

# PROFINet

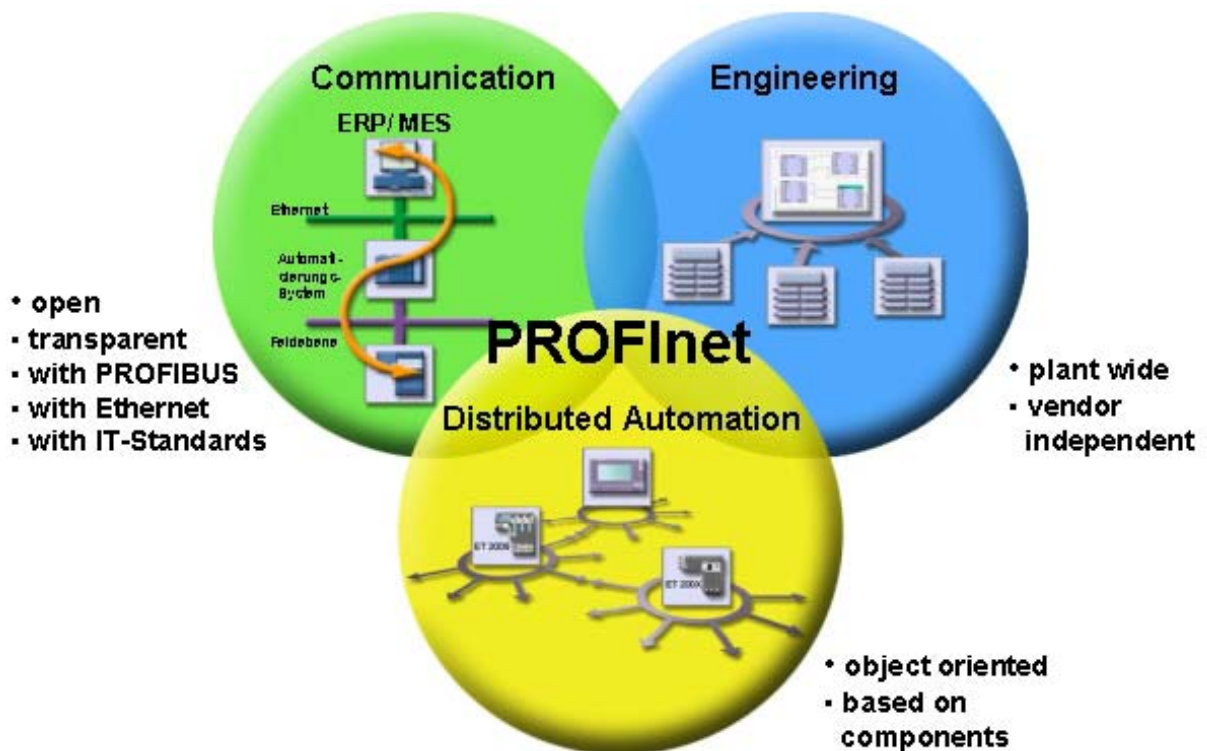
## Technologie und Anwendung

*Systembeschreibung*



*Open Solutions for the World of Automation*





## Einführung

Die Automatisierungstechnik unterliegt seit ihrer Entstehung einem kontinuierlichen Wandel. Der Einsatz der Feldbustechnologie stellte hierbei eine wesentliche Neuerung dar. Sie ermöglichte die Migration von zentralen zu dezentralen Automatisierungssystemen. Bei dem weltweiten Marktführer PROFIBUS ist dies seit nunmehr über 10 Jahren der Fall.

In der Automatisierungstechnik von heute bestimmt darüber hinaus die Informationstechnologie (IT) mit ihren Prinzipien und Standards zu-

nehmend das Geschehen. Damit nutzt die industrielle Automatisierung die Entwicklungen der Bürowelt, in der die IT bereits früher Einzug gehalten und Strukturen, Systeme und Abläufe grundlegend umgestaltet hat. Durch die Integration der Informationstechnik in die Automatisierung eröffnen sich Möglichkeiten der weltweiten Datenkommunikation zwischen Automatisierungssystemen. Die wird durch den Ethernet-basierten Kommunikationsstandard PROFInet gewährleistet.

Die Verwendung von offenen Standards anstelle von proprietären Lösungen gewährleistet langfristige Kompatibilität und Erweiterbarkeit, d. h. Investitionsschutz. Dies ist der PROFIBUS Nutzerorganisation ein sehr wichtiges Anliegen. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung von PROFInet wird den Anwendern eine langfristige Perspektive geboten.

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. Trends in der Automatisierung ..... 1</b></p> <p>1.1 Marktforderungen..... 1</p> <p>1.2 Trends ..... 1</p> <p>1.3 Einsparpotenzial im Engineering ..... 2</p> <p><b>2. PROFINet im Überblick..... 3</b></p> <p>2.1 PROFINet Komponentenmodell ..... 3</p> <p>2.2 PROFINet Runtime..... 3</p> <p>2.3 PROFINet Engineering ..... 3</p> <p>2.4 Feldbusintegration..... 4</p> <p><b>3. Komponentenmodell ..... 5</b></p> <p>3.1 Technologische Module ..... 5</p> <p>3.2 PROFINet Komponente..... 5</p> <p>3.3 Komponentenbeschreibung mit XML..... 5</p> <p>3.4 Component Object Model (COM) ..... 6</p> <p>3.5 Automatisierungsobjekte zur Runtime und im Engineering ..... 6</p> <p><b>4. Engineering bei PROFINet ..... 7</b></p> <p>4.1 Komponentenerzeugung..... 7</p> <p>4.2 Verschaltung der Automatisierungsobjekte..... 7</p> <p>4.3 Download der Automatisierungsobjekte 7</p> <p><b>5. PROFINet Runtime ..... 9</b></p> <p>5.1 Automatisierungskomponenten ..... 9</p> <p>5.2 Standardkommunikation mit TCP/IP ..... 9</p> <p>5.3 Echtzeitkommunikation ..... 10</p> <p><b>6. Aufbau und Installation von PROFINet Systemen..... 12</b></p> <p>6.1 Netztopologien ..... 12</p> <p>6.2 PROFINet-Verkabelung..... 13</p> <p>6.3 Steckverbinder ..... 13</p> <p>6.4 Switches..... 14</p> | <p><b>7. Integration von PROFIBUS Systemen.... 15</b></p> <p>7.1 Migrationsstrategien ..... 15</p> <p>7.2 Proxy-Konzept ..... 15</p> <p>7.3 PROFINet und andere Feldbussysteme..... 16</p> <p>7.4 Beispiel für eine modulare Maschine... 16</p> <p><b>8. Netzwerkmanagement und Web-Integration..... 17</b></p> <p>8.1 Netzwerkmanagement..... 17</p> <p>8.2 Web-Integration ..... 17</p> <p><b>9. Implementierung von PROFINet Geräten..... 19</b></p> <p>9.1 Struktur der Runtime Software ..... 19</p> <p>9.2 Portierung der Runtime Software in Geräte ..... 19</p> <p><b>10. PROFINet IO ..... 20</b></p> <p>10.1 Funktionsumfang ..... 20</p> <p>10.2 Geräteklassen..... 20</p> <p><b>11. Übergeordneter Datenaustausch mit OPC..... 21</b></p> <p>11.1 OPC DA (Data Access) ..... 21</p> <p>11.2 OPC DX (Data Exchange)..... 21</p> <p>11.3 OPC DX und PROFINet..... 21</p> <p><b>12. Leistungsangebot der PNO ..... 22</b></p> <p>12.1 Technologieentwicklung ..... 22</p> <p>12.2 Qualitätsmaßnahmen ..... 22</p> <p>12.3 Technischer Support..... 23</p> <p><b>Glossar..... 24</b></p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 1. Trends in der Automatisierung

Die Automatisierungstechnik befindet sich in einem unvermindert dynamischen Wandel. Der Zwang zu Kostensenkungen, die weiter steigenden Qualitätserwartungen für Prozessabläufe und Produkte sowie die Forderung nach flexiblen Produktionsmöglichkeiten sind die vom Markt ausgehenden Anforderungen, auf welche die Hersteller von Geräten, Systemen und Anlagen mit hoher Innovationsgeschwindigkeit reagieren. Sie nutzen dabei die Standards moderner IT-Technologien.

### 1.1 Marktforderungen

Von zentraler Bedeutung ist die bessere Strukturierbarkeit von Anlagen und damit die Weiterentwicklung der Automatisierungstechnik zu verteilten Automatisierungssystemen. Damit gekoppelt ist die Anforderung nach Offenheit und Durchgängigkeit bei einfacher Beherrschbarkeit (Ease of Use) der zunehmend komplexer werdenden Technik.

Die Anforderung nach *Anbindung an die Unternehmensebene* hat das Ziel, Auftrags- und Produktionsdaten direkt austauschen zu können. Die Anbindung an das Internet soll dabei ermöglichen, Aufträge einzuleiten und Service- und Wartungs-Maßnahmen an der Anlage remote durchführen zu können. Diese Forderungen lassen sich nur dann technisch einfach und wirtschaftlich realisieren, wenn eine einheitliche Kommunikationstechnologie zugrunde liegt.

Gleichzeitig wird von den Produktionsanlagen mehr *Flexibilität* gefordert, so dass Umstellungen der Fertigung auf neue Produkte schneller und effizienter als bisher erfolgen können. Diese Forderung hat wesentlichen Einfluss auf die Architektur und das Engineering von Automatisierungssystemen.

Sollen alle Forderungen gleichzeitig erfüllt werden, müssen für die industrielle Kommunikation neue Wege beschritten werden. Zukünftige Automatisierungskonzepte brauchen neue Technologien. Automatisierungssysteme, welche die genannten Anfordererforderungen

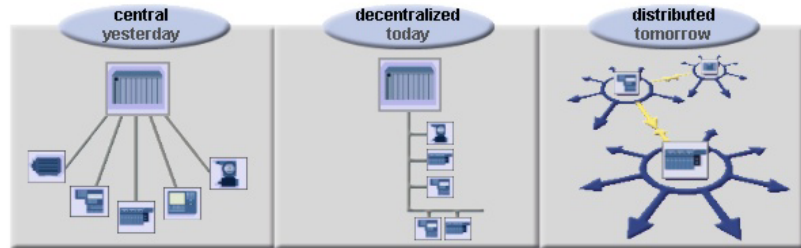


Abbildung 1: Wandel von Strukturen der Automatisierung

erfüllen sollen, müssen in der Lage sein, die verschiedenen Ebenen und Segmente innerhalb der Automatisierungspyramide zu integrieren bzw. miteinander zu verknüpfen.

### 1.2 Trends

Ein Trend, der sich zur Zeit abzeichnet, betrifft die *Strukturen der Automatisierungssysteme*. Mit der steigenden Rechenleistung der Mikroprozessoren und sinkenden Rechnerkosten übernehmen Feldgeräte, Sensoren und Aktoren mit Vorverarbeitungsfunktionen mehr und mehr der früher zentral ausgeführten Steuerungsfunktionen im Automatisierungsprozess (dezentrale Intelligenz).

Automatisierungslösungen bestehen bis heute meist aus einer *zentralen* Rechenleistung (SPS, PC, IPC) mit überwiegend dezentral über einen Feldbus angeschlossene Aktoren und Sensoren oder intelligenten Feldgeräten. Die Bussysteme ersetzen dabei die klassischen Parallelverdrahtungen und bieten die Möglichkeit, zusätzliche Informationen für Parametrierung und Diagnose zu übertragen. Elektronik ersetzt Mechanik und Soft-

ware substituierte Hardware.

