

**Kurzbeschreibung von PROFInet
in deutscher Sprache
zusammengestellt
für DKE**

1. ROFINet im Überblick

Mit PROFINet ist ein modernes Konzept für verteilte Automatisierungssysteme entstanden, das auf Ethernet basiert und bestehende Feldbussysteme (insbesondere PROFIBUS) ohne Änderungen einfach integriert. Dies stellt einen wichtigen Aspekt für die geforderte Durchgängigkeit von der Unternehmensleitenebene bis hin zur Feldebene dar. Darüber hinaus ist dies ein entscheidender Beitrag zum Investitionsschutz für den Anwender, denn bestehende Anlagenteile können unverändert in PROFINet eingebunden werden.

1.1 PROFINet Komponentenmodell

Anlagen bestehen üblicherweise aus mehreren Teileinheiten, die als *technologische Module* weitgehend autonom agieren und sich untereinander durch eine überschaubare Anzahl von Signalen zur Synchronisation, Ablaufsteuerung und Informationsaustausch koordinieren. Das PROFINet-Komponentenmodell legt solche technologischen Module zugrunde. Die technologischen Module bestehen aus der Zusammenführung von Mechanik, Elektronik und Anwenderprogramm, also aus den Teilen, die zu einer intelligenten Funktionseinheit gehören.

PROFINet nutzt die in der IT-Welt bewährte Komponententechnologie, d.h. die gesamte Funktionalität eines technologischen Moduls wird in einer zugehörigen Software-Komponente gekapselt. Eine solche Komponente wird als Objekt modelliert und als Blackbox betrachtet.

Nach außen wird ein technologisches Komponenten-Interface definiert, um mit anderen Komponenten innerhalb der verteilten Anlage zu kommunizieren. An der Schnittstelle sind nur die Variablen zugänglich, die für das Zusammenspiel mit anderen Komponenten benötigt werden. Beim Anlagen-Engineering erfolgt die Festlegung der Kommunikationsbeziehungen zwischen den Komponenten und deren Geräten durch Verschalten von Verbindungen zwischen den Komponenteninterfaces zu einer spezifischen Applikation.

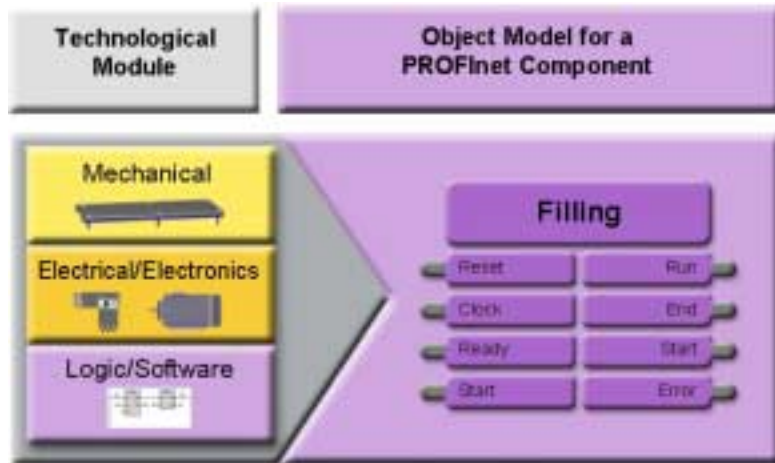


Abbildung 1: Komponentenmodellierung bei PROFINet

Ein so konzipiertes verteiltes Automatisierungssystem bildet die Voraussetzung für die Modularisierung von Anlagen und Maschinen und damit für die Wiederverwendung von Anlagen- und Maschinenteilen. Dadurch werden Engineeringkosten erheblich gesenkt.

1.2 PROFINet Runtime

Auf der Basis des Komponentenmodells bietet PROFINet ein offenes objektorientiertes *Kommunikations-Konzept*, das die gängigen und standardisierten Ethernet-Kommunikationsmechanismen basierend auf TCP/IP nutzt. Oberhalb dieser Basismechanismen wurde das DCOM-Wire-Protokoll implementiert, das für die Kommunikation zwischen den PROFINet-Komponenten verwendet wird. Dabei werden die PROFINet-Komponenten in Form von Objekten abgebildet. Zusätzlich wird für Anwendungen mit Echtzeitanforderungen ein optimierter Kommunikationsmechanismus zur Verfügung gestellt.

Diese Verwendung etablierter, auf Ethernet basierender IT-Techno-

logien sind die Voraussetzungen für die Verbindung der Automatisierungsebene mit der Unternehmensleitenebene.

1.3 PROFINet Engineering

Für eine anwenderfreundliche Projektierung eines PROFINet-Systems wurde ein herstellerübergreifendes *Engineering-Konzept* geschaffen. Es verwendet ein Engineering-Objektmodell, das auf dem gleichen Objektmodell aufbaut wie die PROFINet-Runtime. Mit dem Engineering-Objektmodell lassen sich zum einen Projektierungswerkzeuge entwickeln, die Komponenten unterschiedlicher Hersteller verwenden können, und zum anderen hersteller- bzw. anwenderspezifische Funktionserweiterungen zulassen.

Das Engineering Modell unterscheidet zwischen der Programmierung der Steuerlogik der einzelnen technologischen Module und der technologischen Projektierung der Gesamtanlage. Eine anlagenweite Applikation wird in drei Stufen gebildet.



Abbildung 2: Das PROFINet-Engineeringkonzept

Komponentenerzeugung

Das Erzeugen der Komponenten als Abbild der technologischen Module erfolgt durch die Maschinen- oder Anlagenbauer. Die Programmierung und Konfigurierung der Geräte erfolgt wie bisher mit den jeweiligen herstellerspezifischen Tools (Abbildung 3). Auf diese Weise können vorhandene Anwenderprogramme sowie das Know-how von Programmierern und Servicepersonal weiter verwendet werden.

Anschließend wird die Anwendersoftware in Form einer PROFInet-Komponente gekapselt. Dabei wird eine Komponentenbeschreibung in Form einer XML-Datei erzeugt, deren Inhalte in PROFInet spezifiziert sind. Diese Komponentenbeschreibungen werden in die Bibliothek des Verschaltungseditors importiert.

Komponentenverschaltung

Die erzeugten PROFInet-Komponenten werden mit dem PROFInet-Verschaltungseditor per Maus-Klick aus einer Bibliothek heraus zu einer Applikation verschaltet (Abbildung 3). Das Verschalten ersetzt die bisher aufwändige Programmierung der Kommunikationsbeziehungen durch einfaches grafisches Projektieren.

Der Verschaltungseditor führt die einzelnen verteilten Anwendungen anlagenweit zusammen. Er arbeitet herstellerunabhängig, d.h. er verschaltet PROFInet-Komponenten beliebiger Hersteller.

Download der Verschaltungsinformation

Nach der Komponentenverschaltung wird die Verschaltungsinformation sowie Code und Konfigurationsdaten der Komponenten per Maus-Klick in die PROFInet-Geräte heruntergeladen. Damit kennt jedes Gerät alle seine Kommunikationspartner, Kommunikationsbeziehungen und die auszutauschenden Informationen. Die verteilte Anwendung kann danach ausgeführt werden.

