

PROFIBUS

Technologie und Anwendung

Systembeschreibung



Open Solutions for the World of Automation



Commitment

We are and will remain the world's leading organization in the field of digital networking for industrial and process automation, serving our customers, our members and the press with the best solutions, benefits and information.

We are committed to setting and protecting the standards for open communication and control in the automation and process market.

Einführung

Die Automatisierungstechnik unterliegt seit ihrer Entstehung einem kontinuierlichen Wandel. Noch vor wenigen Jahren beschränkte sie sich auf den Produktionsbereich eines Unternehmens. Der Einsatz der Feldbustechnologie stellte hierbei eine wesentliche Neuerung dar. Sie ermöglichte die Migration von zentralen zu dezentralen Automatisierungssystemen. Bei PROFIBUS ist dies seit nunmehr über 10 Jahren der Fall.

PROFIBUS ist in der Zwischenzeit zum weltweiten Marktführer avanciert. Die Entwicklungen bei PROFIBUS gehen trotz des überragenden Erfolges der letzten Jahre mit unverminderter Kraft und kontinuierlich weiter. Während in den ersten Jahren der Schwerpunkt in der Kommunikationstechnologie lag,

prägen die heutigen Aktivitäten die Aspekte Systemintegration sowie Engineering und im besonderen Maße das Thema Anwendungsprofile. Letzteres hat PROFIBUS zu dem einzigen Feldbus gemacht, der die Bereiche Fertigungs- und Prozessautomatisierung gleichermaßen technologisch abdeckt.

In der Automatisierungstechnik von heute bestimmt darüber hinaus die Informationstechnologie (IT) mit ihren Prinzipien und Standards zunehmend das Geschehen. Moderne Feldbussysteme übernehmen diese Prinzipien und schaffen damit eine höhere Durchgängigkeit zur Bürowelt der Unternehmensleitenebene. Damit folgt die industrielle Automatisierung den Entwicklungstendenzen 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. PROFIBUS wird hier flankiert durch den Ethernet-basierten Kommunikationsstandard PROFINet.

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 der PROFIBUS-Technologie wird den Mitgliedern eine langfristige Perspektive geboten.

Inhaltsverzeichnis

1. Kommunikation in der Automatisierung ..1	6. Systemprofile..... 23
1.1 Industrielle Kommunikation1	
1.2 Begriffe der Feldbustechnik.....2	
1.3 Internationale Normung.....3	
2. PROFIBUS im Überblick.....4	7. Gerätemanagement..... 25
2.1 Geschichte.....4	7.1 GSD 25
2.2 Marktstellung4	7.2 EDD 26
2.3 Organisation4	7.3 FDT/DTM-Konzept..... 27
2.4 PROFIBUS als "System-Baukasten".....5	
2.5 PROFIBUS Erfolgsfaktoren6	
3. PROFIBUS Kommunikation7	8. PROFINet 28
3.1 Übertragungstechnik7	8.1 PROFINet Engineeringmodell 28
3.2 Kommunikationsprotokoll DP 10	8.2 PROFINet Kommunikationsmodell 29
4. Allgemeine Applikationsprofile17	8.3 PROFINet Migrationmodell 29
4.1 PROFIsafe17	8.4 XML..... 29
4.2 HART17	8.5 OPC und OPC DX 29
4.3 Zeitstempelung (Time Stamp)18	
4.4 Slave-Redundanz18	
5. Spezifische Applikationsprofile.....19	9. Qualitätssicherung..... 30
5.1 PROFIdrive 19	9.1 Prüfverfahren 30
5.2 PA Devices20	9.2 Zertifikatserteilung 30
5.3 Fluid Power.....22	
5.4 SEMI22	
5.5 Ident Systeme.....22	
5.6 Remote I/O for PA22	
	10. Implementierung 31
	10.1 Standardkomponenten 31
	10.2 Implementierung von Übertragungsschnittstellen 32
	11. PROFIBUS International 33
	12. Index 35

Inhalte

Dieses Dokument beschreibt alle wesentlichen Aspekte der PROFIBUS-Technologie und spiegelt den technischen Stand Mitte 2002 wider. Es hat zum Ziel, das weltweit führende Feldbussystem PROFIBUS umfassend, jedoch unter Verzicht auf Details zu beschreiben.

Die Broschüre bietet dem an einer Übersicht interessierten Leser mit einschlägigen Vorkenntnissen ausreichend Informationen und stellt zugleich für den Fachmann eine Einstiegshilfe in weiterführende Spezialliteratur dar. In diesem Zusammenhang wird auch darauf hingewiesen, dass – trotz aller Sorgfalt bei der Bearbeitung dieser Broschüre – allein die normativen PROFIBUS-Dokumente maßgebend und verbindlich sind.

Kapitel 1 und 2

bilden eine Einführung in die Prinzipien der Feldbustechnologie und deren Umsetzung bei PROFIBUS.

Kapitel 3 bis 6

behandeln die Kernaspekte von PROFIBUS, wobei Wiederholungen gegenüber der Kurzdarstellung in Kapitel 2 aus Gründen der Vollständigkeit durchaus gewollt sind.

Die Gliederung folgt dabei dem Baukastenschema von PROFIBUS, von der Kommunikationstechnologie über die Applikationsprofile bis zu den Systemprofilen.

Kapitel 7 bis 10

sind mehr praxisorientiert; sie behandeln Themen wie Gerätemanagement, Implementierung und Zer-

tifizierung und geben weiterhin eine Kurzdarstellung von PROFINet.

Kapitel 11 und 12

bilden den Abschluss mit Angaben über die PROFIBUS International und ihr Dienstleistungsangebot sowie mit einem Indexverzeichnis.

Die normativen PROFIBUS-Dokumente sind mit Rücksicht auf internationale Verbreitung und Eindeutigkeit nur in englischer Sprache verfasst. Wegen enger Bezüge zu diesen Dokumenten sind die Abbildungen dieser deutschsprachigen Broschüre in Englisch ausgeführt.

1. Kommunikation in der Automatisierung

Die Kommunikationsfähigkeit der Geräte und Subsysteme sowie durchgängige Informationswege sind unverzichtbare Bestandteile zukunftsweisender Automatisierungskonzepte. Dabei findet die Kommunikation zunehmend horizontal innerhalb der Feldebene und gleichzeitig vertikal über mehrere Hierarchieebenen hinweg statt. Abgestufte und aufeinander abgestimmte industrielle Kommunikationssysteme, wie beispielsweise PROFIBUS mit Anschluss von AS-Interface nach unten und zu Ethernet (über PROFINet) nach oben (Abbildung 1), bieten die idealen Voraussetzungen für die transparente Vernetzung in allen Bereichen des Produktionsprozesses.

1.1 Industrielle Kommunikation

In der Sensor-Aktuator-Ebene werden die Signale der binären Sensoren und Aktuatoren über einen Sensor-Aktuator-Bus übertragen. Hierfür ist eine besonders einfache und kostengünstige Installationstechnik gefragt, bei der Daten und Versorgungsspannung der Endgeräte über ein gemeinsames Medium übertragen werden. Mit AS-Interface steht für diesen Anwendungsbereich ein geeignetes Bussystem zur Verfügung.

In der Feld-Ebene (Field level) kommunizieren die dezentralen Peripheriegeräte wie E/A-Module, Messumformer, Antriebe, Analysengeräte, Ventile oder Bedienter-

minals über ein leistungsfähiges Echtzeit-Kommunikationssystem mit den Automatisierungssystemen. Die Übertragung der Prozessdaten erfolgt zyklisch, während im Bedarfsfall zusätzlich Alarmer, Parameter und Diagnose-daten azyklisch übertragen werden. PROFIBUS erfüllt diese Kriterien und bietet sowohl für die Fertigungs- als auch für die Prozessautomatisierung eine einheitliche sowie durchgängige Lösung.

In der Zell-Ebene (Cell level)

kommunizieren Automatisierungsgeräte wie SPS (PLC) und IPC untereinander und mit IT-Systemen der Bürowelt über deren Standards wie Ethernet, TCP/IP, Intranet und Internet. Der Informationsfluss erfordert große Datenpakete und eine Vielzahl leistungsfähiger Kommunikationsfunktionen.

Hierfür ist neben PROFIBUS das ethernetbasierte offene und herstellerunabhängige Automatisierungskonzept PROFINet eine richtungsweisende Lösung.

Nachfolgend wird PROFIBUS als zentrales Bindeglied für den Informationsfluss in der Automatisierung ausführlich dargestellt. Für die Beschreibung von AS-Interface sei auf die einschlägige Literatur verwiesen. PROFINet wird darüber hinaus in Kapitel 8 kurz dargestellt.

Feldbusse

sind industrielle Kommunikationssysteme, die unterschiedliche Medien, wie Kupfer-Kabel, LWL oder Funk, verwenden können, mit bitserieller Übertragung zur Ankopplung weiträumig verteilter Feldgeräte (Sensoren, Stellgeräte, Antriebe, Messumformer,...) an ein zentrales Steuerungs- oder Leit-

system. Die Feldbustechnik wurde in den 80er Jahren mit dem Ziel entwickelt, die bis dahin generell übliche zentrale Parallelverdrahtung und die bisher vorherrschende analoge Signalübertragung (z. B. 4-20 mA- oder +/- 10V Schnittstelle) durch digitale Technik zu ersetzen. Durch unterschiedliche branchenspezifische Anforderungen der Anwender und die von großen Herstellern anfangs bevorzugten proprietären Lösungen sind heute mehrere Bussysteme mit unterschiedlichen Eigenschaften am Markt etabliert. Die wichtigsten haben in den jüngst verabschiedeten Normen IEC 61158 und IEC 61784 Einzug gefunden. PROFIBUS ist fester Bestandteil dieser Normen.

In jüngster Zeit werden darüber hinaus ethernetbasierte Kommunikationssysteme für den Einsatz in der industriellen Automatisierung spezifiziert. Sie bieten weit reichende Möglichkeiten einer durchgängigen Kommunikation zwischen den Ebenen der industriellen Automatisierung und der Bürowelt. PROFINet ist ein Beispiel für ein solches Kommunikationssystem auf Ethernetbasis.

Zur koordinierten Entwicklung und zur Verbreitung der Feldbussysteme am Markt sind verschiedene *Nutzerorganisationen* aus Herstellern, Anwendern und Instituten entstanden, wie die PROFIBUS-Nutzerorganisation und deren Dachverband PROFIBUS International für die Technologien PROFIBUS und PROFINet.

Anwendernutzen

stellt die Motivation zur Entstehung und fortlaufenden Weiterentwicklung der Feldbustechnologie dar. Er offenbart sich in letzter Konsequenz immer in Form von Senkung der "total cost of ownership", Erhöhung der "Performance" oder "Qualitätsverbesserung" beim Aufbau sowie Betrieb von Automatisierungsanlagen. Der Nutzen wird erreicht bei Projektierung, Verkabelung, Engineering, Dokumentation, Montage und Inbetriebnahme sowie während der Güterproduktion der Anlagen. Zusätzlicher Nutzen entsteht durch Senkung der "total cost of life cycle" in Form leichter Änderbarkeit und hoher Verfügbarkeit durch die Möglichkeit für regelmäßige Diagnoseinformationen, vorbeugende Wartung, einfache Parametrierung, durchgängige Da-

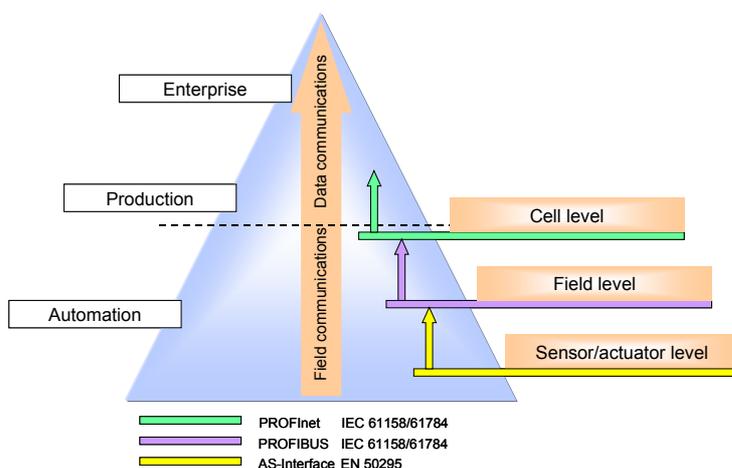


Abbildung 1: Kommunikation in der Automatisierungstechnik



Abbildung 2: Das OSI-Schichtenmodell

tenflüsse und Asset Management, um nur einige Beispiele zu nennen.

Feldbusse erhöhen die Produktivität und Flexibilität von automatisierten Prozessen gegenüber konventioneller Technik und bilden die Grundvoraussetzung für den Aufbau dezentraler Automatisierungssysteme.

PROFIBUS findet auf Grund seiner universellen Ausprägung in nahezu allen Bereichen der Automatisierung Verwendung, vor allem in der Fertigungsautomatisierung und der Prozessautomatisierung (Chemie, Verfahrenstechnik), jedoch auch in der Verkehrstechnik und der Energieerzeugung und -verteilung.

1.2 Begriffe der Feldbustechnik

Das ISO/OSI-Schichtenmodell beschreibt die Kommunikation zwischen den Teilnehmern eines Kommunikationssystems. Damit sie effektiv und eindeutig abläuft, müssen für das Kommunikationsprotokoll fest definierte Regeln und Übergabeschnittstellen verwendet werden. Hierfür hat die Internationale Organisation für Standardisierung (ISO) bereits 1983 das OSI-Schichtenmodell ("Open Systems Interconnection Reference Model") entwickelt. Dieses definiert alle zur Kommunikation erforderlichen Elemente, Strukturen und Aufgaben und ordnet sie, dem zeitlichen Ablauf der Kommunikation folgend, sieben aufeinander aufbauenden *Schichten* zu (Abbildung 2). Jede Schicht hat innerhalb des Kommunikationsablaufs genau festgelegte Funktionen zu erfüllen. Wenn ein Kommunikationssystem

bestimmte Funktionen nicht benötigt, dann werden entsprechende Schichten nicht ausgeprägt. PROFIBUS verwendet die Schichten 1, 2 und 7.

Kommunikationsprotokolle

legen fest, wie zwei oder mehrere Busteilnehmer Daten über Telegramme austauschen. Ein Datentelegramm enthält verschiedene Felder für Nachrichten und Steuerinformationen. Vor dem eigentlichen Datenfeld liegen die Kopf- bzw. Headerinformationen (Quell- und Zieladresse sowie Angaben über die folgende Nachricht). Nach dem Datenfeld folgt der Datensicherungsteil mit Prüfinformationen bezüglich der Richtigkeit der Sendung (Fehlererkennung).