Ein weiterer Schritt für die Realisierung zukünftiger Automatisierungslösungen ist die Verwendung von verteilten Automatisierungsstrukturen, d.h. die zentrale Rechenleistung wird dahin verteilt, wo sie auf Grund der Aufgabenstellung bzw. gemäß der technischen Anforderung benötigt wird (Antrieb, Ventil, Bedienpult usw.). Somit entstehen autonome Funktionseinheiten, die je nach Applikation kombiniert werden können. Die autonom arbeitenden Funktionseinheiten bieten mehrere entscheidende Vorteile:

- Höhere Verfügbarkeit durch autark laufende Applikationen → definierte Prozesszustände schaffen
- Anwendersoftware leicht wiederverwendbar → Strukturierung und Modularisierung der Software
- Vorabtest der Module direkt beim OEM → Einstellungen von Sensoren, Antrieben, Reglern
- Erhebliche Reduzierung der Inbetriebnahmezeit durch Parallelinbetriebnahmen → Paralleler IO-Check, Funktionstests, Teilinbetriebnahmen

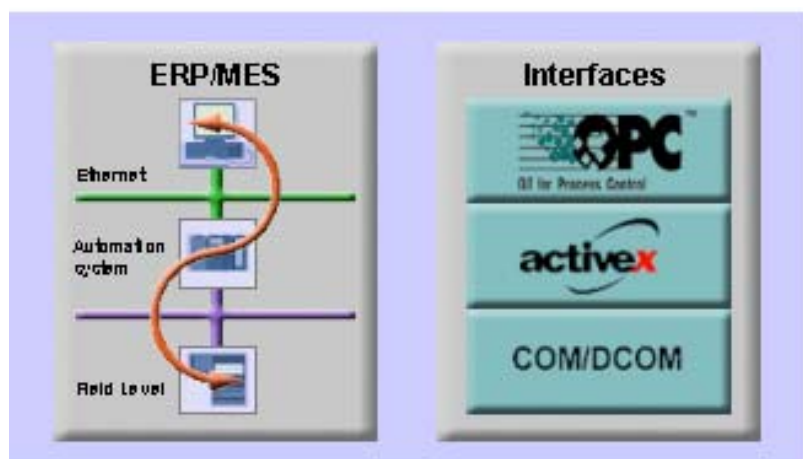


Abbildung 2: Vertikale Durchgängigkeit und gängige Kommunikationsstandards



- Standardisierung von Anlagen/Maschinen → Konfigurierung der kundenspezifischen Anlage/ Maschine.

Voraussetzung für das Zusammenspiel dieser Funktionseinheiten ist ein gemeinsames, offenes und herstellerunabhängiges Architekturmodell, das sowohl das Anlagen-Engineering (für die Applikationserstellung) als auch die Kommunikation zwischen den Funktionseinheiten und deren Geräte wie SPSen, Antrieben, Schaltgeräten und Feldgeräten definiert.

Ein weiterer Trend resultiert aus der Anwenderforderung nach vertikaler Durchgängigkeit (Abbildung 2 links) mit dem Ziel, Auftrags- und Produktionsdaten aus der Automatisierungsebene auszulesen und Service- sowie Wartungsmaßnahmen remote durchzuführen. Dadurch werden die IT-Technologien, die in der Office-Welt standardisiert und etabliert sind, auch in der Automatisierungswelt genutzt. Datenzugriffe und Informationsaustausch von der Unternehmensleitebene (ERP) über die Ebene der Produktionsplanung (MES) bis in die Feldebene hinein werden so ohne größere Aufwendungen möglich.

In den letzten Jahren hat sich die Verwendung von offenen Standards in allen Ebenen und Bereichen durchgesetzt. Dazu gehören heute im Feldbereich der Standard PROFIBUS, aber auch Ethernet und TCP/IP. Die anwendungsorientierte Kommunikation erfolgt heute mit OPC, COM/DCOM (Abbildung 2 rechts). In der Beschreibung von Strukturen und Schnittstellen werden offene Standards wie ActiveX und XML verwendet, die objektorientierte Methoden unterstützen. Dies zieht sich durch bis hin zur Verwendung von Microsoft Office Anwendungen im industriellen Umfeld.

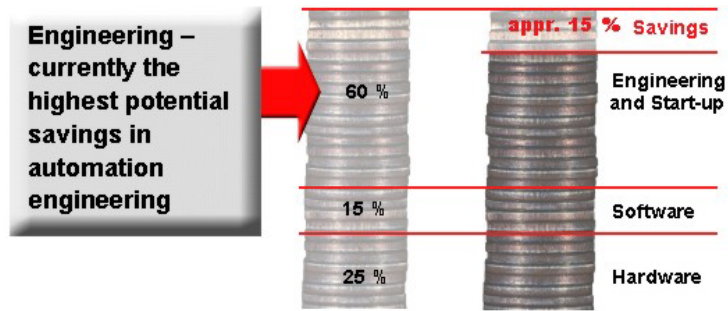


Abbildung 3: Engineerinkosten: Anteil und Einsparpotential

### 1.3 Einsparpotenzial im Engineering

Feldgeräte mit integrierten Steuerungsfunktionen führen durch die hohe Flexibilität in verteilten Systemen zu einer höheren Komplexität der Automatisierungssysteme. Verteilte Systeme benötigen angepasste Kommunikationsmechanismen der Geräte.

Die Erfahrungen von Instandhalten und Programmieren zeigen, dass sich heute eine ausprogrammierte (herstellerübergreifende) Kommunikation zwischen Automatisierungsgeräten sehr komplex und schwierig gestaltet. Neben Handshake-Signalen sind Zeitüberwachungen, Fehlerroutrinen und Datenanpassungen notwendig, um eine funktionstüchtige Kommunikation zwischen den Geräten zu gewährleisten. Hinzu kommen die aufwändigen Abstimmungen zwischen den beteiligten Partnern und die notwendigen Tests während der Inbetriebnahmephase, um in allen möglichen Anlagen- bzw. Maschinentzuständen die entsprechenden Kommunikationsroutinen zu prüfen. Die Komplexität steigt weiter an, wenn Geräte auf unterschiedlichen Bussystemen miteinander kommunizieren sollen. Bei unterschiedlichen Bussystemen sind weder die Schnittstellen zum Datenaustausch noch die zum Engineering einheitlich definiert.

Deshalb fordern die Anlagen- und Maschinenbauer von den Systemherstellern Engineering- und Programmierertools, die eine Integration von Geräten bzw. Komponenten unterschiedlichster Hersteller und deren Zusammenspiel ermöglichen.

Ein solches anlagenweites und herstellerunabhängiges Engineering-Tool mit entsprechender Inbetriebnahmeunterstützung gibt dem Anwender ein hohes Maß an Übersicht und Transparenz. Es erstreckt sich auf die Abstimmung, Dokumentation, Implementierung und Inbetriebnahme einer Anlage.

Die Engineeringkosten liegen derzeit typischerweise bei 60% der gesamten Anlagenkosten. Sie sind damit das größte Rationalisierungspotential in der Automatisierung. Mit einem herstellerunabhängigen, anlagenweiten Engineering bzw. den dazu erforderlichen Standards kann dieses Einsparpotenzial genutzt werden. Das Ziel von PROFInet liegt bei einer Einsparung in Höhe von 15% der Gesamtkosten einer Anlage.

## 2. PROFINet im Überblick

Die im ersten Kapitel skizzierten Anwenderforderungen und die erwartete Kostenreduzierung durch ein herstellerunabhängiges, anlagenweites Engineering liefern die Motivation für die Entstehung von PROFINet. Die skizzierten Trends in der Automatisierungstechnik haben dabei die Ausrichtung bei dessen Entwicklung bestimmt.

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 Unternehmensebene 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.

### 2.1 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

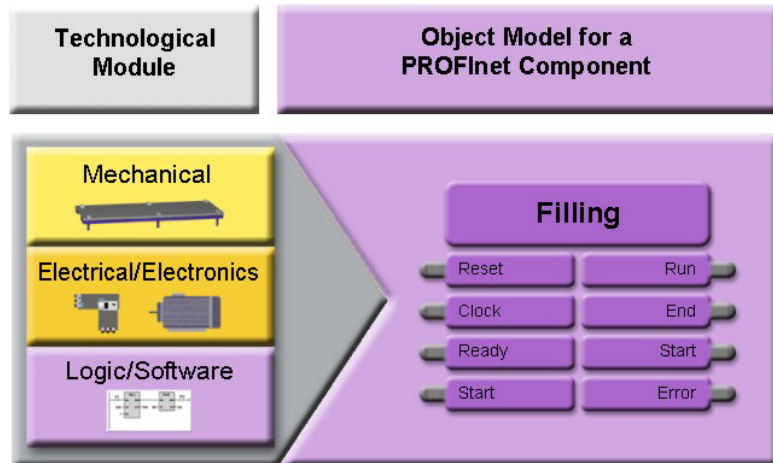


Abbildung 4: Komponentenmodellierung bei PROFINet

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.

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.

### 2.2 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-Technologien sind die Voraussetzungen für die Verbindung der Automatisierungsebene mit der Unternehmensebene.

### 2.3 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

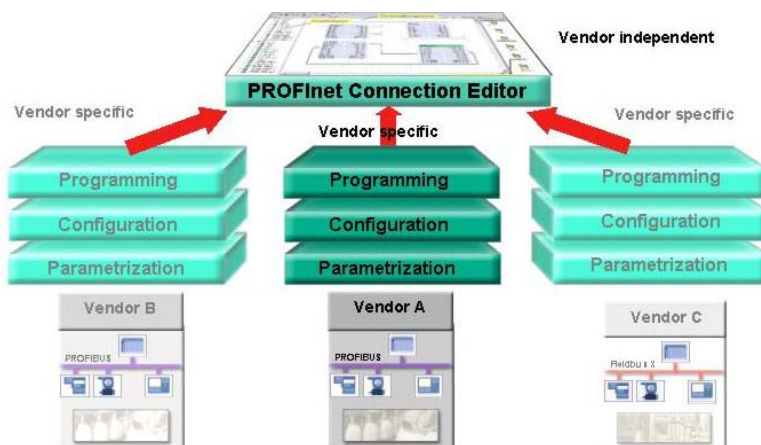


Abbildung 5: Das PROFINet-Engineeringkonzept

verwenden können, und zum anderen hersteller- bzw. anwenderspezifische Funktionserweiterungen zulassen.

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

### 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 herstellereigenen Tools (Abbildung 6). 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 6). 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, Kommunikationsbezie-



Abbildung 6: Komponentenerzeugung und -verschaltung



Abbildung 7: Download der Verschaltungsinformation zu PROFINet-Geräten

hungen und die auszutauschenden Informationen. Die verteilte Anwendung kann danach ausgeführt werden.

## 2.4 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 Anlagenbetreiber 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 projektiert wird. Dabei ist der Proxy der Stellvertreter für alle Feldbus-Geräte in der Ethernet-Kommunikation.
- **Die Einbindung von Feldbus-applikationen:** Ein Feldbus-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.

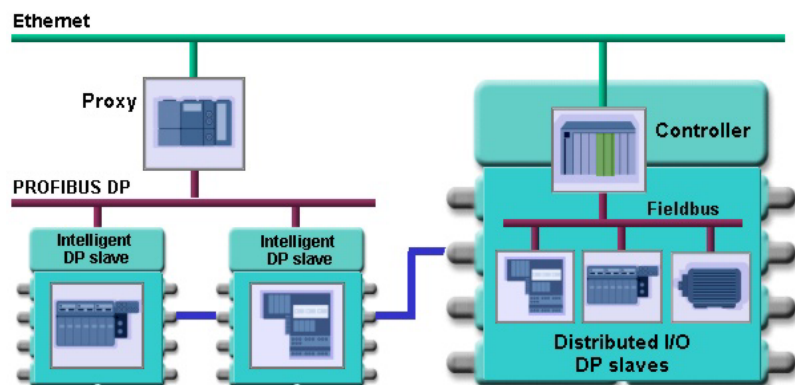


Abbildung 8: Feldbusintegration bei PROFINet



### 3. 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.

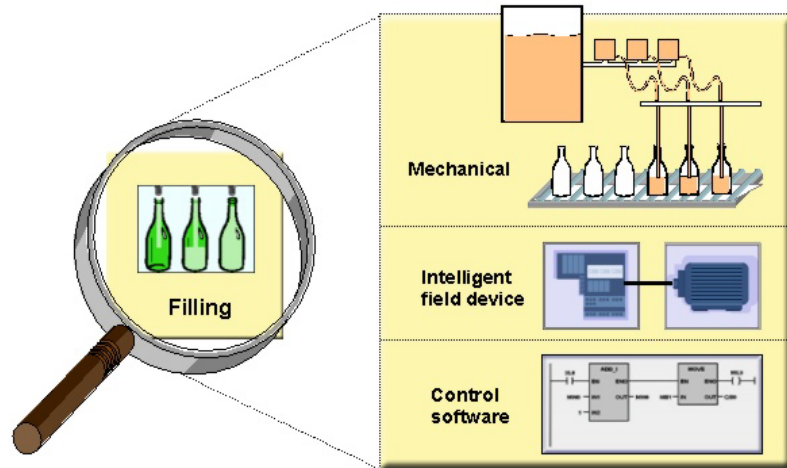


Abbildung 9: Technologischen Module bei PROFINet

#### 3.1 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 9). Ein solches technologisches Modul wird wiederum durch eine Software-Komponente, die PROFINet-Komponente, modelliert.

