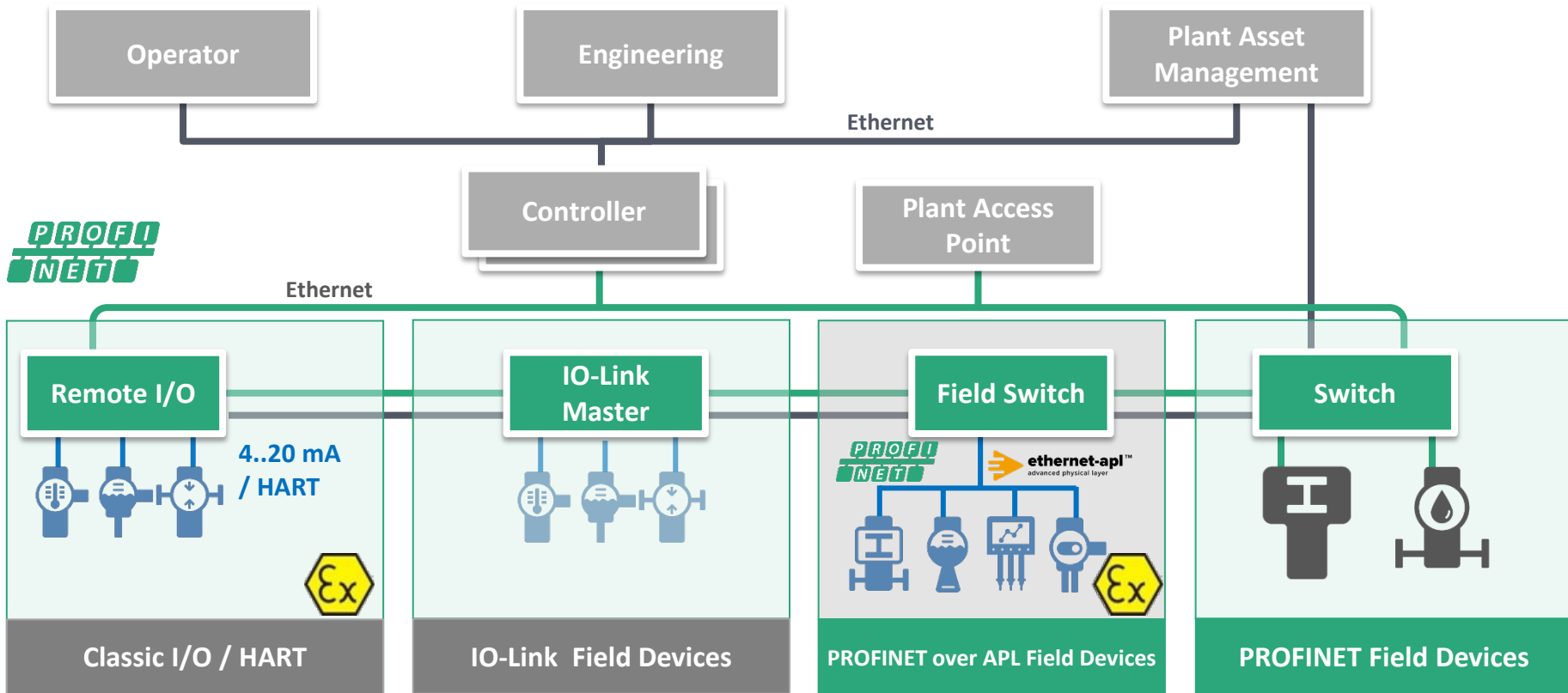
- Auch Geräteintegration und vertikale Durchgängigkeit

- Einheitliche Ethernet-basierte Kommunikation vom Sensor bis zur Cloud

- Digitalisierte Anbindung von einfachen Sensoren und Aktoren, zukünftig auch mit Zweidraht-Ethernet-Verbindungen (SPE)

SPE Single Pair Ethernet

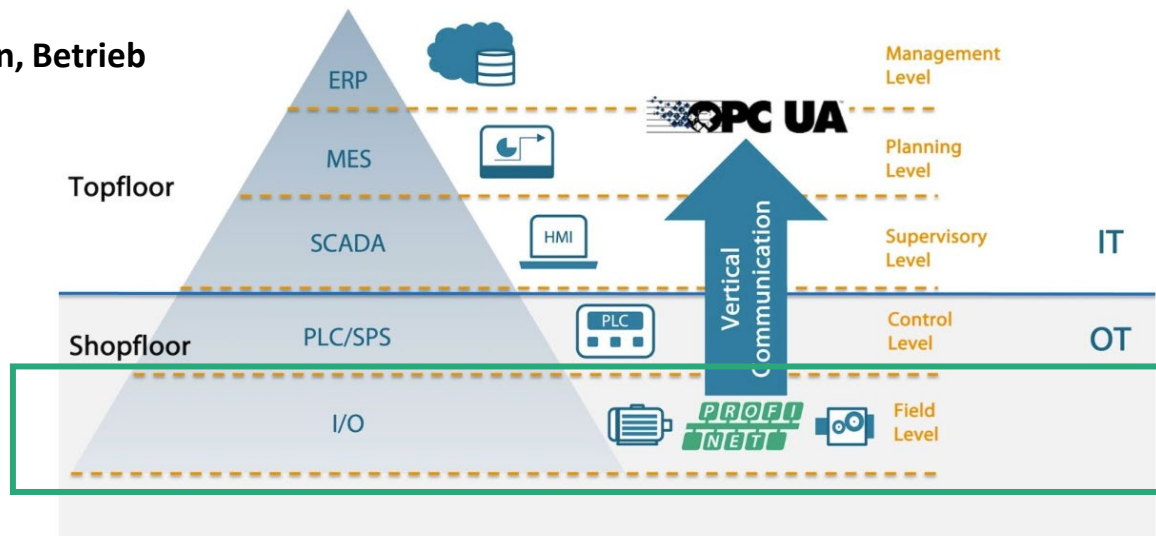
¹ Geräte-Integration ² vertikale Durchgängigkeit (inkl. definierter Semantik)



Einsatzgebiete


Ethernet-Kommunikation bis in die Feldebene – für

1. besseres **Monitoring**
2. datenbasierte **Optimierung** von Produktionsanlagen
3. vereinfachtes **Engineering, Installation, Betrieb und Wartung**¹
4. zuverlässige **Cybersicherheit**



¹ Vom **Asset Management** bis zum **Geräteaustausch**, mit konsistenter **Dokumentation** der Automatisierungssysteme.

- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

1. **Digitalisierungs-Druck** – aber Digitalisierung nicht der Digitalisierung wegen
2. Digitalisierung erfordert **Entscheidungen** – „Informed Decisions“
3. **Wertbeitrag** der Digitalisierungs-Maßnahmen 
4. ... unter Berücksichtigung der **Kosten** für die Investition (bzw. Amortisation) und der damit verbundenen **Risiken**
5. Berücksichtigung **älterer Maschinen und Anlagen**
6. Zielsetzung **IT** (Information Technology) vs. **OT** (Operational Technology)

Checkliste (für OT-Investitionen):

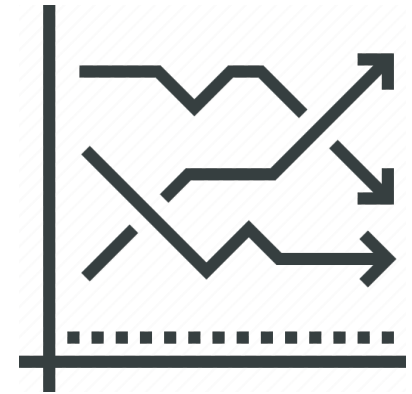
1. **Kosten**²
2. **Qualität**
3. **Geschwindigkeit**
4. **Flexibilität**
5. **Transparenz**
6. Weitere Aspekte:
 - a. Sicherheitsaspekte
 - b. Energieeffizienz¹
 - c. Umweltaspekte
 - d. [Motivation der Fachkräfte]

¹ bzgl. Umweltbelastung und Betriebskosten

OT Operational Technology (Automatisierungstechnik)

² inkl. Ausfallzeiten und Leistungsverbesserung

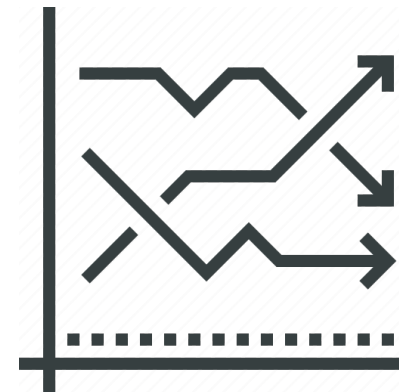
1. Höherer **Automatisierungsgrad** zur weiteren Kostensenkung und ...
2. **Safety** – funktionale Sicherheit für Sach- und Personenschutz
3. (Cyber) **Security** für die Produktionsstätten
4. (Umfassende) **Digitalisierung** der Produktionsstandorte
5. Nutzung großer Betriebsdatenmengen von Anlagen für (relevante) **Transparenz** und **Optimierung** sowie bessere **unternehmensweite, datengestützte Entscheidungsfindung**
6. **Energie-Management** – Monitoring und Einsparungen
7. Verstärkte **Roboter**-Nutzung, inkl. Beschickungsroboter, Transportroboter und FTS
8. Innovationen: z.B. Einsatz von **Kameratechnik** und industrieller Bildverarbeitung (inkl. Metrologie) zur Qualitätssicherung etc. (mit taktsynchrone Massendaten)
9. **Flexibilität** durch **Modularisierung** von Produktionssystemen



Kosten, Qualität, Zeit, Perfektion, Flexibilität, Effizienz und Transparenz.

FTS fahrerlose Transportsysteme

1. Wertschöpfende Nutzung und Integration **neuer Technologien** – z.B. **KI** für Optimierung von Produktionsanlagen, **TSN** für schnelle Verbindungen
2. **Industrial Cloud** und **Industrial Edge** Computing sowie **intelligentes Feld**
3. **Funkverbindungen** (Wireless-Konnektivität bzw. -Automation) – für weitere Daten ohne zusätzliche Verkabelung, bewegte/drehende Teile und Produktionsanlagen mit hoher Umbauhäufigkeit
4. **Höhere Übertragungs-Leistung**: Gigabit- oder sogar 10-Gbit/s-Hochgeschwindigkeits-geräte und hohe Switching-Kapazitäten
5. **Robotereinsatz**
6. **Virtualisierung** der Steuerungen (vPLC) – auch zur besseren Unterstützung von Security-Aspekten
7. **IT/OT-Konvergenz**
8. **Simulation & Digital Twin**



Kosten, Qualität, Zeit,
Perfektion, Flexibilität,
Effizienz und
Transparenz.

- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

Aus Sicht der Produktionsleitung:

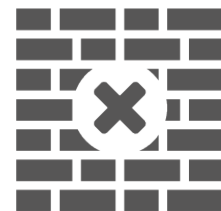
1. Höherer **Automatisierungsgrad**
2. Mehr **Daten** für Übersichten und Optimierungen
3. (Umfassende) **Digitalisierung** der Produktionsstandorte
4. (Cyber) **Security**
5. **Safety** (funktionale Sicherheit)
6. **Energie-Management**
7. Einsatz von **Kameratechnik** und industrieller Bildverarbeitung
8. Verstärkte **Roboter**-Nutzung, inkl. Transportroboter und FTS
9. **Modularisierung** von Produktionssystemen

Technologische Mega-Trends:

1. Wertschöpfende Nutzung und Integration **neuer Technologien** – KI für Optimierung von Produktionsanlagen
2. **Cloud und Edge Computing**
3. **Wireless**
4. **Virtualisierung** der Steuerungen, vPLC
5. **Höhere Übertragungs-Leistung**: Gigabit- oder sogar 10-Gbit/s-Hochgeschwindigkeits-geräte und hohe Switching-Kapazitäten
6. IT/OT-Konvergenz



1. Eine der größten **Herausforderungen** für ein Unternehmen auf dem Weg zum **Digital Enterprise**
2. Zur Basis einer **Cybersecurity-Strategie** gehört, mögliche Bedrohungen zu definieren
3. **Cyber-Attacken** nehmen zu: Erpressung¹, Unmut, Industrie-Spionage, strategische Attacken etc.
4. **Sicherheitsrisiken**: Geräteverfügbarkeit, Datenmanipulation und das Mithören von Daten
5. Rund ein Fünftel der Bedrohungen entsteht durch **interne Gefahren** – z.B. auch durch verärgerten entlassenen Mitarbeiter, dessen Passwort nicht geändert wurde
6. **Security-Regularien** kommen hinzu: **CRA** (EU Cyber Resilience Act; IEC 62443), **NIS-2** (IEC 61784), ...
7. Im OT-Bereich steht die **Verfügbarkeit der Produktionsanlage** an oberster Stelle – Evaluierung der **Bedrohung** und Evaluierung der **Auswirkungen** von Sicherheitsmaßnahmen
8. Zunehmender Fokus auf **Softwaresicherheit** ist auch ein **Kostenfaktor** – erfordert die Berücksichtigung verschiedener Security-Klassen für **angemessene Maßnahmen**
9. Das mehrschichtige „**Defense-in-Depth**“-Konzept funktioniert nach dem **Zwiebelprinzip**: jede Schicht ist etwas sicherer als die letzte, wobei sich die wichtigsten Operationen und Daten, die auf keinen Fall kompromittiert werden dürfen, in der Mitte befinden



