

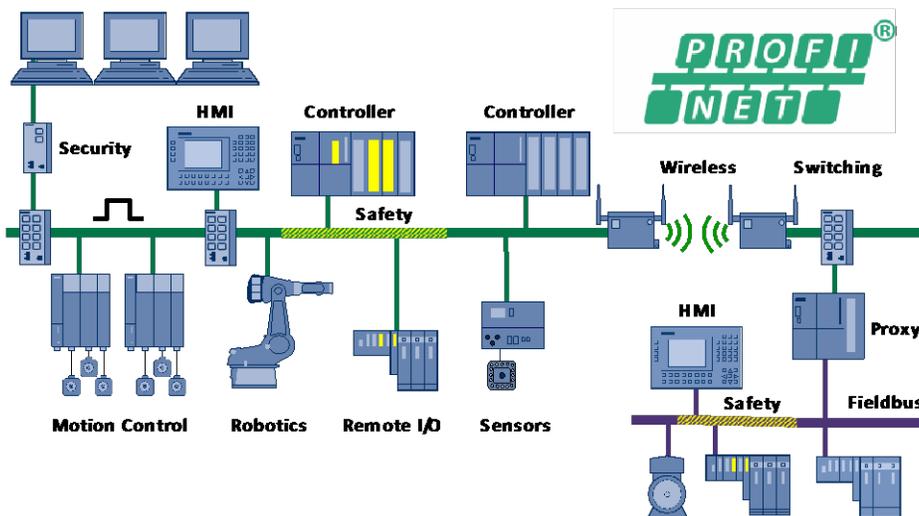
Wie Profinet und Industrie 4.0 den informationsgetriebenen Branchen neue Möglichkeiten eröffnen

Kurzfassung	3
Wachstumstreiber für die Industrie 4.0	4
Industrie 4.0 und Produktion	5
Information als Werkzeug: Informationsgetriebene Produktion	7
Automatisierungsarchitekturen: Die Verbindung zur Industrie 4.0	10
Profibus und Profinet in der Fertigungs- und Prozessindustrien: Eine Übersicht	16
Die Marktposition von Profinet	23
Fazit	24





Das Ökosystem für die Produktion erfordert eine für kommerzielle und industrielle Anwendungen geeignete Infrastruktur als stabiles Fundament.



Architekturen für die industrielle Automatisierung sind entscheidende Elemente eines Ökosystems für die Produktion und unterstützen die Vision von Industrie 4.0.

Kurzfassung

Das Phänomen hat bereits zahlreiche Namen erhalten, doch bei der häufig erwähnten Zusammenführung von Technologien, die derzeit in der verarbeitenden Industrie zu beobachten ist, handelt es sich nicht um einen Trend. Stattdessen handelt es sich um einen wichtigen Schritt im Rahmen einer stufenweisen aber unabwendbaren Evolution, die von beständigen Ineffizienzen und technologischen Lücken in der konservativen Welt der Industrie angetrieben wird. Nachdem die erste industrielle Revolution von der Erfindung der Dampfmaschine eingeleitet wurde und die zweite und dritte von der Verbreitung des elektrischen Stroms und des Computers, ist

Industrieunternehmen könnten enorme Profite durch den Übergang zur Industrie 4.0 erzielen, doch um dies zu erreichen, benötigen sie als Grundlage ein geeignetes Ökosystem für die Produktion.

es nun angebracht, die internet- und informationsgetriebenen Technologien unserer Zeit als Boten der vierten industriellen Revolution zu erachten und von Industrie 4.0 zu sprechen.

Das Konzept von Industrie 4.0, das mitunter auch mit dem industriellen Internet der Dinge (engl. Industrial Internet of Things – IIoT) in Verbindung gebracht wird, hat ihren Ursprung in einer Initiative der deutschen Bundesregierung zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen im In- und Ausland. Andere Konzepte wie IIoT sind nicht so eindeutig definiert, haben sich aber ebenfalls verbreitet, da die verarbeitende Industrie im Hinblick auf die strategische Nutzung von Informationstechnologien den Anschluss an den Rest der Welt nicht verpassen will.

Industrieunternehmen könnten durch eigene Definition und Umsetzung der Grundprinzipien der Industrie 4.0 enorme Profite erzielen, doch um dies zu erreichen, benötigen Sie als Grundlage eine geeignete Infrastruktur. Hier kommt eine zukunftsfähige Automatisierungsarchitektur ins Spiel. Im vergangenen Jahrzehnt haben die kommerziellen Informationstechnologien die traditionellen und „gehärteten“ Industrietechnologien in bisher nicht gekannter Weise durchdrungen, ersetzt und erweitert. Besonders eindrucksvoll war dabei der Erfolg des industriellen Ethernets auf der Steuerungs- und der Geräteebene. Die industriellen Anwender profitieren von der nahtlosen Kompatibilität des industriellen Ethernets mit Unternehmensnetzwerken und den Standard-Internet-Protokollen, aber auch von technischen Verbesserungen für spezifische Leistungsanforderungen in anspruchsvollen Industrieanwendungen. Dazu zählen die Serviceorientie-

rung und die Interoperabilität auf Anwendungsebene, die es ermöglichen, dass Geräte in allen Lebensphasen miteinander interagieren können.

Wachstumstreiber für die Industrie 4.0

Heutzutage fordert die verarbeitende Industrie auf der ganzen Welt einfachere und modularere Automatisierungslösungen mit offenen Netzwerken und Schnittstellen. Neue Wachstumstreiber erfordern die nahtlose Integration von Produktionsdaten in Geschäftssysteme zur besseren Nutzung von Informationen aus der Produktion. Um diese neuen Anforderungen erfüllen zu können, muss in moderne Automatisierungsarchitekturen auf Grundlage von offenen Standards und Ethernet-basierten Netzwerken investiert werden, damit entscheidende Produktionsdaten einfach und wirtschaftlich in der Produktion erfasst und an Produktions- und Unternehmensanwendungen weitergegeben werden können.

Da nun umfangreiche Informationen verfügbar sind, orientieren sich Prozess- und Fertigungsunternehmen mittlerweile immer mehr an Key Performance Indicators (KPIs), also an Geschäftszielen, die auf gemessenen und prognostizierten Prozessinformationen basieren. Um diese Ziele zu erreichen und den Geschäftserfolg zu verbessern, konzentrieren sich die Anwender auf eine fortlaufende Verbesserung der Nutzung der Assets eines Werks. Typische geschäftliche Kennzahlen sind die Anlagenrendite (Return on Assets – ROA) und die Gesamtanlageneffizienz (OEE), die beide in entscheidender Weise zum Erreichen des übergreifenden Ziels der operativen Exzellenz (OPEX) beitragen.

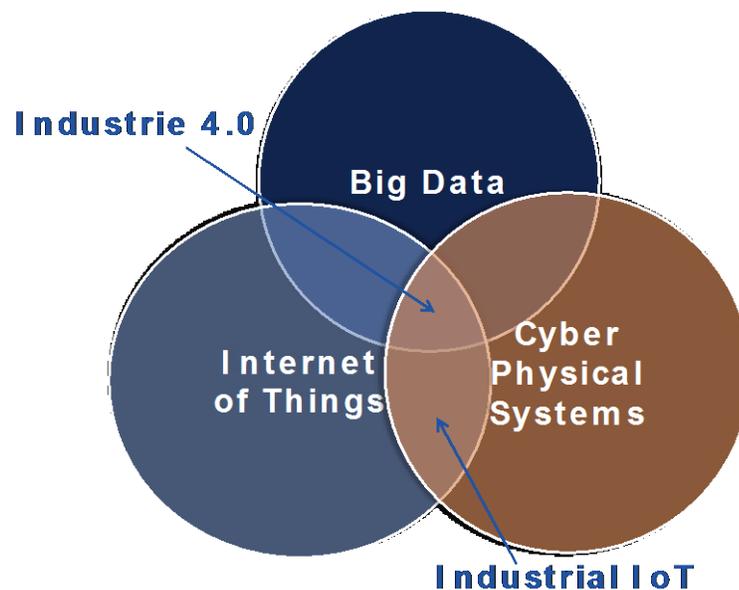
Der Albtraum aller Betreiber von Prozess- und Fertigungsanlagen ist der ungeplante Stillstand – das Anhalten eines Produktionsprozesses aufgrund einer Anlagenstörung, eines Bedienfehlers oder eines Sicherheitsvorfalls. Wenn die Geschäftsziele erreicht werden sollen, muss der fortlaufende und ununterbrochene Anlagenbetrieb sichergestellt werden, zugleich wird ein Notfallplan benötigt, um bei Störungen eine schnelle Wiederaufnahme des Betriebs zu ermöglichen. Durchdachte Sicherheitsrichtlinien tragen erheblich zur Erreichung der Geschäftsziele bei, durch die die Risiken für unerwartete Unterbrechungen verringert werden, auch wenn derartige Richtlinien keine hundertprozentige Sicherheit gewährleisten können.