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

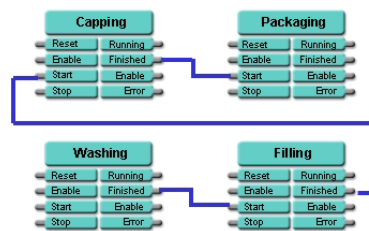


Abbildung 11: Verschaltete Komponenten

samtanlage 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.



Abbildung 10: Beispiel einer PROFINet-Komponente mit Interface-Variablen

PROFINet-Komponenten basieren auf dem offenen Kommunikationsstandard COM von Microsoft (siehe Kapitel 3.4). 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 Ge-

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.

#### 3.3 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-Kom-

ponentendatei 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.

### 3.4 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.

#### 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.

Ein COM-Objekt und somit auch ein Automatisierungsobjekt besteht 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.

### 3.5 Automatisierungsobjekte zur Runtime und im Engineering

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

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

## 4. 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.

### 4.1 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.

### 4.2 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*

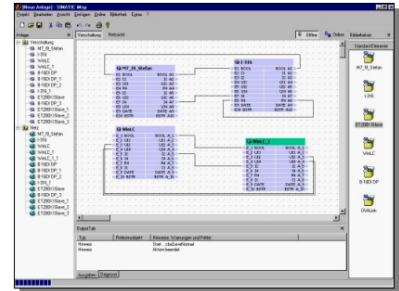


Abbildung 12: Anlagensicht im Verschaltungseditor

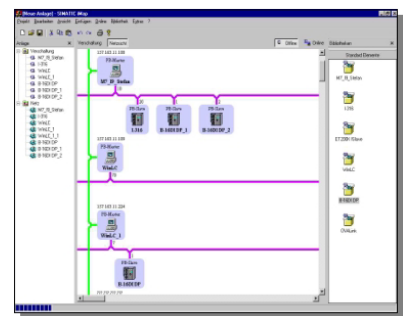


Abbildung 13: Netzwerksicht im Verschaltungseditor

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.

#### 4.3 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:

- 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.

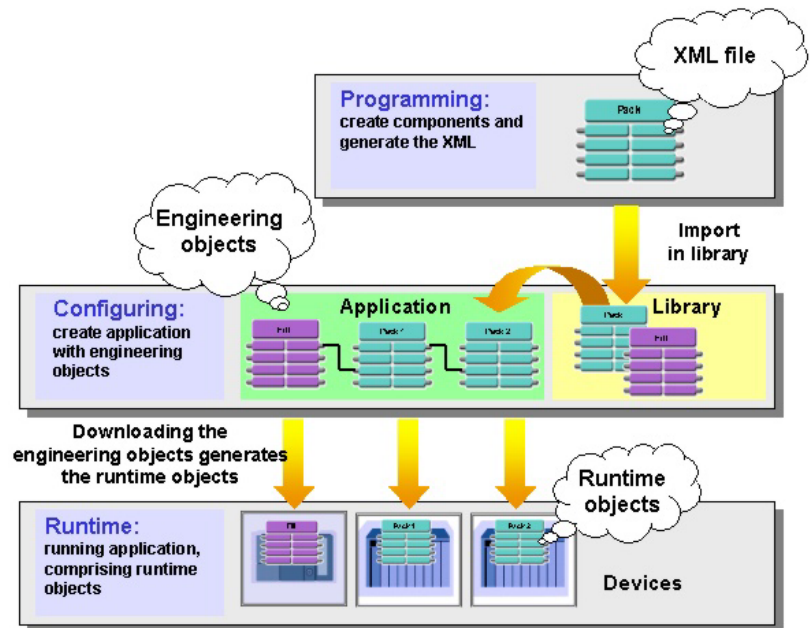


Abbildung 14: Der Weg der Komponente von der Programmierung bis in die Geräte



## 5. 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.

### 5.1 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.

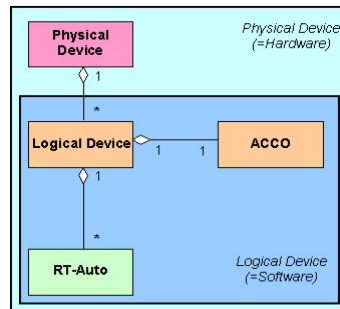


Abbildung 15: Runtimeobjektmodell

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.

### 5.2 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 Echtzeitforderungen der Automatisierungssysteme nicht erfüllt und dass aufgrund der rauen Umgebung in der Feldebene, die im Bürobereich üblicherweise eingesetzte Elektromechanik die Ausfallrate ungünstig beeinflusst.

## 5.3 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 16).

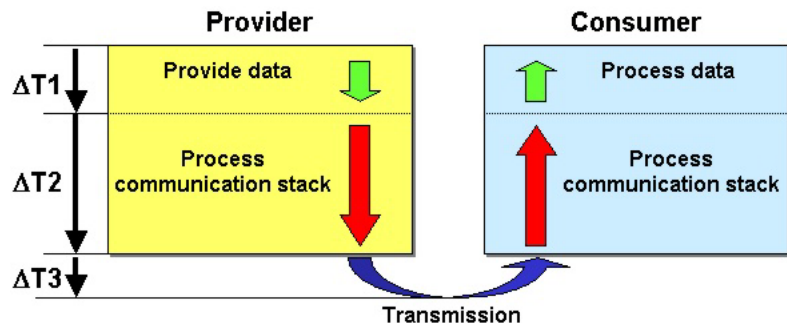


Abbildung 16: Laufzeiten von Automatisierungsdaten von Provider zum Consumer

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.

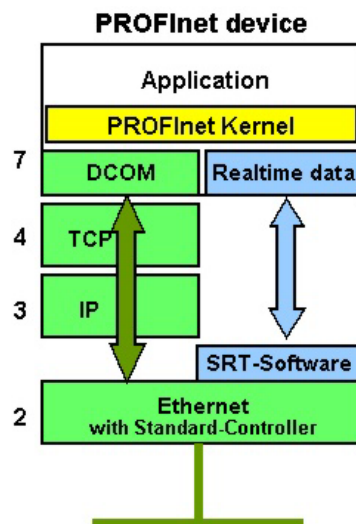


Abbildung 17: Kommunikationskanäle bei PROFINet

## 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 geschwächten 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 Quittierung mehr Prozessorlast hervorruft als ein zyklisches Versenden.

## 6. Übertragungstechnik bei PROFINet

Die internationale Norm ISO/IEC 11801 sowie ihr europäisches Äquivalent EN 50173 definieren eine anwendungsneutrale, informationstechnische Standardvernetzung für einen Gebäudekomplex. Sie sind inhaltlich weitgehend identisch. Beide Standards gehen von einer büroähnlichen Nutzung der Gebäude aus und erheben den Anspruch, anwendungsneutral zu sein.

Die spezifischen Anforderungen an Ethernet-Netzwerke im industriellen Umfeldes wie

- Anlagenspezifische Kabelführung
- Individueller Vernetzungsgrad für jede Maschine/Anlage
- Linienförmige Netzstrukturen
- Robuste industriegerechte Kabel und Steckverbinder mit besonderen Anforderungen an EMV, Temperatur, Feuchte, Staub und Vibration.

finden in den beiden Standards keine Berücksichtigung. Die Richtlinie "PROFINet Transmission Technology and Cabeling" definiert deshalb auf Basis grundlegender Anforderungen der IEC 11801 eine industriegerechte Verkabelung für die Anwendung "Fast-Ethernet".

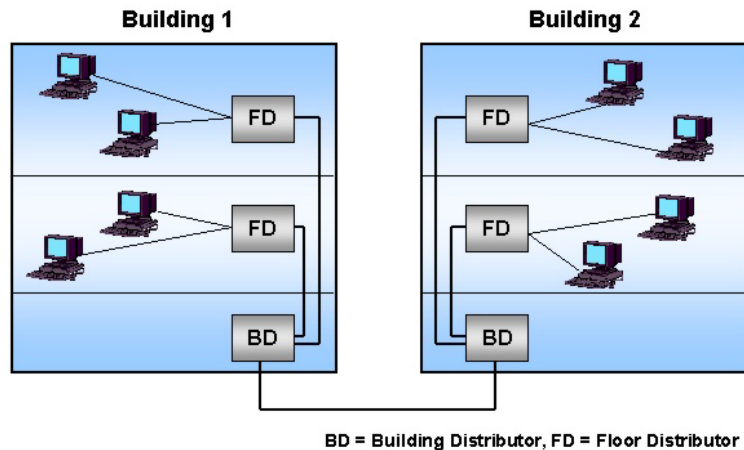


Abbildung 18: Struktur von Ethernet-Netzwerken im Bürobereich

### 6.1 Netztopologien

Netztopologien orientieren sich an den Erfordernissen der zu vernetzenden Einrichtungen. Zu den häufigsten gehören Stern-, Linien-, Baum- und Ringstrukturen. In der Praxis besteht eine Anlage aus einer Mischform der unten einzeln betrachteten Strukturen. Sie lassen sich sowohl mit Kupferverkabelung als auch mit Lichtwellenleiter realisieren und für PROFINet nutzen.

#### Stern

Kennzeichen der Sternstruktur ist ein zentraler Signalverteiler (Switch) mit Einzelverbindungen zu allen Endgeräten des Netzes. Anwendungen für sternförmige Netzstrukturen sind Bereiche mit hoher Gerätedichte bei geringen Längenausdehnungen, z.B. kleine Fertigungszellen oder eine einzelne Produktionsmaschine.

gungszellen oder eine einzelne Produktionsmaschine.

#### Baum

Die Baumtopologie entsteht aus der Verbindung mehrerer Sterne zu einem Netzwerk, ggf. unter Mischung von LWL und Twisted Pair Verkabelung. Sie findet Anwendung bei der Gliederung komplexer Anlagen in Teilanlagen.

#### Linie

Realisiert werden kann die Linienstruktur durch einen Switch in der Nähe des anzuschließenden Endgeräts oder durch einen in das Endgerät integrierten Switch.

Die Linienstruktur findet bevorzugt Anwendung in Anlagen mit weitläufiger Struktur, z.B. Fördersysteme und zur Verbindung von Fertigungszellen.

#### Ring (Redundanz)

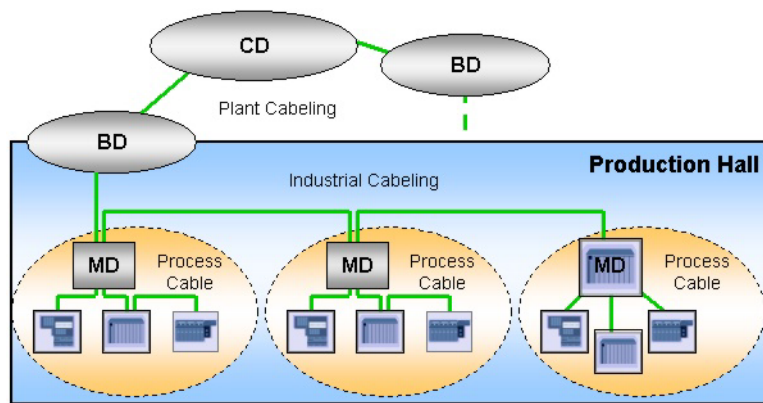
Schließt man die Enden einer Linie durch eine zusätzliche Verbindung, ergibt sich eine Ringstruktur.