1.4 Feldbusintegration

Die Akzeptanz von PROFInet durch den Markt hängt unter anderem davon ab, ob bestehende Feldbus-Anlagen ohne große Aufwendungen mit PROFInet erweitert werden können. Für den Anlagen-



Abbildung 3: Komponentenerzeugung und -verschaltung



Abbildung 4: Download der Verschaltungsinformation zu PROFInet-Geräten

betreiber kann ein völlig transparenter Übergang von existierenden Teilen zu den neu installierten realisiert werden.

Die Integration von Feldbussystemen (z.B. von PROFIBUS) kann in zwei Formen erfolgen:

- *Die Einbindung von Feldbus-Geräten über Proxies:* Jedes Feldgerät stellt eine eigenständige PROFInet-Komponente dar, deren Kommunikation zu anderen Komponenten im PROFInet-Verschaltungseditor projiziert wird. Dabei ist der Proxy der Stellvertreter für alle Feldbus-Geräte in der Ethernet-Kommunikation.
- *Die Einbindung von Feldbus-applikationen:* Ein Feldbus-

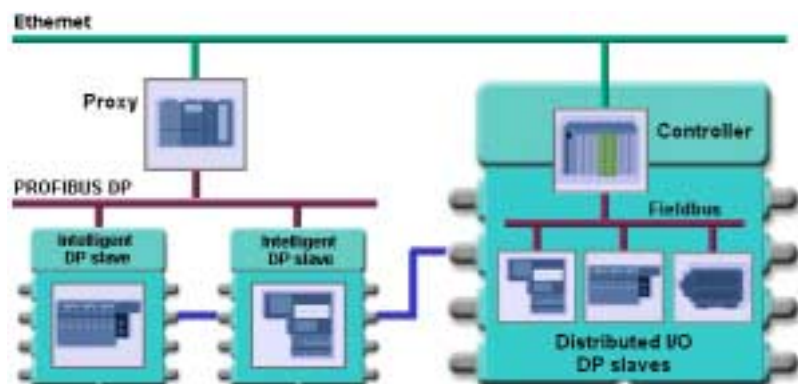


Abbildung 5: Feldbusintegration bei PROFInet

segment stellt eine in sich geschlossene PROFInet-Komponente dar, deren Stellvertreter (z.B. eine Steuerung) eine PROFInet-Anschaltung enthält. Somit wird die gesamte Funktionalität des unterlagerten Feldbusses in Form einer Komponente am Ethernet zur Verfügung gestellt.

Trotz konzeptioneller Unterschiede gegenüber Feldbussystemen wie PROFIBUS ist es damit bei PROFInet gelungen, die Netzübergangsstrategien von Ethernet auf einen Feldbus so festzulegen, dass der o.g. Idealfall (voll transparenter Übergang) zum Tragen kommt. Bestehende Anlagenteile müssen nicht angepasst werden. Für die Anbieter von PROFIBUS-Produkten stellt sich die gleiche Situation dar. Auch sie können ihre PROFIBUS-Produkte in PROFInet-basierten Systemen unverändert einsetzen, was einen wichtigen Beitrag zum Investitionsschutz sowohl beim Gerätehersteller als auch beim Anlagen- und Maschinenbauer darstellt.

2. Komponentenmodell

PROFINet unterstützt die Modularisierung von Anlagen und Maschinen durch die Verteilung der Steuerungslogik (Intelligenz) auf eine Vielzahl von Automatisierungs- und intelligenten Feldgeräten. Diese technologische Modularisierung ist ein wesentliches Merkmal verteilter Automatisierungssysteme und erleichtert die Wiederverwendung und Standardisierung von Maschinen- und Anlagenteilen. Darüber hinaus wird der Zeitaufwand für die Inbetriebnahme vor Ort erheblich reduziert, da die Module bei den jeweiligen Herstellern vorab umfassender getestet werden können.

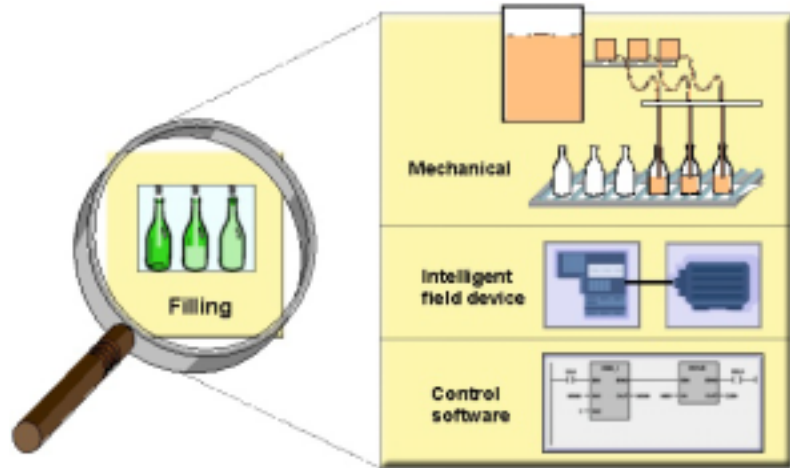


Abbildung 6: Technologischen Module bei PROFINet

2.1 Technologische Module

Die Funktion einer automatisierten Anlage bzw. Maschine – beim Herstellungsprozess von Gütern – wird in einem festgelegten Zusammenspiel von Mechanik, Elektrik/Elektronik und der Steuerungslogik/Software erbracht. Nach diesem Prinzip definiert PROFINet funktionell die Teile Mechanik, Elektrik/Elektronik und Steuerungslogik/Software zu einem *technologischen Modul* (siehe Abbildung 6). Ein solches technologisches Modul wird wiederum durch eine Software-Komponente, die PROFINet-Komponente, modelliert.



Abbildung 7: Beispiel einer PROFINet-Komponente mit Interface-Variablen

2.2 PROFINet Komponente

Eine PROFINet-Komponente (Abbildung 7) repräsentiert ein technologisches Modul im anlagenweiten Engineering. Sie kapselt dessen Automatisierungsfunktionalität in einer Softwarekomponente und besitzt aus technologischer Sicht

ein Interface, das die Variablen enthält, die für das Zusammenspiel mit anderen Komponenten benötigt werden. Im PROFINet-Verschaltungseditor werden die Interfaces graphisch verschaltet.



Abbildung 8: Verschaltete Komponenten

PROFINet-Komponenten basieren auf dem offenen Kommunikationsstandard COM von Microsoft. Dieses Komponentenmodell ermöglicht es, dass Objekte unterschiedlicher Herkunft über definierte Interfaces miteinander kommunizieren können. Software-Komponenten können wie Bausteine flexibel kombiniert und leicht wiederverwendet werden, unabhängig davon, wie sie intern realisiert wurden. Die Zugriffsmechanismen auf die Komponenten-Interfaces sind bei PROFINet einheitlich definiert.