Infolge der Zusammenführung von kommerzieller IT und traditionellen Produktionstechnologien werden die Lebenszyklen von Anlagen und

Komponenten kürzer werden, und die Unternehmen der verarbeitenden Industrie werden sich an häufigere Investitionen in neue Anlagen oder in Modernisierungen der Hardware und Software vorhandener Anlagen gewöhnen müssen. Obwohl dies dem alten Grundsatz „Never touch a running system“ zuwiderläuft, wird eine neue Generation computer-affiner Ingenieure und Betriebswirte die für diesen Übergang notwendige neue Kultur in die Unternehmen bringen.

Industrie 4.0 und Produktion

Seit der Vorstellung des Konzepts durch die deutsche Bundesregierung vor einigen Jahren hat Industrie 4.0 eine Eigendynamik entwickelt, die in einer zunehmend von der IT dominierten Welt auf der Suche nach neuer Orientierung ist. In der Gesamtansicht sieht der ARC Industrie 4.0 als die Zusammenführung des Internets der Dinge (engl. Internet of Things – IoT, alle Geräte sind über das Internet verbunden), der cyber-physischen Systeme (intelligente und miteinander verbundene Industrieanlagen) und des Bereichs Big Data (Erfassung und Auswertung von Daten aus industriellen Prozessen).



Industrie 4.0 vereint IoT (Internet der Dinge), die cyber-physischen Systeme und Big Data.

Der Begriff cyber-physische Systeme (CPS) bezieht sich auf intelligente Anlagen in einer Produktionsumgebung, die mittels Informationsaustausch

mit anderen Anlagen zusammenarbeiten. Bei deren Komponenten kann es sich um alles Mögliche handeln, vom Sensor über intelligente Antriebe bis zur smarten Pumpe. Typischerweise sind diese Komponenten über ein industrielles Netzwerk drahtlos oder drahtgebunden mit einem Steuerungssystem verbunden.

Internet der Dinge – IoT

Im industriellen Umfeld sind CPS die „Dinge“ beziehungsweise Anlagen, die Teil eines größeren Ökosystems miteinander verbundener Geräte sind, was häufig als Internet der Dinge (engl. Internet of Things – IoT) bezeichnet wird.

Big Data und Analysen

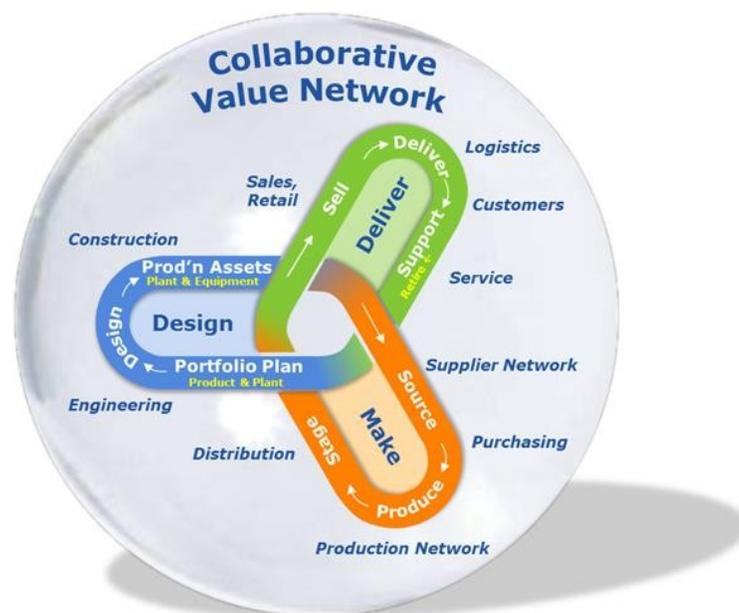
Der Begriff Big Data bezieht sich auf die große Menge an Daten und Informationen im Zusammenhang mit modernen Produktionsprozessen. Diese Daten können zum Beispiel ein zu fertigendes Produkt beschreiben, die Produktionsausstattung dokumentieren oder Informationen über den Status und die Leistung eines laufenden Produktionsablaufs geben. Darüber hinaus legt das Konzept von IoT nahe, dass alle Geräte miteinander verbunden und ausreichend intelligent sind, um zumindest grundlegende Informationen auszutauschen und so in einer kollaborativen Produktionsumgebung hilfreich zu sein.

Industrielle Datensätze werden zunehmend größer. Viele Vorgänge im Rahmen von Produktionsprozessen tragen zu diesem Anstieg des Datenvolumens Datenvolumina bei, darunter das Erfassen von Informationen in Form von Audiodaten, Fotos, Grafiken und Videos, die Nutzung von Remote Sensoren und informationserfassenden Mobilgeräten, Geräten zur Radiofrequenz-Identifikation (RFID), drahtlosen Sensornetzwerken und sogar Analysen von sozialen Inhalten und Meinungen. Diese Daten können mittels industrieller Netzwerke aus Produktionsprozessen gewonnen werden oder auch aus externen Quellen stammen.

Große Datensätze lassen sich mit den bisherigen Werkzeugen wie relationalen Datenbanken, Kalkulationstabellen, Statistik-Paketen oder Visualisierungsanwendungen auf Desktop-PCs kaum sinnvoll nutzen. Doch mit der neuen Generation der In-Memory-Server, die spaltenorientierten Datenbanken mit parallelen Prozessoren betreiben, ist es jetzt praktisch möglich, Datensätze im Größenbereich von *Exabytes* und sogar darüber hinaus zu bewältigen.

Information als Werkzeug: Informationsgetriebene Produktion

Bei der informationsgetriebenen Produktion handelt es sich um eine Produktionsstrategie, die auf den Konzepten der kollaborativen und vernetzten Produktion aufbaut und neue Technologien integriert, um einen dauerhaften Wettbewerbsvorteil zu erlangen. Informationsgetriebene Produktionsunternehmen verschaffen sich eine ganzheitliche Sicht des Stellenwerts der Produktion und des Produktionswerks innerhalb eines ausgedehnten Werternetzwerks. Anhand dieser Sicht wenden sie die Informationstechnologie auf breiter Front an, um Geschäftsprozesse zu verbessern oder zu ersetzen. Die Informationstechnologie ist inzwischen so weit ausgereift, dass eine Vielzahl neuer Möglichkeiten entsteht. Die jüngsten disruptiven Technologien verstärken diesen Trend sogar noch.



Informationsgetriebene Produktionsunternehmen arbeiten mit Partnern im gesamten Wertnetzwerk zusammen.

Schauen wir uns einige Auswirkungen des Begriffs „informationsgetrieben“ an. Informationsgetriebene Unternehmen...

- **...treffen Entscheidungen auf Grundlage von Prozess- und Geschäftsprozessdaten** und nutzen typischerweise Software zur Erfassung, kontextuellen Einordnung, Visualisierung und Analyse der Daten. Seit der Verfügbarkeit von extrem schnellen In-Memory-

Rechnerplattformen und Big-Data-Analysetools nutzen informationsgetriebene Unternehmen noch umfangreichere Datensätze in einer Vielzahl neuer Anwendungen.