Ringtopologien werden in Anlagen mit erhöhten Verfügbarkeitsanforderungen zum Schutz vor Leitungsbruch oder Ausfall einer Netzkomponente eingesetzt.

| Bürobereich                               | Fertigungs- und Feldbereich                                         |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| feste Grundinstallation im Gebäude        | stark anlagenabhängige Verkabelung                                  |
| Verlegung in Zwischenböden                | anlagenspezifische Kabelführung                                     |
| variabler Geräteanschluss am Arbeitsplatz | Anschlusspunkte werden selten verändert                             |
| Vorkonfektionierte Geräteanschlusskabel   | Feldkonfektionierbare Geräteanschlüsse                              |
| baumförmige Netzstrukturen                | häufig linienförmige Netzstrukturen und (redundante) Ringstrukturen |
| große Datenpakete (z.B. Bilder)           | kleine Datenpakete (Messwerte)                                      |
| mittlere Netzverfügbarkeit                | sehr hohe Netzverfügbarkeit                                         |
| moderate Temperaturen                     | extreme Temperaturen                                                |
| keine Feuchtigkeit                        | Feuchtigkeit möglich (IP65)                                         |
| kaum Erschütterungen                      | vibrierende Maschinen                                               |
| geringe EMV-Belastung                     | hohe EMV-Belastung                                                  |
| geringe mechanische Gefährdung            | Gefahr mechanischer Beschädigungen                                  |
| kaum chemische Gefährdung                 | chemische Belastungen durch ölige oder aggressive Atmosphären       |

Tabelle 1: Unterschiede Büro- und Automatisierungstechnik





CD = Campus Distributor, BD = Building Distributor; MD = Machine Distributor  
Distributors are Switches in Full Duplex Mode

Abbildung 19: Ethernet-Netzwerke im industriellen Umfeld

## 6.2 PROFINet-Verkabelung

Industrietaugliche Kabel können extremen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sein. Sie erfordern einen speziellen Aufbau, der zu Rückwirkungen auf die Übertragungseigenschaften führt. Beim Einsatz von Spezialkabeln ist deshalb u.U. nur eine verkürzte Übertragungsstrecke realisierbar.

In der Feldebene liegt eine ähnliche Anforderung an die Verkabelung wie beim PROFIBUS vor. Da die Teilnehmer neben den Daten auch mit 24 Volt versorgt werden, bietet sich hier eine hybride Verkabelungsstruktur an. Hybridkabel enthalten gleichzeitig Leiter für die Signal- und für die Energieübertragung. Hybridkabel gibt es in den Ausführungen: Cu/LWL-Ausführung (2 optische Fasern für die Datenübertragung / 4 Adern für die Energieübertragung) sowie Cu/Cu-Ausführung (4 Adern Datenübertragung / 4 Adern für die Energieübertragung).

Lichtwellenleiter erlauben größere Netzausdehnungen als symmetrische Kupferkabel und sind unempfindlich gegen elektromagnetische Beeinflussung.

### PROFINet-Verkabelung mit symmetrischen Kupferkabel

Die Signalübertragung über symmetrische Kupferkabel (Twisted Pair) erfolgt nach 100BASE-TX mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 100 MBit/s (Fast-Ethernet).

Übertragungsmedium ist ein 2-paariges, verdrehtes und geschirmtes Kupferkabel (Twisted Pair oder Stern Vierer) mit einem Wellenwiderstand von 100 Ohm.

Es sind ausschließlich geschirmte Kabel und Verbindungselemente zugelassen. Die einzelnen Komponenten müssen die Anforderung der Kategorie 5 entsprechend IEC 11801 erfüllen. Die gesamte Übertragungsstrecke muss die Anforderungen der Klasse D nach IEC 11801 erfüllen.

Lösbare Verbindungen werden mit Hilfe vom RJ45- bzw. M12- Steckverbindingssystem hergestellt. Die Geräteanschlüsse sind als Buchse ausgeführt. Die Verbindungskabel (Geräteanschluss-, Rangierkabel) sind entsprechend beidseitig mit Steckern versehen.

Alle Geräte werden über eine aktive Netzkomponente angeschlossen. Um eine möglichst einfache Installation zu gewährleisten wurde das Übertragungskabel als beidseitig gleich definiert. Diese Verbindungsleitung erfüllt damit die Funktion der beidseitig gleich konfektionierten Patchleitung.

Die maximale Segmentlänge beträgt 100m.

### PROFINet-Verkabelung mit Lichtwellenleitern

PROFINet kann mit Multimode- bzw. Singlemode-Lichtwellenleiterstrecken betrieben werden. Die Signalübertragung erfolgt über 2-faserige Lichtwellenleiter nach

100BASE-FX mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 100 MBit/s. Die optischen Schnittstellen entsprechen den Spezifikationen ISO/IEC 9314-3 (Multimode) bzw. ISO/IEC 9314-4 (Singlemode).

Für Anwendungen außerhalb des Schaltschranks muss der Außenmantel die jeweiligen Anforderungen am Einsatzort (mechanisch, chemisch, thermisch) erfüllen.

Bei Multimode beträgt die Segmentlänge maximal 2km, bei Singlemode maximal 14km.

## 6.3 Steckverbinder

Ein wesentliches Kriterium für die industrielle Verwendbarkeit besteht in der Beherrschbarkeit der Anschlussstechnik vor Ort. Hierzu stehen Steckverbinder für M12 sowie für den RJ 45 zur Verfügung. Sie sind mit Standardwerkzeugen einfach vor Ort konfektionierbar.

Im Schaltschrankbereich wird in PROFINet der RJ45 als IP20 Ausführung eingesetzt. Er ist kompatibel zum Bürostecker. Steckverbinder außerhalb des Schaltschranks müssen den Ansprüchen der Industrie in besonderem Maße Rechnung tragen. Hier kommen die Typen RJ45 in IP65 oder IP67 oder der Typ M12 zum Einsatz.

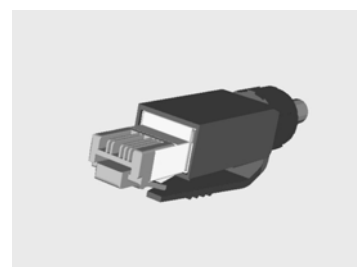


Abbildung 20: RJ45 IP20 mit Industrieperformance

Der RJ 45 in IP65 / IP67 befindet sich in einem robusten Gehäuse mit Push-Pull-Verriegelung. Spezielle Ausführungen erlauben einen Schutzgrad bis IP68. Bei M12-Steckverbindern wird die geschirmte, D-codierte 4-polige Variante eingesetzt, wie sie von DKE für industrial Ethernet in die IEC Standardisierung eingebracht wird.

Verbindungen im Lichtwellenleiterbereich werden nach ISO/IEC 11801 vorzugsweise mit dem Duplex-SC-Steckverbindersystem ausgeführt. Es ist in IEC 60874-14 beschrieben. Geräte sind mit der Buchse, Anschlusskabel mit dem Stecker ausgerüstet. Alternativ kann der LWL-Steckverbinder BFOC/2,5 nach IEC 60874-10 eingesetzt werden.



Abbildung 21: IP 67 RJ45 für PROFINet

Der hybride Steckverbinder wird dort eingesetzt, wo dezentrale Feldbaugruppen über einen kombinierten Steckverbinder mit Daten und Versorgungsspannung verbunden werden. Ein vollständig berührungsgeschützter Steckverbinder ermöglicht die Nutzung von beidseitig gleichen Steckverbindern, da durch den integrierten Berührschutz kein Stift-Buchsenwechsel notwendig ist.



Abbildung 22: PROFINet Hybridsteckverbinder IP 67

Es handelt sich um einen RJ45 in IP67 mit 2-paariger, geschirmter Datenleitung für die Kommunikation und 4 Cu-Leiter zur Spannungsversorgung.

## 6.4 Switches

Switches sind Geräte, die im Übertragungspfad zwischen den Endgeräten liegen und empfangene Signale regenerieren und gezielt weiterleiten. Sie dienen zur Strukturierung von Netzwerken und ermöglichen Datenkommunikation über große Strecken.

Für PROFINet geeignete Switches sind für Fast-Ethernet (100MBit/s, IEEE 802.3u) und Full-Duplex-Übertragung ausgelegt. Im Full-Duplex-Betrieb empfängt und sendet ein Switch gleichzeitig Daten am selben Port. Es treten keine Kollisionen auf. Dadurch geht keine Bandbreite durch das Ethernet-Kollisionsverfahren verloren. Die Netzprojektion wird wesentlich vereinfacht, da die Überprüfung der Streckenlängen innerhalb einer Kollisionsdomäne entfällt.

Um Kompatibilität zu Altanlagen oder einzelnen, älteren Endgeräten oder Hubs zu gewährleisten, unterstützen einige Schnittstellen auch den Betrieb von 10BASE-TX (10 MBit/s, CSMA/CD). Weiterhin unterstützt ein Switch im PROFINet-Einsatz priorisierte Telegramme nach IEEE 802.3p/q, standardisierte Diagnosewege und Auto-Cross-Over-Funktion. Port-Mirroring für Diagnosezwecke ist optional.

Für den Einsatz im industriellen Umfeld kommen spezielle Switches zur Anwendung. Switches aus dem Office-Bereich können nur bedingt eingesetzt werden. Zum einen sind sie für den rauen industriellen Einsatz nicht geeignet. Zum anderen haben hohe Portzahlen höhere Kosten zur Folge.

## 7. 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.

### 7.1 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.

### 7.2 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

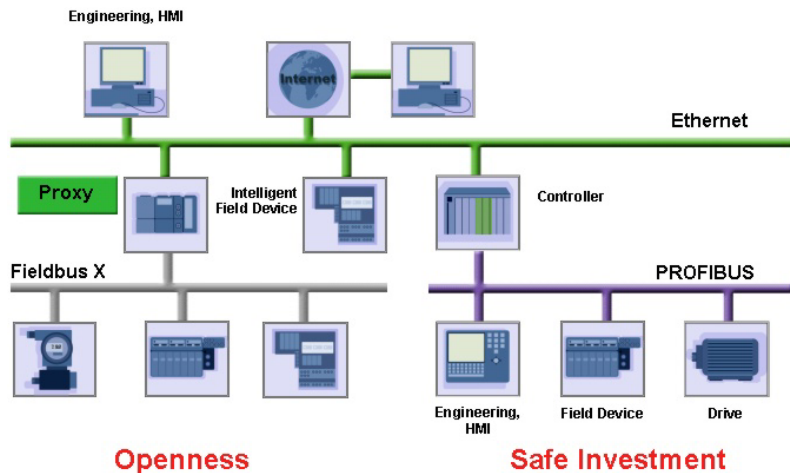


Abbildung 23: PROFINet bietet Offenheit und Investitionsschutz für Gerätehersteller und Endkunde

### Einbindung von Feldbusapplikationen

Die Komponentisierung des PROFIBUS-Subnetzes als Ganzes in der Steuerung (Abbildung 24) 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.

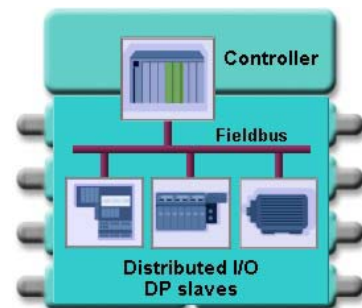


Abbildung 24: Komponentisierung eines PROFIBUS-Subnetzes als Ganzes mit einer Steuerung

### Einbindung von Feldbusgeräten über Proxies

Die Komponentisierung der einzelnen Teilnehmer eines PROFIBUS-Subnetzes mit einer Proxy-Hardware (Abbildung 25) 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.

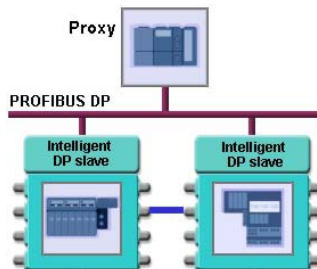


Abbildung 25: Komponentisierung der einzelnen Teilnehmer eines PROFIBUS-Subnetzes mit einer Proxy-Hardware

Innerhalb der Verschaltungssicht des PROFINet Verschaltungsseditors 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.

### 7.3 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 busspezifische 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.

### 7.4 Beispiel für eine modulare Maschine

Abbildung 27 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 vorabgetestet 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.

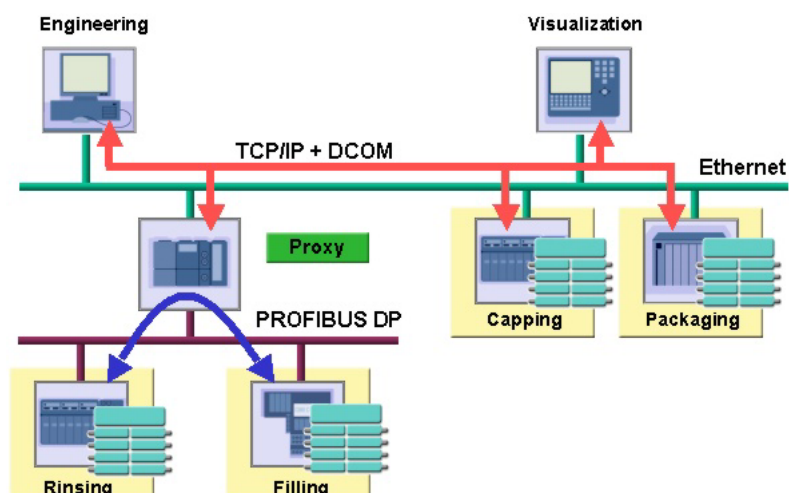


Abbildung 26: Beispielapplikation mit Einsatz der Proxy-Technologie



## 8. Netzwerkmanagement und Web-Integration

Zusätzlich zu den beschriebenen Hauptaspekten sind in PROFInet Erweiterungen vorgesehen.