12. Cybersecurity: „C.I.A.“-Prinzip

- a. Vertraulichkeit (**C**onfidentiality) – Inhalte dürfen ausschließlich von den dazu befugten beteiligten Parteien gelesen werden
- b. Integrity – der Inhalt einer Nachricht darf nicht verändert werden
- c. Verfügbarkeit (**A**vailability) – eine Nachricht soll nur exakt so lange zur Verfügung stehen wie nötig

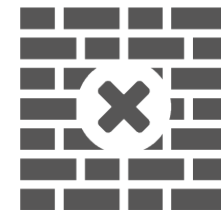


10. Zugang von außen zu den **Kommunikationsnetzen** von Produktionsanlagen (OT) für die Standortvernetzung, Digitalisierung, Fernwartung/-diagnose, Monitoring, Remote-Zugriff (auch Homeoffice) etc. – mit dieser **Offenheit** erhöht sich das Problem der (Cyber-) **Sicherheit**



11. Zu berücksichtigen:

- a. Eindeutigkeit und Fälschungssicherheit der **Geräteidentitäten**/-beschreibungdateien (Signierung der Gerätestammdateien)
- b. **Gefälschte Software-Updates** sind ein beliebter Angriffsvektor für Cyber-Kriminelle – die Authentizität von Updates ist zu prüfen (fälschungssichere Signierung durch den Hersteller)
- c. **Integrität** & Authentizität und „Confidentiality“



12. Cyber-Kriminalität wird inzwischen auch als „as a Service“ angeboten (Darknet)

1. Schutz vor **Sach-** und **Personen**schaden: bei Produktionssystemen mit bewegten Teilen, wie beispielsweise Maschinen, Robotern, FTS (Fahrerlose Transport-Systeme) etc.
2. Bei Erkennung werden die notwendigen Maßnahmen eingeleitet, um die Maschine bzw. Anlage in den **sicheren Zustand** zu schalten
3. Erkennung aller Arten von **Kommunikationsfehlern** in den niederen Netzwerkschichten, inkl.
 - a. Drahtbruch
 - b. Störungen
 - c. Fehler bei der Datenübertragung (mit Paketfehlerraten von kleiner als 10^{-9})
 - d. ...
4. Verschiedene **Sicherheitsklassen** (Safety Integrity Level): **SIL** 1 bis 3
5. **Durchgängige Safety-Konzepte** von der Feldebene bis zur Cloud – auch bei Datenaustausch über verschiedene Technologien (z.B. IO-Link, PROFINET, OPC UA)
6. Auch in den **niederen Netzwerkschichten** abzudecken, nicht nur auf der **Applikationssoftware-Ebene** (mit Checksummenprüfung/CRC und weiteren Methoden)
7. **Safety-Konzepte** von Kommunikationstechnologien: IO-Link Safety + PROFSafe + OPC Safety

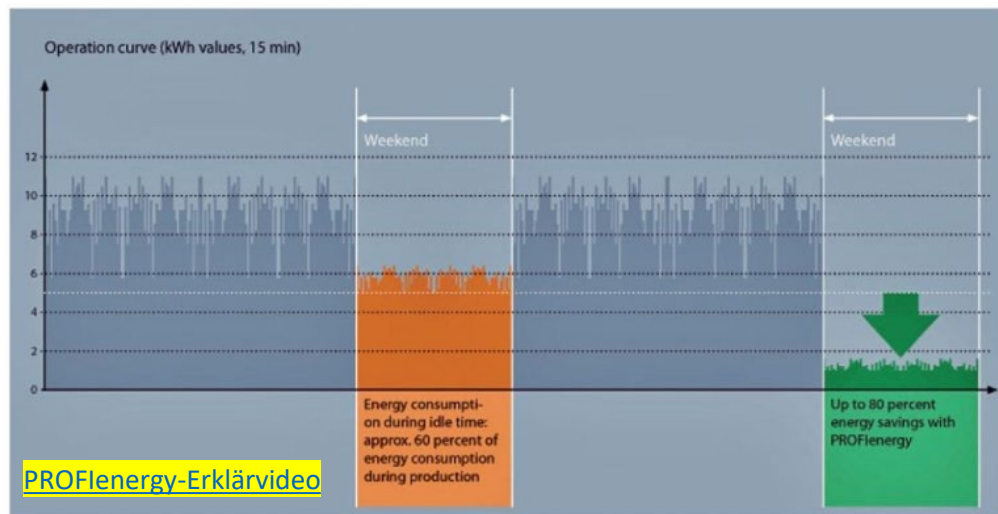


[PROFSafe-Erklärvideo](#)

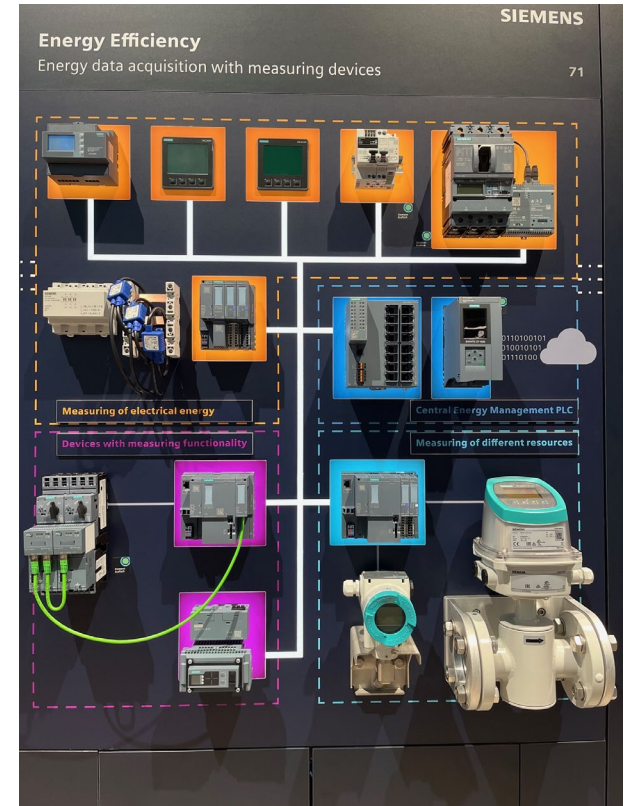


1. **Messen** und **Monitoren** des Energieverbrauchs der Produktionssysteme für Monitoringsysteme
2. **Lastmanagement – Agieren & Optimieren:** (Geführte) **Ab- und Einschaltung** von Geräten und Anlagen (auch Energiesparmodus)
3. Auf **Applikationsebene** und auch in **niederen Netzwerkschichten**
4. Energieprofil PROFlenergy von PROFINET für **lastmanagementfähige Geräte**
5. **PROFlenergy** steuert den Verbrauch der elektrischen Energie von Automatisierungsequipment in der Fertigung über **standardisierte Kommandos** (bei geplanten und ungeplanten Unterbrechungen)

Ein Thema mit zunehmender Wichtigkeit – **Energiekosten, Nachhaltigkeit** (CO2-Abdruck), **ESG¹**, gesetzliche **Vorgaben** etc.