Granularität der technologischen Module

Bei der Festlegung der Granularität von Modulen ist deren Wiederverwendbarkeit in verschiedenen Anlagen mit Blick auf die Kosten und die Verfügbarkeit zu betrachten. Das Ziel dabei ist, Einzelkomponenten nach dem Baukastenprinzip möglichst flexibel zu einer Gesamtanlage zusammenfügen zu

können. Eine zu feine Granularität lässt auf der einen Seite die technologische Sicht der Anlage komplexer werden. Dies hat höhere Engineeringkosten zur Folge. Eine zu grobe Granularität andererseits verringert den Grad der Wiederverwendbarkeit. Dies zieht wiederum höhere Implementierungskosten nach sich.

Für eine möglichst hohe Wiederverwendbarkeit von einzelnen Anlagen- und Maschinenmodulen ist eingehend zu untersuchen, welche der Teile als Standard-Module immer wieder unverändert verwendet werden können.

Die Software-Komponenten erstellt der Hersteller der Maschine oder Anlage. Einen entscheidenden Einfluss auf Senkung der Engineering- und Hardwarekosten sowie das zeitliche Verhalten der Automatisierungsanlage hat das *Komponentendesign*. Die Granularität (d.h. Größe der Maschine/Anlage oder der festgelegten Teilmaschinen/anlagen) bei der Definition einer Komponente kann von einem einzelnen Gerät bis zu einer kompletten Maschine mit einer Vielzahl von Geräten reichen.

2.3 Komponentenbeschreibung mit XML

PROFINet-Komponenten werden in XML beschrieben. Die so entstehende XML-Datei enthält Informationen über die Funktionen und Objekte der PROFINet-Komponente. Im Einzelnen enthält die XML-Komponentendatei bei PROFINet folgende Angaben:

- *Beschreibung der Komponente als Bibliothekselement:* Komponenten-Identifikation, Komponenten-Name
- *Beschreibung der Hardware:* Speicherung der IP-Adresse, Zugriff auf Diagnosedaten, Download der Verschaltungen
- *Beschreibung der Software-Funktionalität:* Zuordnung Software <-> Hardware, Komponenten-Interface, Eigenschaften der Variablen wie deren technologischer Name, Datentyp, Richtung (Ein- oder Ausgabe)
- *Ablageort des Komponentenprojekts*

Um die Wiederverwendbarkeit zu unterstützen, werden Komponenten-Bibliotheken gebildet.

2.4 Component Object Model (COM)

COM von Microsoft ist eine konzeptionelle Weiterentwicklung der Objektorientierung und ermöglicht die Entwicklung von Anwendungen auf der Basis vorgefertigter Komponenten. PROFInet benutzt dieses Komponentenmodell. PROFInet Objekte sind damit COM Objekte, die auf Aufgabenstellungen der Automatisierung zugeschnitten sind.

Ein COM-Objekt und somit auch ein Automatisierungsobjekt besteht

Objekte

Objekte sind (in der Informatik) dadurch gekennzeichnet, dass sie in bestimmter Weise abgeschlossene Einheiten bilden und mit anderen, ähnlichen Objekten (Komponenten) in Beziehung stehen können. In der objektorientierten Programmierung ist ein Objekt als Gruppe von Eigenschaften und Methoden definiert. Weiterhin gilt die Vereinbarung, dass Objekte niemals von außen, sondern nur durch ihre eigenen Methoden geändert werden. Das geschieht durch Nachrichten, die einzelne Objekte einander zusenden.

Als Klasse bezeichnet man die Menge von Objekten, die über definierte gemeinsame Eigenschaften verfügen. Instanzen sind konkrete Objekte, die man mit Hilfe einer Klasse realisiert. Als Methoden bezeichnet man die Funktionen, die Bestandteile der Objekte sind. Als Botschaften oder Nachrichten bezeichnet man den Datenaustausch zwischen Objekten, der Aktionen auslösen kann. Auf den Interfaces eines Objektes ist eine bestimmte Menge von Funktionen lokalisiert.

Was ist XML?

Die eXtensible Markup Language (XML) ist eine flexible, leicht verständliche und leicht erlernbare Datenbeschreibungssprache. Information wird mit Hilfe von lesbaren XML-Dokumenten ausgetauscht. Diese enthalten mit Strukturierungsinformation angereicherten Fließtext. Ein XML-Dokument besteht aus Elementen und Attributen. Elemente können weitere Elemente enthalten. Attribute sind Elementen zugeordnet. Durch die Wahl von Elementen und Attributen erfolgt eine Strukturierung. XML legt fest, dass Elemente durch frei definierbare Tags gekennzeichnet werden. Ein XML-Dokument wird als well-formed bezeichnet, wenn es der XML-Syntax entspricht. Ein Dokument wird als valid bezeichnet, wenn es darüber hinaus einer Vorlage, dem Schema entspricht. Das Schema selber ist ebenfalls unter Verwendung von XML notiert. Ein Schema definiert damit eine Sprache zur Strukturierung von Information in einem bestimmten Einsatzgebiet. Die Erstellung von XML-Dokumenten und Schema sowie die Validierung und Verarbeitung der Dateien wird durch eine Vielzahl von Werkzeugen unterstützt. Die Bearbeitung der Dokumente, das betrifft ihre Umwandlung, Verarbeitung und Darstellung, ist flexibel gestaltbar.

XML-Dokumente können auf verschiedenen Wegen zwischen Anwendungen ausgetauscht werden, z. B. per Diskette, per Email, unter Verwendung von HTTP, unter Verwendung von TCP/IP. Die Unterstützung von XML ist heute auf praktisch allen Systemen gewährleistet. Damit können auch heterogene System durch Austausch von XML-Dokumenten sehr leicht miteinander interagieren.

grundsätzlich aus einem

- *Interface:* wohldefinierte Schnittstelle mit Methoden sowie dessen
- *Implementierung:* Realisierung der definierten Schnittstelle und deren Semantik

In COM ist die Kommunikation innerhalb eines Prozesses, zwischen zwei Prozessen auf einem Gerät und zwischen zwei Prozessen auf verschiedenen Geräten definiert.

2.5 Automatisierungsobjekte zur Runtime und im Engineering

Werden Automatisierungsobjekte bei PROFInet verwendet, wird grundsätzlich zwischen dem *Objekt im Engineeringsystem* (ES-Object) und dem *Objekt im Runtimesystem* (RT-Object) differenziert. Dabei ist das ES-Object der Repräsentant des RT-Objects im Engineering.

Die Grundidee dabei ist, dass jedem RT-Objekt im Runtimesystem genau ein ES-Object im Engineeringsystem entspricht. Damit sind die beiden Objektmodelle aufeinander abgeglichen. Dadurch sind keine langwierigen Umsetzungs- und Abbildungsvorgänge zwischen dem Engineering- und dem Runtimesystem notwendig.

3. Engineering bei PROFInet

Im PROFInet Engineering werden PROFInet-Komponenten erzeugt und verschaltet, die zur Runtime die Automatisierungsfunktionalität erbringen.