Feldbusse zeichnet aus, dass sie geringe und zeitkritische Datenmengen optimal übertragen können. Sie beschränken also die Datenmengen und vereinfachen das Übertragungsverfahren.

Die Buszugriffssteuerung

(**MAC, Medium Access Control**) legt durch ein bestimmtes Verfahren fest, zu welchem Zeitpunkt ein Busteilnehmer Daten senden darf. Dabei dürfen *aktive* Busteilnehmer den Informationsaustausch starten, während *passive* Busteilnehmer

erst nach Aufforderung seitens eines aktiven Teilnehmers an der Kommunikation teilnehmen dürfen.

Es wird zwischen kontrollierten, *deterministischen* Zugriffsverfahren mit Echtzeitfähigkeit (z. B. Master-Slave bei PROFIBUS) und zufälligen, *stochastischen* Zugriffsverfahren (z. B. CSMA/CD bei Ethernet) unterschieden.

Die Adressierung

ist erforderlich, um einen Busteilnehmer gezielt ansprechen zu können. Hierzu werden den Teilnehmern Adressen entweder über Adress-Schalter ("Hard-Adresse") oder bei der Parametrierung während der Inbetriebnahme ("Soft-Adresse") zugeteilt.

Die Kommunikationsdienste

erfüllen Kommunikationsaufgaben der Busteilnehmer (z. B. zyklischer oder azyklischer Nutzdatenverkehr). Zahl und Art dieser Dienste sind ein Kriterium für den Einsatzbereich eines Kommunikationsprotokolls. Es wird zwischen *verbindungsorientierten* Diensten (Sender und Empfänger sind hier unter Verwendung ihrer Adressen direkt gekoppelt) und *verbindungslosen* Diensten (ohne direkte Verbindung von Sender und Empfänger) unterschieden. Zu dieser

IEC 61158 Dokument	Inhalt	OSI Schicht
IEC 61158-1	Introduction	
IEC 61158-2	Physical Layer specification and service definition	1
IEC 61158-3	Data Link service definition	2
IEC 61158-4	Data Link protocol specification	2
IEC 61158-5	Application layer service definition	7
IEC 61158-6	Application layer protocol specification	7

Tabelle 1: Gliederung der IEC 61158

Profile set	Data Link	Physical Layer	Verwendung
Profile 3/1	IEC 61158 subsets; <u>asynchronous</u> transmission	RS485 Plastic fiber Glass fiber PCF fiber	PROFIBUS
Profile 3/2	IEC 61158 subsets; <u>synchronous</u> transmission	MBP	PROFIBUS
Profile 3/3	ISO/IEC8802-3 TCP/UDP/IP/Ethernet	ISO/IEC 8802-3	PROFINet

Tabelle 2: Eigenschaften der Communication Profile Family CPF 3 (PROFIBUS)

zweiten Gruppe gehören die Multicast- und Broadcast-Nachrichten, die an eine bestimmte Gruppe oder aber an alle Busteilnehmer gerichtet sind.

Profile

in der Automatisierungstechnik legen für Geräte, Gerätefamilien oder gesamte Systeme bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen so fest, dass dadurch deren weitgehende, eindeutige Charakterisierung erreicht wird. Nur Geräte und Systeme mit herstellerübergreifend gleichem Profil können sich an einem Feldbus "interoperabel" verhalten und damit die Feldbusvorteile für den Anwender voll erschließen.

Applikationsprofile beziehen sich vorrangig auf Geräte (Feldgeräte, Steuerungen und Integrationsmittel) und enthalten sowohl eine vereinbarte Auswahl an Buskommunikation als auch der spezifischen Geräteanwendung. Derartige Profile dienen den Herstellern als Vorgabe zur Entwicklung profilgemäßer und damit interoperabler Geräte. *Systemprofile* beschreiben Klassen von Systemen unter Einschluss der Masterfunktionalität, Programminterfaces und Integrationsmitteln.

1.3 Internationale Normung

Entscheidend für Akzeptanz, Verbreitung und damit Nutzen eines Feldbussystems ist dessen internationale Normung. PROFIBUS wurde national bereits 1991 bzw. 1993 in der DIN 19245, Teil I-III und europaweit 1996 in der EN 50170 genormt.

Seit 1999 ist PROFIBUS zusammen mit weiteren Feldbussystemen in der IEC 61158 standardisiert. In

2002 wurden Aktivitäten zur Erneuerung der IEC 61158 beendet. Im Zuge dieser Aktivitäten sind die neuesten Entwicklungen von PROFIBUS und PROFINet in diese Norm eingeflossen.

Die IEC 61158

trägt den Titel „Digital data communication for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems“ und ist in 6 Teile (parts) gegliedert, die mit 61158-1, 61158-2 etc. bezeichnet sind. Inhaltlich befasst sich Teil 1 mit einführenden Themen, während die nachfolgenden Teile sich an dem OSI-Schichtenmodell (Schichten 1, 2 und 7) orientieren; siehe hierzu Tabelle 1.

In den verschiedenen Teilen der IEC 61158 werden u. a. zahlreiche „services and protocols“ für die Kommunikation zwischen Busteilnehmern spezifiziert, die als Obermenge (total available set) zu betrachten ist, aus der für bestimmte Feldbussysteme eine spezifische Auswahl (Untermenge, subset) getroffen wird.

Der Existenz der zahlreichen unterschiedlichen Feldbussysteme am Markt wird in der IEC 61158 durch die Definition von 10 „Fieldbus protocol types“ mit der Bezeichnung Type 1 bis Type 10 Rechnung getragen. PROFIBUS ist dabei Typ 3 und PROFINet Typ 10.

Kommentierend weist die IEC 61158 darauf hin, dass eine Bus-Kommunikation (naturgemäß) nur zwischen Geräten möglich ist, die dem gleichen Protokolltyp angehören.

Die IEC 61784

trägt den Titel „Profile sets for continuous and discrete manufacturing relative to fieldbus use in industrial control systems“. Die Zuordnung

zur IEC 61158 wird durch folgende einleitende Bemerkung hergestellt: „This international standard (gemeint ist die 61784) specifies a set of protocol specific communication profiles based on IEC 61158, to be used in the design of devices involved in communications in factory manufacturing and process control“.

Die 61784 stellt dar, welche subsets der in der 61158 (und anderen Standards) spezifizierten Obermenge von „services“ ein bestimmtes Feldbussystem für die Kommunikation verwendet. Die so festgelegten Feldbus-spezifischen „communication profiles“ werden entsprechend ihrer Verwendung in den einzelnen Feldbussystemen in „Communication Profile Families (CPF)“ zusammengefasst.

Die bei PROFIBUS eingesetzten profile sets sind unter der Bezeichnung „Family 3“ zusammengefasst, mit Unterteilung in 3/1, 3/2 und 3/3. In Tabelle 2 ist die Zuordnung dieser profile sets zu PROFIBUS und PROFINet ersichtlich.

2. PROFIBUS im Überblick

PROFIBUS ist ein durchgängiges, offenes, digitales Kommunikationssystem mit breitem Anwendungsbereich vor allem in der Fertigungs- und Prozessautomatisierung. PROFIBUS ist für schnelle, zeitkritische und für komplexe Kommunikationsaufgaben geeignet.

Die *Kommunikation* von PROFIBUS ist in den internationalen Normen IEC 61158 und IEC 61784 verankert. Die *Anwendungs- und Engineeringaspekte* sind in Richtlinien der PROFIBUS Nutzerorganisation festgelegt. Damit werden die Anwenderforderungen nach Herstellerunabhängigkeit und Offenheit erfüllt und die Kommunikation untereinander von Geräten verschiedener Hersteller ohne Anpassungen an den Geräten garantiert.

2.1 Geschichte

Die Geschichte von PROFIBUS geht auf ein 1987 in Deutschland gestartetes öffentlich gefördertes Verbundvorhaben zurück, für welches 21 Firmen und Institute einen Projektrahmenplan "Feldbus" ausgearbeitet hatten. Ziel war die Realisierung und Verbreitung eines bitseriellen Feldbusses, wofür die Normung der Feldgeräteschnittstelle die Grundvoraussetzung sein sollte. Dazu verständigten sich Mit-

gliedsfirmen des ZVEI, ein gemeinsames technisches Konzept für die Fertigungs- und Prozessautomatisierung zu unterstützen.

In einem ersten Schritt wurde das komplexe Kommunikationsprotokoll PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification) spezifiziert, welches auf anspruchsvolle Kommunikationsaufgaben zugeschnitten war. In einem weiteren Schritt wurde 1993 die Spezifikation des einfacher aufgebauten und daher wesentlich schnelleren Protokolls PROFIBUS DP (Decentralized Peripherals) abgeschlossen. Heute liegt dieses Protokoll in drei funktionell abgestuften Versionen DP-V0, DP-V1 und DP-V2 vor.

2.2 Marktstellung

Abgestützt auf diese beiden Kommunikationsprotokolle trat PROFIBUS mit der Entwicklung zahlreicher anwendungsorientierter Profile und einer rasant wachsenden Zahl an verfügbaren Geräten seinen Siegeszug zuerst in der Fertigungsautomatisierung und seit 1995 auch in der Prozessautomatisierung an. Für diese Branche weist die in 2002 erschienene Studie von Frost & Sullivan in Europa einen Marktanteil für PROFIBUS von nahezu 55% aus.

Heute ist PROFIBUS Feldbus-Weltmarktführer mit über 20% Marktanteil über alle Branchen, ca. 400.000 realisierten Anlagen und

mehr als 4 Mio. Knoten der über 2000 verfügbaren PROFIBUS-Produkten zahlreicher Hersteller.

2.3 Organisation

Der Erfolg von PROFIBUS beruht gleichermaßen auf seiner fortschrittlichen Technologie und der erfolgreichen Tätigkeit der 1989 als Interessenvertretung von Herstellern und Anwendern gegründeten non-profit PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (**PNO**). Diese hat zusammen mit den bis heute 23 weiteren Regional PROFIBUS Associations in Ländern aller Kontinente und der in 1995 gegründeten internationalen Dachorganisation PROFIBUS International (**PI**) heute weltweit mehr als 1100 Mitglieder. Ziele sind die kontinuierliche Weiterentwicklung von PROFIBUS sowie deren weltweite Verbreitung.

Neben den zahlreichen Maßnahmen zur Technologieentwicklung und deren Verbreitung liegen weitere Aufgaben in weltweiter Unterstützung der Mitglieder (Anwender und Hersteller) durch Beratung, Information und Maßnahmen zur Qualitätssicherung sowie Standardisierung der Technologie in internationalen Normen vor.

PI bildet die größte Feldbus-Nutzergemeinde der Welt, was für die Zukunft Chancen bietet und zugleich Verpflichtung bedeutet *Chancen* für die Schaffung und Verbreitung weiterhin führender

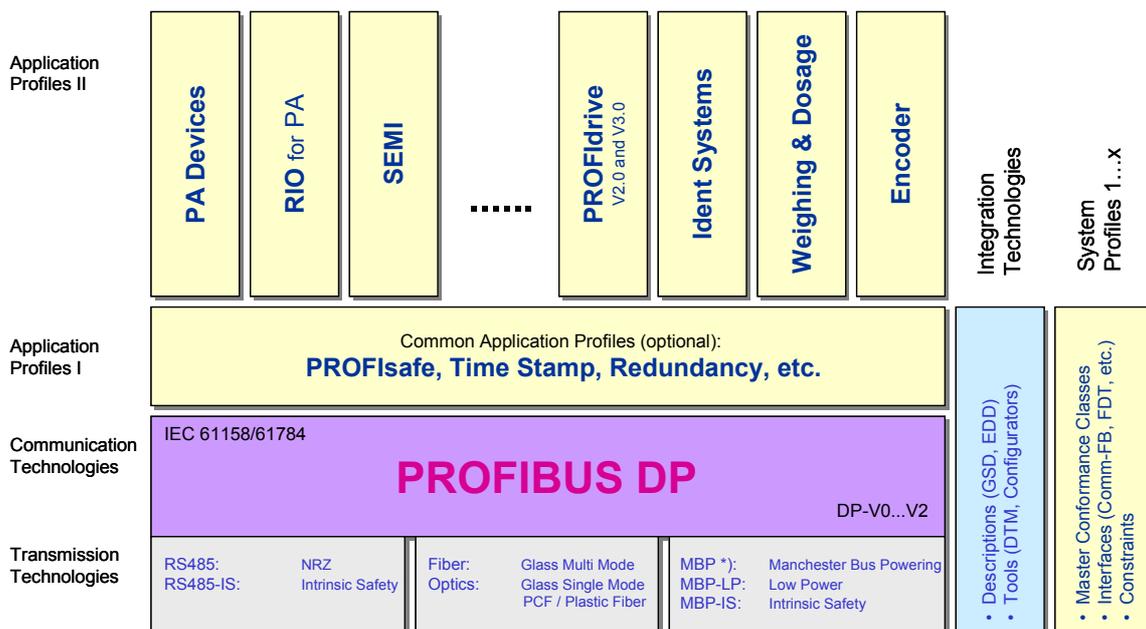


Abbildung 3: Systemaufbau PROFIBUS

und für den Anwender nützlicher Technologien und *Verpflichtung* für die Verantwortlichen dieser Nutzergemeinschaft, PROFIBUS auch in Zukunft unvermindert an den Zielen Offenheit und Investitionsschutz auszurichten. Diese Verpflichtung wurde formuliert und dient als Richtschnur für alle Beteiligten (siehe Einführung).

2.4 PROFIBUS als "System-Baukasten"

PROFIBUS ist durch die Bereitstellung verschiedener Kommunikationstechnologien, zahlreicher Applikations- und Systemprofile sowie Tools zum Geräte-Management nach dem Baukastenprinzip angelegt. PROFIBUS deckt damit die vielfältigen und anwendungsspezifischen Anforderungen aus Fertigungs- und Prozessautomatisierung gleichermaßen ab. Die installierten PROFIBUS-Anlagen bezeugen die hohe Akzeptanz dieser Feldbustechnologie.

Aus technologischer Sicht

orientiert sich der Systemaufbau von PROFIBUS (Abbildung 3) in seinem unteren Bereich (Kommunikation) an dem bereits erwähnten ISO/OSI Referenzmodell. Dieses beschränkt sich bewusst auf eine nur abstrakte Beschreibung der Kommunikationsstufen und macht keine Angaben über deren Inhalt bzw. konkrete Realisierung. Abbildung 3 enthält die Umsetzung des OSI-Modells (Schichten 1, 2 und 7) bei PROFIBUS mit Angaben, wie die Schichten im einzelnen realisiert bzw. spezifiziert wurden.