¹ Environmental, Social, Governance



- (Standardisierte) Ortung als **Mehrwert** bei der Automatisierung von Produktionsanlagen
 - **Ortung** vs. **Kennzeichnung**
 - **Echtzeit-Ortungssystem** für die
 - Ortung von **Produktionshilfsmitteln** etc. (und Werkzeugen)
 - Navigation von **Transportrobotern** und fahrerlosen **Transportsystemen** (FTS)
 - kontinuierlichen und automatisierten Messungen für **präzise Kennzahlen**, einer wichtigen Basis für weiterführende Prozessverbesserungen
 - Durch die Analyse dieser **Positionsdaten** können verschiedene Kennzahlen berechnet werden, welche die Grundlage für ein **digitales Shopfloor-Management** bilden
-
- Derzeit (noch) Nutzung verschiedener, proprietärer **Lokalisierungstechnologien**
 - **omlox** als erster offener, **interoperabler Standard** für die **Echtzeit-Lokalisierung In- und Outdoor** (offenen Schnittstellen für ein interoperables **Lokalisierungssystem**). Mit omlox können erstmals **Produkte unterschiedlicher Hersteller** in einer „Core Zone“ vernetzt werden, die **verschiedenste Ortungstechnologien** miteinander verbindet.



Technische Herausforderungen:

- Kleine Sender (**Tags** an Produkten, Tools oder Personen), die in Echtzeit eine eindeutige Lokalisierung ermöglichen
- **GPS** vor allem im Freien (direkter Satellitenkontakt)
- Weitere **populäre Technologien**:
 - RFID (Radio Frequency Identification)
 - Bluetooth Low Energy (BLE)
 - Wireless Fidelity (WiFi)
 - Ultra-Wideband (UWB)
- Herausforderungen:
 - Physische **Hindernisse**
 - Mehrwegeeffekte (aufgrund von **Reflektionen**)
 - **Interferenzen**
- Reichweite, Genauigkeit, Stromverbrauch, Zuverlässigkeit, ..., **Kosten**

	RFID	BLE	WiFi	UWB
Reichweite (m)	0,5 – 1	5 – 50	0 – 150	20 - 100
Genauigkeit (m)	0,1 – 1	2 – 3	1 – 5	0,1 - 1

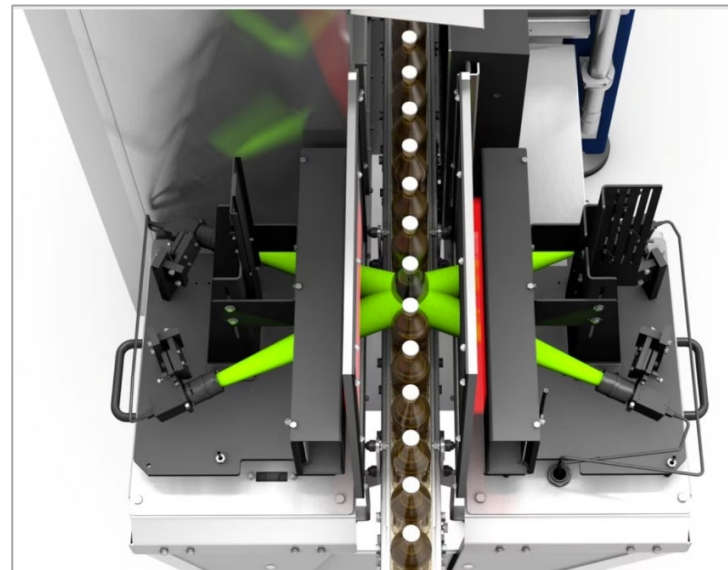


UWB: stärkere **Immunität gegenüber Mehrwegeeffekten** und **Interferenzen** (relativ resistent gegenüber Interferenzen, kann durch die Art der Berechnung der Position umgelenkte Signale unterscheiden) – für **hohe Genauigkeitsanforderungen** und **größere Reichweiten**

1. Der Wunsch nach mehr Digitalisierung ist groß: für **Prozessoptimierungen**, **Assetmanagement**, detaillierte Informationen für die **Instandhaltung**, für **Mehrwertdienste**, ...
2. Daten für **Transparenz**, für **Diagnose & Wartung**, zur **Optimierung**, um **KI** für eine bessere **Performance** einzusetzen
3. Anbieter von **fertigungsnahe Software** erwarten, dass alle benötigten Daten **sicher** und **zuverlässig** verfügbar sind – zuverlässige **Datengewinnung**, **-aufbereitung** und **-bereitstellung** durch die niedrigeren Kommunikationsschichten
4. Ob **High-Motion-Anwendungen** oder die Integration von zusätzlichen Informationen von **Kameras**, die zuverlässige Bereitstellung von Daten ist das A und O für innovative und spannende Anwendungen und wird auch in der OT-Welt immer wichtiger
5. Mittlerweile wird viel **Zusatzwissen in Clouds** oder in der **Edge** vorgehalten und die Anlieferung der Daten geschieht auf unterschiedliche Weise, z.B. aus dem eigenen Netzwerk, über das eines anderen Teilnehmers oder auch Wireless



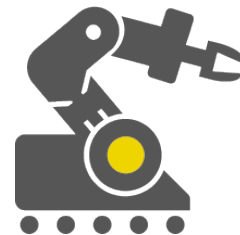
1. (Synchronisierte) **Bilddaten** und Metrologiedaten für die Inline-Messtechnik und -Qualitätssicherung
 - a. Zeitsynchron
 - b. ...
 - c. Bsp. Getränkeabfüllanlage HMI2024
 - d. Bsp. Phoenix Contact auf der SPS2024 (mit Matlab und KI)
2. **TCP-** und **I/O-Kommunikation** über denselben Kanal, dasselbe Kabel
3. Über die **vorhandenen OT-Netzwerke**, keine weiteren Kanäle, kein weiteres Kabel
4. Realisierung mit **TSN** (Time Sensitive Network, Layer 2)