Entsprechend der drei Schritte Komponentenerzeugung (Programmierung), Verschaltung (Projektion) und Runtime gibt es drei verschiedene Ausprägungen von Automatisierungsobjekten.

3.1 Komponentenerzeugung

Bei der Erzeugung einer Komponente als Abbild eines technologischen Moduls entsteht als Vorlage für ein *ES-Object* zunächst das Bibliotheks-Objekt. Es enthält die Beschreibung der Interfaces und die Programmierung der entsprechenden Methoden. Diese Vorlage wird als Komponentenbeschreibung in Form einer XML-Datei in einer Bibliothek abgelegt.

Das Erzeugen der Komponentenbeschreibung erfolgt mit den jeweiligen herstellerspezifischen Programmier- und Konfigurierungstools. Die Erzeugung durch ein herstellerspezifisches Tool setzt voraus, dass dieses über den Component Generator verfügt, der die Erzeugung der PROFInet-spezifischen XML-Datei der PROFInet-Komponente ermöglicht.

Alternativ kann für die Erstellung der XML-Datei ein herstellerunabhängiger „PROFInet Komponenten-Editor“ verwendet werden, der auf der PROFIBUS Website zum Download angeboten wird.

Wird anschließend die Komponentenbeschreibung in der PROFInet-Applikation instantiiert, so entstehen die eigentlichen Engineering Objekte Device-Object (ES-Device) und Automation-Object (ES-Auto).

- Das *ES-Device* ist der Repräsentant eines Geräts im Engineering. Dabei kann es sich um ein Gerät mit fester oder ladbarer Funktionalität handeln.

- Das *ES-Auto* ist der Repräsentant einer Automatisierungsfunktion im Engineering und dient der anwendungsspezifischen Verschaltung und Parametrierung.

3.2 Verschaltung der Automatisierungsobjekte

Durch die Verschaltung der ES-Autos wird die konkrete Anlage beschrieben. Durch die Möglichkeit der Komponentenverschaltung bei der Projektierung ergeben sich gegenüber der Programmierung einer Anlagenfunktionalität wesentliche Vorteile. Beim Programmieren werden Detail-Kenntnisse über Einbindung und Ablauf der Kommunikationsfunktionen im Gerät benötigt. Es muss bereits zum Zeitpunkt der Programmierung feststehen, welche Geräte miteinander wann und über welches Bussystem kommunizieren. Beim Projektieren ist dagegen keine Kenntnis über die Kommunikationsfunktionen nötig. Sie laufen automatisch in den Geräten ab.

Ein Verschaltungseditor verfügt im Allgemeinen über zwei Sichten: die Anlagen- und die Netzsicht. In der Anlagensicht werden benötigte Komponenten aus der Bibliothek importiert, auf dem Bildschirm platziert und die einzelnen Verschaltungen etabliert. Damit entsteht die *technologische* Struktur und deren logischen Beziehungen innerhalb einer Anlage. Die *topologische* Struktur des Automatisierungssystems dagegen wird in der Netzwerksicht erzeugt. Hier werden die Feld- und Automatisierungsgeräte einem Kommunikations- bzw. Bussystem zugeordnet und die Geräteadressen gemäß den Regeln des zugrunde liegenden Bussystems festgelegt.

3.3 Download der Automatisierungsobjekte

Der Download-Vorgang sorgt dafür, dass die erstellte Projektierung in den beteiligten PROFInet-Geräten etabliert wird.

Der Download-Vorgang selbst geschieht in drei Schritten:

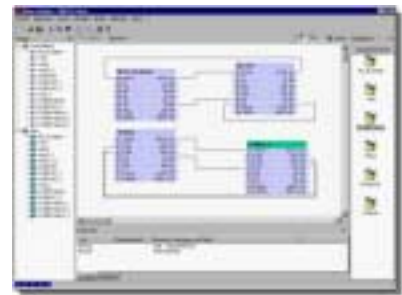


Abbildung 9: Anlagensicht im Verschaltungseditor



Abbildung 10: Netzwerksicht im Verschaltungseditor

- Zu Beginn wird geprüft, ob alle zu ladenden Daten konsistent sind (*Plausibilitätsprüfung*). Es wird insbesondere überprüft, ob die erstellten Verschaltungen zwischen den Partnern eingerichtet werden können.
- Im zweiten Schritt erfolgt der gerätespezifische *Download der ES-Autos bezüglich ihres Codes und der Konfigurationsdaten*. Hierzu kann durch die Couplertechnik transparent für das PROFInet-Engineering jegliches herstellerspezifische Kommunikationsprotokoll verwendet werden.
- Abschließend werden die *Verschaltungen* geladen.

4. PROFINet Runtime

Das PROFINet Runtime-Konzept basiert auf dem PROFINet-Komponentenmodell. Es spezifiziert ein offenes objektorientiertes Kommunikations-Konzept, das auf Ethernet aufsetzt. Zur Kommunikation wird TCP/IP bzw. ein spezifischer Echtzeit-Kanal angeboten. Die Standardkommunikation läuft über TCP/IP und das DCOM-Wire-Protokoll ab. Hierüber sind alle IT-Funktionen abbildbar. Dieser Kanal ermöglicht die vertikale Integration von der ERP/MES-Ebene zur Feldebene und wird zur Projektierung und Diagnose verwendet.

4.1 Automatisierungskomponenten

Das PROFINet Runtime-Konzept definiert die notwendigen Funktionen und Dienste, die kooperierende Automatisierungskomponenten zur Erfüllung einer Automatisierungsaufgabe erbringen müssen.

Jedes PROFINet Gerät hat einen individuellen, produktspezifischen *Innenaufbau* (Architektur, Ablaufsystem, Programmierung). *In der Außensicht* verhalten sich jedoch alle PROFINet Geräte gleich und sind stets als eine Ansammlung von Automatisierungsobjekten als COM-objekte mit COM-Interfaces sichtbar.

Jede Implementierung ist statthaft, solange nach außen hin der PROFINet-Objekteindruck gewahrt bleibt. Weiterhin ist es ohne Belang, ob es sich um ein Automatisierungsgerät fester Funktionalität (Ventil, Antrieb, Feldgerät, Aktor, Sensor; wird vom Hersteller funktionsfähig geliefert) oder es um eine frei programmierbare Komponente (SPS, PC; wird vom Anwender für eine Anwendung aufgabenspezifisch konfiguriert bzw. programmiert) handelt.

Grundelemente des Runtime Modells

Im Runtimeobjektmodell repräsentiert das *Physical Device* eine physikalische Komponente (d.h. Hardware). Sie bietet einen Netzwerkzugang zu einem oder mehreren IP-Netzen. Auf jeder Hardwarekomponente (z.B. SPS, Antrieb, PC) existiert genau eine Instanz des Physical Device.