- **...nutzen IT-Technologien** im gesamten Unternehmen. In fast jedem Werk und fast jeder Einrichtung läuft die neueste Version der benötigten Software, so dass überall im vernetzten informationsgetriebenen Modus entsprechend den Abläufen im Rest des Unternehmens gearbeitet werden kann.
- **...verfügen über Ressourcen** zur Verwaltung der IT-Systeme und erproben neue Möglichkeiten für den Zugriff auf Rechenressourcen, so dass Cloud-Computing eine wichtige Rolle spielt.
- **...sind nachfragegetrieben.** Sie nutzen Informationssysteme und Daten aus der Lieferkette, um in Echtzeit Signale für ihre Beschaffungs-, Produktions- und Vertriebsnetzwerke zu erzeugen.
- **...stellen ihren Mitarbeitern Informationen unmittelbar zur Verfügung,** indem sie ihnen Zugang zu neuen Analyse- und Visualisierungstechnologien, sozialen Technologien und anderen neuen technologischen Lösungen an ihren Geräten verschaffen, damit sie hochproduktiv arbeiten und besser informiert bessere Entscheidungen treffen können.
- **...arbeiten intern und extern zusammen.** Ihre Systeme und Geschäftsprozesse sind innerhalb des Unternehmens gut integriert, und es findet ein Informationsaustausch zwischen den Partnern in einem Echtzeit-Ökosystem statt.
- **...richten den Fokus zunehmend auf Dienstleistungen.** Sie nutzen Echtzeit-Informationen, Echtzeit-Ausführungen und transaktionale Informationssysteme zur Entwicklung, Verbreitung und Verwaltung neuer Dienstleistungs- und Geschäftsmodelle für ihre Kunden.

Die modernen Informations- und Analysetechnologien können starke Veränderungen treiben. Beim informationsgetriebenen Ansatz nutzen Unternehmen informationsgetriebene Wertnetzwerke, Geschäftsprozesse und Entscheidungsfindungen zur Unterstützung unternehmensweiter Initiativen wie etwa Energiespar- und Nachhaltigkeitsprogramme, weltweite Wachstumsinitiativen und Initiativen für Innovationen bei Produkten, Prozessen, Systemen und Geschäftsmodellen.

Informationsgetriebene Produktionsunternehmen erkennen, dass IT-Technologien zunehmend zu einem Wettbewerbsvorteil werden, und zwar schneller als vielen bewusst ist. Sie verfolgen eine Strategie zur Übernahme neuer Technologien, bei der hochentwickelte Technologien so schnell wie möglich für eine Einführung in Betracht gezogen werden, und bei der es vorteilhaft sein kann, Teil der „frühen Mehrheit“ oder sogar der Gruppe der Erstanwender zu sein, anstatt technologisch hinterher zu hinken. Natürlich bleiben die Kapitalrendite (ROI) und geschäftliche Aspekte wichtig, doch auch die möglichen Kosten durch Verlust des technologischen Anschlusses müssen mehr Berücksichtigung finden.

Informationsgetriebenes Produktionsökosystem

Ein für Produktionsunternehmen wichtiger Grund für die Einführung einer informationsgetriebenen Strategie ist die Tatsache, dass die Produktion in einem zunehmend dynamischen und komplexen Ökosystem stattfindet. Ein Produktionsunternehmen sollte nicht nur deswegen informationsgetrieben sein, weil dies der einzige praktikable Weg für den Umgang mit den Herausforderungen der hohen Komplexität ist, sondern weil Informationstechnologie zunehmend im Rest des Ökosystems genutzt wird, bis hinab in die Produktionsumgebung.



Das Informationsgetriebene Produktionsökosystem

Anwendungsplattformen, die ERP, CRM, PLM und SCM auf der Unternehmensebene sowie MOM/MES auf der Werksebene unterstützen, sind

ein wichtiges Element einer informationsgetriebenen Strategie, denn dort wird ein Großteil der transaktionalen und operativen Prozesse ausgeführt. Doch die Haltung, sich auf einem vorhandenen System auszuruhen und es so selten wie möglich zu aktualisieren, ist heutzutage nicht mehr akzeptabel.

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen informationsgetriebene Produktionsunternehmen die notwendigen Lösungen aggressiv im gesamten Unternehmen und Werk implementieren und regelmäßig aktualisieren, um den neuesten technologischen Vorsprung nicht nur zu erlangen, sondern auch beizubehalten. Um dies zu erreichen, müssen neue Denkweisen in den Unternehmen der traditionellen Industrie Einzug halten, in denen Lebenszyklen von Produktionsanlagen bisher eher in Jahrzehnten als in Jahren gemessen werden.

Automatisierungsarchitekturen: Die Verbindung zur Industrie 4.0

Ein Produktionsökosystem kann nur dann bestehen, wenn es von einer robusten und zuverlässigen Werksinfrastruktur gestützt wird. Heutzutage verfügen Industrieunternehmen über IT-Abteilungen, die die Infrastruktur des Unternehmens genauso professionell implementieren und pflegen wie es in anderen modernen und wettbewerbsfähigen Unternehmen geschieht. Der Unterschied besteht darin, dass in Produktionsunternehmen die zusätzliche Aufgabe der Integration und Unterstützung eines Produktionsökosystems besteht, oder auch einer „Produktions-IT“, der konservativen „Cousine“ der Unternehmens-IT.

Profinet nutzt Ethernet innerhalb der gesamten Automatisierungsarchitektur als einziges Netzwerk mit „kommerziellen“ Qualitäten und entsprechender Akzeptanz in Verbindung mit technischen Optimierungen, die es zum idealen Industrienetzwerk machen.

Die Produktions-IT umfasst die Hardware der Infrastruktur und die zugehörige Software, die gewährleisten, dass Produktionsanwendungen für Steuerung, Visualisierung, Produktionslenkung, Wartung und Logistik uneingeschränkt miteinander und auch mit Unternehmensanwendungen, insbesondere mit dem ERP, kommunizieren können. Während das Aufkommen der internetfähigen Anwendungen im Bereich der Werkssoftware ein wichtiger Schritt zur Realisierung von Industrie 4.0

ist, würde nichts davon ohne eine solide IT-Infrastruktur in der Produktion funktionieren.

Automatisierungsarchitekturen, die die Produktions-IT unterstützen, nutzen das industrielle Ethernet mindestens als Backbone. Das bedeutet, dass sich Geräte der Stufe 3 und Stufe 4 (gemäß ISA95 / IEC 62264) wie zum Beispiel SPS, DCS und PCs auf der Werksebene sowie die Bedienerstationen eine Netzwerk-Domain teilen. Die Vorteile sind eine nahtlose Verbindungsmöglichkeit zu Unternehmensnetzwerken sowie die einfache Geräteintegration und -wartung.

Noch besser ist die Durchdringung des industriellen Ethernets bis hinab zu den Geräten der Stufen 1 und 2 wie zum Beispiel IO-Module und Servoantriebe. Industrielle Ethernet-Lösungen wie Profinet bieten auf dieser Ebene Leistungsmerkmale wie Determinismus, die beim standardmäßigen Ethernet nicht verfügbar sind. Bei einem solchen hybriden Ansatz ist im industriellen Bereich die Nutzung des Ethernets innerhalb der gesamten Automatisierungsarchitektur möglich, und zwar als einziges, standardmäßiges Netzwerk mit „kommerziellen“ Qualitäten und entsprechender Akzeptanz in Verbindung mit den richtigen technischen Optimierungen, die es zum idealen Industrienetzwerk machen.

Profinet als stabile Basis für zukünftige Erweiterungen für die Industrie 4.0

Produktionsunternehmen sprechen oft von einer Mauer zwischen dem Werk und der Unternehmens-IT. Diese Mauer zeigt sich derzeit in den unterschiedlichen Technologien und Standards, die auf beiden Seiten genutzt werden. Dafür gibt es zwei Ursachen:

1. In den vergangenen dreißig Jahren wurden die Technologien unabhängig voneinander entwickelt.
2. Auf der Werksebene sind die Anforderungen in Bezug auf Zuverlässigkeit, Umgebungsbedingungen, Echtzeitverhalten und Robustheit höher als auf der Unternehmensebene.

Während die erste Ursache rein organisatorisch ist und eine Folge separater Entwicklungen in verschiedenen Anwendungsbereichen, sind bei der zweiten Ursache schlicht Anwendungen in unterschiedlichen Umgebungen der Grund.