Oberhalb der Schicht 7 sind in den Applikationsprofilen I und II Festlegungen zwischen Herstellern und Anwendern über spezifische Geräteanwendungen angeordnet.

Übergreifend über mehrere Schichten enthält der Systembaukasten gemäß Abbildung 3:

- Funktionen und Tools zur Gerätebeschreibung und Geräteintegration (Integration Technologies, siehe Kapitel 7) und
- eine Reihe von Standards (Interfaces, Master-Profile, System Profile), die vor allem der Realisierung einheitlicher, standardisierter Systeme dienen, siehe Kapitel 6.

Aus Anwendersicht

stellt sich PROFIBUS in Form von verschiedenen anwendungstypischen Ausprägungen (Varianten) vor, die nicht fest definiert wurden, sondern sich aus häufigen Anwendungen als sinnvoll ergeben haben. Jede Variante entsteht durch eine typische (aber eben nicht zwangsläufig festgelegte) Kombination von Baukastenelementen der Gruppen "Übertragungstechnik" (Transmission Technologies), "Kommunikationsprotokoll" (Communication Technologies) und "Applikationsprofile" (Application Profiles I+II). Die folgenden Beispiele erläutern dieses Prinzip (Abbildung 4).

PROFIBUS DP

ist die Variante für die Fertigungsautomatisierung; sie nutzt RS485, als Übertragungstechnik, das DP-Kommunikationsprotokoll in einer seiner Leistungsstufen und einem oder mehreren für die Fertigungsautomatisierung typischen Applikationsprofil(en), z. B. *Ident Systems* oder *Robots/NC*.

PROFIBUS PA

ist die Variante für die Prozessautomatisierung mit typischerweise der MBP-IS-Übertragungstechnik, der DP-V1 Leistungsstufe des Kommunikationsprotokolls und dem Applikationsprofil *PA Devices*.

Motion Control mit PROFIBUS

ist die Variante für die Antriebstechnik mit der RS485-Übertragungstechnik, der Leistungsstufe DP-V2 des Kommunikationsprotokolls und dem Applikationsprofil *PROFdrive*.

PROFIsafe

ist die Variante für sicherheitsrelevante Anwendungen (Einsatz in verschiedenen Branchen), mit RS485 oder MBP-IS als Übertragungstechnik, einer der möglichen Leistungsstufen von DP zur Kom-

munikation und dem Applikationsprofil *PROFIsafe*.

2.4.1 Kommunikation

Die Kommunikationstechnologie umfasst die zur Übertragung der Daten erforderliche *Übertragungs- und Verbindungstechnik* (Schicht 1 oder Physical Layer, das sind Stecker, Kabel, Signalpegel,...) und die *Kommunikationsprotokolle* mit Buszugriff, Diensten zur Datenübertragung, Schutzfunktionen u. a..

Für PROFIBUS steht eine Reihe von Verbindungstechniken zur Verfügung.

Auf der Protokollebene bietet PROFIBUS heute mit **DP** in seinen Versionen DP-V0 bis DP-V2 ein breites Spektrum von Möglichkeiten an, mit dem unterschiedliche Anwendungen optimal kommunizieren können. Historisch war FMS das erste PROFIBUS-Kommunikationsprotokoll.

Kommunikationsprotokolle

FMS

(Field Message Specification) eignet sich vor allem für die Kommunikation in der Zellebene, in der vorwiegend Automatisierungsgeräte wie SPSen und PCs miteinander kommunizieren. Es ist als Vorläufer von DP zu verstehen.

DP

(Decentralized Peripherals) steht für einfachen, schnellen, zyklischen und deterministischen Prozessdatenaustausch zwischen einem Busmaster und den zugeordneten Slave-Geräten. Diese mit DP-V0 bezeichnete Funktionsstufe wurde um einen azyklischen Datenaustausch zwischen Master und Slave in der Stufe DP-V1 erweitert. Inzwischen liegt eine weitere Stufe DP-V2 vor, die einen aufwärtskom-

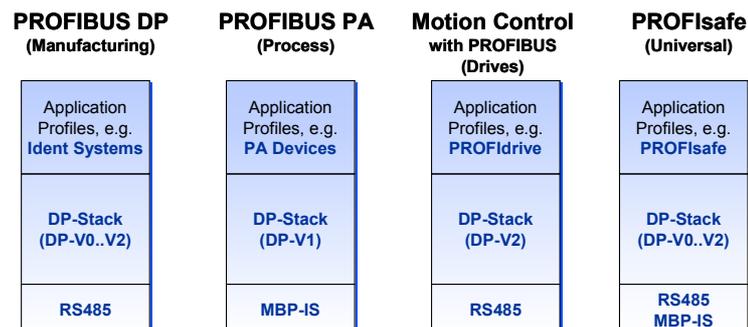


Abbildung 4: Typische, anwendungsorientierte Ausprägungen von PROFIBUS

patiblen direkten Datenaustausch zwischen Slaves und deren isochronen Betrieb ermöglicht.

Buszugriffsverfahren

Als *Buszugriffsverfahren* (Schicht 2, Data Link Layer) kennt PROFIBUS das Master-Slave-Verfahren, ergänzt um das Token-Verfahren zur Koordination mehrerer Master am Bus (Abbildung 5). Zu den Aufgaben von Layer 2 gehören auch Funktionen wie Datensicherung und Abwicklung der Telegramme.

Applikation Layer

Die Schicht 7 definiert die *Anwendungsschicht* und bildet die Schnittstelle zum Anwendungsprogramm. Sie bietet unterschiedliche zyklische und azyklische Dienste zum Datenaustausch an.

2.4.2 Übertragungstechniken

RS485 ist die am häufigsten genutzte Übertragungstechnik. Sie verwendet eine geschirmte verdrehte Zweidrahtleitung und ermöglicht Übertragungsraten von bis zu 12 MBaud.

Neu spezifiziert wurde die Variante RS485-IS als 4-Draht-Medium für den Einsatz in explosionsgeschützten Räumen in der Zündschutzart EEx i. Die dabei festgelegten Pegel von Spannung und Strom beziehen sich auf die sicherheitstechnischen Maximalwerte, die sowohl bei den einzelnen Geräten als auch beim Zusammenschalten im System nicht überschritten werden dürfen. Im Gegensatz zum FISCO-Modell (siehe Kapitel 3.1.2) mit nur einer eigensicheren Quelle stellen hier alle Teilnehmer aktive Quellen dar.

Für Anwendungen in der Prozessautomatisierung mit der Forderung nach Buspeisung und Eigensicherheit der Geräte steht die Übertragungstechnik *MBP (Manchester Coded, Bus Powered)*, früher "IEC 1158-2 - Physik", siehe Kapitel 3.1) zur Verfügung. Das für die Zusammenschaltung von eigensicheren Feldbus-Geräten speziell entwickelte „Fieldbus Intrinsically Safe Concept“ (FISCO, siehe Kapitel 3.1.2) vereinfacht die Konzeption und die Installation gegenüber der bisher üblichen Vorgehensweise erheblich.

Für den Einsatz in Bereichen mit hohem elektromagnetischen Stör-

potenzial oder mit großen Distanzen bieten sich Lichtwellenleiter (siehe Kapitel 3.1.3) an.

2.4.3 Profile

Profile sind von Herstellern und Anwendern getroffene Festlegungen (Spezifikationen) über bestimmte Eigenschaften, Leistungsmerkmale und Verhaltensweisen von Geräten und Systemen. Profilspezifikationen haben das Ziel, Geräte und Systeme, die auf Grund einer „profilgemäßen“ Entwicklung zu einer Profifamilie gehören, an einem Bus interoperabel und bis zu einem gewissen Grad austauschbar betreiben zu können. Profile berücksichtigen anwendungs- und typspezifische Besonderheiten von Feldgeräten, Steuerungen und Integrationsmitteln (Engineering). Der Profilbegriff erstreckt sich von wenigen Festlegungen für eine bestimmte Geräteklasse bis hin zu umfassenden Festlegungen für Anwendungen in einer bestimmten Branche. Als übergeordnete Bezeichnung wird der Begriff *Applikationsprofile* gebraucht.

Es wird unterschieden zwischen **allgemeinen Applikationsprofilen** mit Einsatzmöglichkeit bei unterschiedlichen Anwendungen (hierzu gehören beispielsweise die Profile PROFIsafe, Redundanz und Time Stamp), **spezifischen Applikationsprofilen**, die jeweils nur für eine ganz bestimmte Art der Anwendung entwickelt wurden, wie z. B. PROFIdrive, SEMI oder PA Devices, und **System- und Masterprofilen**, die bestimmte Systemleistungen beschreiben, die den Feldgeräten angeboten werden. Sie stellen damit den Gegenpart für die Applikationsprofile dar.

PROFIBUS bietet eine große Zahl solcher Profile und kann damit anwendungsorientiert eingesetzt werden.

2.5 PROFIBUS Erfolgsfaktoren

Der Erfolg von **PROFIBUS** bis hin zum Weltmarktführer wird durch viele Faktoren bestimmt:

- **PROFIBUS** bietet den Herstellern und Betreibern von Anlagen eine branchenübergreifend einheitliche, durchgängige und offene Technologie.
- **PROFIBUS** führt zu einer spürbaren Verringerung der Kosten im Maschinen- und Anlagenbau.
- **PROFIBUS** hat seine Einsatzbereiche konsequent erweitert und dabei die Anforderungen der jeweiligen Anwendungsfelder berücksichtigt. Dadurch werden branchenspezifische Anwendungen optimal unterstützt.
- **PROFIBUS** wurde auf Grund seiner Akzeptanz und Verbreitung in viele Automatisierungs- und Engineeringssysteme optimal für den Anwender integriert.
- **PROFIBUS** betreibt konsequent sowohl die Stabilisierung und Verbreitung der Kommunikationsplattformen als auch die Weiterentwicklung der Applikationsprofile und die Verbindung der industriellen Automatisierung mit der IT-Welt der Unternehmensleitenebene.

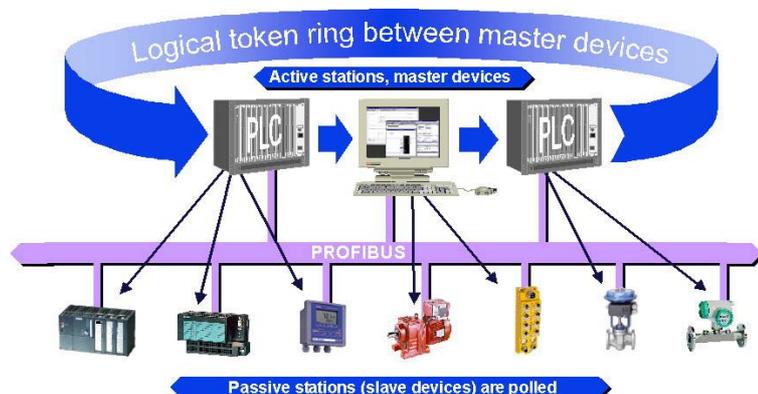


Abbildung 5: PROFIBUS-Struktur mit aktiven Mastern und Slaves

3. PROFIBUS Kommunikation

3.1 Übertragungstechnik

Im ISO/OSI-Schichtenmodell übernimmt die Schicht 1 die Festlegung, in welcher Weise die Datenübertragung "physikalisch", d. h. elektrisch und mechanisch, erfolgt. Dazu gehört u. a. die Art der Kodierung und der verwendete Übertragungsstandard (z. B. RS485). Die Schicht 1 wird mit Physical Layer bzw. Physikalische Schicht bezeichnet, woraus die in der Übertragungstechnik häufig gebrauchte Kurzbezeichnung "Physik" abgeleitet wurde.

Übertragungsrates [KBit/s]	Reichweite pro Segment [m]
9,6; 19,2; 45,45; 93,75	1200
	1200
	1200
	1200
187,5	1000
500	400
1500	200
3000; 6000; 12000	100

Die Werte beziehen sich auf den Kabeltyp A mit folgenden Eigenschaften:

Wellenwiderstand	135...165 Ω
Kapazitätsbelag	≤ 30 pf/m
Schleifenwiderstand	≤ 110 Ω/km
Aderndurchmesser	> 0,64 mm
Aderquerschnitt	> 0,34 mm ²

Tabelle 3: Übertragungswerte für RS485 (Kabeltyp A)

PROFIBUS stellt verschiedene Ausprägungen der Schicht 1 als Übertragungstechnik zur Verfügung. Alle Ausprägungen beruhen auf internationalen Standards und sind in der IEC 61158 und IEC 61784 konkret PROFIBUS zugeordnet.

3.1.1 Übertragung gemäß RS485

Die einfache und kostengünstige Übertragungstechnik RS485 wird bevorzugt für Aufgaben verwendet, die eine hohe Übertragungsrate erfordern. Es wird ein verdichtetes, ge-

schirmtes Kupferkabel mit einem Leiterpaar verwendet.

Die RS485-Übertragungstechnik ist einfach zu handhaben. Die Installation des Kabels erfordert kein Expertenwissen. Die Busstruktur erlaubt das rückwirkungsfreie Ein- und Auskoppeln von Stationen oder die schrittweise Inbetriebnahme des Systems. Spätere Erweiterungen haben innerhalb definierter Grenzen keinen Einfluss auf Stationen, die in Betrieb sind.

Ganz neu ist die Möglichkeit, unter Einhaltung bestimmter Werte mit der RS485 auch in den eigensicheren Bereich zu gehen (RS485-IS, siehe Erläuterung am Ende dieses Abschnitts).

Eigenschaften der RS485

Die *Übertragungsrate* ist im Bereich zwischen 9,6 KBit/s und 12 MBit/s *wählbar*. Sie wird bei der Inbetriebnahme des Systems einheitlich für alle Geräte am Bus festgelegt. Es können *bis zu 32 Busteilnehmer pro Segment* angeschlossen werden, die maximal zulässige *Leitungslänge* ist abhängig von der Übertragungsrate.

Installationshinweise für RS485

Netz-Topologie

Alle Geräte werden in einer Busstruktur (Linie) angeschlossen. In einem Segment können bis zu 32 Teilnehmer (Master oder Slaves) zusammengeschaltet werden. Anfang und Ende eines jeden Segments wird mit einem aktiven *Busabschluss (bus termination)* versehen (Abbildung 6), wobei für einen störungsfreien Betrieb sichergestellt werden muss, dass beide Busabschlüsse ständig mit Spannung versorgt werden. Der Busabschluss ist üblicherweise in den Geräten bzw. den Busanschlusssteckern zuschaltbar realisiert.

Bei mehr als 32 Stationen oder zur Erweiterung der Netzausdehnung müssen *Leistungsverstärker (Repeater)* eingesetzt werden, welche die einzelnen Bussegmente verbinden.