Ethernet stellt in Verbindung mit TCP/IP zusätzliche Anforderungen an das Netzwerkmanagement, als es in der Feldbuswelt der Fall ist. Um alle technischen Aspekte der Integration von PROFInet-Komponenten in solchen Netzwerken zu regeln, wurde bei PROFInet ein Konzept für das Netzwerkmanagement spezifiziert. Bestandteil des Konzepts sind im Wesentlichen die Themen Netzwerkinfrastruktur, IP-Management, Netzwerkdiagnose und Uhrzeitsynchronisation.

Ein weiterer Aspekt stellt die Nutzung von Internet-Technologien in der Automatisierungstechnik dar. PROFInet hat im Rahmen der Web-Integration Funktionen spezifiziert, um den Zugriff auf eine PROFInet-Komponente mittels Web-Diensten basierend auf Standardtechnologien aus dem Internet-Bereich (wie http, XML, HTML, Adressierung mit URL Scripting) ermöglichen zu können.

### 8.1 Netzwerkmanagement

Das Netzwerkmanagement umfasst alle Funktionen zur Administration eines Netzwerkes wie Konfiguration (Vergabe von IP-Adressen), Fehlerüberwachung (Diagnose), Leistungsoptimierung oder Sicherheitsgewährleistung (Zugangscode). Die ersten beiden werden im Folgenden erläutert.

#### IP-Management

Aus der Verwendung von TCP/IP durch PROFInet entsteht die Notwendigkeit, den Netzteilnehmern, d.h. den PROFInet-Komponenten, eine IP-Adresse zuzuweisen:

- *Automatische Adressvergabe mit DHCP:* In Netzen mit Managementsystemen hat sich für die Vergabe und Verwaltung von IP-Adressen das Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) als de-facto-Standard etabliert. PROFInet sieht für diese Aufgabe zwei Möglichkeiten vor: PROFInet empfiehlt die Implementierung

von DHCP und beschreibt wie DHCP sinnvoll im PROFInet Umfeld angewendet werden kann. Die Implementierung von DHCP ist optional.

- *Adressvergabe mit hersteller-spezifischen Projektierungssystemen:* Diese Alternative ist erforderlich, da nicht immer ein DHCP-Server am Netzwerk vorhanden sein wird. Bei PROFInet ist daher das Protokoll (Discovery and Basic Configuration) vorgesehen, welches die Vergabe der IP-Parameter mit herstellerspezifischen Projektier-/Programmierungstools oder im anlagenweiten Engineering, z.B. im PROFInet-Verschaltungseditor, möglich macht.

#### Diagnose-Management

Die Zuverlässigkeit des Netzbetriebes hat eine sehr hohe Priorität im Netzwerkmanagement. In bestehenden Netzen hat sich für die Wartung und Überwachung der Netzkomponenten und ihrer Funktionen das *Simple Network Management Protocol (SNMP)* als de-facto-Standard durchgesetzt. Um PROFInet-Geräte auch mit etablierten Managementsystemen überwachen zu können, ist es sinnvoll SNMP zu implementieren. SNMP sieht sowohl lesende (Überwachung, Diagnose) als auch schreibende Zugriffe (Administration) auf ein Gerät vor.

Zunächst wurden in PROFInet nur lesende Zugriffe auf Geräteparameter spezifiziert. Wie die Funktionen des IP-Managements, wird SNMP optional sein. Bei der Realisierung von SNMP in Komponenten wird nur auf die für SNMP üblichen Standardinformationen zugegriffen.

Eine spezifische Diagnose von PROFInet-Komponenten ist über die in der PROFInet-Spezifikation beschriebenen Mechanismen möglich. SNMP soll in diesem Zusammenhang keinen weiteren Diagnoseweg öffnen, sondern die Integration in Netzwerkmanagementsysteme, die üblicherweise PROFInet-spezifische Informationen nicht verarbeiten, ermöglichen.

### 8.2 Web-Integration

Für PROFInet ist nicht nur die Nutzung der modernen Ethernet-Basistechnologien möglich, sondern auch der Zugriff auf eine PROFInet-Komponente mittels Web-Clients basierend auf Standardtechnologien aus dem Internet-Bereich wie http, XML, HTML oder Adressierung mit URL Scripting.

Die Daten werden hierbei in standardisierter Form (HTML, XML) übertragen und durch standardisierte Frontends (Browser wie Netscape, MS Internet Explorer, Opera, ...) zur Anzeige gebracht. Damit wird die Integration von Informationen aus PROFInet Komponenten in moderne, multimedia-unterstützte Informationssysteme ermöglicht. Die Vorteile der Webintegration im IT-Bereich wie Nutzung von Browsern als einheitliche Bedienoberfläche, ortsunabhängiger Zugriff auf Informationen von einer beliebigen Anzahl an Clients, Plattformunabhängigkeit der Clients sowie Reduzierung des Aufwands für Installation und Pflege der clientseitigen Software werden somit auch für PROFInet-Komponenten erschlossen.

#### Funktionale Eigenschaften

Basierend auf der beschriebenen Zielsetzung wurde die Webintegration von PROFInet schwerpunktmäßig unter dem Aspekt Inbetriebnahme und Diagnose gestaltet. Innerhalb dieser Anwendungsgebiete lassen sich web-basierte Konzepte besonders effektiv einsetzen:

- Es sind keine speziellen Werkzeuge zum Zugriff auf die Komponente notwendig, da etablierte Standardwerkzeuge benutzt werden können.
- Durch die weltweite Erreichbarkeit ist eine einfache Unterstützung des Anwenders bei der Inbetriebnahme durch den Komponentenhersteller möglich.
- Die Selbstbeschreibung der Komponente ermöglicht den Zugriff ohne Projektierungsinformationen.

Mögliche Nutzungs-Szenarien für die PROFInet Webintegration im Inbetriebnahme- und Wartungsbereich sind u.a. Test- und Inbetriebnahme, Übersicht über die Gerätestammdaten, Gerätediagnose und Anlagen- und Gerätedokumentation.

Die Repräsentation der bereitgestellten Informationen soll sowohl in einer menschlich lesbaren Form (z.B. über einen Browser) als auch in einer maschinen lesbaren Form (z.B. XML Datei) erfolgen. Über die PROFInet Webintegration können beide Varianten konsistent zur Verfügung gestellt werden. Für bestimmte, innerhalb von PROFInet gemeinsame Informationen wird die PROFInet Webintegration auch standardisierte XML Schemata bereitstellen.

### Technische Eigenschaften

Die Basiskomponente der Webintegration ist der Webserver. Er bildet die Schnittstelle zwischen dem PROFInet Objektmodell und den Basistechnologien für die Webintegration.

Die PROFInet-Webintegration kann über die Leistungsfähigkeit und Eigenschaften des Webserver skaliert werden. Das bedeutet, dass auch kleine PROFInet Geräte, ausgestattet mit nur einem "embedded Webserver", gleichberechtigt neben einem PROFInet Gerät mit einem "MS Internet Information Server" oder "Apache Webserver" an der WebIntegration teilnehmen können.

Die Webintegration für PROFInet ist so angelegt, dass sie bei jedem Gerät optional verfügbar gemacht werden kann. Bestimmte Funktionen sind optional und können je nach Leistungsfähigkeit des Gerätes dazugenommen werden. Damit sind skalierbare Lösungen realisierbar, die bestmöglich an den jeweiligen Einsatzfall angepasst sind. Die PROFInet-spezifischen Elemente lassen sich nahtlos in eine bestehende Web Implementierung einer Komponente integrieren.

Durch die PROFInet WebIntegration wird das Konzept der technologischen Komponente zum Zugriff über das Web auf die PROFInet Objekte erweitert. Damit wird die schon im Engineering und der Runtime praktizierte Herstellerunab-

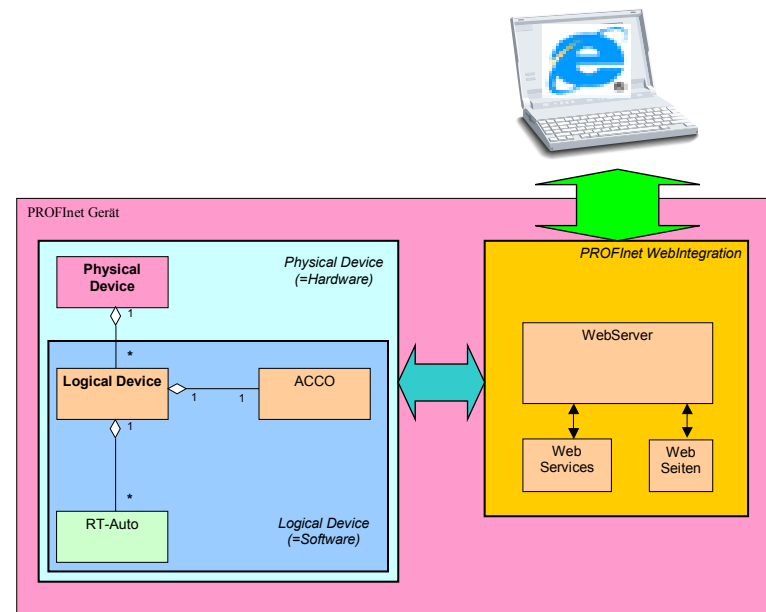


Abbildung 27: Unabhängigkeit der WebIntegration vom PROFInet Objektmodell (am Beispiel eines WebServers)

hängigkeit auch im Web konsequent fortgeführt.

Basierend auf einheitlichen Schnittstellen und Zugriffsmechanismen kann der Ersteller einer technologischen Komponente seine technologisch geprägten Daten übers Web zur Verfügung stellen. Durch den in der PROFInet WebIntegration festgelegten Namensraum und das Adressierungskonzept lassen sich die Elemente des PROFInet-Modells (Objektstruktur und Properties) durch den Webserver ansprechen. Dadurch können dynamische Webseiten erstellt werden, die mit aktuellen Daten aus der Komponente aufgebaut werden.

### Umfang

Das grundlegende Architekturmodell des Konzepts der WebIntegration ist in Abbildung 27 dargestellt. Es verdeutlicht den optionalen Charakter der WebIntegration bei PROFInet, da sie als eigenständiges Element neben dem PROFInet-Objektmodell angeordnet ist und keine Durchdringung von beiden erfolgt.

Hinsichtlich der Systemarchitektur eines Automatisierungssystems mit PROFInet werden durch die WebIntegration sämtliche architekturellen Ausprägungen unterstützt, insbesondere der Einsatz von Proxies zur Anbindung an beliebige Feldbusse. Die Spezifikation enthält entsprechende Modelle, die die Beziehungen zwischen den PRO-

FInet-Komponenten, den PROFInet-Objekten, bereits existierenden Web-Komponenten und den Elementen der PROFInet WebIntegration beschreiben.

Die PROFInet Webintegration setzt ein gestuftes Sicherheitskonzept ein. Dabei werden strukturell keine Einschränkungen vorgenommen, so dass ein vom konkreten Anwendungsfall abhängiges Sicherheitskonzept angewandt werden kann. Die Best-Practice-Vorschläge enthalten Szenarien und Beispiele, wie anforderungsabhängig Sicherheitsmechanismen implementiert werden können.

So lassen sich z.B. Sicherheitsmechanismen in den Transportprotokollen (TCP/IP und HTTP) einsetzen. Daneben sind Verschlüsselung, Authentifizierung und Zugriffsverwaltung in den eingesetzten Web-Servern skalierbar. Diese Mechanismen sind Minimalelemente eines Sicherheitskonzepts und sollten grundsätzlich implementiert werden. Weiterführende Sicherheitselemente wie z.B. Application Gateways können für WebServices bei Bedarf implementiert werden. So können explizite Zugriffsrechte für einzelne Elemente des Objektmodells modelliert werden.