Ein Physical Device enthält eine oder mehrere Logical Devices. Ein *Logical Device* repräsentiert ein Soft-/Firmwarepaket als selbständige, abgeschlossene Einheit. Das Logical Device ist als Aktor, Sensor, Steuerung, CNC, u.s.w. an der Lösung der verteilten Automatisierungsaufgabe beteiligt.

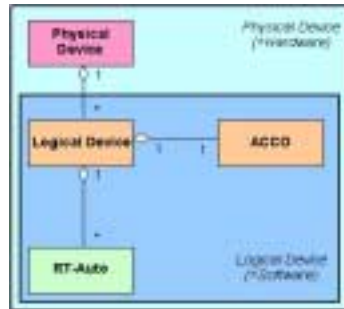


Abbildung 11: Runtimeobjektmodell

Es stellt allgemeine Automatisierungsfunktionalität wie Identifikation oder Diagnose zur Verfügung und dient als Navigationsanker für alle weiteren Objekte des Betriebssystems. Das Objekt *ACCO* (*Active Control Connection Object*) etabliert und überwacht die projektierten Verschaltungen zwischen den Geräten.

Das Objekt *RT-Auto* (*Runtime-Automatisierungsobjekt*) stellt die Automatisierungsfunktionalität in Form einer technologischen Komponente dar. Diese Automatisierungsfunktionalität liegt in Form von vorgetesteten und universell einsetzbaren Komponenten vor, die mit Hilfe der durch den ACCO definierten Verschaltungsfunktionalität zu einer verteilten Applikation projektiert werden können.

4.2 Standardkommunikation mit TCP/IP

PROFINet verwendet Ethernet und TCP/IP als kommunikationstechnische Basis. TCP/IP ist in der IT-Landschaft ein De-facto-Standard, was Kommunikationsprotokolle betrifft. Für die Interoperabilität – das Zusammenspiel unterschiedlicher Applikationen – genügt es allerdings nicht, auf den Geräten einen gemeinsamen Kommunikationskanal auf Basis TCP/IP (Layer 4) zu etablieren. Denn TCP/IP stellt nur die Grundlage dar, dass Ethernet-Geräte über einen verbindungsorientierten und gesicherten Transportkanal in lokalen und verteilten

Netzwerken überhaupt Daten austauschen können. Es werden deshalb zusätzliche Festlegungen und Protokolle oberhalb von TCP/IP benötigt, die sogenannten *Applikationsprotokolle*. Die Interoperabilität ist nur dann gewährleistet, wenn auf den Geräten das gleiche Applikationsprotokoll verwendet wird. Typische Applikationsprotokolle sind z.B. SMTP (genutzt für E-Mail), FTP (genutzt für Dateitransfer) oder HTTP (genutzt im Internet).

Applikationsprotokoll DCOM

Bei PROFINet ist DCOM (Distributed COM) als gemeinsames Applikationsprotokoll zwischen PROFINet Geräten festgelegt. DCOM ist die Erweiterung von COM (Component Object Model) für die Verteilung von Objekten und deren Zusammenspiel in einem Netzwerk. Neben dem Zugriff vom Engineeringssystem, wie z.B. Laden von Verschaltungen, Lesen von Diagnosedaten, Geräteparametrierung und Konfiguration, erfolgt bei PROFINet die Etablierung der Verschaltung und zum Teil auch der Nutzdatenaustausch zwischen den Komponenten über DCOM.

Beim Produktivbetrieb zwischen PROFINet-Geräten muss jedoch nicht notwendigerweise DCOM verwendet werden. Ob Nutzdatenaustausch über DCOM oder den Echtzeit-Kanal stattfindet, wird im Engineeringssystem durch den Anwender projektiert. Geräte können dann beim Aufbau der Kommunikation bei Bedarf die Verwendung eines echtzeitfähigen Protokolls vereinbaren, da die Kommunikation zwischen solchen Anlagen- bzw. Maschinenmodulen Echtzeitbedingungen erfordern kann, die durch TCP/IP und UDP nicht erfüllt werden können.

TCP/IP und DCOM bildet die gemeinsame „Sprache“, über die die Kommunikation zwischen den Geräten auf jedem Fall gestartet werden kann. Für die Echtzeitkommunikation zwischen den einzelnen Teilnehmern in der Betriebsphase kann dann der optimierte Kommunikationskanal verwendet werden.

Ethernet

Ethernet ist in IEEE 802.3 standardisiert. Festgelegt sind dort u. a. Zugriffstechnik, Übertragungsverfahren und Übertragungsmedien für das klassische Ethernet, für Fast Ethernet (100 Mbit/s) und für Gigabit-Ethernet. Bei PROFInet wird das Fast Ethernet verwendet.

Fast Ethernet für 100 Mbit/s ist eine kompatible Erweiterung des 10 Mbit/s Ethernets. Mit Fast Ethernet wurde der Full-Duplex Betrieb und das Switching eingeführt und standardisiert.

TCP

TCP garantiert eine fehlerfreie, sequenzgerechte und vollständige Übermittlung der Daten vom Sender zum Empfänger. TCP ist verbindungsorientiert, d. h. zwei Stationen bauen vor einer Übermittlung eine Verbindung auf, die nach der Übermittlung wieder geschlossen wird. TCP arbeitet folgendermaßen: Zwischen zwei Anwendungsprogrammen in verschiedenen Netzwerkstationen wird ein FDX-Kanal (full-duplex) aufgebaut, der die gleichzeitige und unabhängige Übermittlung von Datenströmen in beide Richtungen, ohne ihn zu interpretieren, erlaubt. TCP besitzt Mechanismen zur ständigen Überwachung einer aufgebauten Verbindung. Fehler im Datentransfer, z. B. unerwarteter Abbruch der Verbindung, Stau im Netzwerk usw. werden der Anwendungssoftware gemeldet. Die Anwendungssoftware übergibt dem TCP ihre Daten in beliebig großen Segmenten und in beliebigen zeitlichen Abständen. TCP/IP speichert die Segmente, bis sie übermittelt werden können, zerlegt sie gegebenenfalls in kleinere, dem Übertragungssystem angepasste Blöcke und erzeugt im Empfänger wieder den korrekten Datenstrom. Zur Bezeichnung der Schnittstelle zwischen TCP und der Anwendungssoftware werden beim Verbindungsaufbau dynamisch änderbare Port-Nummern definiert.

IP

Die Übertragung mit der Internet-Protokollsoftware IP stellt eine nicht gesicherte Paket-Übermittlung bzw. einen nicht gesicherten Datagramm-Service zwischen einer IP-Source und einer IP-Destination dar. Datagramme können infolge von Störungen auf dem Übertragungskanal oder Überlastungen des Netzwerkes verloren gehen, sie können mehrfach ankommen oder in einer anderen Reihenfolge eintreffen, als sie gesendet wurden. Man darf aber davon ausgehen, dass ein eintreffendes Datagramm korrekt ist. Durch die 32-Bit-Prüfsumme des Ethernet Pakets können Fehler im Paket mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit erkannt werden.