Kabel, Verbindungstechnik

Zur Verbindung der Geräte untereinander sowie mit Netzwerk-Elementen (z. B. Segmentkopplern,

Links und Repeatern) sind am Markt verschiedene Kabeltypen (Typbezeichnung A bis D) für unterschiedliche Einsatzfälle erhältlich. Bei Verwendung der RS485 Übertragungstechnik wird die Verwendung des *Kabeltyp A* (Daten in Tabelle 3) dringend empfohlen.

"PROFIBUS"-Kabel werden von mehreren Herstellern angeboten; besonders sei hier auf das Fast-Connect-System hingewiesen, bei dem durch Verwendung eines hierfür geeigneten Kabels und eines besonderen Abisolierwerkzeugs die Verkabelung sehr einfach, sicher und schnell erfolgen kann.

Beim Anschluss der Teilnehmer ist darauf zu achten, dass die Datenleitungen nicht vertauscht werden. Um eine hohe Störfestigkeit des Systems gegen elektromagnetische Störstrahlungen zu erzielen, sollte unbedingt eine geschirmte Datenleitung (Typ A ist geschirmt) verwendet werden. Der Schirm sollte möglichst beidseitig und gut leitend über großflächige Schirmgehäusen an die Schutzterde (protective ground) angeschlossen werden. Weiterhin ist zu beachten, dass die Datenleitung möglichst separat von allen starkstromführenden Kabeln verlegt wird. Bei Übertragungsraten $\geq 1,5$ MBit/s sind Sticheitungen unbedingt zu vermeiden. Die am Markt angebotenen Stecker bieten die Möglichkeit, das kommende und das gehende Datenkabel direkt im Stecker zu verbinden. Dadurch werden Sticheitungen vermieden und der Busstecker kann jederzeit, ohne Unterbrechung des Datenverkehrs, am Bus auf- und abgesteckt werden. Die für die Übertragungstechnik nach RS485 geeigneten *Steckverbinder* unterscheiden sich je nach Schutzart. In der Schutzart IP 20 wird vorzugsweise ein 9-poliger D-Sub Steckverbinder verwendet. In der Schutzart IP 65/67 sind drei Alternativen gemäß Richtlinie empfohlen:

- M12 Rundsteckverbinder gemäß IEC 60947-5-2
- Han-Brid Stecker gemäß DE-SINA-Empfehlung und
- Siemens Hybrid-Steckverbinder

In den Hybrid-Steckersystemen ist auch eine Variante zur Übertragung von Daten über LWL-Fasern und 24 Volt Betriebsspannung für

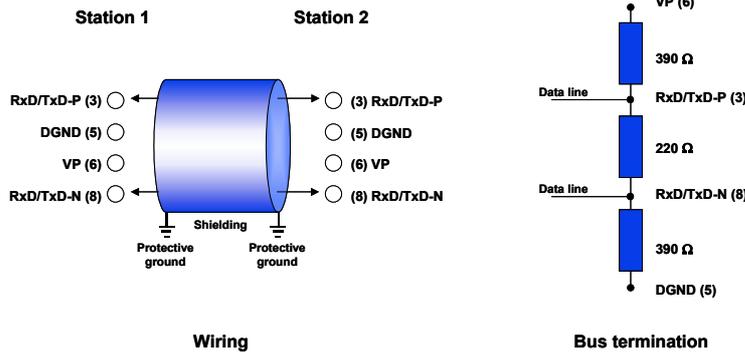


Abbildung 6: Verkabelung und Busabschluss für RS485-Übertragungstechnik

die Peripheriegeräte über Kupferkabel in einem gemeinsamen Hybridkabel vorgesehen.

Schwierigkeiten mit der Übertragungstechnik in PROFIBUS-Netzen sind erfahrungsgemäß in den meisten Fällen auf unsachgemäße Verkabelung und Installation zurückzuführen. Abhilfe schaffen hier *Bus-Testgeräte*, die viele typische Verkabelungsfehler schon vor der Inbetriebnahme aufspüren.

Die Bezugsadressen der vielen verschiedenen Stecker, Kabel, Repeater, Bus-Testgeräte können dem PROFIBUS-Produktkatalog entnommen werden (www.profibus.com).

RS485-IS

Bei den Anwendern besteht großes Interesse, RS485 mit ihrer hohen Übertragungsgeschwindigkeit auch im eigensicheren Bereich einsetzen zu können.

Die PNO hat sich dieser Aufgabe angenommen und einen Leitfadens für das Projektieren eigensicherer RS485-Lösungen mit einfacher Austauschbarkeit der Geräte erarbeitet.

Bei der Spezifikation der Schnittstelle werden Pegel für Strom und Spannung festgelegt, die alle Teilnehmer einzeln einhalten müssen, um eine sichere Funktion bei der Zusammenschaltung zu gewährleisten. In einem Stromkreis sind bei festgelegter Spannung maxi-

male Ströme zulässig. Beim Zusammenschalten aktiver Quellen darf die Summe der Ströme aller Teilnehmer den maximal erlaubten Strom nicht überschreiten.

Neu am RS485-IS-Konzept ist, dass im Unterschied zum FISCO-Modell, bei dem es nur *eine* eigensichere Quelle gibt, jetzt *sämtliche* Teilnehmer aktive Quellen darstellen. Die laufenden Untersuchungen der Prüfstelle lassen erwarten, dass, wie bei der Standard-Version, bis zu 32 Teilnehmer an den eigensicheren Bus-Stromkreis angeschlossen werden können.

3.1.2 Übertragung gemäß MBP

Begriff MBP

MBP steht für eine Übertragungstechnik mit den Attributen

- "Manchester Codierung (M)", und
- "Speisung über den Bus" (Bus Powering, BP).

Dieser Begriff ersetzt die bisher für die eigensichere Übertragung gebräuchlichen Bezeichnungen "Physik gemäß IEC 61158-2" oder "1158-2" o.ä. Der Grund für diese Änderung ist der Sachverhalt, dass die IEC 61158-2 (Physical Layer) in

	MBP	RS485	RS485-IS	Fiber Optic / LWL
Datenübertragung	Digital, bitsynchron, Manchester Codierung	Digital, Differenzialsignale nach RS485, NRZ	Digital, Differenzialsignale nach RS485, NRZ	Optisch, Digital, NRZ
Übertragungsrate	31,25 KBit/s	9,6 bis 12000 KBit/s	9,6 bis 1500 KBit/s	9,6 bis 12000 KBit/s
Datensicherung	Präambel, fehlergesicherte Start-End-Delimiter	HD=4, Paritybit, Start- und End-Delimiter	HD=4, Paritybit, Start- und End-Delimiter	HD=4, Paritybit, Start- und End-Delimiter
Kabel	verdrillte geschirmte Zweidraht-Leitung	verdrillte geschirmte Zweidraht-Leitung, Kabeltyp A	verdrillte geschirmte Vierdraht-Leitung, Kabeltyp A	Glass multi-mode, simple-mode, PCF, Plastic
Fernspeisung	optional über die Signaladern	über zusätzliche Adern möglich	über zusätzliche Adern möglich	über Hybridleitung möglich
Zündschutzarten	Eigensicherheit (EEx ia/ib)	keine	Eigensicherheit (EEx ib)	keine
Topologie	Linien- und Baumtopologie mit Terminierung auch kombiniert	Linientopologie mit Terminierung	Linientopologie mit Terminierung	Stern- und Ringtopologie typisch, Linientopologie möglich
Anzahl Teilnehmer	bis zu 32 Teilnehmer je Segment; in Summe max. 126 pro Netz	32 Teilnehmer je Segment ohne, bis 126 pro Netz mit Repeater	bis zu 32 Teilnehmer je Segment; in Summe max. 126 pro Netz	bis 126 pro Netz
Anzahl Repeater	max. 4 Repeater erweiterbar	max. 9 Repeater mit Signalauffrischung	max. 9 Repeater mit Signalauffrischung	nutzerdefiniert

Tabelle 4: Übertragungstechniken (Physical Layer) bei PROFIBUS

ihrer endgültigen Fassung *mehrere verschiedene* Verbindungstechnologien beschreibt, darunter auch die MBP, und die bisherige Bezeichnung daher nicht eindeutig ist.

MBP ist eine *synchrone Übertragung mit einer festen Übertragungsrate von 31,25 KBit/s und Manchester Codierung*. Diese Übertragungstechnik kommt in der Prozessautomatisierung häufig zum Einsatz, da sie die entscheidenden Anforderungen der Chemie und Petrochemie nach *Eigensicherheit* und *Busspeisung in Zweileitertechnik* erfüllt. Die Eigenschaften dieser Übertragungstechnik sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Damit kann PROFIBUS auch in Ex-Bereichen mit dem Attribut eigensicher eingesetzt werden.

Installationshinweise für MBP

Verbindungstechnik

Die eigensichere Übertragungstechnik MBP ist in der Regel auf bestimmte Teilsegmente (Feldgeräte im Ex-Bereich) einer Anlage begrenzt, die dann über *Segmentkoppler* oder *Links* mit dem RS485-Segment (Leitsystem und Engineeringgeräte in der Messwarte) verbunden sind (Abbildung 7).

Segmentkoppler sind Signalumsetzer, die die RS485 Signale an die MBP-Signalpegel anpassen und umgekehrt. Aus Sicht des Busprotokolls sind sie transparent.

Links dagegen haben eine eigene Intelligenz. Sie bilden alle im MBP-Segment angeschlossenen Feldgeräte nach oben als einen einzigen Slave im RS485-Segment ab; nach unten wirkt er als Master. Bei der

Verwendung von Links ist die Übertragungsrate im RS485-Segment nicht begrenzt. Dadurch lassen sich zum Beispiel für Regelaufgaben auch schnelle Netze unter Einbeziehung von Feldgeräten mit MBP-Anschluss realisieren.

Netz-Topologien mit MBP

Als mögliche Netztopologien bieten sich bei PROFIBUS mit MBP-Übertragung Baum- oder Linienstrukturen sowie beliebige Kombinationen aus beiden an.

In der *Linienstruktur* werden die Teilnehmer über T-Stücke an das Hauptkabel angeschlossen. Die *Baumstruktur* ist vergleichbar mit der klassischen Feldinstallations-technik. Das vieladrige Stammkabel wird durch das zweiadrige Bus-Stammkabel ersetzt, der Feldverteiler behält seine Funktion für den Anschluss der Feldgeräte und zur Aufnahme des Busabschlusswiderstands. Bei der Baumstruktur werden alle an das Feldbussegment angeschlossene Feldgeräte im Feldverteiler parallel verdrahtet. In jedem Fall sind die maximal zulässigen Stickleitungslängen bei der Berechnung der Gesamtleitungslänge zu berücksichtigen. Eine Stickleitung darf in eigensicheren Anwendungen max. 30 m lang sein.

Übertragungsmedium

Als Übertragungsmedium wird ein zweiadriges geschirmtes Kabel verwendet, siehe Abbildung 6. Das Bus-Hauptkabel wird an beiden Enden mit einem passiven Leitungssabschluss versehen, der aus einem RC-Glied in Reihenschaltung mit $R = 100 \Omega$ und $C = 2 \mu F$ besteht. Am Segmentkoppler oder am Link ist der Busabschluss bereits

fest integriert. Ein verpoltter Anschluss eines Feldgerätes in MBP-Technik hat keine Folgen für die Funktionsfähigkeit des Busses, da diese Geräte üblicherweise mit einer automatischen Polaritätserkennung ausgerüstet sind.

Teilnehmerzahl, Leitungslänge

Die Anzahl der an ein Segment anschließbaren Teilnehmer ist auf 32 begrenzt. Sie wird jedoch durch die gewählte Zündschutzart und eine eventuelle Busspeisung weiter bestimmt.

Bei eigensicheren Netzen ist sowohl die maximale Speisespannung als auch der maximale Speisestrom in engen Grenzen festgelegt. Aber auch bei nicht eigensicheren Netzen ist die Leistung des Speisegeräts begrenzt.

Als Faustregel für die Bestimmung der max. Leitungslänge ist es ausreichend, den Strombedarf der anzuschließenden Feldgeräte auszurechnen, um ein Speisegerät und die Leitungslänge für den gewählten Kabeltyp zu bestimmen. Der benötigte Strom ($= \Sigma$ Strombedarf) ergibt sich aus der Summe der Geräte-Grundströme, der in dem jeweiligen Segment angeschlossenen Feldgeräte, sowie gegebenenfalls einer Reserve von 9 mA je Segment für den Ansprechstrom der FDE (Fault Disconnection Electronics). Die FDE verhindert, dass fehlerhafte Geräte den Bus dauerhaft blockieren.

Der gemeinsame Betrieb von busgespeisten und fremdgespeisten Geräten ist zulässig. Zu beachten ist, dass auch fremdgespeiste Geräte einen Grundstrom über den Busanschluss aufnehmen, der bei der Berechnung des maximal verfügbaren Speisestroms entsprechend zu berücksichtigen ist.

Eine erhebliche Erleichterung bei Planung, Installation und Erweiterungen von PROFIBUS-Netzen in Ex-Bereichen bietet das FISCO-Modell (siehe Kapitel 3.1.4).

3.1.3 Optische Übertragungstechnik

Es gibt Feldbus-Einsatzbedingungen, bei denen eine drahtgebundene Übertragungstechnik ihre Grenzen hat, beispielsweise bei stark störbehafteter Umgebung

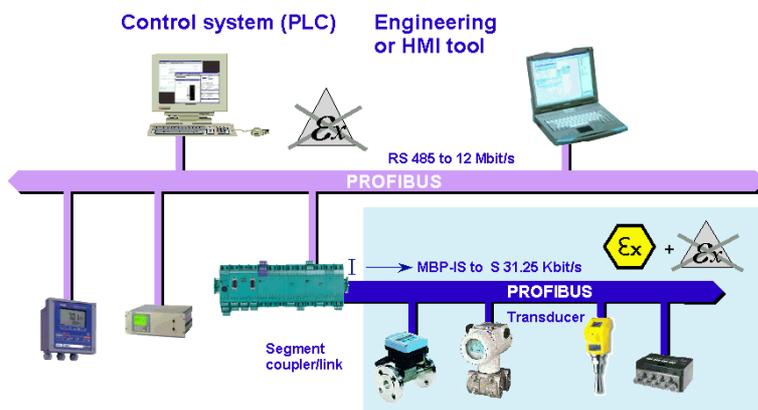


Abbildung 7: Anlagen-Topologie und Busspeisung der Feldgeräte bei Verwendung der MBP-Übertragungstechnik

oder bei der Überbrückung besonders großer Entfernungen. In diesen Fällen steht die optische Übertragung mittels **Lichtwellen-Leitern (LWL)** zur Verfügung. Die PROFIBUS-Richtlinie (Order No. 2.021) für optische Übertragung spezifiziert die hierfür verfügbare Technik. Bei den Festlegungen wurde obligatorisch beachtet, dass existierende PROFIBUS-Geräte rückwirkungsfrei in ein LWL-Netz integriert werden können und dass keine Änderungen im Protokollverhalten von PROFIBUS (Schicht 1) vorgenommen werden müssen. Damit ist die *Kompatibilität zu existierenden PROFIBUS-Installationen* gewährleistet.