## 9. Implementierung von PROFINet Geräten

PROFINet steht als Spezifikation und als Software in Form von Source Code zur Verfügung. Die Spezifikation beschreibt alle Aspekte von PROFINet: das Objekt- und Komponentenmodell, die Run-Time-Kommunikation, das Proxy-Konzept für die Integration von unveränderten PROFIBUS-Systemen und das Engineering.

Die PROFINet Software umfasst die gesamte Run-Time Kommunikation. Mit dieser Kombination aus Spezifikation und Software als Source Code wurde eine Möglichkeit für eine leichte und aufwandsminimale Integration von PROFINet in die unterschiedlichsten Betriebssystemumgebungen der Geräte geschaffen, da sie betriebssystemunabhängig ist.

Die PROFINet Runtime Source ist dabei so strukturiert, dass sie eine einfache Integration bestehender Applikationssoftware in das PROFINet Runtime Objektmodell unterstützt.

Bei PROFINet stehen bereits Beispielportierungen für Win32, Linux, VxWorks und WinCE zur Verfügung.

### 9.1 Struktur der Runtime Software

Die Runtime-Software ist modular aufgebaut und besteht aus verschiedenen Schichten, die jeweils an die Systemumgebung angepasst werden müssen.

Die Softwarearchitektur (Abbildung 29) umfasst eine RPC-Schicht (Remote Procedure Call), die DCOM-Schicht und die für PROFINet spezifischen Objekte, wie AC-CO (Active Connection Control Object), RT-Auto (Runtime-Automation-Object), Physical Device und Logical Device. Mit Version 2.0 steht ein Echtzeit-Kanal zur Verfügung.

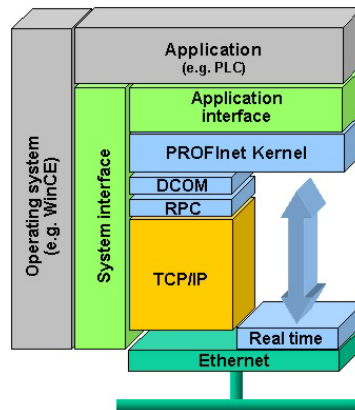


Abbildung 28: Architektur eines PROFINet Gerätes

Die PROFINet-RunTime-Software liegt in einer festen Verzeichnisstruktur vor, untergliedert nach Kernverzeichnissen und Verzeichnissen zur Systemanpassung. Die Dateien in den Kernverzeichnissen bleiben bei einer Portierung unverändert, wohingegen die Dateien in der Systemanpassung teilweise neu zu erstellen sind. Die Anpassungen beschränken sich auf die Portierungsschnittstellen zu den unterschiedlichen funktionalen Teilen der Umgebung, dem Betriebssystem z.B. WinCE und der Geräteapplikation, z.B. SPS. Zur Unterstützung von Portierungen steht eine entsprechende Portierungsanleitung zur Verfügung. Damit werden die einzelnen Schritte einer Portierung für die Geräteentwickler leicht nachvollziehbar.

### 9.2 Portierung der Runtime Software in Geräte

Es ist sinnvoll, bei der Portierung Schicht für Schicht vorzugehen und die portierte Funktionalität in Beispiel-Applikationen auf Funktionsfähigkeit zu testen. Folgende Schritte sind bei einer Portierung zu durchlaufen:

- **Integration des TCP/IP-Stapels:** Die Runtime-Software enthält keinen eigenen TCP/IP-Stapel. Dieser Stapel ist in den meisten Betriebssystemen ein integraler Bestandteil. Entscheidend ist die richtige Parametrierung der IP-Adresse, der Netzmaske, der Routing-Tabelle und des Host-Namens.

- **Die RPC-Systemanpassung:** Die Systemanpassung der RPC-Schicht besteht aus der Anpassung an den TCP/IP-Stapel und der Systemeinkbindung für Grundfunktionen des Betriebssystems.
- **Die DCOM-Systemanpassung:** Die Systemanpassung für die DCOM-RunTime enthält gegenüber der Anpassung für die RPC-Schicht keine großen Besonderheiten.

Wie aufwändig jeder der Schritte bei einer Implementierung wird, hängt im Wesentlichen von der Architektur des Zielsystems ab. Bei der Implementierung in ein Automatisierungsgerät ist in Bezug auf unterstützte Funktionen und Ressourcen deshalb eine Reihe von Punkten zu beachten, welche in der Portierungsanleitung beschrieben werden.

Zur Sicherstellung der notwendigen Echtzeiteigenschaften muss der Kernel das Eintreffen und das Senden von TCP/IP-Telegrammen als Ereignis melden bzw. über Messages unterstützen. Zudem ist für eine ausreichende Menge an Sockets zur gleichzeitigen Kommunikation mit mehreren Netzwerkteilnehmern zu sorgen – pro Verbindung sind zwei Sockets erforderlich.

Der Zugriff auf die Applikationsdaten und den Gerätestatus beschränkt sich auf das Ausfüllen von Prototypen zum Lesen und Schreiben von Daten in der Applikation.

Für die Ausführung des PROFINet-Stacks kommt grundsätzlich jedes preemptive Multitasking-Betriebssystem in Frage. Dazu muss das System neben der Verwaltung des TCP/IP-Protokollstacks in der Lage sein, zwischen Tasks Daten als Messages auszutauschen. Der Start der Tasks kann zyklisch über einen Timer oder Ereignisgesteuert erfolgen, beim Eintreffen einer Message oder nach Freigabe einer Semaphore.



## 10. PROFINet IO

Das PROFINet Komponentenmodell ist ideal für intelligente Feld- und Automatisierungsgeräte geeignet. Einfache Feldgeräte werden in PROFINet durch die in PROFIBUS DP gewohnte IO-Sicht beschrieben. Damit wird die dezentrale Peripherie auch bei PROFINet integriert. Wesentliches Merkmal dieser Integration ist die Verwendung von dezentralen Feldgeräten mit deren Ein- und Ausgangsdaten, die im SPS-Anwenderprogramm verarbeitet werden.

### 10.1 Funktionsumfang

PROFINet IO bietet Protokollelemente für folgende Funktionen:

- Die zyklische Übertragung von Produktivdaten
- Azyklische Übertragung von Alarmen
- Azyklische Übertragung von Prozess- und Diagnosedaten

Basis für die Definition von PROFINet IO war, das in der IEC 61158 genormte Gerätemodell. Die Spezifikation erfolgte unter folgenden Anforderungen:

- einfache Umsetzung eines heutigen PROFIBUS DP-Geräts (Master oder Slave) in ein PROFINet IO-Gerät (IO Controller oder IO Device)

möglichst gleiche Anwendersicht auf IO Devices wie heute auf PROFIBUS DP-Slaves (aus Sicht Engineering, HMI, Anwenderprogramm, OPC Server, ...)

### 10.2 Geräteklassen

Im Rahmen der Spezifikationsarbeiten wurden unterschiedliche Gerätetypen und deren Eigenschaften festgelegt:

- **IO Controller:** SPS, in der das Automatisierungsprogramm abläuft
- **IO-Supervisor:** PG, PC oder HMI-Gerät zu Inbetriebsetzungs- oder Diagnosezwecken (*Engineering Station*)
- **IO Device:** dezentral angeordnete IO-Geräte, die einem IO

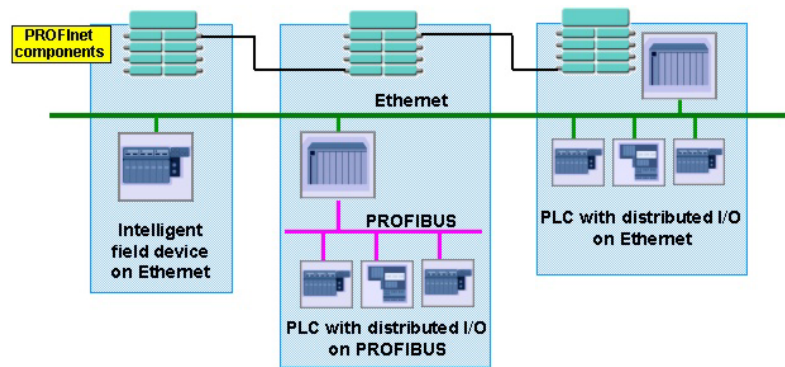


Abbildung 29: PROFINet Komponenten mit integrierter dezentraler Peripherie

Controller logisch zugeordnet sind

- **IO-Parametrierserver:** Stellt den Devices die Parametrierdaten zur Verfügung. Er dient als optionales, externes Backupmedium für Parametrierdaten. Dokumentiert die Online-Änderung der IO Device Parametrierung.

PROFINet IO verfügt über ein Context Management zur Einrichtung von Applikations- und Kommunikationsbeziehungen, zur Einstellung von relevanten Kommunikationsparameter (z. B. Timeout, Alarmfreigaben, Betriebsarten) für die einzurichtenden Kommunikationsbeziehungen und zur eindeutigen Identifikation von Teilnehmern.

Das Context Management benutzt zur Adressierung ein Gerätemodell, das sich an dem Modell eines modular aufgebauten Gerätes, in das Module gesteckt werden, orientiert. Die Module werden auf Slots platziert.

In PROFINet IO wurde eine Methode zur weltweiten Geräteidentifikation festgelegt. Diese 32Bit Device\_Ident\_Number teilen sich in 16Bit Hersteller-ID und 16Bit Device-ID auf. Die Hersteller-ID "0" ist reserviert für die Umsetzung der bisher für PROFIBUS DP vergebenen "PNO-Ident-Nummern".

Die Strukturbeschreibung der IO-Daten, die ein IO Data Object liefert, ist in der Gerätebeschreibungs-Datei enthalten. Grundlage sind die DP-V1-Datentypen sowie eine Erweiterung um 64Bit Datentypen. Die Typinformationen werden für die IO Data Objects in der Gerätebeschreibung hinterlegt.

Die IO Data Objects im Datentelegramm werden als Octetstream

nach ISO/IEC8825 und RFC1700 auf der Leitung übertragen.

In Diagnostic Data Objects ist die Diagnoseinformation hinterlegt. Auch hier wurde auf Kompatibilität zu PROFIBUS DP Wert gelegt. Durch die Nutzung von aktiven Netzkomponenten bei Ethernet ergeben sich zusätzliche Anforderungen an die Gerätediagnose. Neben der klassischen Gerätediagnose wird eine gerätespezifische Kommunikationsdiagnose verwendet.

Die als Profil bei PROFIBUS DP-V1 "genormte" I&M-Funktionen wurden für PROFINet IO übernommen.

### Kommunikation

Bei PROFINet IO wird die PROFIBUS-DP Master/Slave-Beziehung in ein Provider/Consumer-Modell übergeführt. Der Datenaustausch erfolgt über TCP/IP und der PROFINet-Echtzeitkommunikation, wie sie bei der Kommunikation zwischen PROFINet-Komponenten verwendet wird.

### PROFINet IO innerhalb von PROFINet-Komponenten

Die PROFINet-Komponentensicht lässt sich optimal mit der IO-Sicht verbinden, in dem dezentrale Peripheriesysteme, realisiert mit PROFINet IO, als PROFINet-Komponenten gekapselt werden und mit anderen PROFINet-Komponenten Daten über Verschaltungen austauschen.



## 11. Übergeordneter Datenaustausch mit OPC

PROFINet und OPC haben mit DCOM dieselbe technologische Basis. Daraus ergeben sich anwenderfreundliche Möglichkeiten zum Datenverkehr zwischen verschiedenen Anlagenteilen.

OPC ist eine weit verbreitete Schnittstelle zum Datenaustausch zwischen Windows-basierten Anwendungen in der Automatisierungstechnik. OPC ermöglicht die flexible Wahl von Teilnehmern unterschiedlicher Hersteller und deren Verkopplung ohne Programmierung.

### 11.1 OPC DA (Data Access)

OPC DA (Data Access) ist ein Industriestandard, der einen Satz Anwendungsschnittstellen definiert für den Zugriff aus Mess- und Steuergeräten auf Echtzeitdaten, das Auffinden von OPC-Servern und das Server Namespace-Browsing.

### 11.2 OPC DX (Data Exchange)

OPC DX definiert einen Kommunikationsstandard für den übergeordneten Austausch nicht-zeitkritischer Anwenderdaten auf Systemebene zwischen Steuerungen unterschiedlicher Hersteller und Arten z.B. zwischen PROFINet und CIP. OPC DX erlaubt aber keinen direkten Zugriff auf die Feldebene eines anderen Systems.