Dazu kommt, dass Ethernet TCP/IP viele der Echtzeitanforderungen der Automatisierungssysteme nicht erfüllt und dass aufgrund der rauen Umgebung in der Feldebene, die im Bürobereich üblicherweise eingesetzte Elektromechanik die Ausfallrate ungünstig beeinflusst.

4.3 Echtzeitkommunikation

Die Analyse unterschiedlicher TCP/IP-Implementierungen hat ergeben, dass bei Standard Kommunikations-Stacks erhebliche Laufzeiten zur Abarbeitung der Datenpakete benötigt werden. Diese Laufzeiten lassen sich zwar optimieren, der dazu notwendige TCP/IP-Stack ist dann aber kein Standardprodukt mehr, sondern eine proprietäre Implementierung. Bei Verwendung von UDP/IP-Implementierungen gilt sinngemäß die gleiche Aussage.

Echtzeitanwendungen in der Fertigungsautomatisierung erfordern Aktualisierungs- bzw. Reaktionszeiten im Bereich von 5-10ms. Unter der Aktualisierungszeit wird die Zeitdauer verstanden, die verstreicht, wenn eine Variable in einer Applikation eines Gerätes gebildet, anschließend an ein Partnergerät über das Kommunikationssystem gesandt und dort wiederum der Anwendung bereitgestellt wird (siehe Abbildung 12).

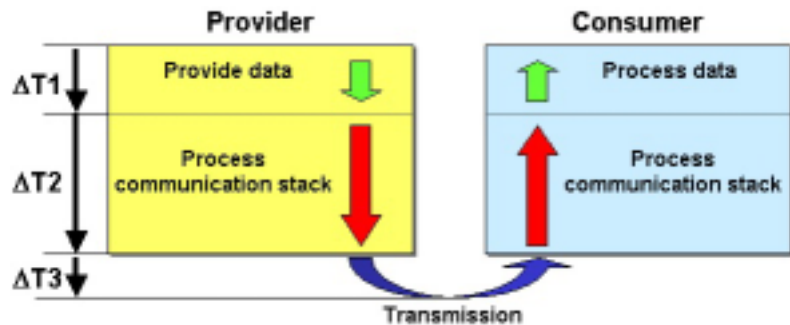


Abbildung 12: Laufzeiten von Automatisierungsdaten von Provider zum Consumer

Die Lösung einer Echtzeitkommunikation muss mit Standard-Netzkomponenten, wie z. B. Switches, und Standard-Ethernet-Controllern realisierbar sein. Für die Geräte darf die Implementierung einer Echtzeitkommunikation nur zu einer geringen Belastung des Prozessors führen, damit die Bearbeitung des Anwenderprogramms weiterhin Vorrang hat.

Erfahrungsgemäß kann die Übertragungsgeschwindigkeit auf der Leitung bei 100 MBit-Ethernet oder darüber im Verhältnis zur Abarbeitung in den Geräten vernachlässigt werden. Die Zeitdauer für die Bereitstellung der Daten in der

Applikation des Providers wird von der Kommunikation nicht beeinflusst. Das gilt auch für die Verarbeitung der empfangenen Daten im Consumer. Daraus folgt, dass sich primär durch geeignete Optimierungen des Kommunikations-Stacks im Provider und Consumer nennenswerte Verbesserungen bei den Aktualisierungsraten und damit des Echtzeitverhaltens ergeben können.

Echtzeit-Kanal

Um Echtzeitanforderungen in der Automatisierung erfüllen zu können, wurde in PROFINet ein optimierter Echtzeit-Kommunikationskanal, der Software Realtime Kanal (SRT-Kanal), spezifiziert. Er setzt auf Ethernet (Layer 2) auf. Eine solche Lösung minimiert die Durchlaufzeiten im Kommunikations-Stack erheblich und führt zu einer Performancesteigerung bezüglich der Aktualisierungsrate von Automatisierungsdaten. Durch den Wegfall von mehreren Protokollebenen wird zum einen die Telegrammlänge reduziert. Zum anderen stehen die zu übertragenden Daten schneller zum Senden bereit bzw. der Applikation zur Verarbeitung zur Verfügung. Gleichzeitig wird dadurch die zur Kommunikation benötigte Prozessorleistung im Gerät erheblich reduziert.

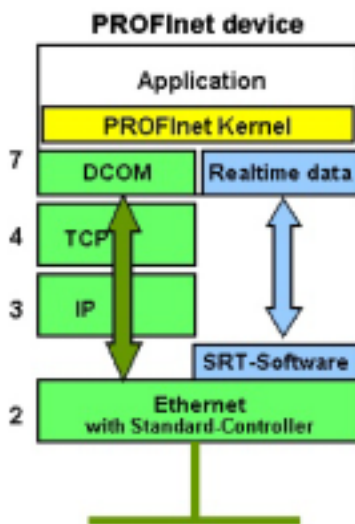


Abbildung 13: Kommunikationskanäle bei PROFINet

Optimierte Datenübertragung durch Priorisierung

Neben dem minimierten Kommunikations-Stack in den Automatisierungsgeräten wird bei PROFINet auch die Übertragung der Daten im Netzwerk optimiert. Messungen haben ergeben, dass sich in gewichteten Netzen bei einer sehr hohen Netzwerklast Übertragungszeiten zwischen zwei Teilnehmern am Ethernet von bis zu 20ms auftreten können. Eine Netzwerklast in dieser Größenordnung kann bei der Nutzung von Standard-Netzkomponenten nicht ausgeschlossen werden, z. B. beim gleichzeitigen Upload von Qualitätsdaten aus den Geräten. Um auch hier ein optimales Ergebnis erzielen zu können, werden die Pakete in PROFINet gemäß IEEE 802.1q priorisiert. Die Netzwerk-Komponenten steuern über diese Priorität den Datenfluss zwischen den Geräten. Als Standardpriorität wird für Echtzeitdaten Prio 7 (Network Control) zugrunde gelegt. Eine vorrangige Behandlung gegenüber anderen Anwendungen, wie z. B. Internet-Telephonie mit Prio 5 und Videoübertragungen mit Prio 6, wird somit gewährleistet.

Für die Echtzeitkommunikation können am Markt verfügbare Netzwerk-Komponenten und Controller verwendet werden. Während der optimierte Kommunikationskanal über DCOM ausgehandelt wird, lernen die Switches automatisch die Ethernet-Adressen der Geräte. Damit ist die Basis für den nachfolgenden Datenaustausch über den Echtzeitkanal geschaffen.

Nutzung der Echtzeitkommunikation bei PROFINet V2.0

Ob eine Verschaltung zwischen zwei Geräten den Echtzeitkanal benutzen soll, wird durch den Anwender im Engineeringtool eingestellt und zwischen den Geräten über den DCOM-Kanal ausgehandelt. Der Echtzeitkanal ermöglicht die Übertragung von zyklischen und azyklischen Daten.