Hinsichtlich einer übergreifenden Modellierung gibt es aber keinen Grund für unterschiedliche Lösungen im Werk und im Unternehmen. Die Arbeiten bei Industrie 4.0 haben bereits gezeigt, dass ein gemeinsames Modell die meisten Anforderungen beider Welten erfüllen kann. Dabei sind noch Erweiterungen nötig, um die angeführten Anforderungen bezüglich einer Werks Umgebung zu erfüllen. Ziel ist ein einheitliches Modell für beide Umgebungen mit einigen werksspezifischen Erweiterungen.

Anforderungen	Herausforderungen
Erhöhte Quality of Services für Wide Area Networks	Erweiterungen der Fähigkeiten von Wide Area Networks in Hinblick auf Zuverlässigkeit und Echtzeitverhalten
Höheres Maß an Interoperabilität (mindestens partielle Austauschbarkeit)	Standardisierte allgemeine Services Serviceorientierung mit Self-x-Funktionalität (Selbstkonfiguration, Selbstoptimierung, Selbstinstandsetzung)
Deutlich verbesserte Cyber-Security	Eine einzige und umfassende Security-Lösung für Unternehmen und Werk
Formelle Beschreibung von Anwendungsfunktionen (z.B. Messen und Steuern, Bohren, Schweißen, usw)	Produktion von intelligenten Teilen Standardisierte Lösungen
Angepasste Qualität, die zuverlässige Kombinationen von Produkten gewährleistet; selbstkonfigurierende Produktionslinien	Verbesserte Zuverlässigkeit der Komponenten einer Anlage
Internationaler Gesetzesrahmen	Berücksichtigung von rechtlichen Vorgaben
Kooperation und Zusammenarbeit mit dem zu fertigenden Produkt	Standardisierte Methoden

Anforderungen und Herausforderungen von Industrie 4.0

Aus diesem Grund wird ein gemeinsames semantisches Modell für Industrie 4.0 eine wichtige Rolle spielen. Ziel ist es, ein Modell zu erschaffen, das die Mauer zwischen Werk und Unternehmens-IT möglichst klein werden lässt. Obwohl Produktion und Geschäft auch in Zukunft aus organisatorischen Gründen voneinander getrennte Einheiten sein werden, wird mit Industrie 4.0 eine gemeinsame Architektur geschaffen, die nicht nur über eine reine IT-Umgebung hinausgehen wird, sondern eine erweiterte Umgebung auf Basis von IoT darstellen wird. Diese dient dann als alleinige Architektur für die IT des Unternehmens und für das zugehörige Werk.

Anforderungen und Herausforderungen für derzeitige Automatisierungsarchitekturen

Um die Herausforderungen von Industrie 4.0 meistern zu können, sind deutliche Verbesserungen an den heutigen Systemarchitekturen notwendig. Dabei müssen diverse Faktoren berücksichtigt werden:

- Verstärkte Digitalisierung von Geräten und Prozessen
- Höhere Datenvolumen, die von smarten Feldgeräten erzeugt werden
- Stärkere Dezentralisierung und daher erhöhter Bedarf an Netzwerk-Bandbreite
- Verstärkte Standardisierung von Software und Hardware auf Grundlage bestehender oder erweiterter Normen

Diese Anforderungen lassen sich in sechs Bereichen zusammenfassen, die auf den folgenden Seiten beschrieben werden.

Erweiterte zuverlässige Kommunikation

Die zuverlässige Kommunikation in Echtzeit unter Verwendung der Protokolle Profinet und/oder Profibus ist seit einiger Zeit Stand der Technik. Profinet basiert auf dem Standard-Ethernet, das fortlaufend verbessert und erweitert wird. Eine Task-Group innerhalb des IEEE arbeitet derzeit an Verbesserungen des Echtzeitverhaltens unter dem Titel Time Sensitive Networks (TSN). Wenn die Technologie verfügbar sein wird, wird PI prüfen, unter welchen Bedingungen der Einsatz von TSN in Industrienetzen von Vorteil sein wird und inwiefern sich TSN in Profinet integrieren lässt.

Serviceorientierter Informationsaustausch

Industrie 4.0 wird OPC UA (Unified Architecture) als serviceorientierte Architektur (SOA) übernehmen. Diese vorhandene Technologie wird wahrscheinlich die Basis für die Entwicklung von Industrie 4.0 sein. PI und die OPC Foundation arbeiten bereits seit Jahren zusammen und werden auch weiterhin eine wichtige Rolle für die Kommunikationsarchitektur der Zukunft spielen. Diese Zusammenarbeit wird intensiviert, um die Integration der OPC UA in die Systemarchitektur von Profinet zu ermöglichen. Entsprechende Arbeiten haben bereits begonnen. Es ist geplant, die derzeit vorhandenen, speziell für Industrie 4.0 entwickelten allgemeinen Dienste, auf der Grundlage von OPC UA zu nutzen.

Cyber-Security für Unternehmens- und Produktions-IT

Der Begriff Cyber-Security bezieht sich auf den Schutz des digitalen Anlagevermögens eines Unternehmens vor unbefugtem Zugriff. Leider ist die Offenheit und Allgegenwärtigkeit des Internets auch eine Einladung zur Nutzung für bösartige Zwecke. Da immer mehr und immer kritischere Teile der öffentlichen Infrastruktur und privater Industrieunternehmen online gestellt werden, haben die Risiken für die öffentliche Sicherheit, den Handel und die Wirtschaft allgemein enorm zugenommen. Doch obwohl alle

Im Bereich der Produktion bekommt der Begriff Cyber-Security eine neue Bedeutung. In der Unternehmensverwaltung besitzen Vertraulichkeit und Datenintegrität die höchste Priorität. Im Werk steht die Anlagenverfügbarkeit an ersten Stelle.

Unternehmen darauf bedacht sind, die Sicherheit ihres digitalen Anlagevermögens zu gewährleisten, sind die konkreten Interessen der einzelnen Akteure verschieden.

Industrieunternehmen haben ihre Geschäftsprozesse bereits seit langem digitalisiert und eine Welt der papierlosen Transaktionen mit unzähligen Vorteilen und Effizienzsteigerungen geschaffen. Für diesen Teil des Geschäfts ist die Vertraulichkeit und Datenintegrität der digital gespeicherten und übermittelten Informationen unerlässlich. Aus diesem Grund hat im Bereich der Cyber-Security die Gewährleistung von Vertraulichkeit und Datenintegrität die höchste Priorität.

Das Werk hingegen stützt sich auf physisches Anlagevermögen, zum Beispiel Maschinen und Geräte, die Produkte fertigen. Obwohl auch im Werk Informationen digital übermittelt werden, besitzt die permanente Verfügbarkeit dieses physischen Anlagevermögens die höchste Priorität. Ungeplanter Stillstand von Anlagen und Unterbrechungen der Produktionsprozesse sind die schlimmsten Szenarien für Anlagenbetreiber – und diese haben nicht an erster Stelle mit der Datenintegrität zu tun.

Aus diesen Gründen müssen diese oft gegensätzliche Prioritäten berücksichtigt werden, wenn eine umfassende unternehmensweite Strategie zur Cyber-Security entwickelt wird. PI hat Security-Richtlinien für Profinet-Netzwerke erarbeitet, beobachtet und analysiert weiterhin den Bedarf an zusätzlichen Maßnahmen.

Gemeinsame Semantiken für die Interoperabilität

Mit seinem Kommunikationsprotokoll und seiner Schnittstelle ist Profinet sehr gut für Industrie 4.0 vorbereitet. Dies beinhaltet die Nutzung von Datentypen und Datensemantiken, die im Wesentlichen die Betriebsphase eines Werks abdecken. Eines der Ziele von Industrie 4.0 ist die Schaffung

einer Infrastruktur für die beliebige Kooperation der „Dinge“ (Industriegeräte) in einer Installation über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Interoperabilität, nicht nur innerhalb der Betriebsphase, sondern auch in allen anderen Phasen. Industrie 4.0 definiert derzeit ein gemeinsames Vokabular (Semantiken) für diese Zwecke, das im Kern auf eCl@ss, einem Produktklassifizierungsstandard und auf AutomationML, einer offenen Mark-up-Sprache für den Transfer von Datenobjekten zwischen Engineering-Tools basiert.