Die unterstützten *LWL-Fasertypen* sind in Tabelle 5 dargestellt. Aufgrund der Übertragungseigenschaften sind Stern und Ring typische *Topologiestrukturen*; aber auch Linienstrukturen sind möglich.

Die Realisierung eines LWL-Netzes erfolgt im einfachsten Fall durch Verwendung von elektrisch/optischen Wandlern, die über eine RS485-Schnittstelle mit dem Gerät und andererseits mit dem LWL verbunden sind. Damit besteht auch die Möglichkeit, innerhalb einer Anlage je nach Gegebenheiten zwischen RS485 und LWL-Übertragung zu wechseln.

3.1.4 Das FISCO-Modell

Eine erhebliche Erleichterung bei Planung, Installation und Erweiterungen von PROFIBUS-Netzen in Ex-Bereichen bietet das **FISCO-Modell (Fieldbus Intrinsically Safe Concept)**.

Dieses Modell wurde in Deutschland von der **Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB)** entwickelt und wird heute auch international als Basismodell für den Betrieb von Feldbussen in Ex-Bereichen anerkannt.

Fasertyp	Kerndurchmesser [µm]	Reichweite
Multimode Glasfaser	62,5/125	2-3 km
Singlemode Glasfaser	9/125	> 15 km
Kunststofffaser	980/1000	< 80 m
HCS [®] - Faser	200/230	ca. 500 m

Tabelle 5: Eigenschaften von Lichtwellenleitern

Randbedingungen zur Anwendung von FISCO

Alle Teilnehmer müssen nach FISCO zugelassen sein

- Die Kabellänge darf 1000 m (ia) bzw. 1900 m (ib) nicht überschreiten
- Das Kabel muss folgende Werte erfüllen (Kabeltyp A):
 - $R' = 15 \dots 150 \Omega/\text{km}$
 - $L' = 0,4 \dots 1 \text{mH}/\text{km}$
 - $C' = 80 \dots 200 \text{nF}/\text{km}$
- Bei allen Kombinationen muss sichergestellt sein, dass die zulässigen Eingangsgrößen der Feldgeräte mit den maximalen Ausgangsgrößen des zugehörigen Speisegeräts zusammenpassen:
 - $U_i \geq U_o$
 - $I_i \geq I_o$
 - $P_i \geq P_o$

Anwendernutzen von FISCO

- Plug & Play auch im Ex-Bereich möglich
- Keine Systembescheinigung erforderlich
- Austausch von Geräten oder Erweiterung der Anlage ohne Neuberechnung
- Maximierung der Zahl der angeschlossenen Geräte

Das Modell beruht auf der Festlegung, dass ein Netzwerk dann eigensicher ist und keine individuelle Berechnung der Eigensicherheit erfordert, wenn die relevanten vier Buskomponenten Feldgeräte, Kabel, Segmentkoppler und Busabschluss hinsichtlich ihrer Werte von Spannung, Strom, Leistung, Induktivität und Kapazität sich innerhalb festgeschriebener Grenzwerte bewegen. Der entsprechende Nachweis kann durch Zertifizierung der Komponenten durch autorisierte Zulassungsstellen wie PTB und BVS (Deutschland) oder UL, FM (USA) erbracht werden.

Werden nach FISCO zugelassene Geräte eingesetzt, können nicht nur mehr Geräte an einem Strang betrieben werden, sondern die Geräte lassen sich auch während des Betriebes durch Geräte anderer Hersteller ersetzen oder der Strang kann auch erweitert werden; alles ohne aufwändige Berechnung und ohne Systembescheinigung. Das bedeutet Plug & Play im Ex-Bereich! Es müssen lediglich die oben

(siehe Installationshinweise für MBP, siehe Kapitel 3.1.2) aufgezeigten Regeln für die Auswahl des Speisegerätes, der Leitungslänge und der Busabschlüsse beachtet werden.

Die Übertragung nach MBP und FISCO-Modell erfolgt nach folgenden Grundsätzen:

- Beim Senden eines Teilnehmers wird keine Leistung in den Bus eingespeist.
- In jedem Segment gibt es nur *eine* einspeisende Quelle, das Speisegerät.
- Jedes Feldgerät nimmt im eingeschwungenen Zustand einen konstanten Grundstrom von mindestens 10 mA auf.
- Die Feldgeräte wirken als passive Stromsenke.
- Der passive Leitungsabschluss erfolgt an beiden Enden der Bushauptleitung.
- Es sind Netze in Linien-, Baum- und Sterntopologie möglich.

Der Grundstrom von mindestens 10 mA pro Gerät dient bei Busspeisung der Energieversorgung des Feldgerätes. Die Kommunikationssignale werden vom sendenden durch Aufmodulieren von ± 9 mA auf den Grundstrom erzeugt.

3.2 Kommunikationsprotokoll DP

Das Kommunikationsprotokoll DP (Decentralized Peripherals) ist für den *schnellen Datenaustausch in der Feldebene* konzipiert. Hier kommunizieren zentrale Automatisierungsgeräte, wie SPS, PC oder Prozessleitsysteme über eine schnelle serielle Verbindung mit dezentralen Feldgeräten wie E/A, Antriebe, Ventile, Messumformer (Transducer) oder Analysengeräte. Der Datenaustausch mit den dezentralen Geräten erfolgt vorwiegend zyklisch. Die dafür benötigten Kommunikationsfunktionen sind durch die DP-Grundfunktionen (Leistungsstufe DP-V0) festgelegt. Ausgerichtet an den speziellen Anforderungen der unterschiedlichen Einsatzgebiete wurde DP über diese Grundfunktionen hinaus stufenweise um spezielle Funktionen erweitert, so dass DP heute in drei Leistungsstufen DP-V0, DP-V1 und DP-V2 vorliegt, wobei jede Stufe über einen speziellen Schwerpunkt verfügt (Abbildung 8). Diese Einteilung spiegelt vor allem den zeitlichen Ablauf der Spezifikationsarbeiten als Folge der erweiterten Forderungen der Anwendungen wider. Die Leistungsstufen V0 und V1 enthalten sowohl "Eigenschaften" (diese sind *verbindlich* für eine Realisierung) als auch Optionen, während in Stufe V2 nur Optionen spezifiziert sind.

Die wichtigsten Inhalte der drei Stufen sind:

Die Leistungsstufe DP-V0

stellt die Grundfunktionalitäten von DP zur Verfügung, darunter den zyklischen Datenaustausch, die stations-, modul- und kanalspezifische Diagnose und vier verschiedene Alarmtypen für Diagnose und Prozessalarm sowie für das Ziehen und Stecken von Busteilnehmern.

Die Leistungsstufe DP-V1

enthält Ergänzungen mit Ausrichtung auf die Prozessautomatisierung, vor allem den azyklischen Datenverkehr für Parametrierung, Bedienung, Beobachtung und Alarmbehandlung intelligenter Feldgeräte, parallel zum zyklischen Nutzdatenverkehr. Das erlaubt den Online-Zugriff auf Busteilnehmer über Engineering Tools. Weiterhin enthält DP-V1 drei zusätzliche Alarmtypen: Statusalarm, Update-Alarm und einen herstellerspezifischen Alarm.

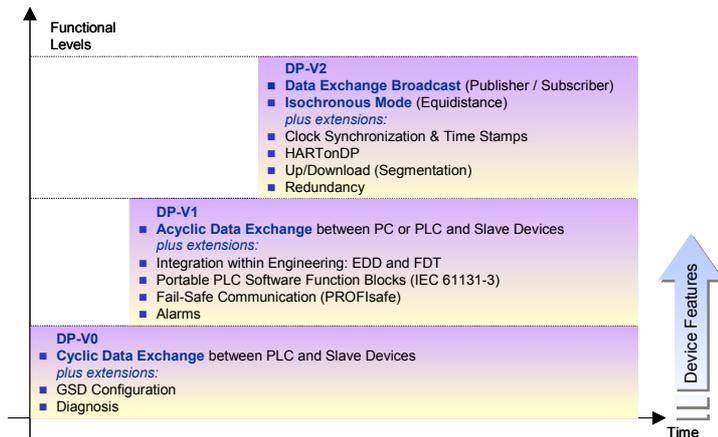


Abbildung 8: Funktionalitäten der PROFIBUS DP-Leistungsstufen mit Schwerpunkten

Die Leistungsstufe DP-V2

enthält weitere Ergänzungen und ist vorrangig auf die Anforderungen der Antriebstechnik ausgerichtet. Durch zusätzliche Funktionalitäten wie isochroner Slavebetrieb und Slave-Querverkehr (Data Exchange Broadcast, DXB) u. a. kann DP-V2 damit auch als Antriebsbus zur Steuerung schneller Bewegungsabläufe in Antriebsachsen eingesetzt werden.

Die Leistungsstufen von DP sind in der IEC 61158 ausführlich spezifiziert. Nachfolgend werden wichtige Eigenschaften erläutert.

3.2.1 Grundfunktionen (DP-V0)

Die zentrale Steuerung (Master)

- liest zyklisch die Eingangsinformationen von den Slaves und
- schreibt die Ausgangsinformationen zyklisch an die Slaves.

Hierbei sollte die Buszykluszeit kürzer sein als die Programmzykluszeit des zentralen Automatisierungssystems, die in vielen Anwendungen etwa 10 ms beträgt. Ein hoher Datendurchsatz alleine genügt allerdings nicht für den erfolgreichen Einsatz eines Bussystems. Vielmehr müssen einfache Handhabung, gute Diagnosemöglichkeiten und eine störsichere Übertragungstechnik gewährleistet sein. Bei DP-V0 wurden diese Eigenschaften optimal kombiniert (Zusammenfassung siehe in Tabelle 6).

Übertragungsgeschwindigkeit

Für die Übertragung von 512 Bit Eingangs- und 512 Bit Ausgangsdaten verteilt auf 32 Teilnehmer benötigt DP bei 12 MBit/s nur ca. 1 ms. Abbildung 9 zeigt typische Übertragungszeiten von DP in Abhängigkeit von der Teilnehmeranzahl und der Übertragungsrate. Bei DP erfolgt die Übertragung der Eingangs- und Ausgangsdaten in *einem* Nachrichtenzyklus. Die Nutzdatenübertragung erfolgt bei DP mit dem **SRD-Dienst** (Send and Receive Data Service) der Schicht 2.

Diagnosefunktionen

Die umfangreichen Diagnosefunktionen von DP ermöglichen eine schnelle Fehlerlokalisierung. Die Diagnosemeldungen werden über den Bus übertragen und beim Master zusammengefasst. Sie werden in drei Ebenen eingeteilt:

Gerätebezogene Diagnose

Meldungen zur allgemeinen Betriebsbereitschaft eines Teilnehmers wie z. B. "Übertemperatur", "Unterspannung" oder "Schnittstelle unklar".

Kennungs- (modul)-bezogene Diagnose

Diese Meldungen zeigen an, ob innerhalb eines bestimmten E/A-Teilbereichs (z. B. 8 Bit eines Ausgangsmoduls) eines Teilnehmers eine Diagnose ansteht.

Kanalbezogene Diagnose

Hier wird die Fehlerursache bezogen auf ein einzelnes Ein- oder Ausgangsbit (Kanal) angegeben, wie z. B. "Kurzschluss auf Ausgang".

Systemkonfiguration und Gerätetypen

Mit DP können Mono- oder Multi-Master Systeme realisiert werden. Dadurch wird ein hohes Maß an Flexibilität bei der Systemkonfiguration ermöglicht. Es können maximal 126 Geräte (Master oder Slaves) an einem Bus angeschlossen werden. Die Festlegungen zur Systemkonfiguration beinhalten

- die Anzahl der Stationen,
- die Zuordnung der Stationsadresse zu den E/A-Adressen,
- die Datenkonsistenz der E/A-Daten,
- das Format der Diagnosemeldungen und
- die verwendeten Busparameter.

Gerätetypen

Jedes DP System besteht aus unterschiedlichen Gerätetypen, wobei drei Arten unterschieden werden:

DP-Master Klasse 1 (DPM1)

Hierbei handelt es sich um eine zentrale Steuerung, die in einem festgelegten Nachrichtenzyklus Informationen mit den dezentralen Stationen (Slaves) zyklisch austauscht. Typische DPM1-Geräte sind z. B. speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder PCs. Ein DPM1 verfügt über einen aktiven Buszugriff, mit welchem er zu festen Zeitpunkten die Messdaten (Eingänge) der Feldgeräte lesen und die Sollwerte (Ausgänge) der Aktuatoren schreiben kann. Dieser sich ständig wiederholende Zyklus ist die Grundlage der Automatisierungsfunktion.

DP-Master Klasse 2 (DPM2)

Geräte dieses Typs sind Engineering-, Projektierungs- oder Bediengeräte. Sie werden bei der Inbetriebnahme und zur Wartung und Diagnose eingesetzt, um die angeschlossenen Geräte zu konfigurieren, Messwerte und Parameter auszuwerten sowie den Gerätezustand abzufragen. Ein DPM2 muss nicht permanent am Bussystem angeschlossen sein. Auch verfügt der DPM2 über einen aktiven Buszugriff.