Ob Prozesswerte zyklisch oder azyklisch übertragen werden, wird im PROFINet-Engineering bei der Verschaltungsprojektierung festgelegt. Über die Einstellung der Änderungsrate, dem sogenannten Quality of Service, entscheidet der Anwender, ob im laufenden Betrieb über die Verschaltung der Wert zyklisch oder auf Änderung übertragen wird. Bei hohen Änderungsraten ist eine zyklische Übertragung vorteilhafter, da die Überprüfung auf Änderung und die Quitierung mehr Prozessorlast hervorruft als ein zyklisches Versenden.

5. Integration von PROFIBUS Systemen

PROFINet bietet ein Modell zur Einbindung existierender PROFIBUS und auch anderer Feldbus-Systeme in PROFINet. Damit lassen sich beliebige Mischsysteme aus feldbus- und ethernetbasierten Teilsystemen aufbauen. So wird ein kontinuierlicher Technologieübergang von feldbusbasierten Systemen zu PROFINet möglich.

5.1 Migrationsstrategien

Angeichts der hohen Zahl bestehender PROFIBUS-Systeme ist es aus Gründen des Investitionsschutzes zwingend erforderlich, eine einfache Einbindung dieser Systeme ohne Änderungen in PROFINet (Migration) zu ermöglichen. Dabei können folgende Fälle unterschieden werden:

- Der *Anlagenbetreiber* möchte seine vorhandenen Installationen leicht in ein neu zu installierendes PROFINet-Automatisierungskonzept integrieren können.
- Der *Anlagenbauer* möchte sein bewährtes und dokumentiertes Gerätespektrum unverändert auch für PROFINet-Automatisierungsprojekte nutzen können.
- Der *Gerätehersteller* oder OEM möchte seine existierenden Feldgeräte ohne Änderungsaufwand in PROFINet-Anlagen integrieren können.

Die Netzübergangsstrategie bei PROFINet ermöglicht eine Integration der beiden Technologien auf einfache Weise und mit hoher Transparenz. Die Integration erfolgt durch das Proxy-Konzept.

5.2 Proxy-Konzept

Das Proxy-Konzept unterscheidet zwei Varianten, die aus den unterschiedlichen Sichten der beteiligten Seiten resultieren:

- die Einbindung von Feldbusapplikationen
- die Einbindung von Feldbusgeräten über Proxies

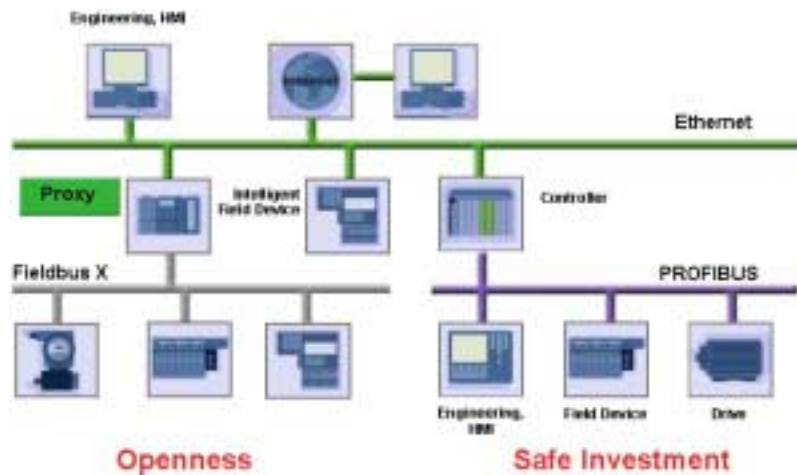


Abbildung 14: PROFINet bietet Offenheit und Investitionsschutz für Gerätehersteller und Endkunde

Einbindung von Feldbusapplikationen

Die Komponentisierung des PROFIBUS-Subnetzes als Ganzes in der Steuerung (Abbildung 15) ist immer dann von Bedeutung, wenn eine schon vorhandene, laufende Anlage durch PROFINet erweitert werden soll. Dieser Fall tritt wohl am häufigsten vor Ort beim Endkunden auf. Dabei spielt es keine Rolle, mit welchem Feldbus die Anlage automatisiert wurde.

In diesem Fall wird die gesamte Anlage inklusive aller angeschlossenen Feldgeräte als eine große PROFINet Komponente modelliert. Der Anwender muss die technologischen Schnittstellen der gesamten bestehenden Anlage spezifizieren und sie komponentisieren. Zur Kommunikation der bestehenden Anlage mit PROFINet ist es notwendig, dass der Feldbusmaster PROFINet fähig wird. Dies kann zum einen durch Integration eines Ethernet-Anschlusses sowie Portierung der PROFINet Laufzeit Software direkt in die CPU des Feldbusmasters erfolgen. Zum anderen kann dies durch Integration einer Ethernet-Anschaltbaugruppe mit PROFINet Runtime-Software erfolgen, die den Feldbusmaster um die PROFINet Funktionalität erweitert.

Die Steuerung nimmt hier die Rolle eines Proxies wahr. In beiden Fällen bleibt das Anwenderprogramm der SPS im wesentlichen unverändert.

Durch diese Migrationsmöglichkeit ist beim Anwender (Anlagenbetreiber und -bauer) der Investitions-

schutz bestehender Anlagen und Verdrahtungen sichergestellt. Außerdem wird bestehendes Know-how in den Anwenderprogrammen gesichert. Damit ist ein nahtloser Übergang zu neuen Anlagenteilen mit PROFINet möglich.

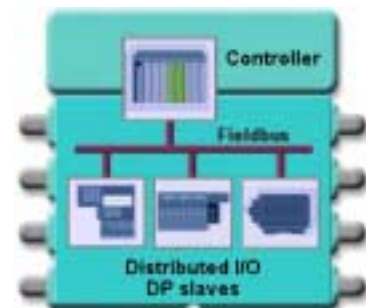


Abbildung 15: Komponentisierung eines PROFIBUS-Subnetzes als Ganzes mit einer Steuerung

Einbindung von Feldbusgeräten über Proxies

Die Komponentisierung der einzelnen Teilnehmer eines PROFIBUS-Subnetzes mit einer Proxy-Hardware (Abbildung 16) stellt die zweite Variante dar. Ein Proxy ist ein Stellvertreterobjekt für die Feldgeräte. Es stellt die PROFINet-Sicht auf das Feldgerät für die „Außenwelt“ zur Verfügung. Der Proxy wird nicht vom Feldgerät selbst, sondern durch den Feldbusmaster realisiert. Das Feldgerät, sowie das Feldbusprotokoll wird hierbei nicht verändert.

Ein Proxy wird dann verwendet, wenn der direkte PROFINet-Zugriff auf eine Komponente nicht möglich ist. Das Einführen solch eines Stellvertreters dient unter anderem

einer erhöhten Effizienz und einem einfachen und transparenten Zugriff auf die Komponente.

Durch den Proxy werden alle dahinter angeordneten Feldbusgeräte als jeweils eigenständige PROFINet Knoten (Objekte) dargestellt.