Für die Betriebsphase einer Anlage bieten Profinet und Profibus über 20 Profile mit relevanten standardisierten Semantiken und Formaten. Auf der Grundlage vieler guter Benutzererfahrungen wird PI bei Bedarf weitere Profile für andere Lebenszyklus-Phasen einer Anlage hinzufügen, zum Beispiel für Konstruktion, Inbetriebnahme, Wartung und Außerbetriebnahme. Für Hersteller von Feldgeräten veröffentlicht PI Richtlinien für „Identification and Maintenance“-Funktionen, die Standardparameter (Semantiken) und Regeln für Geräte definieren. In der Zukunft könnten neue Inhalte hinzukommen, um einheitliches Verhalten in allen Phasen des Lebenszyklus eines Gerätes zu gewährleisten, zum Beispiel für Konfiguration, Inbetriebnahme, Parametrisierung, Diagnose, Reparatur, Firmware-Updates, Asset-Management und für das Anlegen von Prüfpfaden.

Intelligente Algorithmen auf Anwendungsebene

Kooperation und Interoperabilität erfordern gemeinsame standardisierte Methoden, damit gewährleistet ist, dass Produkte miteinander interagieren können, aber trotzdem genug Raum für die Produktionsunternehmen verbleibt, um zwischen verschiedenen Produkten unterscheiden zu können. PI arbeitet derzeit an Lösungen auf dieser Ebene, zum Beispiel für die Zustandsüberwachung (Condition Monitoring). Auf Grundlage des Referenzmodells für die Zustandsüberwachung des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) definiert PI ein Kommunikationsprofil, das einen Zugriff auf die Zustandsüberwachung über Profinet ermöglicht.

Gesetzlicher Rahmen

Es ist wahrscheinlich, dass gesetzliche und regulatorische Vorgaben sich auf zukünftige Profinet-Lösungen auswirken werden. Genauer ist derzeit noch nicht bekannt, doch PI selbstverständlich wird Maßnahmen zur Einhaltung dieser Vorgaben zu gegebener Zeit in Angriff nehmen.

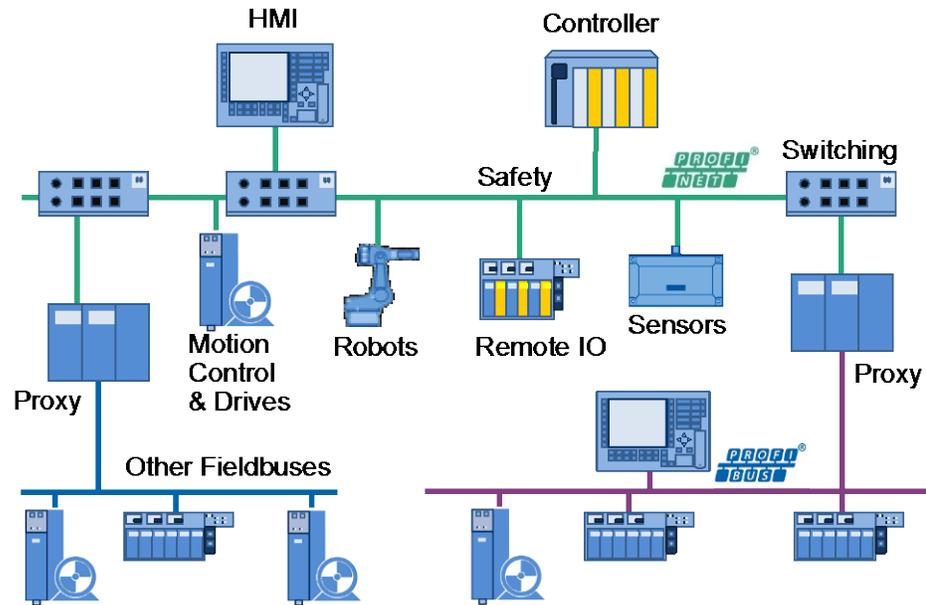
Industrie 4.0 Komponenten und Profinet

Geräte mit einer Profinet-Schnittstelle werden mit Produktbeschreibungen zur Konfiguration und Geräteintegration geliefert, zum Beispiel mit der Station Description (GSD) oder der Electronic Device Description (EDD). Dies passt gut zum Konzept der Komponenten für Industrie 4.0 mit ihren Verwaltungsschalen. Beide Lösungen zur Produktbeschreibung beinhalten Informationen, die für Engineering, Inbetriebnahme und andere Zwecke Teil der Verwaltungsschale sein werden. Auf Basis der Kooperationsvereinbarung mit der FieldComm Group könnten auch die Informationen aus dem erweiterten Konzept des FDI-Gerätepakets Teil der für Profinet zu übernehmenden Verwaltungsschale werden.

Profibus und Profinet in der Fertigungs- und Prozessindustrien: Eine Übersicht

Angesichts zunehmender Komplexität fordern die produzierenden Unternehmen derzeit einfachere und modularere Automatisierungslösungen, die offene und nicht proprietäre Netzwerke und Schnittstellen nutzen. Entsprechend dem Geist von Industrie 4.0 wollen sie Geräte- und Produktionsdaten nahtlos in Geschäftssysteme integrieren, um die in den Produktionswerken erzeugten Daten intensiver nutzen und moderne Analyseverfahren anwenden zu können. Im vergangenen Jahrzehnt haben sich Industrienetzwerke auf Ethernet-Basis Sieger durchgesetzt.

Der Erfolg von Ethernet in den Anlagen kann zu einem großen Teil auf die kommerzielle Ausrichtung und Herkunft dieser Lösung zurückgeführt werden. Mit dem allgegenwärtigen Ethernet können Nutzer die vertrauten IT-Tools verwenden und sich über die nahtlose Connectivity zwischen Anwendungen auf Produktions- und auf Unternehmensebene freuen. Die Technologie ist für Anwender in der Industrie grundlegend zukunftsfähig, da das industrielle Ethernet leicht an zukünftige Verbesserungen angepasst werden kann. Der Nettoeffekt sind geringere Gesamtbetriebskosten im Werk aufgrund einer gesamtheitlichen Herangehensweise an den Aufbau industrieller Netzwerke.



Profinet integriert als Backbone bestehende Netzwerke und stellt Anlagendaten bereit, die andernfalls schwer zugänglich wären.

Nach dem Erfolg von Profibus in den 1990er Jahren begann Profibus International (PI) vor ungefähr 15 Jahren im Rahmen der globalen Gemeinschaft von über 1400 Mitgliedsunternehmen die Entwicklung von Profinet, einem Industrienetzwerk auf Ethernet-Basis. Auf Basis der Anforderungen von Anwendern untersuchten und definierten Arbeitsgruppen die benötigten Dienste und Funktionen für Profinet, um alle Aspekte der kontinuierlichen und der diskreten Produktion abdecken zu können. Jede Gruppe hatte die Aufgabe, bestimmte Anforderungen für industrielle Anwendungen zu identifizieren und umzusetzen, wie z.B. Sicherheit, Motion Control und drahtlose Kommunikation.

Geringere Komplexität: Technologische Innovationen führen zu Verbesserungen, können aber auch den unerwünschten Nebeneffekt ansteigender Komplexität mit sich bringen, insbesondere wenn eine Implementierung als Erweiterung einer älteren Technologie anstelle einer Ablösung erfolgt. Wirklich gute Innovationen bieten beides: Verbesserung einer älteren Lösung mit Perspektive zur vollständigen Ablösung im Laufe der Zeit. Im Bereich der industriellen Netzwerke bieten Profibus und Profinet genau diese Möglichkeiten.