Slave

Ein Slave ist ein Peripheriegerät (E/A, Antrieb, HMI, Ventil, Messumformer, Analysengerät), welches Prozessinformationen einliest

Buszugriff	<ul style="list-style-type: none"> • Token-Passing-Verfahren zwischen Mastern und Master-Slave-Verfahren zwischen Master und Slaves • Mono-Master oder Multi-Master Systeme möglich • Master und Slave Geräte, max. 126 Teilnehmer an einem Bus
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> • Punkt-zu-Punkt (Nutzdatenverkehr) oder Multicast (Steuerkommandos) • Zyklischer Master-Slave Nutzdatenverkehr
Betriebszustände	<ul style="list-style-type: none"> • Operate Zyklische Übertragung von Eingangs- und Ausgangsdaten • Clear Eingänge werden gelesen, Ausgänge bleiben im sicheren Zustand • Stop Diagnose und Parametrierung, keine Nutzdatenübertragung
Synchronisation	<ul style="list-style-type: none"> • Steuerkommandos ermöglichen die Synchronisation der Ein- und Ausgänge • Sync-Mode Ausgänge werden synchronisiert • Freeze-Mode Eingänge werden synchronisiert
Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> • Zyklischer Nutzdatentransfer zwischen DP-Master und Slave(s) • Dynamisches Aktivieren oder Deaktivieren einzelner Slaves; Prüfen der Konfiguration der Slaves • Leistungsfähige Diagnosefunktionen, 3 abgestufte Diagnose-Meldungsebenen • Synchronisation der Eingänge und/oder der Ausgänge • Optional Adressvergabe für die Slaves über den Bus • Maximal 244 Byte Eingangs-/Ausgangsdaten je Slave
Schutzfunktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Nachrichtenübertragung mit Hamming Distanz HD=4 • Ansprechüberwachung beim DP-Slave erkennt Ausfall des zugeordneten Masters • Zugriffsschutz für Ein- und Ausgänge der Slaves • Überwachung des Nutzdatenverkehrs mit einstellbarem Überwachungs-Timer beim Master
Gerätetypen	<ul style="list-style-type: none"> • DP-Master Klasse 1 (DPM1) z. B. zentrale Automatisierungsgeräte wie SPS, PC, .. • DP-Master Klasse 2 (DPM2) z. B. Engineering oder Diagnosetool • DP-Slave z. B. Geräte mit binären oder Analogen Eingängen/Ausgängen, Antriebe, Ventile

Tabelle 6: DP-V0 in der Übersicht

und/oder Ausgangsinformationen zum Eingriff in den Prozess nutzt. Es sind auch Geräte möglich, die nur Eingangs- oder nur Ausgangsinformationen bereitstellen. Slaves sind in Bezug auf die Kommunikation passive Geräte, sie antworten nur auf eine direkte Anfrage. Dieses Verhalten ist einfach und kostengünstig (bei DP-V0 so-

gar komplett in Hardware) realisierbar.

Bei **Mono-Master-Systemen** ist in der Betriebsphase des Bussystems nur *ein* Master am Bus aktiv. In Abbildung 10 ist die Systemkonfiguration eines Mono-Master-Systems dargestellt. Die SPS-Steuerung ist die zentrale Steue-

rungskomponente. Die Slaves sind über das Übertragungsmedium dezentral an die SPS-Steuerung gekoppelt. Mit dieser Systemkonfiguration wird die kürzeste Buszykluszeit erreicht.

Im **Multi-Master-Betrieb** befinden sich an einem Bus mehrere Master. Sie bilden entweder voneinander unabhängige Subsysteme, bestehend aus je einem DPM1 und den zugehörigen Slaves, oder zusätzliche Projektierungs- und Diagnosegeräte. Die Eingangs- und Ausgangsabbilder der Slaves können von allen DP-Mastern gelesen werden. Das Schreiben der Ausgänge ist nur für einen DP-Master (den bei der Projektierung zugeordneten DPM1) möglich.

Systemverhalten

Um eine weitgehende Geräteaus-tauschbarkeit vom selben Typ zu erreichen, wurde bei DP auch das *Systemverhalten* standardisiert. Es wird im wesentlichen durch den Betriebszustand des DPM1 bestimmt.

Dieser kann entweder lokal oder über den Bus vom Projektierungs-gerät gesteuert werden. Es werden drei Hauptzustände unterschieden:

Stop

Kein Datenverkehr zwischen dem DPM1 und den Slaves.

Clear

Der DPM1 liest die Eingangsinformationen der Slaves und hält die Ausgänge der Slaves im sicheren Zustand ("0"-Ausgabe).

Operate

Der DPM1 befindet sich in der Datentransferphase. In einem zyklischen Datenverkehr werden die Eingänge von den Slaves gelesen und die Ausgangsinformationen an die Slaves übertragen.

Der DPM1 sendet seinen Status in einem konfigurierbaren Intervall mit einem Multicast-Kommando zyklisch an alle ihm zugeordneten Slaves.

Die Systemreaktion nach dem Auftreten eines Fehlers in der Datentransferphase des DPM1, wie z. B. Ausfall eines Slaves, wird durch den Betriebsparameter "**Auto-Clear**" bestimmt.

Wurde dieser Parameter auf *True* gesetzt, dann schaltet der DPM1 die Ausgänge aller zugehörigen Slaves in den sicheren Zustand,

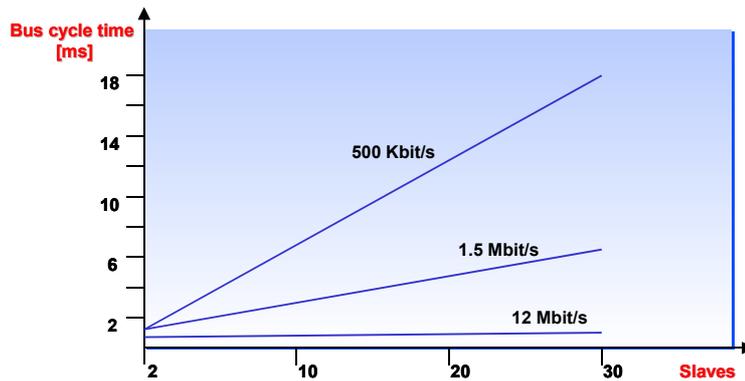


Abbildung 9: Buszykluszeiten eines DP Mono-Master-Systems Randbedingungen: Jeder Slave hat je 2 Byte Eingangs- und Ausgangsdaten

sobald ein Slave nicht mehr bereit für die Nutzdatenübertragung ist. Danach wechselt der DPM1 in den Clear-Zustand.

Ist dieser Parameter auf *False* gesetzt, dann verbleibt der DPM1 auch im Fehlerfall im Operate-Zustand, und der Anwender kann die Systemreaktion bestimmen.

Zyklischer Datenverkehr zwischen DPM1 und den Slaves

Der Datenverkehr zwischen dem DPM1 und den ihm zugeordneten Slaves wird in einer festgelegten, immer wiederkehrenden Reihenfolge automatisch durch den DPM1 abgewickelt (Abbildung 11). Bei der Projektierung des Bussystems legt der Anwender die Zugehörigkeit eines Slaves zum DPM1 fest. Weiterhin wird definiert, welche Slaves in den zyklischen Nutzdatenverkehr aufgenommen oder ausgeschlossen werden sollen.

Der Datenverkehr zwischen dem DPM1 und den Slaves gliedert sich in die Parametrierungs-, Konfigurierungs- und Datentransferphase. Bevor der Master einen DP-Slave in die Datentransferphase auf-

nimmt, wird in der Parametrierungs- und Konfigurationsphase überprüft, ob die projektierte Sollkonfiguration mit der tatsächlichen Gerätekonfiguration übereinstimmt. Bei dieser Überprüfung müssen der Gerätetyp, die Format- und Längenangaben sowie die Anzahl der Ein- und Ausgänge übereinstimmen. Der Benutzer erhält dadurch einen zuverlässigen Schutz gegen Parametrierungsfehler. Zusätzlich zum Nutzdatentransfer, der vom DPM1 automatisch durchgeführt wird, besteht die Möglichkeit, neue Parametrierungsdaten auf Anforderung des Benutzers an die Slaves zu senden.

Sync und Freeze Mode

Zusätzlich zum teilnehmerbezogenen Nutzdatenverkehr, der automatisch vom DPM1 abgewickelt wird, besteht für die Master die Möglichkeit, Steuerkommandos an eine Gruppe oder an alle Slaves gleichzeitig zu senden. Diese Steuerkommandos werden als Multicast übertragen. Sie ermöglichen die Betriebsarten Sync- und Freeze zur *ereignisgesteuerten Synchronisation* der Slaves.

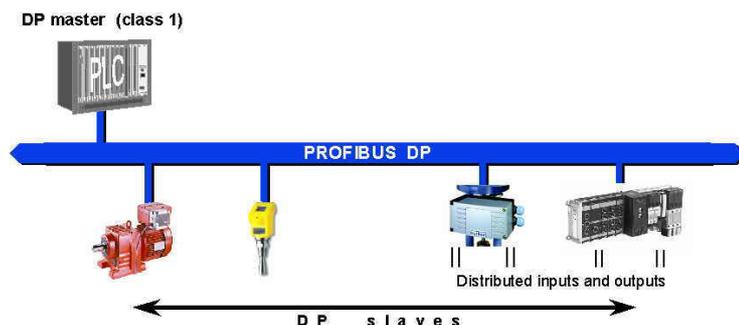


Abbildung 10: PROFIBUS DP Mono-Master System

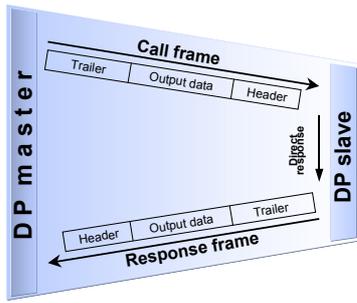


Abbildung 11: Zyklische Nutzdatenübertragung bei DP

Die Slaves beginnen den **Sync-Mode**, wenn sie vom zugeordneten Master ein Sync-Kommando empfangen. Daraufhin werden bei allen adressierten Slaves die Ausgänge im momentanen Zustand eingefroren. Bei den folgenden Nutzdatenübertragungen werden die Ausgangsdaten bei den Slaves gespeichert, die Ausgangszustände bleiben jedoch unverändert. Erst nach Empfang des nächsten Sync-Befehls werden die gespeicherten Ausgangsdaten an die Ausgänge durchgeschaltet. Mit Unsync wird der Sync-Betrieb beendet.

Analog dazu bewirkt ein Freeze-Steuerkommando den **Freeze-Mode** der angesprochenen Slaves. In dieser Betriebsart werden die Zustände der Eingänge auf den momentanen Wert eingefroren. Die Eingangsdaten werden erst dann wieder aktualisiert, wenn der Master das nächste Freeze-Kommando gesendet hat. Mit Unfreeze wird der Freeze-Betrieb beendet.

Schutzmechanismen

Aus Sicherheitsgründen ist es erforderlich, DP mit wirksamen Schutzfunktionen gegen Fehlparametrierung oder Ausfall der Übertragungseinrichtungen zu versehen. Es werden dazu Überwachungsmechanismen beim DP-Master und bei den Slaves in Form von Zeitüberwachungen realisiert. Das Überwachungsintervall wird bei der Projektierung festgelegt.

Beim DP-Master

Der DPM1 überwacht den Datenverkehr der Slaves mit dem Data_Control_Timer. Für jeden Slave wird ein eigener Zeitgeber benutzt. Die Zeitüberwachung spricht an, wenn innerhalb eines Überwachungsintervalls kein ordnungsgemäßer Nutzdatentransfer erfolgt. In diesem Fall wird der Benutzer in-

formiert. Falls die automatische Fehlerreaktion (Auto_Clear = True) freigegeben wurde, verlässt der DPM1 den Operate-Zustand, schaltet die Ausgänge der zugehörigen Slaves in den sicheren Zustand und geht in den Clear-Zustand über.

Beim Slave

Zur Erkennung von Fehlern des Masters oder der Übertragung führt der Slave die Ansprechüberwachung durch. Findet innerhalb des Ansprechüberwachungsintervalls kein Datenverkehr mit dem Master statt, so schaltet der Slave die Ausgänge selbstständig in den sicheren Zustand.

Zusätzlich ist für die Ein- und Ausgänge der Slaves beim Betrieb in Multi-Master-Systemen ein Zugriffsschutz erforderlich. Damit ist sichergestellt, dass der direkte Zugriff nur vom berechtigten Master erfolgt. Für alle anderen Master stellen die Slaves ein Abbild der Eingänge und Ausgänge zur Verfügung, das auch ohne Zugriffsberechtigung gelesen werden kann.

3.2.2 Leistungsstufe DP-V1

Azyklischer Datenverkehr

Der Schwerpunkt der Leistungsstufe DP-V1 liegt auf dem hier zusätzlich verfügbaren azyklischen Datenverkehr. Dieser bildet die Voraussetzung für Parametrierung und Kalibrierung der Feldgeräte über den Bus während des laufenden Betriebes und für die Einführung bestätigter Alarmmeldungen.

Die Übertragung der azyklischen Daten erfolgt parallel zum zyklischen Datenverkehr, allerdings mit niedrigerer Priorität. Abbildung 13 zeigt beispielhafte Kommunikationsabläufe. Der DPM1 (Master Class 1) besitzt die Sendeberechtigung (den Token) und korrespondiert per Aufforderung und Antwort mit Slave 1, danach mit Slave 2 usw. in fester Reihenfolge bis zum letzten Slave der aktuellen Liste (MS0-Kanal); danach übergibt er den Token an den DPM2 (Master Class 2). Dieser kann in der noch verfügbaren Restzeit ("Lücke") des programmierten Zyklus eine azyklische Verbindung zu einem beliebigen Slave (Slave 3 in Abbildung 13) zum Austausch von Datensätzen aufnehmen (MS2-Kanal); am Ende der laufenden Zykluszeit gibt er den Token an den DPM1 zurück. Der azyklische Austausch von Datensätzen kann sich über mehrere Zyklen bzw. deren "Lücken" hinziehen; am Ende nutzt der DPM2 wiederum eine Lücke zum Abbau der Verbindung. Neben dem DPM2 kann in ähnlicher Weise auch der DPM1 azyklisch Datenaustausch mit Slaves durchführen (MS1-Kanal).

Die dafür zusätzlich verfügbaren Dienste sind in Tabelle 7 dargestellt.

Erweiterte Diagnose

Als weitere Funktion wurde bei DP-V1 die gerätebezogene Diagnose verfeinert und in die Kategorien Alarmer und Statusmeldungen aufgliedert (Abbildung 12).