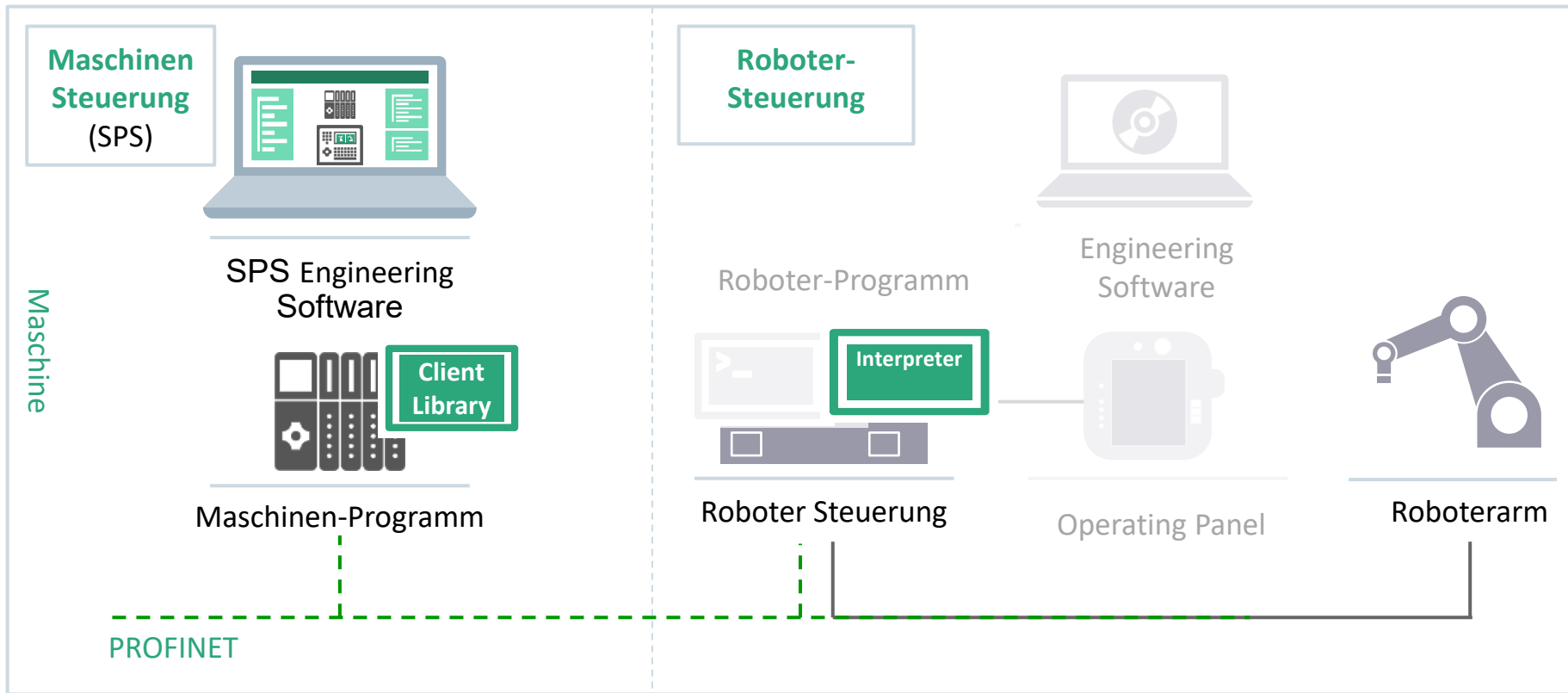
Quelle: Krones (Flascheninspektion)

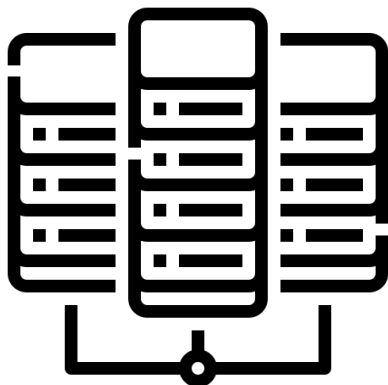
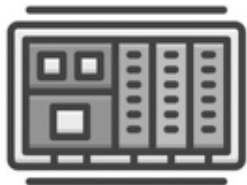


1. Verstärkter Robotereinsatz, auch bei kleineren Unternehmen – auch als **kooperierende Roboter** und als **Ergänzung zu den Maschinen** (stationäre Beschickungs-Roboter statt Sonderkonstruktionen) oder als **Transportroboter** und **fahrerlose Transportsysteme**
2. Herausforderungen:
 - a. Roboterhersteller-spezifisches **Programmierkenntnisse**
 - b. Hersteller-spezifische **Interface-Definition** zwischen Roboter und Maschine
 - c. Hersteller-spezifische **Hard- und Software**
 - d. Hohe Komplexität für **Service und Wartung**
3. Neuer Standard **SRCI** (Standard Robot Command Interface) zur Reduktion des Aufwands und der Komplexität für die Roboternutzung in Automatisierungsumgebungen
 - a. **Roboterprogrammierung** in der SPS
 - b. Standardisierung der **Roboterbetriebsprozesse**
 - c. Einfache Verbindung Roboter- zu Maschinensteuerung



SPS Systemprogrammierbare Steuerung (engl. PLC für Programmable Logic Controller)





„Software-defined Automation“

Virtualisierung von Steuerungssystemen – „Shopfloor-Virtualisierung“:

- Ablauf der Steuerungssoftware auf **virtuellen Maschinen**
- ... i.d.R. auf Servern im **Rechenzentrum**
- Ersetzen diskreter Hardwareressourcen durch **Software**



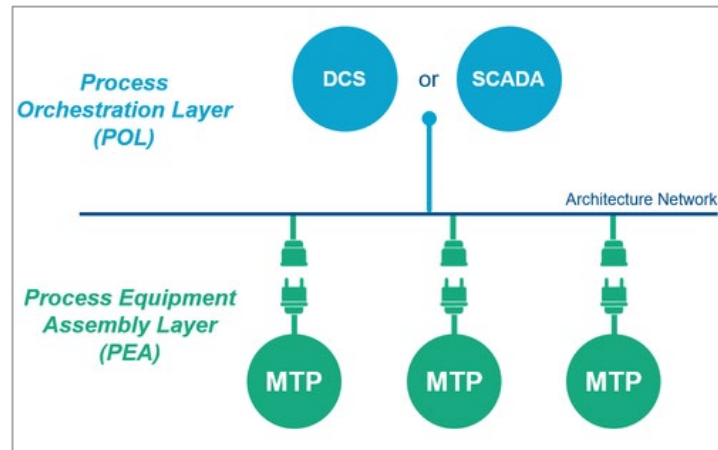
Zielsetzung der SPS-Virtualisierung:

1. Höhere **Rechenleistung**
2. Flexiblerer und **skalierbarer**er Betrieb
3. Erhöhung der **Sicherheit** (Cyber Security)
4. Verbesserung der **Notfallwiederherstellung**
5. **Kostensenkung**



Sicherlich eine der **innovativsten** Anwendungen, die ein modernes Industrial Ethernet-Netzwerk ermöglichen kann. Mit Safety-Funktionalität für vPLC.