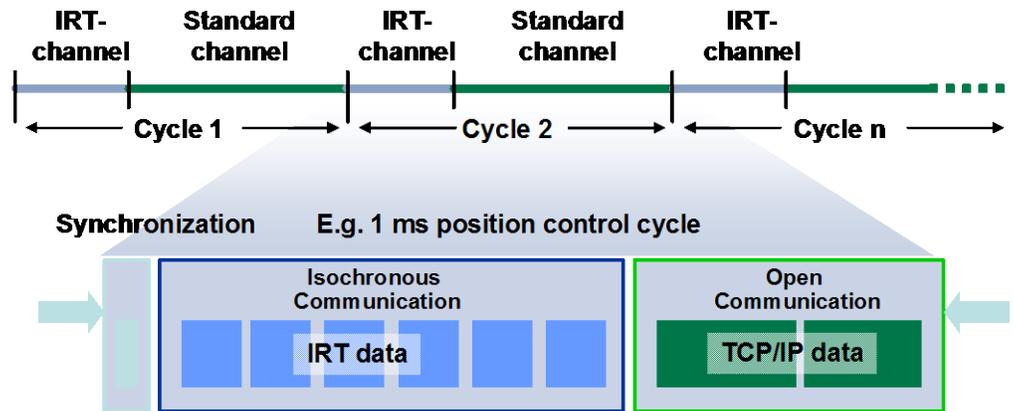
Für industrielle Anwender bedeutet die Nutzung von Standard Ethernet und TCP/IP nicht notwendigerweise, dass Industriergeräte automatisch miteinander kommunizieren können. Anwendungsprotokolle wie HTTP und SMTP (für E-Mails) sind nicht geeignet, um Steuerungsdaten zwischen Automatisierungsgeräten in zeitkritischen Industrieanwendungen zu übermitteln. PI hat diese Situation frühzeitig erkannt und ein industrielles Protokoll entwickelt, das die spezifischen Leistungsanforderungen von Industrieanwendungen erfüllt.

Profinet nutzt die TCP/IP-Protokoll Suite ohne Einschränkung oder Änderungen. Automatisierungsspezifische Aufgaben wie Geräteparametrisierung, Konfiguration, Netzwerkdiagnose (SNMP) werden über den TCP/IP-Kanal abgewickelt. Doch für Anwendungen wie Remote-IO und Antriebsanwendungen mit hohen Anforderungen an Geschwindigkeit und Determinismus ist TCP/IP mit seinen umfangreichen Overhead-Daten und den langen Stack-Durchsatzzeiten nicht ausreichend. Zur Behebung dieser Probleme haben die Experten von PI einen zusätzlichen Real-Time-Kanal (RT) für die Echtzeitübermittlung von zeitkritischen Daten hinzugefügt. Bei dieser Methode kommen die standardmäßige Ethernet-Hardware und die entsprechenden Netzwerkkomponenten (Switches) zum Einsatz, doch es erfolgt eine Priorisierung der Datagramme in den Switches durch Prioritäts-Tagging gemäß IEEE. Dies ermöglicht deterministische Antwortzeiten im Bereich von 0,25 bis 10 Millisekunden und öffnet das Ethernet für völlig neue Industrieanwendungen.

Für die Echtzeitkommunikation mit anderen Remote-IOs und weiteren Feldgeräten von Profinet wird der RT-Kanal genutzt. Da sowohl Ethernet als auch drahtloses LAN auf dem Normensatz IEEE 802.xx basieren, kann Profinet einfach für die Drahtloskommunikation über Zugangspunkte erweitert werden.

Profinet für „hartes“ Motion Control

Für leistungsstarke Anwendungen im Bereich von Motion Control, zum Beispiel zur mikrosekundengenauen Koordinierung hunderter Achsen, umfasst Profinet auch einen isochronen Real-Time-Kanal (IRT - Isochronous Real-Time). Profinet mit IRT bietet zusätzliche Hardware-Unterstützung durch standardmäßige Profinet-ASICs, um einen besonders hohen Synchronisierungsgrad zu erreichen. Mit reservierten Zeitfenstern werden Datagramme in einer zuverlässigen zyklischen Abfolge übermittelt, während die verbleibende Zykluszeit für die standardmäßige TCP/IP-Kommunikation genutzt wird.



Kritische Daten für Motion Control werden über den IRT-Kanal an Profinet übermittelt, um eine präzise und deterministische Antwort zu gewährleisten.

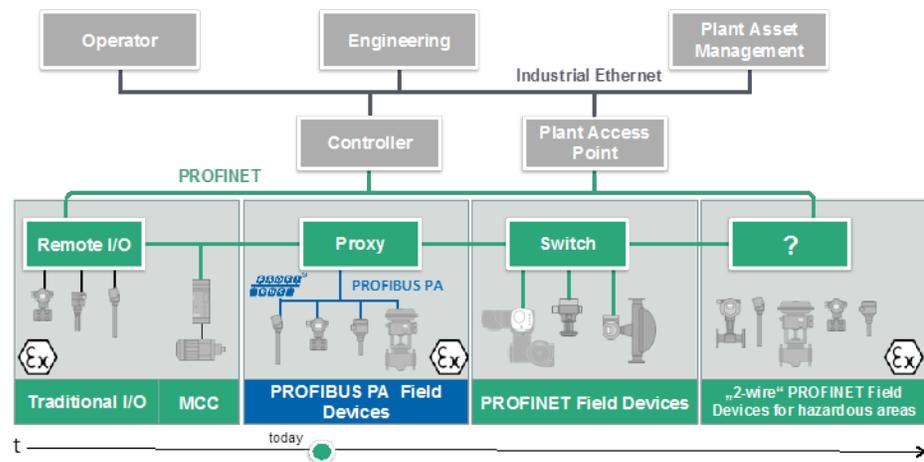
Profinet mit IRT hat technologische Grenzen gesprengt, da nun hunderte von Maschinenachsen elektronisch statt wie bisher mechanisch synchronisiert werden können. Mit Motion Controllern wurden diese mechanischen Verbindungen durch elektronische Koppelung ersetzt, was eine schnelle Neukonfiguration der Achsenbewegungen möglich macht. Dies erhöht die Flexibilität einer Maschine deutlich, so dass Umstellungen auf ein anderes Produkt innerhalb von Minuten und nicht mehr innerhalb von Stunden oder Tagen möglich sind. Somit können Produktionsunternehmen mehr Produkte als bisher auf einer einzelnen Maschine fertigen.

Profinet in den Prozessindustrien

Profinet wurde erweitert, um auf die spezifischen Anforderungen von Anwendern in den Prozessindustrien einzugehen. Als Backbone eignet sich Profinet ideal für die Zusammenführung von in Steuerungssystemen und Feldgeräten gespeicherten Prozessdaten. Nutzer von Prozessinstrumenten haben über Jahre hinweg nennenswert in Feldgeräte für Prozessanwendungen investiert, die mit einer Zweileiter-Stromschleife (4-20 mA), HART, Profibus PA oder FF H1 verdrahtet sind. Darüber hinaus gibt es in vielen verfahrenstechnischen Anwendungen bereits eine installierte Basis intelligenter Geräte, vom einfachen Remote-IO bis hin zu Motorsteuerungszentren, die über Feldbusse wie Profibus DP, Modbus oder DeviceNet vernetzt sind. Um diese Investitionen zu schützen, führt PI seine Entwicklungsarbeiten im Bereich der Netzwerklösungen für die Prozessautomatisierung fort.

Profibus PA ist der Feldbus von PI für Prozessanwender mit dem Physical Layer (Kabel) gemäß IEC 61158-2 (diese versorgt die Feldinstrumente, begrenzt aber den Strom im Hinblick auf die Verwendung in explosiven oder gefährlichen Umgebungen). Diese Merkmale sind für Prozessanwendungen zwar entscheidend, doch die Leistungsfähigkeit dieses Physical Layer hat Grenzen. Aufgrund von Übertragungsgeschwindigkeiten im Bereich von Kilobits pro Sekunde eignen sich solche Lösungen nicht für die Datenübertragung mit den Volumina und Geschwindigkeiten, die von den informationsgetriebenen Unternehmen der Zukunft gefordert werden. Um dieses Problem zu beheben, arbeitet PI an der direkten Integration der Prozessfeldgeräte in Profinet.