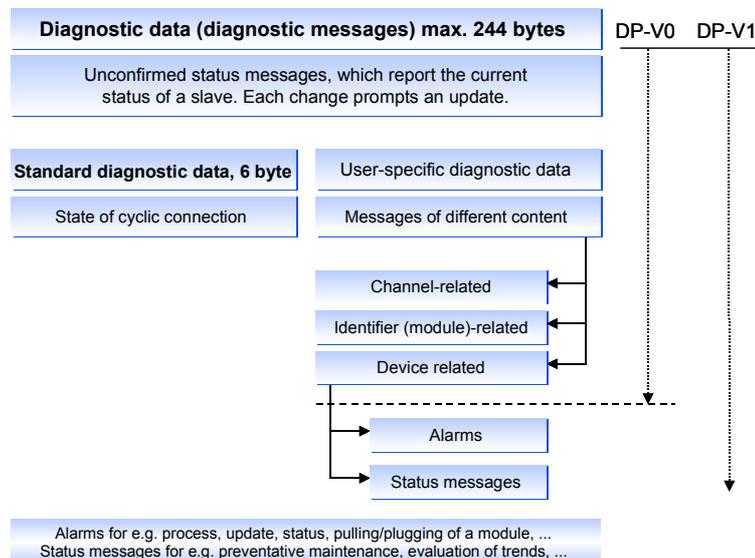


Abbildung 12: Struktur der Diagnosemeldungen bei DP-V0 und DP-V1

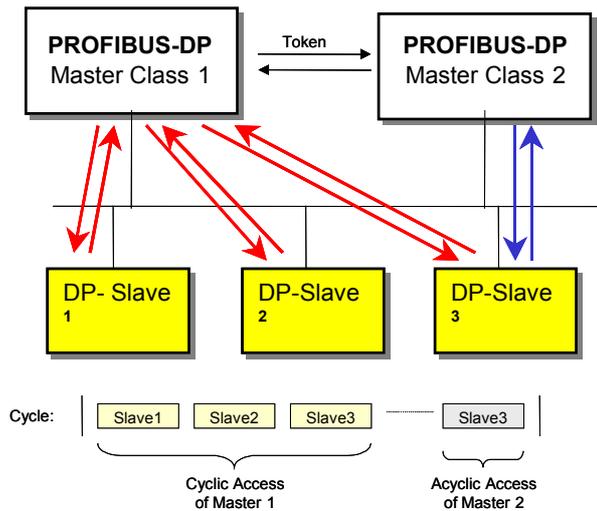


Abbildung 13: Zyklische und azyklische Kommunikation bei DP-V1

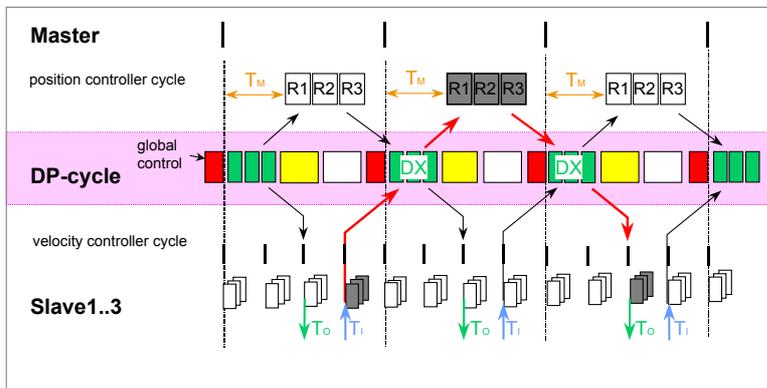


Abbildung 14: Isochronous Mode

3.2.3 Leistungsstufe DP-V2

Slave-Querverkehr (DXB)

Diese Funktion ermöglicht die direkte und damit Zeit sparende Kommunikation zwischen Slaves via Broadcast ohne den Umweg über einen Master. Dabei betätigen sich die Slaves als "Publisher", d.h. die Slave-Anwort geht nicht nur zurück an den koordinierenden Master sondern direkt auch an andere, in den Ablauf eingebundenen Slaves, den sogenannten "Subscribern" (Abbildung 15). Damit können Slaves Daten aus anderen Slaves direkt verfolgen und als eigene Vorgaben verwenden. Das eröffnet ganz neue Anwendungen; zusätzlich werden die Reaktionszeiten am Bus bis zu 90 % reduziert.

Isochronous Mode

Diese Funktion ermöglicht eine takt synchrone Regelung in Master und Slaves unabhängig von der Belastung des Busses. Mit Taktabweichungen kleiner einer Mikro-

sekunde können damit hochgenaue Positioniervorgänge realisiert werden. Dabei werden alle beteiligten Gerätezyklen durch ein Broadcast-Telegramm "global control" auf den Bus-Masterzyklus syn-

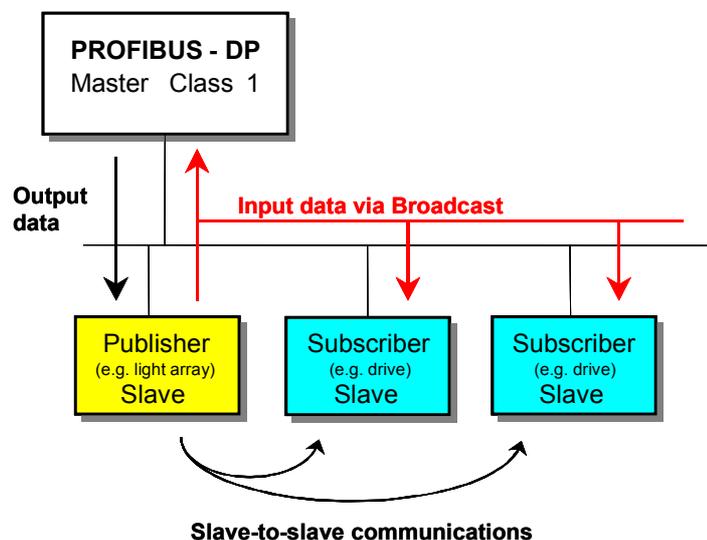


Abbildung 15: Slave-Slave Querverkehr

synchronisiert. Ein spezielles Lebenszeichen (laufende Nummer) gestattet die Überwachung der Synchronisation. In Abbildung 14 sind die verfügbaren Zeiten für Datenaustausch (DX, grün), den Zugriff eines Masters Class 2 (gelb) und Reserve (weiß) dargestellt. Die roten Pfeile kennzeichnen einen Weg von der Ist-Datenerfassung (T_I) über die Regelung (R_x) bis hin zur Soll-Datenausgabe (T_O), der sich in der Regel über zwei Buszyklen erstreckt.

Uhrzeitführung (Clock Control)

Diese Funktion (ein Uhrzeit-Master schickt mittels des neuen dafür geschaffenen verbindungslosen MS3-Services Zeitmarken an alle Slaves) synchronisiert alle Busteilnehmer auf eine System-Zeit mit einer Abweichung unter einer Millisekunde. Dadurch können Aktionen (events) zeitgenau verfolgt werden. Das ist vor allem bei der Erfassung zeitlicher Abläufe in Netzwerken mit vielen Masters hilfreich. Diagnosen über Störungen werden dadurch ebenso erleichtert wie die zeitfolgerichtige Einplanung von Aktionen.

Up- und Download

Diese Funktion erlaubt das Laden beliebig großer Datenbereiche in ein Feldgerät mit einem Kommando. Damit sind beispielsweise Programm-Updates oder Geräte-austausch ohne manuelle Ladevorgänge möglich.

Azyklische Dienste zwischen DPM1 und Slaves	
MSAC1_Read	Der Master liest einen Datenblock beim Slave
MSAC1_Write	Der Master schreibt einen Datenblock beim Master
MSAC1_Alarm	Ein Alarm wird vom Slave zum Master übertragen und von diesem explizit bestätigt. Erst nach Erhalt dieser Bestätigung kann der Slave eine neue Alarmmeldung senden; dadurch ist ein Überschreiben von Alarmen verhindert.
MSAC1_Alarm_Acknowledge	Der Master bestätigt den Erhalt einer Alarmmeldung an den Slave
MSAC1_Status	Eine Statusmeldung wird vom Slave zum Master übertragen. Es erfolgt keine Bestätigung.
Die Datenübertragung erfolgt verbindungsorientiert über eine MSAC1-Verbindung. Diese wird vom DPM1 aufgebaut und ist sehr eng an die Verbindung für den zyklischen Datenverkehr gekoppelt. Sie kann nur von demjenigen Master benutzt werden, der den jeweiligen Slave auch parametriert und konfiguriert hat.	

Azyklische Dienste zwischen DPM2 und Slaves	
MSAC2_Initiate	Aufbau bzw. Abbau einer Verbindung für azyklischen Datenverkehr zwischen dem DPM2 und dem Slave
MSAC2_Abort	Abbau einer Verbindung für azyklischen Datenverkehr zwischen dem DPM2 und dem Slave
MSAC2_Read	Der Master liest einen Datenblock beim Slave
MSAC2_Write	Der Master schreibt einen Datenblock beim Slave
MSAC2_Data_Transport	Der Master kann anwendungsspezifische Daten (in Profilen festgelegt) azyklisch an den Slave schreiben und bei Bedarf im selben Zyklus auch Daten vom Slave lesen.
Die Datenübertragung erfolgt verbindungsorientiert über eine MSAC2-Verbindung. Diese wird vom DPM2 vor Beginn des azyklischen Datenverkehrs mit dem Dienst Initiate aufgebaut. Danach ist die Verbindung für die Dienste Read, Write und Data_Transport nutzbar. Der Abbau der Verbindung erfolgt entsprechend. Ein Slave kann mehrere aktive MSAC2-Verbindungen zeitgleich unterhalten. Eine Begrenzung ist durch die im Slave verfügbaren Ressourcen gegeben.	

Tabelle 7: Dienste für den azyklischen Datenverkehr

3.2.4 Adressierung mit Slot und Index

Bei der Adressierung von Daten geht PROFIBUS davon aus, dass die Slaves physikalisch modular aufgebaut sind oder aber intern in logische Funktionseinheiten, sogenannte *Module*, strukturiert werden können. Dieses Modell spiegelt sich in den DP-Grundfunktionen für den zyklischen Datenverkehr wider, wo jedes Modul eine konstante Anzahl Ein-/Ausgangsbytes besitzt, die an einer festen Position im Nutzdatentelegramm übertragen werden. Das Adressierungsverfahren basiert auf Kennungen, die den Typ eines Moduls als Input, Output oder eine Kombination aus beiden kennzeichnen. Alle Kennungen zusammen ergeben die Konfiguration eines Slaves, die im Hochlauf des Systems auch vom DPM1 überprüft wird.

Auch bei den azyklischen Diensten wird dieses Modell zugrunde gelegt. Alle für Schreib- oder Lesezugriffe freigegebenen Datenblöcke werden ebenfalls als den Mo-

dulen zugehörig betrachtet und können mit Hilfe von Slot-Number und Index adressiert werden. Die **Slot-Number** adressiert dabei das Modul, und der **Index** die einem Modul zugehörigen Datenblöcke. Jeder Datenblock kann bis zu 244 Byte groß sein (Abbildung 16). Bei modularen Geräten ist die Slot-Number den Modulen zugeordnet. Die Module beginnen bei 1 und

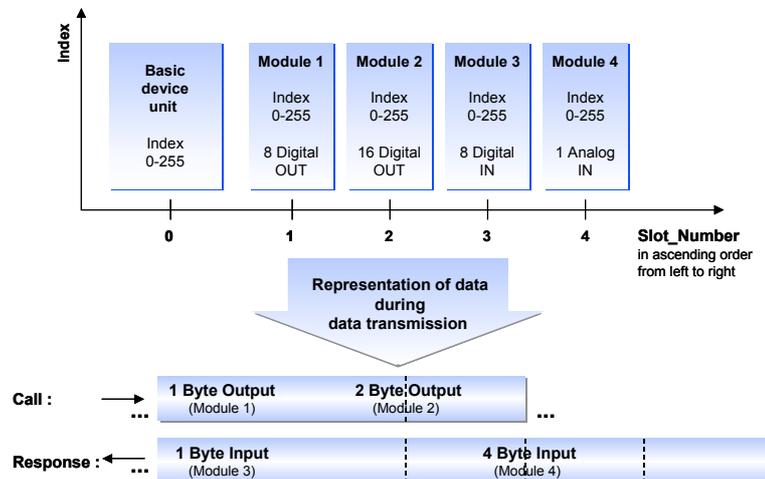


Abbildung 16: Adressierung mit Slot und Index

werden lückenlos in aufsteigender Reihenfolge festgelegt. Die Slot-Number 0 ist für das Gerät selbst vorgesehen.

Kompaktgeräte werden als eine Einheit von virtuellen Modulen betrachtet. Auch hier gilt die Adressierung mit Slot-Number und Index.

Durch die Längenangabe im Read- bzw. Write-Request können auch nur Teile eines Datenblocks gelesen bzw. geschrieben werden. Wenn der Zugriff auf den Datenblock erfolgreich war, antwortet der Slave mit einer positiven Read- bzw. Write-Response oder kann andernfalls in der negativen Response das Problem klassifizieren.

4. Allgemeine Applikationsprofile

Allgemeine Applikationsprofile beschreiben Funktionen und Eigenschaften mit anwendungsübergreifender Bedeutung. Sie können in Verbindung mit *spezifischen* Applikationsprofilen eingesetzt werden.

4.1 PROFIsafe

Die dezentrale Feldbustechnik für die Fertigungs- und Prozessautomatisierung musste lange Zeit mit der Einschränkung leben, dass sicherheitstechnische Aufgaben nur mit konventioneller Technik in einer zweiten Ebene oder dezentral über Spezialbusse gelöst werden konnten. PROFIBUS hat daher mit PROFIsafe für sicherheitsrelevante Anwendungen eine ganzheitliche, offene Lösung geschaffen, die den bekannten Anwenderszenarien gerecht wird.

PROFIsafe definiert, wie sicherheitsgerichtete Geräte (Not-Aus-Taster, Lichtgitter, Überfüllsicherungen,...) über PROFIBUS mit Sicherheitssteuerungen so sicher kommunizieren, dass sie in sicherheitsgerichteten Automatisierungsaufgaben bis KAT4 nach EN954, AK6 oder **SIL3** (Safety Integrity Level) eingesetzt werden können. Es realisiert die sichere Kommunikation über ein Profil, d. h. über ein besonderes Format der Nutzdaten und ein spezielles Protokoll.

Die Spezifikation wurde von Herstellern, Anwendern, Normungsgremien und Prüfinstituten (TÜV, BIA) gemeinsam erarbeitet. Sie setzt auf einschlägige Standards auf, allen voran der IEC 61508, die besonders auf die Belange von Softwareentwicklungen eingehen.

PROFIsafe berücksichtigt eine Vielzahl von Fehlermöglichkeiten, die bei einer seriellen Buskommunikation auftreten können, wie Verzögerung, Verlust oder Wiederholung von Daten, falsche Reihenfolge, Fehladressierung oder Datenverfälschungen.

Hierfür gibt es eine Reihe von Abhilfemaßnahmen, aus denen für PROFIsafe folgende ausgewählt wurden:

- Fortlaufende Nummerierung der Sicherheitstelegramme.

- Zeiterwartung für ankommende Telegramme und deren Quittierung.
- Kennung zwischen Sender und Empfänger ("Passwort").
- Zusätzliche Datensicherung (Cyclic Redundancy Check, **CRC**).

Durch geschickte Kombination dieser Abhilfemaßnahmen in Verbindung mit einem patentierten "SIL-Monitor" (Überwachung der Frequenz fehlerhafter Nachrichten) erreicht PROFIsafe Sicherheitsklassen bis SIL 3 und darüber hinaus.