1. **Modulare Anlagen** sind der Schlüssel, um schneller und flexibler auf sich ändernde Anforderungen des Marktes zu reagieren
2. Durch die **Prozessindustrien** getrieben (Pharma-Branche)
3. Fokus auf **effiziente funktionale Orchestrierung** von verfahrenstechnischen Modulen, Maschinen oder Package Units
4. Beschreibung der Module als **Process Equipment Assemblies (PEA)** und **Functional Equipment Assemblies (FEA)**
5. Schnelle und unkomplizierte Integration in ein oder mehrere **übergeordnete Orchestrierungssysteme**: Integration von PEAs und FEAs in ein übergeordnetes **Leit- oder SCADA-System** des Process Orchestration Layers (POL)
6. Die POL-Systeme ermöglichen das **Bedienen und Beobachten**, die **Prozesssteuerung**, die **Koordination** und die **Dokumentation** der Produktion der gesamten Anlage
7. Realisierung: SPS mit **MTP-Schnittstelle** (OPC UA basiert)



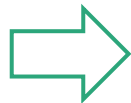
DCS Distributed Control System (DCS) oder Prozessleitsystem (PLS)



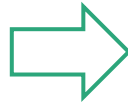
MTP Module Type Package

- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

Offene
(internationale)
Standards



Inter-
operabilität¹



Skalierbarkeit



- Vielfalt
(Geräte/ Komponenten)
- Preise
- Innovationen
- „Komfort“



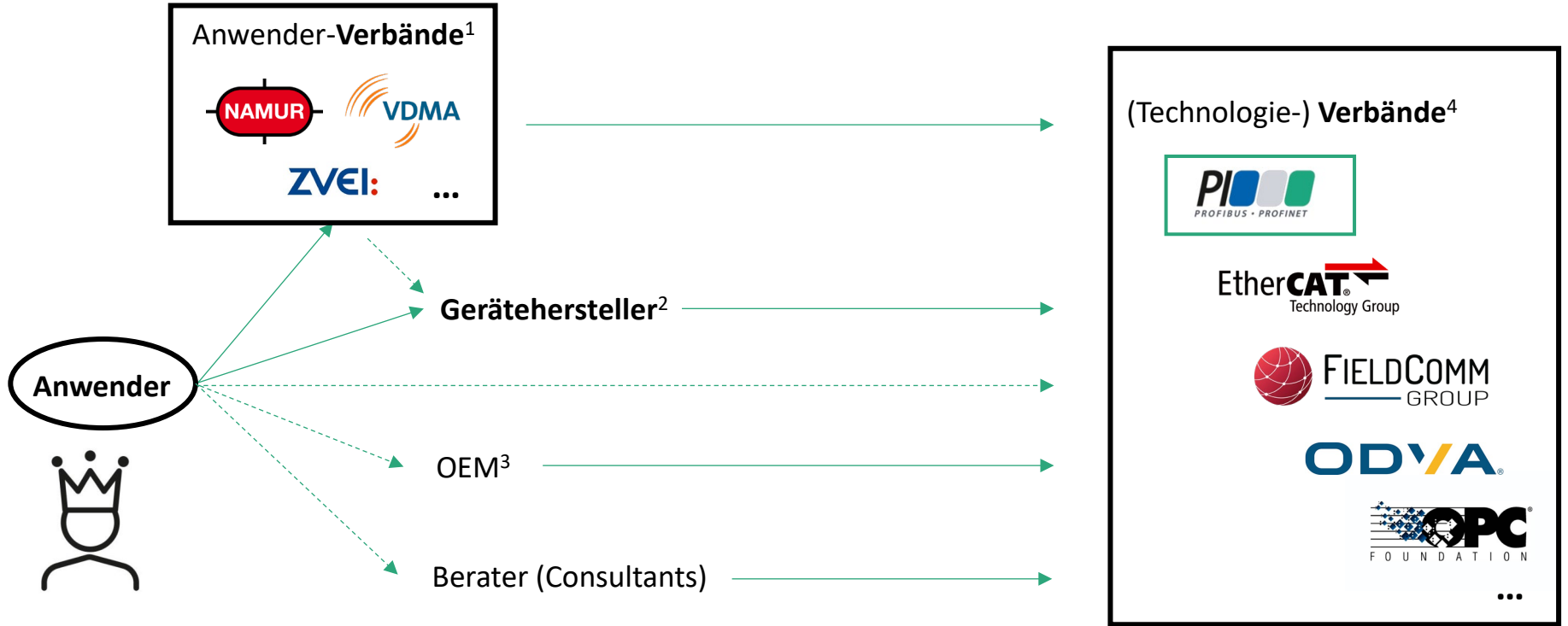
Tests



„Technologien, die weltweit **skalieren** funktionieren nur mit **systematischer Standardisierung** ... „

Gunther Kegel, Präsident des ZVEI e.V., und bis 2025 langjähriger CEO der Pepperl + Fuchs Group