Das nachstehende Diagramm zeigt eine Zeitleiste mit vier Phasen der Integration von PA-Geräten in Profinet. In der bereits seit einiger Zeit abgeschlossenen ersten Phase können die Feldgeräte entweder direkt oder über Remote-IO-Module mit Profinet verbunden werden, und zwar auch solche Geräte, die in explosiven oder gefährlichen Umgebungen zum Einsatz kommen. In der zweiten Phase, die ebenfalls bereits abgeschlossen ist, können die Feldgeräte in Profibus PA über einen Proxy mit Profinet verbunden werden. Phase drei beinhaltet eine Aktualisierung des PA-Devices-Profiles, um den direkten Anschluss der Prozessfeldgeräte an Profinet und das entsprechende Mapping für die Verwendung in nicht gefährlichen Umgebungen zu ermöglichen.



PI entwickelt sein Feldbus-Portfolio für Prozessanwendungen weiter, um die direkte Integration von Prozessfeldgeräten in Profinet zu ermöglichen.

Die vierte Phase ist sehr interessant. Das Verbinden von Prozessfeldgeräten für den Einsatz in explosiven oder gefährlichen Umgebungen mit einem

Netzwerk, das ausreichend schnell ist, um Daten entsprechend den heutigen Verbindungsanforderungen zu übertragen, bedeutet, dass ein Hochgeschwindigkeitsnetzwerk wie Ethernet bis hinab auf die Ebene der Prozessgeräte geführt wird. Doch Ethernet erfüllt nicht die strengen elektrischen Vorgaben für eine derartige Verwendung. Gebraucht wird daher ein neuer Physical Layer für hohe Geschwindigkeiten, der diese Anforderungen erfüllt.

Um dieser Herausforderung zu begegnen, werden derzeit zwei neue Konzepte von der Advanced Physical Layer Group (APL), einem Konsortium von Herstellern aus der Prozessautomatisierung, evaluiert. Beide Konzepte beinhalten einen neuen Physical Layer auf Zweileiter-Basis zur Strom- und Datenübertragung, ähnlich wie bei den derzeitigen Feldbussen in der Prozessautomatisierung. Allerdings soll der Physical Layer IP-fähig werden und Übertragungsgeschwindigkeiten im Bereich moderner Ethernet-Netzwerke bieten, so dass die Erwartungen der heutigen Nutzer in Bezug auf Hochleistung und nahtlose Verbindungsfähigkeit erfüllt werden. Die APL hofft, bis Ende 2015 ein Konzept bestimmen zu können, um den Mitgliedsunternehmen eine klare Orientierung für die anstehenden Entwicklungsarbeiten zu geben. Die Roadmap für den letzten Schritt ist aus heutiger Sicht noch offen.

Profinet und OPC

Das Lesen von Informationen aus Geräten unterhalb des Controllers wird von Profibus oder Profinet gehandhabt, die eine physikalische Ebene und Anwendungsprofile mit der für bestimmte Funktionen erforderlichen Leistungsfähigkeit bereitstellen. Doch wie steht es um die Kommunikation mit Geräten wie Bedienerstationen auf der Controller-Ebene oder darüber, insbesondere in einer Umgebung mit unterschiedlichen Anbietern? Anstatt eine eigene Routine zu programmieren, um die Kommunikation der Geräte untereinander zu ermöglichen, können die Anwender die Vorteile von OPC nutzen.

OPC ist ein Standard für Interoperabilität im Bereich der industriellen Automatisierung, der eine Vielzahl von Kommunikationsprotokollen umfasst. OPC fasst Controller-spezifische Protokolle in einer standardisierten Schnittstelle zusammen, um Lese- und Schreibanfragen im allgemeinen OPC-Format in gerätespezifische Anfragen umzuwandeln und umgekehrt. Somit dient OPC als entscheidendes Bindeglied, um die nicht deterministische Kommunikation zwischen verschiedenartigen Geräten zu

ermöglichen. Aufgrund der Bedienerfreundlichkeit und der Unterstützung zahlreicher Produkte und Protokolle erfreut sich OPC großer Beliebtheit im Automatisierungssektor.

Profinet und Sicherheit

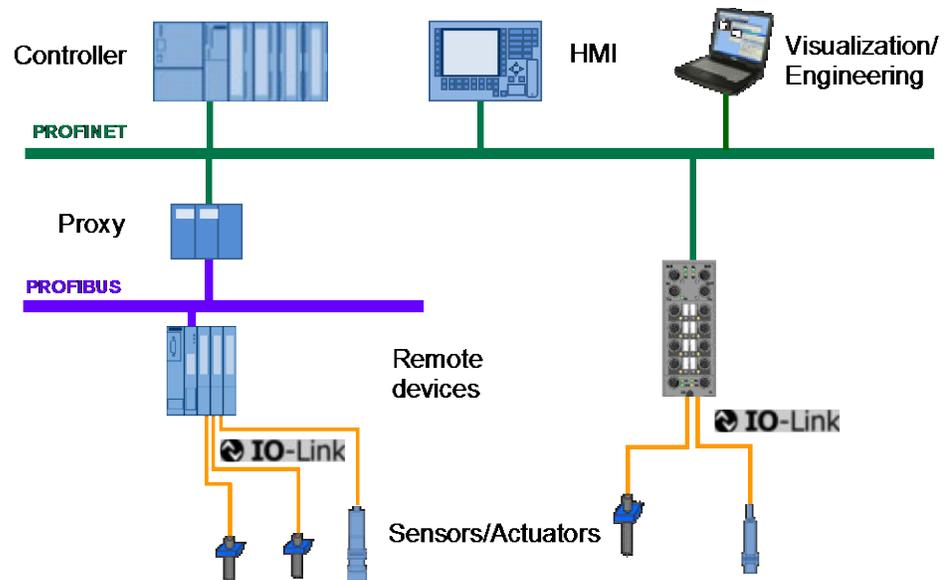
PI hat Profisafe, ein vom TÜV zertifiziertes Profil für Sicherheitsanwendungen für Profibus, 1999 vorgestellt und 2005 eine weitere Zertifizierung für die Nutzung in Profinet-Systemen erhalten. Die Einführung von Profisafe läutete eine neue Ära im Bereich der Industrienetze ein, in der ein einzelner Bus sowohl standardmäßige als auch sicherheitsbezogene Meldungen übertragen konnte, so dass kein separater Sicherheitsbus mehr benötigt wurde.

Profisafe ist für den nahtlosen Betrieb in Verbindung mit allen möglichen Profibus- und Profinet-Architekturen ausgelegt. So entstand ein vollständiges System mit SIL-3-Zertifizierung in einer einzigen Architektur, das die Möglichkeit bietet, Profisafe in einer redundanten Architektur zu nutzen, um die Verfügbarkeit zu erhöhen. Da Ethernet und drahtlose Kommunikation auf dem gleichen Normensatz IEEE 802.xx basieren, lässt sich Profisafe auch nahtlos auf drahtlose Geräte ausweiten.

IO-Link

IO-Link ist eine offene Technologie für die Kommunikation mit Sensoren und Aktoren und in der Norm IEC 61131-9 definiert. Die Punkt-zu-Punkt-Kommunikation mit IO-Link basiert auf der bereits seit langem verbreiteten Verbindung von Sensoren und Aktoren mit drei Leitern, bei der keine weiteren Kabel notwendig sind. Ein IO-Link-Master kann mehrere Kanäle bedienen, doch bei jedem handelt es sich um eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zu Sensoren, die für IO-Link ausgelegt sind, so dass es sich bei IO-Link nicht um einen Feldbus im klassischen Sinn handelt. IO-Link-Daten können über einen Feldbus oder über direkt mit Profinet verbundene IO-Geräte auf höhere Ebenen übertragen werden.