OPC DX ist eine Erweiterung der OPC DA-Spezifikation und definiert einen Satz von Standardschnittstellen für den *interoperablen Datenaustausch* und die *Server-zu-Server-Kommunikation in Ethernet-Netzwerken*. OPC DX erweitert den Datenzugriff, indem er während der Laufzeit die Server-zu-Server-Kommunikation unabhängig von dem im Ethernet-Netzwerk tatsächlich unterstützen Echtzeit-Anwendungsprotokoll ermöglicht. Damit können die von einem OPC DX-Server unterhaltenen Verbindungen remote konfiguriert und verwaltet werden.

### PROFINet

spezifiziert als offenes System die Runtime Kommunikation und das Engineering innerhalb eines PROFINet-Systems und zu unterlagerten PROFIBUS- und anderen Feldbussystemen. PROFINet bietet für Automatisierungs-Anwendungen die erforderliche Echtzeit-Fähigkeit.

### OPC DX

ermöglicht einen weiteren, offenen Datentransfer zwischen PROFINet und anderen Ethernet-basierten Kommunikationssystemen.

→ OPC DX ist eine ideale Ergänzung zu PROFINet

OPC DX ist nicht objektorientiert wie PROFINet, sondern tagorientiert, d.h. die Automatisierungsobjekte existieren nicht als COM-Objekte, sondern als (Tag.)Namen.

OPC DX ist von hohem Nutzen für:

- *Anwender und Systemintegratoren*, die Geräte, Steuerungen und Software verschiedener Hersteller integrieren und den Zugriff auf gemeinsam genutzte Daten in Multi Vendor Systemen realisieren wollen und
- *Hersteller*, die Produkte anbieten wollen, die auf einem offenen Industriestandard für Interoperabilität und Datenaustausch aufbauen.

ten, wurde OPC DX in PROFINet integriert. Die Integration wird dabei wie folgt erreicht:

- Jeder PROFINet-Knoten kann als OPC-Server angesprochen werden, da die Basisleistungen in Form der Implementierung von PROFINet Runtime bereits vorhanden sind.
- Jeder OPC-Server lässt sich über einen Standard-Adapter als PROFINet-Knoten betreiben. Erreicht wird das durch den OPC Objectizer, eine Komponente, die ein PROFINet-Device auf Basis einer OPC-Server auf einem PC implementiert. Diese Komponente muss nur einmal realisiert werden und kann dann für alle OPC-Server genutzt werden.

### 11.3 OPC DX und PROFINet

OPC DX wurde mit dem Ziel entwickelt, ein Mindestmaß an Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Feldbussystemen und ethernetbasierten Kommunikationsprotokollen zu ermöglichen, ohne dabei die Integrität der verschiedenen Technologien anzutasten.

Um eine offene Verbindung zu den anderen Systemwelten zu erhalten,

Die Funktionalität und Performance von PROFINet ist gemessen an OPC wesentlich größer. Außerdem bietet PROFINet die erforderliche Echtzeit-Fähigkeit für Automatisierungs-Lösungen. OPC stellt dem gegenüber ein höheres Maß an Interoperabilität dar.

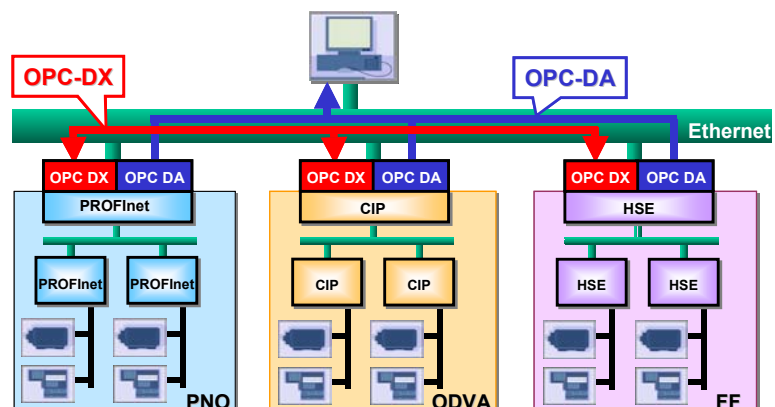


Abbildung 30: Systemübergreifender Datenaustausch mit OPC DA und OPC DX

## 12. Leistungsangebot der PNO

Für eine zügige Verbreitung von PROFINet im Markt ist ein optimaler Support seitens der PROFIBUS Nutzerorganisation wichtig. Um dies zu gewährleisten wurde ein leistungsfähiges Angebot an Diensten und Produkten etabliert.

### 12.1 Technologieentwicklung

Die PROFIBUS Nutzerorganisation stellt sicher, dass die Entwicklung der Spezifikation sowie PROFINet Runtime Software kontinuierlich und marktorientiert weiterläuft.

Der gewählte Weg über die Bereitstellung einer Quellen-Software, auf der alle Produkt-Implementierungen aufbauen, stellt eine sehr gute Möglichkeit dar, eine durchgehend hohe Qualität der PROFINet-Schnittstelle in den Produkten sicherzustellen. Ein solches Vorgehen garantiert dass Interoperabilitätsprobleme auf ein Minimum reduziert werden.

### 12.2 Qualitätsmaßnahmen

Die PROFIBUS Nutzerorganisation hat bei der Entwicklung von PROFINet von Beginn an dafür gesorgt, dass der gesamte Life Cycle von der Spezifikation von PROFINet bis hin zum Anlagen-Engineering durch Maßnahmen unterstützt wird, die in der jeweiligen Phase eine hohe Qualität gewährleisten.

#### QM des Spezifikations- und Implementierungsprozesses

Die PROFINet Spezifikation und Software werden in einem firmenübergreifenden Arbeitskreis, dem "PROFINet Core Team", erstellt, dessen Aufgabe ist, dafür zu sorgen, dass der gesamte Entwicklungsprozess von der ersten Erfassung der Anforderungen bis hin zur Freigabe der PROFINet Software durch ein Qualitätsmanagement (QM) erfasst wird.

Die Qualitätsmaßnahmen werden in einem den Randbedingungen des firmenübergreifenden Entwicklungsteams angepassten QS-Handbuch geregelt. So wird gewährleistet, dass der Source Code den derzeit gültigen Regeln des Qualitätsmanagement entspricht.



Abbildung 31: Leistungsangebot der PROFIBUS Nutzerorganisation

Das QS-Handbuch beschreibt das anzuwendende Prozessmodell. Es definiert die Begriffe, Methoden und Werkzeuge, die in den QS-Maßnahmen anzuwenden sind. Ferner werden dort die Zuständigkeiten im gesamten QS-Prozess festgelegt. Einen wichtigen Bestandteil stellt hierbei das Fehlermanagement dar. Es enthält eine eindeutige Fehlerklassifizierung und ein nachvollziehbares Fehlermeldewesen.

#### Test- und Zertifizierung

Um eine hohe Qualität der Produkte von Beginn an zu gewährleisten, wurde ein Zertifizierungssystem nach dem für PROFIBUS-Produkte bewährten Schema etabliert. Im Gegensatz zu PROFIBUS *müssen* alle PROFINet Produkte vor deren Markteinführung den Zertifizierungsprozess durchlaufen. Kern des Prozesses stellen Zertifizierungstests in von der Akkreditierungsstelle der PROFIBUS Nutzerorganisation autorisierten Prüflaboren dar. Der Test zum Zertifikat durch solche kompetenten Prüflabore stellt sicher, dass die Produkte spezifikationskonform und mit einer hohen Fehlerfreiheit angeboten werden können.

Die Zertifizierungstests werden in drei Schritten durchgeführt. Der umfassendste Teil des Zertifizierungstests besteht aus dem Test der PROFINet Software des jeweiligen Produkts. Getestet werden hierbei die modifizierten Softwareteile sowie die Realisierung des Objekt-Modells von PROFINet. Den zweiten Schritt stellt der Test der

Interoperabilität mit einem Engineeringtool dar. Es wird überprüft, ob eine erzeugte PROFINet-Komponente in einem Engineeringtool integriert werden kann. Hierfür muss ein XML-File mitgeliefert werden. Beim Test der Interoperabilität mit anderen PROFINet-Komponenten (dritter Schritt) wird überprüft, inwieweit das Produkt in einer Umgebung mit anderen PROFINet-Produkten störungs- und rückwirkungsfrei arbeitet.

#### Fehlermeldebuch

Damit Fehler und Anforderungen von Endkunden und Geräteherstellern in der Runtime-Software systematisch behoben werden, wurde bei der PROFIBUS Nutzerorganisation ein Fehlermeldebuch eingerichtet. Dafür steht eine Fehlerdatenbank zur Verfügung, in die alle Fehler und deren Status aufgenommen werden. Die damit verbundenen Einträge in eine Datenbank finden entsprechend den Regeln des QS-Prozesses statt.

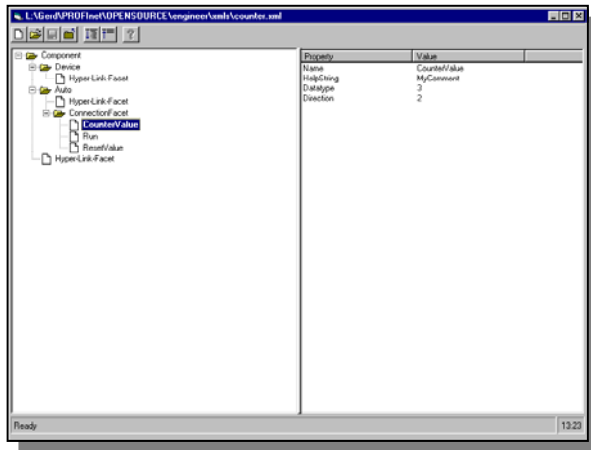


Abbildung 32: Der PROFInet Component Editor

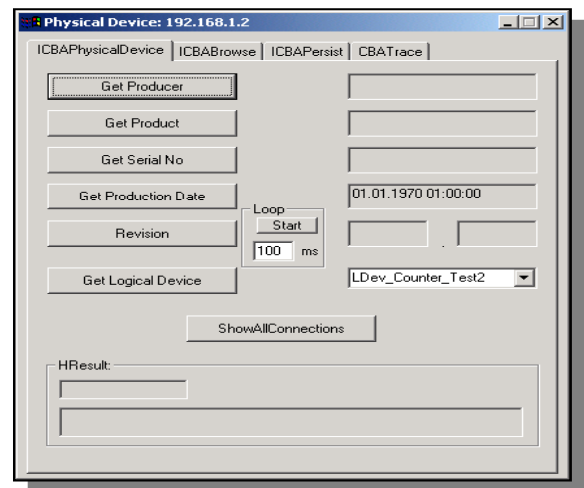


Abbildung 33: Das PROFInet Test Tool

## 12.3 Technischer Support

Wichtig für den Erfolg von PROFInet ist, dass in kurzer Zeit eine genügende Menge von PROFInet-Produkten unterschiedlicher Hersteller auf dem Markt verfügbar ist.

### Competence Center

Für die Unterstützung des Produktentwicklungsprozesses wurden PROFInet Competence Center etabliert. Damit ist sichergestellt, dass die Portierung auf die unterschiedlichen Betriebssysteme und die Anpassung an produktspezifische Randbedingungen insbesondere in der Anfangsphase, in der in den Unternehmen noch keine Erfahrungswerte vorhanden sind, optimal erfolgt. Die Competence Center bauen in den interessierten Unternehmen Know-how auf, so dass weitere Produktentwicklungen in den Entwicklungsabteilungen gekonnt und ohne weitere Unterstützung stattfinden können.

Die Leistungen der PROFInet Competence Center umfassen darüber hinaus die Bereiche Telefon Hotline sowie Durchführung von zielgruppenorientierten Workshops.

## Tools

Für die Erstellung einer Komponentenbeschreibung von Ethernet-Geräten in Form einer XML-Datei wird ein Tool für Gerätehersteller benötigt. Die PROFIBUS Nutzerorganisation bietet diesen PROFInet Component Editor – ähnlich wie den GSD-Editor bei PROFIBUS-DP – auf deren Website zum Download an.

Um neuentwickelte Produkte auf die Zertifizierung vorbereiten zu können, bietet die PROFIBUS Nutzerorganisation ein PROFInet-Testtool auf deren Website zum Download an. Das PROFInet-Testtool ermöglicht dem Gerätehersteller, vor der Zertifizierung statische Tests durchzuführen.