¹ herstellerübergreifend



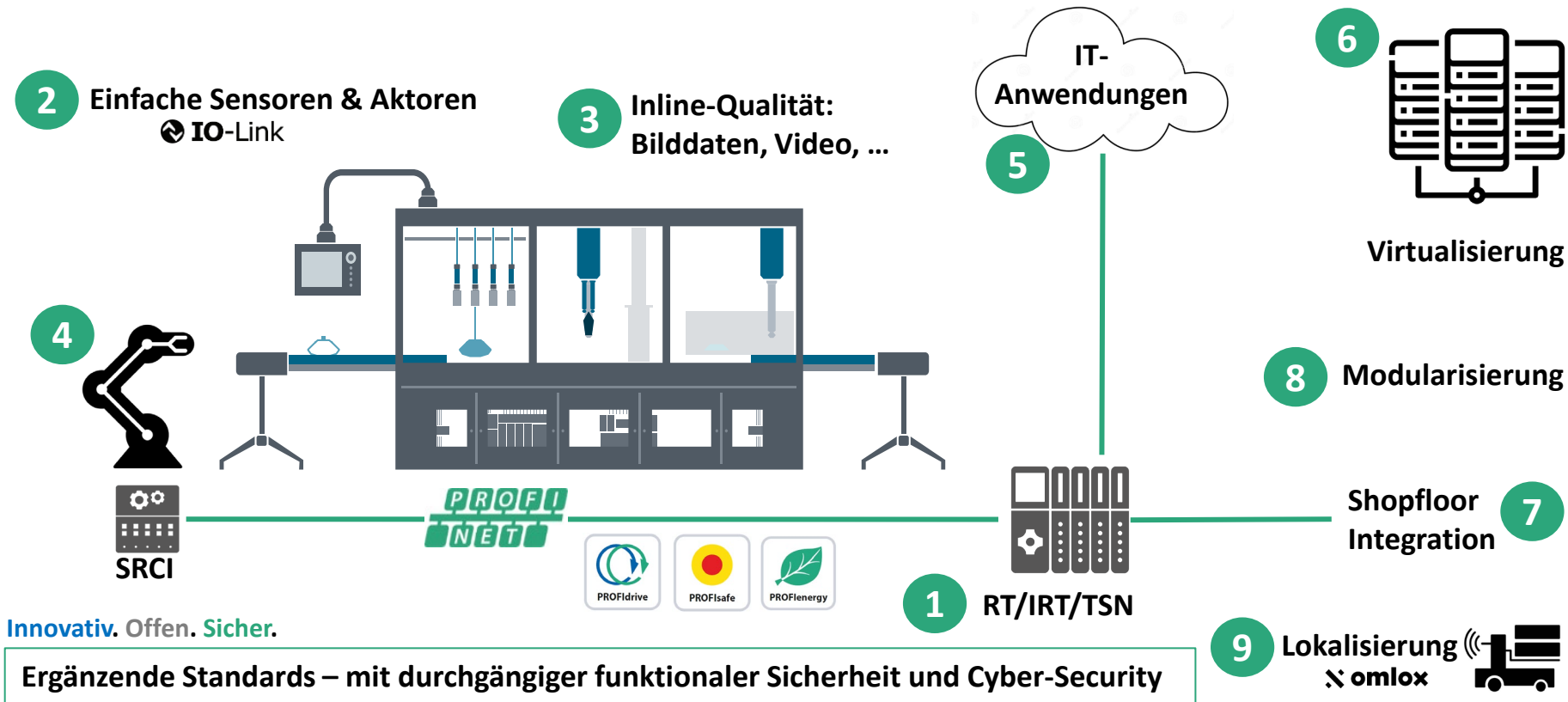
¹ Anwender-Verbände: NAMUR, VDMA, ZVEI, ...

² Steuerungen, Switches, ...

³ Original Equipment Manufacturer

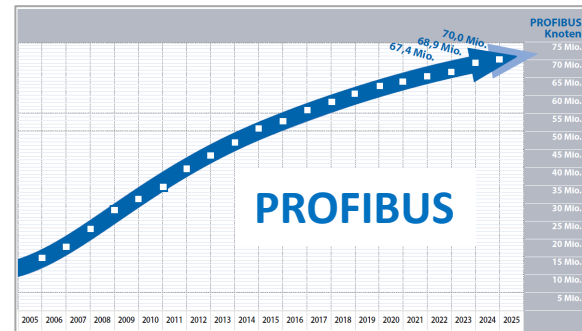
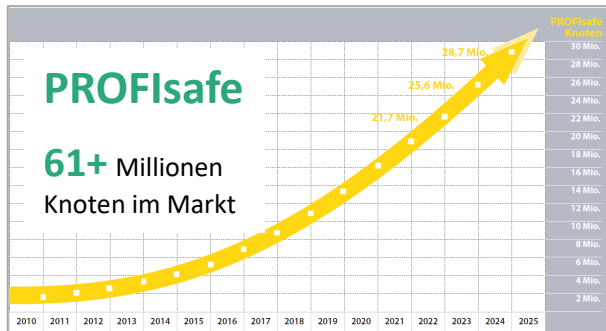
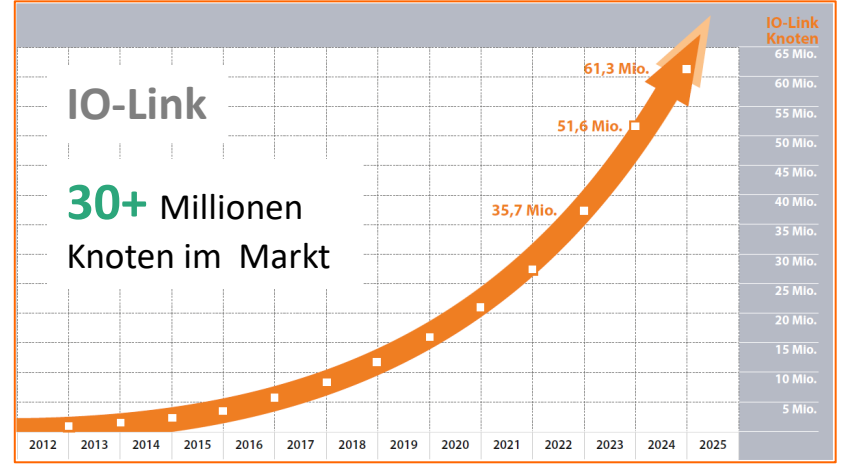
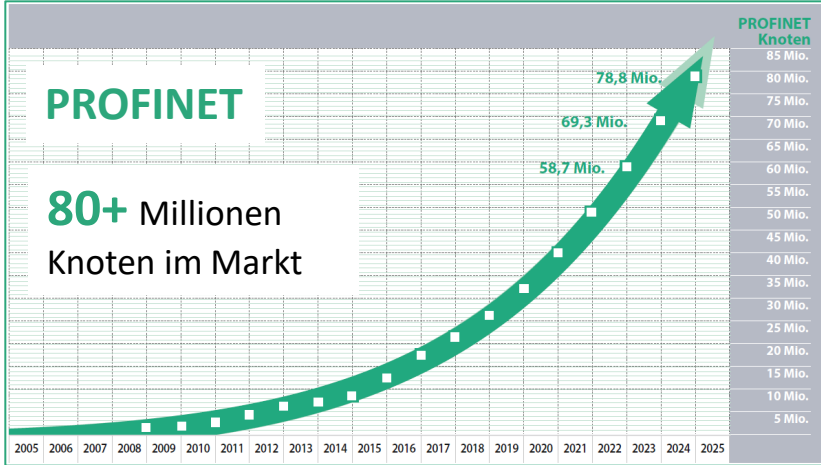
⁴ für Industrielle Kommunikations-Technologien

Ergänzende, durchgängig sichere Standards aus einer Hand – Qualität, Offenheit und Weitsicht für hohe Flexibilität



Innovativ. Offen. Sicher.