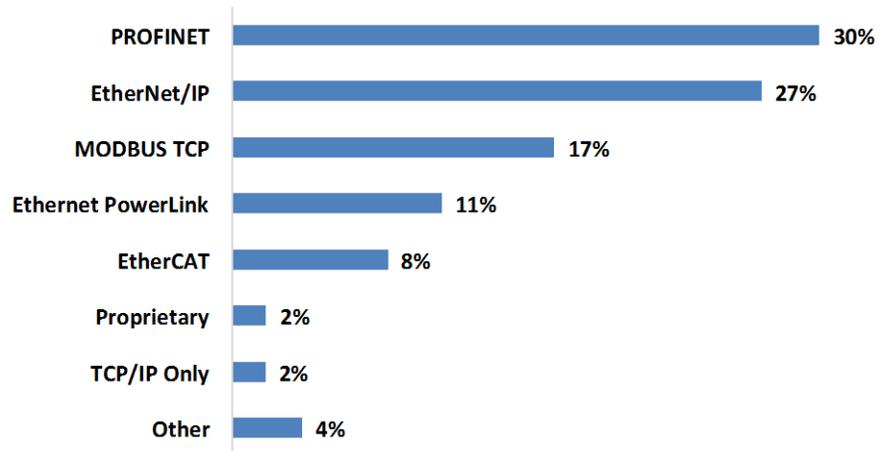
Im Kontext von Industrie 4.0 sind IO-Link-Geräte mit ihrer Gerätebeschreibung (IODD) verknüpft, einer virtuellen Beschreibung der Konfigurationsparameter. Somit ist IO-Link gut für die Verwaltungsschale einer Industrie 4.0 Komponente vorbereitet.



IO-Link integriert Sensoren und Aktoren in Feldbusse und bietet die Möglichkeit zur zusätzlichen bidirektionalen Kommunikation über vorhandene Leitungen.

Die Marktposition von Profinet

Mehr als ein Jahrzehnt nach der Markteinführung hat sich der „Nebel gelegt“ und die Marktpositionen der fünf führenden industriellen Ethernet-Protokolle freigelegt. Untersuchungen von ARC zufolge hat Profinet 2013 die Führungsposition bei der Anzahl der industriellen Ethernet-Geräte mit einem bestimmten Protokoll übernommen. Obgleich dieser Erfolg sicherlich im Zusammenhang mit der marktführenden Position von Siemens, dem größten Anbieter von für Profinet ausgelegten Geräten, zu sehen ist, trugen auch andere Automatisierungsanbieter, die Profinet aktiv unterstützen, ihren Teil bei. Dazu zählen unter anderem ABB, Endress+Hauser, GE, Murr Elektronik, Pepperl+Fuchs, Phoenix Contact, SEW, Sick und WAGO.



Marktanteile auf Basis der Umsätze bei Geräten nach verwendetem industriellem Ethernet-Protokoll, Basisjahr 2013.
Quelle: ARC Advisory Group

Ein wichtiger Aspekt, der sich in der oben dargestellten Momentaufnahme nicht widerspiegelt, ist das deutliche Wachstum, das ARC für den industriellen Ethernet-Markt prognostiziert. Die Akzeptanz des industriellen Ethernets ist in den vergangenen Jahren deutlich größer geworden, und ARC erwartet zwischen 2013 und 2018 einen jährlichen Anstieg des Geräteabsatzes von knapp 20 Prozent, auch wenn die mittleren Verkaufspreise leicht abnehmen werden – eine Verdopplung des Marktes in fünf Jahren. Als Marktführer dürfte Profinet von dieser Wachstumsphase profitieren.

Fazit

Während an Industrie 4.0 noch weiter gearbeitet und standardisiert wird, haben die aus diesem Konzept freigesetzten Ideen und Konzepte in der verarbeitenden Industrie und in der Prozessindustrie ein nie zuvor dagewesenes Bewusstsein für eine gemeinsame IT-getriebene Vision zur Zukunft der Produktion geschaffen.

Um von Industrie 4.0 zu profitieren, müssen die fertigenden Unternehmen ihre IT-Strategien überdenken und die neuen Anforderungen eines wirklich informationsgetriebenen Unternehmens berücksichtigen. Dies beinhaltet sowohl Anwendungen auf der Unternehmensebene für die geschäftliche Planung und Ausführung, als auch Anwendungen für die Produktion als Quelle der Informationen aus den Produktionsprozessen. Eine durchdachte und zukunftsfähige Automatisierungsarchitektur ist entscheidend, um die

zur Erfüllung dieser Anforderungen notwendige Infrastruktur bereitstellen zu können.

Dank des industriellen Ethernet haben die produzierenden Unternehmen Zugriff auf Daten, die zuvor hinter technischen Mauern verborgen waren und nun wirkungsvoll in Produktions- und Unternehmensanwendungen genutzt werden können, um besser messen und verstehen zu können, was in Produktionsprozessen geschieht, um Kosten zu senken und die Produktivität zu steigern. Ethernet kann die Datenerfassung auf der Werksebene deutlich erleichtern, was besonders nützlich ist, wenn die Daten anschließend effektiv ausgewertet werden, zum Beispiel mit Anwendungen für das Asset Management.

PI bietet unter dem Namen Profinet eine umfassende Suite an Lösungen für das Ethernet in Prozessanlagen oder Werken an. PI ist mit seinem technologischen Portfolio gut für zukünftige Herausforderungen gerüstet. Derzeit wird in Konzepten der Bedarf für mögliche Erweiterungen geprüft, so dass die Forderungen aus Industrie 4.0 vollständig erfüllt werden. PI kann jedoch nicht alles allein erreichen. Die Kooperation mit anderen Organisationen, die an offenen Standards arbeiten, vereinfacht die vertikale Weitergabe von Informationen unter Verwendung von OPC UA und eines gemeinsamen Ansatzes für das Asset Management mit FDI – stets im Geiste von Industrie 4.0.

Analyst: David W. Humphrey

Editor: Paul Miller

Acronym Reference: For a complete list of industry acronyms, please refer to www.arcweb.com/research/pages/industry-terms-and-abbreviations.aspx

API	Application Program Interface	HMI	Human Machine Interface (Bedienschnittstelle)
B2B	Business-to-Business	IOP	Interoperabilität
BPM	Business Process Management	IT	Informationstechnologie
CAGR	Compound Annual Growth Rate (jährliche Wachstumsrate)	MIS	Management Information System
CAS	Collaborative Automation System	OpX	Operational Excellence
CMM	Collaborative Management Model	PAS	Prozessautomatisierungssystem
CPM	Collaborative Production Management	PLC	Programmable Logic Controller (SPS)
CRM	Customer Relationship Management	PLM	Product Lifecycle Management
DCS	Distributed Control System	RFID	Radio Frequency Identification
EAM	Enterprise Asset Management	ROA	Return on Assets
ERP	Enterprise Resource Planning	RPM	Real-time Performance Management

Die 1986 gegründete ARC Advisory Group ist das führende Marktforschungs- und Beratungsunternehmen der Branche. Aufgrund unserer Abdeckung eines breiten technologischen Felds, von Business-Systemen über Produkt- und Asset-Lifecycle-Management, Lieferkettenmanagement und Betriebsmanagement bis hin zu den Automatisierungssystemen sind wir ein gefragter Ansprechpartner für Unternehmensleiter und IT-Entscheider auf der ganzen Welt. Unsere Analysten verfügen über Branchenkenntnis und können auf unmittelbare Erfahrung zurückgreifen, um unseren Kunden die besten Antworten in den komplexen Geschäftssituationen der heutigen Wirtschaftswelt geben zu können.

Alle Informationen in diesem Bericht sind Eigentum von ARC und entsprechend urheberrechtlich geschützt. Ohne Genehmigung von ARC ist eine Vervielfältigung weder vollständig noch in Teilen gestattet. Die Forschungsarbeiten wurden zum Teil von Profibus und Profinet International unterstützt. Die in diesem Dokument von ARC geäußerten Ansichten basieren jedoch auf den unabhängigen Analysen von ARC.

Sie können von den umfangreichen fortlaufenden Untersuchungen von ARC und von der Erfahrung unserer Mitarbeiter profitieren, wenn Sie unsere Beratungsdienste in Anspruch nehmen. Die Beratungsdienste von ARC sind speziell auf Führungskräfte abgestimmt, die an Strategien und Ausrichtungen für ihre Unternehmen arbeiten. Wenn Sie Informationen zur Mitgliedschaft erhalten möchten, wenden Sie sich bitte per Anruf, Fax oder Brief an:

ARC Advisory Group GmbH & Co KG, Stadttor 1, D-40219 Düsseldorf
Besuchen Sie uns im Internet unter www.arcweb.com



3 ALLIED DRIVE DEDHAM, MA 02026 USA 781-471-1000

USA | GERMANY | JAPAN | KOREA | CHINA | INDIA | BRAZIL | ARGENTINA