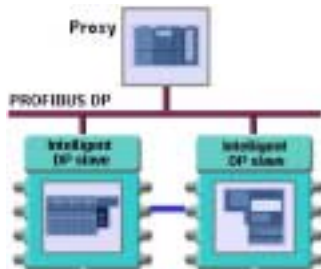


Abbildung 16: Komponentisierung der einzelnen Teilnehmer eines PROFIBUS-Subnetzes mit einer Proxy-Hardware

Innerhalb der Verschaltungssicht des PROFINet Verschaltungssichtors sind solche Komponenten nicht von Komponenten direkt am Ethernet unterscheidbar. Auch die Verschaltung von technologischen Komponenten auf Basis von Feldbusgeräten und einer beliebigen Busphysik wird dadurch ermöglicht.

Der entscheidende Unterschied zwischen der Einbindung von vorhandenen Anlagen und dem Proxy-Konzept liegt darin, dass im zweiten Fall jedes einzelne Feldgerät als eine eigenständige PROFINet Komponente verschaltet werden kann. Die ehemals zentrale Logik eines Feldbusmasters wird auf die Verschaltungslogik zwischen den Komponenten verteilt.

Diese Art der Integration ermöglicht es, vorhandene Feldgeräte ohne Änderung für die verteilte Automatisierung zu nutzen. Durch den Proxy sind die Investitionen der Gerätehersteller gesichert. Deren Geräte können auch im PROFINet Umfeld eingesetzt werden. Die Anlagenbauer können ihr bisher verwendetes Gerätespektrum auch in PROFINet Anlagen einsetzen.

5.3 PROFINet und andere Feldbussysteme

Mit Hilfe des Proxy-Konzepts ist es möglich, neben PROFIBUS beliebige andere Feldbussysteme wie Foundation Fieldbus, DeviceNet, Interbus, CC-Link usw. in PROFINet zu integrieren. Hierfür ist eine buspezifische Abbildung der

Komponentenschnittstellen auf die Möglichkeiten der Datenübertragung des jeweiligen Busses zu definieren und im Proxy zu hinterlegen. Damit ist mit einem überschaubaren Aufwand möglich, beliebige Feldbusse an PROFINet anzubinden.

5.4 Beispiel für eine modulare Maschine

Abbildung 17 stellt ein Beispiel für eine modular aufgebaute Maschine aus der Nahrungsmittelindustrie dar. Die Maschine für die Abfüllung von Getränkeflaschen besteht hier aus vier Modulen. Diese vier Module nehmen alle notwendigen Schritte der Gesamtapplikation Spülen, Füllen, Verschließen und Verpacken auf. Dieses Beispiel zeigt zum einen die unabhängige Koexistenz von PROFIBUS und PROFINet in dem Gesamtsystem. Zum Anderen wird hier die einfache Integration von bereits vorhandenen Teilmaschinen deutlich.

In diesem Beispiel wird angenommen, dass das PROFIBUS System (Spülen und Füllen) weiterhin genutzt werden soll, die Einheiten Verschließen und Verpacken sollen dagegen auf Basis von PROFINet erneuert bzw. erweitert werden. Die Unabhängigkeit der Kommunikationsvorgänge sowie die Proxy-Technologie ermöglichen dann, dass das bereits vorhandene PROFIBUS-System völlig unverändert genutzt werden kann. Lediglich die Kommunikationsbeziehungen zwischen den Komponenten müssen beim Engineering der

neuen Maschinenkonfiguration verschaltet werden. Selbstverständlich muss die Steuerung, die für das PROFIBUS-System verantwortlich ist, um ein Ethernet-Modul (Hardware und Software) und um die Proxy-Funktionalität (Software) erweitert werden. Die Proxy-Funktion sorgt dafür, dass die PROFINet-spezifische Sichtweise als technologisches Modul in der Steuerung gekapselt bleiben. Nach unten zum PROFIBUS laufen alle Vorgänge wie bisher ab.

Entscheidend für die Akzeptanz von PROFINet ist, dass bei der Projektierung keine Kenntnisse über die Kommunikationsfunktionen benötigt werden. Die Modularisierung bringt weiterhin eine erhöhte Verfügbarkeit der Maschine mit sich, da ein Ausfall eines Moduls keinerlei Einfluss auf die Funktionsweise eines anderen hat, da die Module autonom funktionieren. Autonom arbeitende Module können vorab getestet sowie parallel in Betrieb genommen werden. Dies bewirkt eine wesentliche Zeitersparnis bei der Erstellung einer Maschine bzw. Anlage.

Je besser die Modularisierung einer Maschine in ähnliche Teile umso größer die Anteile der wiederverwendbaren Anwendersoftware. Dieses bringt wiederum Kosteneinsparungen in der Entwicklungs- bzw. Konstruktionsphase einer Maschine.

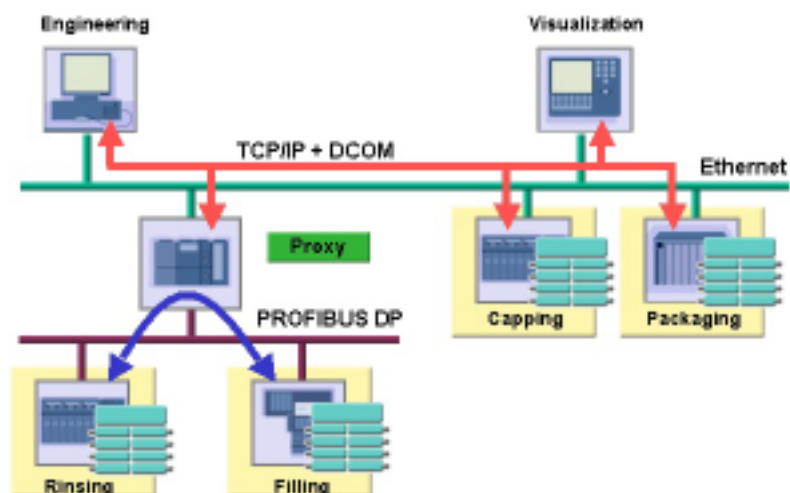


Abbildung 17: Beispielapplikation mit Einsatz der Proxy-Technologie

PROFInet

Systembeschreibung

Herausgeber

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
Haid-und-Neu-Str. 7
76313 Karlsruhe
Deutschland
Tel. : +49 (0) 721 / 96 58 590
Fax : +49 (0) 721 / 96 58 589
germany@profibus.com

Haftungsausschluss

Die PROFIBUS Nutzerorganisation hat den Inhalt dieser Broschüre mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung der PROFIBUS Nutzerorganisation, gleich aus welchem Rechtsgrund, ist ausgeschlossen. Die Angaben in dieser Broschüre werden jedoch regelmäßig überprüft. Notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten. Für Verbesserungsvorschläge sind wir dankbar.

Die in dieser Broschüre wiedergegebenen Bezeichnungen können Warenzeichen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

Diese Broschüre ist nicht als Ersatz der Standards IEC 61158 und IEC 61784 und der PROFIBUS Richtlinien und Profile gedacht, die in allen Zweifelsfällen unbedingt beachtet werden müssen.

©Copyright by PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2003. All rights reserved.