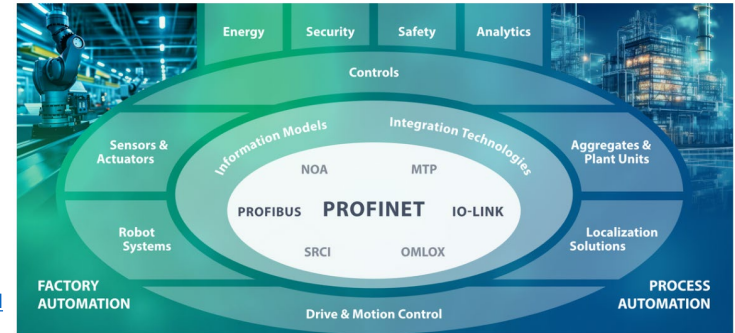
Ergänzende Standards – mit durchgängiger funktionaler Sicherheit und Cyber-Security



- 1 Kurze Vorstellung
- 2 Grundlagen der industriellen Kommunikations- und Automatisierungstechnik
- 3 Einsatzgebiete der industriellen Kommunikationstechniken
- 4 Trends für die Digitalisierung und Optimierung von Produktionsanlagen
- 5 Ausgewählte Themen für die Optimierung von Produktionsanlagen
- 6 Industrie-Verbände und Automatisierungs-Technologien
- 7 Q&A

1. **PNO-Webseite:** <https://profibus.de/>
2. **PROFINET-Webseite mit Forum** (für eher technische Themen): <https://www.profinet.com/>
3. **IO-Link-Webseite:** <https://io-link.com/>
4. **omlox-Webseite:** <https://omlox.com/>
5. **PROFINET University:** <https://profinetuniversity.com/>
6. **PNO Web-based Trainings:** https://www.profibus.com/WBT/HTML5WBT/PROFINET/kapitel_1/index.html
7. **PI-Produktkatalog:** <https://de.profibus.com/produkte/produktkatalog>
8. **PI-Dokumente im Downloadbereich:** <https://de.profibus.com/downloads>
9. **SRCI Vendor Map:** <https://www.profibus.com/technologies/robotics-srci-standard-robot-command-interface/vendor-map>
10. **Informationsmodelle:** <https://www.profibus.com/download/information-models>
11. **OPC UA Companion Standard:** <https://www.elektronikpraxis.de/der-companion-standard-von-opc-ua-in-der-automation-a-dec6b056c94eed3789fe853518e66190/>
12. **Marktstudie HMS:** <https://www.hms-networks.com/news/news-details/17-06-2024-annual-analysis-reveals-steady-growth-in-industrial-network-market>
13. **Edge Computing:** <https://www.computer-automation.de/feldebene/vernetzung/nah-und-doch-so-fern.217963.html>

PI Technologien im Überblick



PI Infohub-Plattform & PI Academy:



<https://www.profibus.de/informations-und-community-hub>



<https://www.profibus.de/information-und-community-hub/pi-academy>



Mitgliedervorteile
Mitgliedsantrag
Serviceleistungen
Studierenden-Mitgliedschaft
Vereinsdokumente
Mitgliederliste

Entdecke „INFORMED & CONNECTED“ – Die kostenfreie Mitgliedschaft bei PI für Studierende!

Bist du Student*in oder Fachschüler*in an einer Hochschule, Universität oder Fachschule? Dann nutze jetzt deine Chance, Teil einer innovativen Gemeinschaft zu werden – kostenlos und ohne versteckte Kosten!

Warum solltest du Mitglied werden?

- **Erhalte Zugang zu hochwertigen Informationen:** Gewinne wertvolle Einblicke in neueste Technologien und Trends und Zugriff zu exklusiven Dokumenten.
- **Selbst informiert:** Erhalte alle Mitgliederinformationen zu Webinaren, Veranstaltungen und Interessanten Neugigkeiten.
- **Vernetze dich mit Experten:** Knüpfe Kontakte zu führenden Fachleuten aus der Automatisierungsbranche.
- **Werde Teil einer starken Community:** Tausche dich mit Gleichgesinnten aus und erweitere dein Netzwerk für deine Zukunft.

Deine Mitgliedschaft:

- **Kostenfrei:** Keine Mitgliedsbeiträge – solange du studierst!
- **Maximale Laufzeit:** Bis zu 5 Jahre – automatisch endend zum 31. Dezember des fünften Jahres.
- **Einfach & bequem:** Schnelle Anmeldung mit Nachweis deiner Immatrikulation oder Schülerbescheinigung.

➤ **Werde Teil einer lebendigen Community!**

➤ **Knüpfe wertvolle Kontakte!**

➤ **Bring deine Karriere auf das nächste Level!**

So funktioniert's:
Mit deiner Anmeldung bestätigst du, dass du die Satzung sowie alle relevanten Regelungen kennst und ihnen zustimmst. Für den Nachweis deiner Studienzugehörigkeit sendest du uns eine aktuelle Immatrikulationsbescheinigung bzw. Einschreibungsbestätigung zu.

Starte jetzt durch!
Nutze die Chance, dich mit den Besten der Branche zu vernetzen und wertvolle Einblicke in die Automatisierung zu gewinnen – alles kostenfrei!

Jetzt Mitglied werden über das [Anmeldeformular!](#)

„INFORMED & CONNECTED“

REGELMÄSSIGE
UPDATES & INFOS

Mitglieder-Newsletter mit Innovationen zu PROFINET, SRCI, omlox, MTP, etc.

EXKLUSIVE
LEHRVIDEOS

Spezielle Videos, Webinare und Aufzeichnungen nur für Studierende

FREIKARTEN FÜR
EVENTS

Kostenfreie Teilnahme an ausgewählten PI-Events (Konferenzen u.v.m.)

SPEZIELLE
MESSEERLEBNISSE

Kostenfreie Messetickets (SPS, Hannover Messe, etc.) inkl. Zugang zu Studentenführungen

ZUGANG ZU RESSOURCEN
FÜR MITGLIEDER

Ausgewählte technische Dokumente, Präsentationen und Whitepaper

Quelle: <https://www.profibus.de/aboutus/die-profibus-nutzerorganisation-pno/mitgliedschaft#Studierenden-Mitgliedschaft>

Ihre Fragen?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Dietmar Bohn, PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
dietmar.bohn@profibus.com