## Glossar

|                         |                                                             |                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ACCO                    | Active Control Connection Object                            | Ein Objekt, welches die Einrichtung von Kommunikationsbeziehungen und den Datenaustausch zwischen den Geräten für projektierte Verschaltungen sicherstellt                                                |
| ActiveX                 | Steuerelemente                                              | Objekte, die unter MS Windows in sog. Container-Anwendungen ablauffähig sind                                                                                                                              |
| API                     | Application Programming Interface                           | Schnittstelle zu einer Softwarekomponente, an welcher Funktionen der Softwarekomponente von einer anderen SW aufgerufen werden können.                                                                    |
| Auto                    | Automatisierungsobjekt                                      | COM-Objekt, das grundsätzlich aus einem Interface und dessen Implementierung besteht                                                                                                                      |
| Client-Server           | Prinzip der Verbindungsaufnahme                             | Der Netzteilnehmer, der eine Verbindung aufnimmt, wird als Client bezeichnet. Ein Server dagegen ist der Teilnehmer, zu dem eine Verbindung aufgebaut wird.                                               |
| COM/DCOM                | Component Object Model / Distributed Component Object Model | COM ist ein grundlegendes Objektmodell; es erlaubt, dass ein Objekt seine Funktionalität anderen Komponenten zur Verfügung stellt. DCOM ist eine Erweiterung von COM zur Kommunikation über ein Netzwerk. |
| Component Editor        | Tool                                                        | Tool das die Komponentenbeschreibung von PROFInet-Geräten in Form einer XML-Datei erzeugt.                                                                                                                |
| CSMA/CD                 | Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection           | Verfahren zur Regelung des Zugriffs der einzelnen Teilnehmer auf den Bus                                                                                                                                  |
| DCOM                    |                                                             | Siehe COM/DCOM                                                                                                                                                                                            |
| DCOM wire Protocol      |                                                             | Protokoll zur Kommunikation von Anwendungen auf Objektbasis                                                                                                                                               |
| DHCP                    | Dynamic Host Configuration Protocol                         | De-facto-Standard zur dynamischen Vergabe und Verwaltung von IP-Adressen aus einem vordefinierten Bereich                                                                                                 |
| ERP                     | Enterprise Ressource Planning                               |                                                                                                                                                                                                           |
| Ethernet                | Geschütztes Warenzeichen der Fa. Xerox (1975 vorgestellt)   | Ethernet ist standardisiert und dient zur Beschreibung der physikalischen Ebene eines Netzwerkes. Die Kommunikation wird von einem Kommunikationsprotokoll vorgenommen.                                   |
| FDX                     | Full Duplex                                                 | Betriebsart am Netz; Daten werden gleichzeitig gesendet und empfangen                                                                                                                                     |
| FTP                     | File Transfer Protokoll                                     | Protokoll zur Übertragung von Dateien; setzt auf TCP/IP auf                                                                                                                                               |
| Gateway                 |                                                             | Verbindung zweier Netzwerke mit unterschiedlicher Soft- und Hardware                                                                                                                                      |
| HMI                     | Human Machine Interface                                     | Erscheinungsbild eines Systems auf der Bedien- und Beobachtungsplattform                                                                                                                                  |
| HTML                    | Hypertext Markup Language                                   | Dokumentbeschreibungssprache                                                                                                                                                                              |
| HTTP                    | Standardprotokoll                                           | Hypertext Transfer Protocol                                                                                                                                                                               |
| IDL                     | Interface Definition Language                               | Sprache zur Beschreibung eines COM-Interfaces                                                                                                                                                             |
| Interface COM-Interface |                                                             | Im COM-Objektmodell wird mit "Interface" die Zusammenfassung einer bestimmten Menge von Funktionen bezeichnet.                                                                                            |
| IP                      | Internet Protocol                                           | Siehe TCP/IP                                                                                                                                                                                              |
| LWL                     | Lichtwellenleiter                                           |                                                                                                                                                                                                           |
| MES                     | Manufacturing Execution System                              |                                                                                                                                                                                                           |
| Objekt                  |                                                             | Informationsträger, der einen zeitlich veränderbaren Zustand besitzt und für den definiert ist, wie er auf eingehende Nachrichten zu reagieren hat                                                        |
| OLE                     | Object Linking and Embedding                                | Mechanismus zum Erzeugen und Editieren von Dokumenten, die Objekte enthalten, die von verschiedenen Applikationen erzeugt wurden                                                                          |
| OPC                     | OLE for Process Control                                     | 1996 eingeführte und allgemein anerkannte Schnittstelle zum Datenaustausch zwischen Windows-basierten Anwendungen in der Automatisierungstechnik.                                                         |



|                    |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPC-DX             | OPC-Data Exchange                               | Standard für den Ethernet-basierten Austausch von nicht zeitkritischen Anwenderdaten zwischen Automatisierungssystemen unterschiedlicher Hersteller                                                                                     |
| Proxy              |                                                 | Im Objektmodell ein Stellvertreterobjekt (realisiert im Master), das die PROFINet-Sicht auf ein Feldgerät oder eine Feldgerätegruppe zur Verfügung stellt                                                                               |
| RPC                | Remote Procedure Call                           |                                                                                                                                                                                                                                         |
| RT-Object          | Runtime-Objekt                                  |                                                                                                                                                                                                                                         |
| Runtime            | Laufzeit                                        | Bezeichnung für den Status einer Anlage "im Betrieb" im Gegensatz zum Status der Anlage "während des Enineerings"                                                                                                                       |
| Server             |                                                 | Siehe Client/Server                                                                                                                                                                                                                     |
| SNMP               | Simple Network Management Protocol              | Ein TCP/IP basiertes Kommunikationsprotokoll zur Wartung und Überwachung von Netzkomponenten                                                                                                                                            |
| Switch-Technologie |                                                 | Technologie zur Aufteilung eines Ethernet-Netzwerkes in verschiedene Teilnetze; dient vor allem zur Vermeidung von Kollisionen.                                                                                                         |
| TCP/IP             | Transmission Control Protocol/Internet Protocol | Kommunikationsprotokolle für den Datentransfer zwischen lokalen Netzwerken. TCP ist verbindungsorientiert und wird zur Kommunikation im Internet verwendet; IP ist ein verbindungsloses Protokoll zur Übertragung von Datentelegrammen. |
| UDP                | User Datagram Protocol                          | Transportprotokoll mit Broadcast-Eigenschaften. Sehr geeignet zur Übertragung zeitkritischer I/O-Daten                                                                                                                                  |
| XML                | Extensible Markup Language                      | Mischung aus einer <i>Dokumenten</i> -beschreibungssprache und einer strukturierten <i>Daten</i> beschreibung                                                                                                                           |



## **PROFINet**

Systembeschreibung  
Version November 2002

Bestellnummer 4.131

### **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

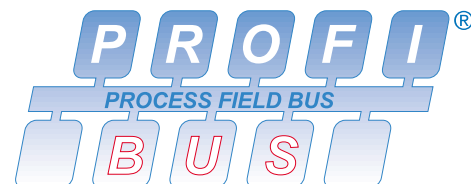
### **Haftungsausschluss**

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. 2002. All rights reserved.



**Australia and New Zealand  
PROFIBUS User Group (ANZPA)**  
c/o OSItch Pty. Ltd.  
P.O. Box 315  
Kilsyth, Vic. 3137  
Phone ++61 3 9761 5599  
Fax ++61 3 9761 5525  
australia@profibus.com

**PROFIBUS Belgium**  
August Reyerslaan 80  
1030 Brussels  
Phone ++32 2 706 80 00  
Fax ++32 2 706 80 09  
belgium@profibus.com

**Associacao PROFIBUS Brazil**  
c/o Siemens Ltda IND1 AS  
R. Cel. Bento Bicudo, 111  
05069-900 Sao Paulo, SP  
Phone ++55 11 3833 4958  
Fax ++55 11 3833 4183  
brazil@profibus.com

**Chinese PROFIBUS User Organisation**  
c/o China Ass. for Mechatronics Technology  
and Applications  
1Jiaochangkou Street Deshengmenwai  
100011 Beijing  
Phone ++86 10 62 02 92 18  
Fax ++86 10 62 01 78 73  
china@profibus.com

**PROFIBUS Association Czech Republic**  
Karlovo nam. 13  
12135 Prague 2  
Phone ++420 2 2435 76 10  
Fax ++420 2 2435 76 10  
czechrepublic@profibus.com

**PROFIBUS Denmark**  
Maaloev Byvej 19-23  
2760 Maaloev  
Phone ++45 40 78 96 36  
Fax ++45 44 65 96 36  
denmark@profibus.com

**PROFIBUS Finland**  
c/o AEL Automaatio  
Kaarnatie 4  
00410 Helsinki  
Phone ++35 8 9 5307259  
Fax ++35 8 9 5307360  
finland@profibus.com

**France PROFIBUS**  
4, rue des Colonels Renard  
75017 Paris  
Phone ++33 1 45 74 63 22  
Fax ++33 1 45 74 03 33  
france@profibus.com

**PROFIBUS Nutzerorganisation**  
Haid-und-Neu-Straße 7  
76131 Karlsruhe  
Phone ++49 7 21 96 58 590  
Fax ++49 7 21 96 58 589  
germany@profibus.com

**Irish PROFIBUS User Group**  
c/o Flomeaco Endress + Hauser  
Clane Business Park  
Kilcock Road, Clane, Co. Kildare  
Phone ++353 45 868615  
Fax ++353 45 868182  
ireland@profibus.com

**PROFIBUS Network Italia**  
Via Branze, 38  
25123 Brescia  
Phone ++39 030 338 4030  
Fax ++39 030 396 999  
pri@profibus.com

**Japanese PROFIBUS Organisation**  
TFT building West 9F  
3-1 Ariake Koto-ku  
Tokyo 135-8072  
Phone ++81 3 3570 3034  
Fax ++81 3 3570 3064  
japan@profibus.com

**Korea PROFIBUS Association**  
#306, Seoungduk Bldg.  
1606-3, Seocho-dong, Seocho-gu  
Seoul 137-070, Korea  
Phone ++82 2 523 5143  
Fax ++82 2 523 5149  
korea@profibus.com

**PROFIBUS Nederland**  
c/o FHI  
P.O. Box 2099  
3800 CB Amersfoort  
Phone ++31 33 469 0507  
Fax ++31 33 461 6638  
netherlands@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation Norway**  
c/o AD Elektronikk AS  
Haugenveien 2  
1401 Ski  
Phone ++47 909 88640  
Fax ++47 904 05509  
norway@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation Russia**  
c/o Vera + Association  
Nikitinskaya str, 3  
105037 Moscow, Russia  
Phone ++7 0 95 742 68 28  
Fax ++7 0 95 742 68 29  
russia@profibus.com

**PROFIBUS Slovakia**  
c/o Dept. of Automation KAR FEI STU  
Slovak Technical University  
Ilkovičova 3  
812 19 Bratislava  
Phone ++421 2 6029 1411  
Fax ++421 2 6542 9051  
slovakia@profibus.com

**PROFIBUS Association South East Asia**  
2 Kallang Sector  
349277 Singapore  
Phone ++65 6740 7607  
Fax ++65 6740 7141  
southeastasia@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation Southern Africa**  
5 Commerce Crescent, West  
Eastgate Ext. 13  
Sandton 2146  
Phone ++27 11 262 8002  
Fax ++27 11 262 8062  
southernafrica@profibus.com

**PROFIBUS i Sverige**  
Kommandörsgatan 3  
28135 Håssleholm  
Phone ++46 4 51 49 460  
Fax ++46 4 51 89 833  
sweden@profibus.com

**PROFIBUS Nutzerorganisation Schweiz**  
Kreuzfeldweg 9  
4562 Biberist  
Phone ++41 32 672 03 25  
Fax ++41 32 672 03 26  
switzerland@profibus.com

**The PROFIBUS Group U.K.**  
Unit 6 Oleander Close  
Locks Heath, Southampton, Hants, SO31 6WG  
Phone ++44 1489 589574  
Fax ++44 1489 589574  
uk@profibus.com

**PROFIBUS Trade Organization, PTO**  
16101 N. 82nd Street, Suite 3B  
Scottsdale, AZ 85260 USA  
Phone ++1 480 483 2456  
Fax ++1 480 483 7202  
usa@profibus.com

**PROFIBUS International  
Support Center**  
Haid-und-Neu-Straße 7  
D-76131 Karlsruhe  
Phone ++49 721 96 58 590  
Fax ++49 721 96 58 589  
Email: info@profibus.com  
www.profibus.com

© Copyright by PNO 11/02  
all rights reserved