PROFIsafe ist eine einkanalige *Software*lösung, die in den Geräten als zusätzliche Schicht (PROFIsafe Layer) "oberhalb" der Schicht 7 implementiert wird (Abbildung 17); die Standard-PROFIBUS-Komponenten, wie Leitungen, ASICs oder Protokolle, bleiben unverändert. Dadurch sind Redundanzbetrieb und Nachrüstbarkeit gegeben.

Geräte mit dem PROFIsafe-Profil können ohne Einschränkung zusammen mit Standardgeräten an ein- und demselben Bus (Kabel) in Koexistenz betrieben werden.

PROFIsafe nutzt azyklische Kommunikation und kann mit RS485-, LWL- oder MBP-Übertragungstechnik betrieben werden. Damit sind sowohl kurze Reaktionszeiten (wichtig für die Fertigungsindustrie) als auch eigensicherer Betrieb (wichtig für die Prozessautomatisierung) gewährleistet.

In der Prozesstechnik braucht nur *ein* Standardgerätetyp für sicherheitsgerichteten (fail-safe application) oder normalen (standard application) Betrieb vorgesehen und bevorratet werden, da die Sicherheitsfunktionalität erst im Einsatzfall konfiguriert werden kann (SIL2

bei Betriebsbewahrung).

PROFIsafe steht als generischer Software-Treiber für verschiedene Entwicklungs- und Ablaufumgebungen zur Verfügung. Die Spezifikation beinhaltet das Dokument "PROFIsafe, Profile for Safety Technology", Order No. 3.092.

4.2 HART

Angesichts der sehr großen Zahl im Feld installierter HART-Geräte ist deren Einbindung in bestehende oder neue PROFIBUS-Systeme für die meisten Anwender eine dringliche Aufgabe.

Die PROFIBUS-Spezifikation "HART" bietet hierfür eine offene Lösung. Sie beinhaltet die Nutzung der PROFIBUS-Kommunikationsmechanismen ohne Änderungen an Protokoll und Services von PROFIBUS, der **PDU**s (Protocol Data Units) von PROFIBUS sowie der Zustandsmaschinen und Funktionseigenschaften.

Diese Spezifikation definiert ein Profil von PROFIBUS, das im Master und Slave oberhalb der Schicht 7 implementiert wird und damit die Abbildung des Client-Master-Server-Modells von HART auf PROFIBUS ermöglicht. Die volle Übereinstimmung mit den HART-Festlegungen ist durch die Mitwirkung der HART Foundation an der Spezifikationsarbeit gewährleistet.

Die HART-Client-Applikation ist in einen PROFIBUS-Master, und der HART-Master in einen PROFIBUS-Slave, integriert (Abbildung 19), wobei letzterer als Multiplexer dient und die Kommunikation zu den HART-Geräten übernimmt.

Für die Übertragung von HART-Nachrichten ist ein Kommunikati-

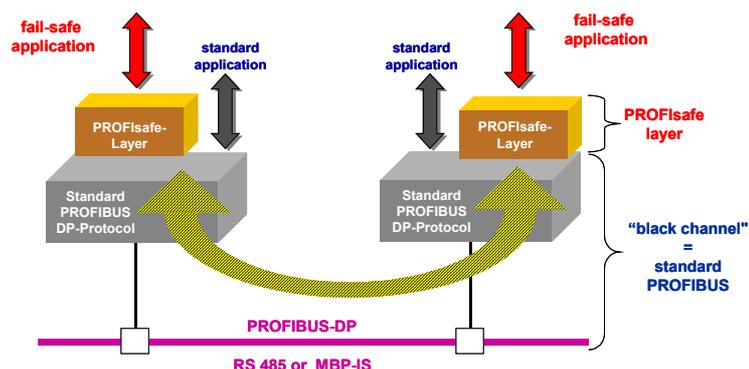


Abbildung 17: Sicherheitsgerichteter Betrieb mit PROFIsafe

onskanal definiert, der unabhängig von den MS1 und MS2 Verbindungen arbeitet. Ein HMD (HART Master Device) kann mehrere Clients unterstützen. Deren Anzahl ist implementierungsabhängig.

HART-Geräte können über unterschiedliche Komponenten mit dem HMD an den PROFIBUS angeschlossen werden (PROFIBUS Guideline „PROFIBUS Profile for HART“ Order No. 3.102).

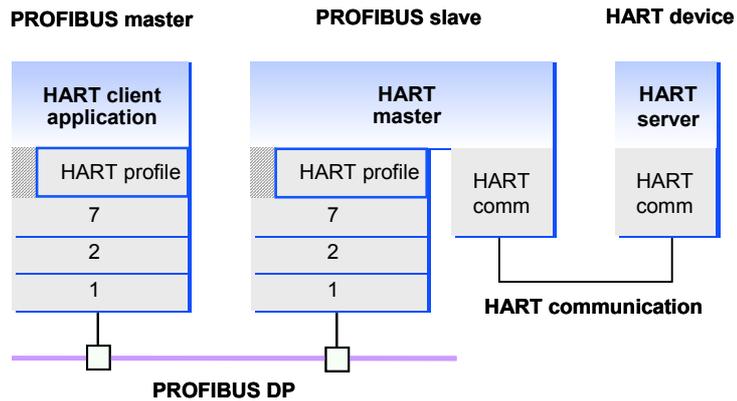


Abbildung 19: Betrieb von HART-Geräten über PROFIBUS

4.3 Zeitstempelung (Time Stamp)

Bei Erfassung zeitlicher Abläufe in Netzwerken und vor allem bei Funktionen wie Diagnose oder Störungssuche ist es hilfreich, bestimmte Ereignisse und Aktionen mit einem Zeitstempel versehen zu

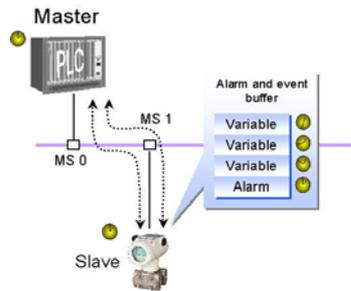


Abbildung 18: Zeitstempel und Alarmmeldungen

können. Dadurch wird eine zeitgenaue Zuordnung möglich.

Bei PROFIBUS steht hierfür das Profil *Zeitstempelung* (Time Stamp) zur Verfügung. Voraussetzung ist eine Uhrzeitführung in den Slaves durch einen Uhrzeitmaster über MS3-Services. Ein Ereignis kann mit einem systemgenauen Zeitstempel versehen und entsprechend ausgelesen werden. Dabei findet ein Konzept abgestufter Meldungen Anwendung. Die Meldungstypen sind unter dem Begriff "Alerts" zusammengefasst und teilen sich in hochpriorie "Alarms" (diese setzen eine Diagnosemeldung ab) und niedrigpriorie "Events". In beiden Fällen liest der Master azyklisch (mit dem MS1-Dienst) die uhrzeit-gestempelten Prozesswerte und Alarmmeldungen aus dem Alarm- und Eventbuffer des Feldgerätes aus (siehe Abbildung 18). Als zugehöriges Dokument steht die PROFIBUS Guideline "Time Stamp", Order No. 2.192 zur Verfügung.

4.4 Slave-Redundanz

In vielen Anwendungen ist die Installation von Feldgeräten mit redundantem Kommunikationsverhalten gewünscht. Bei PROFIBUS wurde hierfür die Spezifikation eines *Slave-Redundanz-Mechanismus* erarbeitet, die folgende Geräteeigenschaften beschreibt (Abbildung 20):

- Slave-Geräte enthalten zwei unterschiedliche PROFIBUS-Anschaltungen, die mit *Primary* und *Backup* (Slave-Anschaltung) bezeichnet werden. Sie können sich in *einem* Gerät befinden oder auch auf *zwei* Geräte verteilt sein.
- Die Geräte sind mit zwei unabhängigen Protokollstacks mit einer speziellen *Redundanz-Erweiterung* ausgerüstet.
- Zwischen den Protokollstacks, d. h. innerhalb eines Gerätes oder zwischen zwei Geräten, läuft eine von PROFIBUS unabhängige **Redundanz-Kommunikation (RedCom)** ab, deren Leistungsfähigkeit die Redundanz-Umschaltzeiten maßgeblich bestimmt.

Im Normalbetrieb läuft die Kommunikation ausschließlich über den Primary Slave; nur dieser wird konfiguriert, er sendet auch die Diagnosedaten des Backup-Slaves mit. Bei Ausfall des Primary Slave übernimmt der Backup-Slave dessen Funktionen, entweder durch eigene Ausfallerkennung oder nach Aufforderung durch den Master. Zusätzlich überwacht der Master sämtliche Slaves und löst eine Diagnosemeldung aus, sobald der Backup-Slave ausfällt und die Redundanz nicht mehr gegeben ist.

Ein redundantes Slave-Gerät kann an einer oder, im Falle einer zusätzlich vorhandenen Leitungsredundanz, auch an zwei PROFIBUS-Linien betrieben werden. Die Vorteile dieser Lösung sind:

- Zur Realisierung unterschiedlicher Redundanzstrukturen ist nur eine Gerätevariante erforderlich.
- Master-, Leitungs- und Slave-Redundanz sind unabhängig voneinander möglich.
- Keine zusätzliche Projektierung des Backup-Slaves und daher auch keine komplexen Werkzeuge erforderlich.
- Komplette Überwachung beider Slave-Teile möglich.
- Es besteht kein Einfluss des Slave-Gerätes auf die Buslast und damit das Zeitverhalten von PROFIBUS.

Die Redundanz von PROFIBUS Slave-Geräten ergibt eine hohe Verfügbarkeit, kurze Umschaltzeiten, keinen Verlust von Daten und gewährleistet Fehlertoleranz. Als zugehöriges Dokument steht die PROFIBUS Guideline "Specification Slave Redundancy", Order No. 2.212, zur Verfügung.

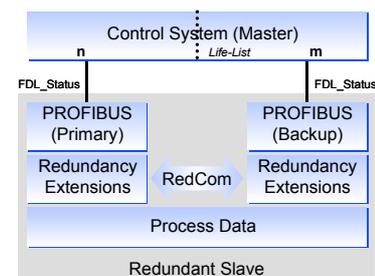


Abbildung 20: Slave-Redundanz bei PROFIBUS

5. Spezifische Applikationsprofile

PROFIBUS zeichnet sich gegenüber anderen Feldbussystemen vor allem durch seine außerordentliche Anwendungsbreite aus. Dabei hat PROFIBUS sehr erfolgreich das Konzept umgesetzt, einerseits ausgeprägt branchenspezifische Anforderungen der Anwender in den spezifischen Profilen voll zu berücksichtigen und andererseits die Gesamtheit dieser Anwendungen in ein standardisiertes und offenes Feldbussystem zu vereinen und damit vollen Investitionsschutz zu realisieren.

Den gegenwärtigen Stand der von PROFIBUS realisierten oder in Vorbereitung befindlichen spezifischen Profile zeigt Tabelle 8.

5.1 PROFIdrive

Das Profil PROFIdrive definiert das Geräteverhalten und das Zugriffsverfahren auf Antriebsdaten für elektrische Antriebe an PROFIBUS, vom einfachen Frequenzumrichter bis hin zu hochdynamischen Servoreglern.

Die Einbindung von Antrieben in Automatisierungslösungen ist stark von der Antriebsaufgabe abhängig. Daher definiert PROFIdrive sechs Anwendungsklassen, denen sich die meisten Anwendungen zuordnen lassen.

Bei einem **Standardantrieb (Klasse 1)** wird der Antrieb über einen Haupt-Sollwert (z. B. die Drehzahl) gesteuert, die Drehzahlregelung erfolgt im Antriebsregler.

Bei einem **Standardantrieb mit Technologiefunktion (Klasse 2)** wird der Automatisierungsprozess in mehrere Teilprozesse zerlegt und die Automatisierungsfunktionen sind teilweise vom zentralen Automatisierungsgerät auf die Antriebsregler ausgelagert. PROFIBUS dient dabei als Technologie-Schnittstelle.

Für diese Lösung ist der Slave-Querverkehr zwischen den einzelnen Antriebsreglern Voraussetzung.

Der Positionierantrieb (Klasse 3) schließt eine zusätzliche Positioniersteuerung im Antrieb ein und deckt damit ein sehr weites Anwendungsfeld ab, z. B. das Auf- und Abdrehen von Flaschenver-

schlüssen. Die Positionieraufträge werden über PROFIBUS an die Antriebsregler übergeben und gestartet.

Die **Zentrale Bewegungssteuerung (Klassen 4 und 5)** ermöglicht den koordinierten Bewegungsablauf mehrerer Antriebe. Die Bewegungsführung wird überwiegend mit einer zentralen numerischen Steuerung realisiert. PROFIBUS dient zur Schließung des Lageregelkreises sowie zur Synchronisation der Takte (Abbildung 21). Diese Lösung erlaubt durch ihr Lageregelkonzept "Dynamic Servo Control" weiterhin auch sehr anspruchsvolle Anwendungen mit Linearmotoren.

Die **Dezentrale Automatisierung** bei getakteten Prozessen und elektronischer Welle (**Klasse 6**) kann unter Verwendung des Slave-Querverkehrs und der isochronen Slaves realisiert werden. Beispiele sind Applikationen wie "Elektrisches Getriebe", "Kurvenscheibe" oder "Winkelsynchronlauf".

PROFIdrive definiert ein Gerätemodell aus Funktionsmodulen, die geräteintern zusammenarbeiten und die Intelligenz des Antriebssystems widerspiegeln. Diesen

Bezeichnung	Profil-Inhalt	Aktueller Stand PNO-Richtlinie	
PROFIdrive	Das Profil spezifiziert das Verhalten von Geräten und die Zugriffsverfahren auf Daten für drehzahlveränderbare elektrische Antriebe an PROFIBUS.	V2 V3	3.072 3.172
PA Devices	Das Profil spezifiziert die Eigenschaften von Geräten der <i>Prozesstechnik</i> in der Prozessautomatisierung an PROFIBUS.	V3.0	3.042
Robots/NC	Das Profil beschreibt, wie <i>Handhabungs- und Montageroboter</i> über PROFIBUS gesteuert werden.	V1.0	3.052
Panel Devices	Das Profil beschreibt die Ankopplung von einfachen <i>Bedien- und Beobachtungsgeräten (HMI)</i> an überlagerte Automatisierungskomponenten.	V1.0D	3.082
Encoder	Das Profil beschreibt die Ankopplung von Dreh-, Winkel- und Linear- <i>Encodern</i> mit Singleturn- oder Multiturn-Auflösung.	V1.1	3.062
Fluid Power	Das Profil beschreibt die Ansteuerung von Hydraulischen Antrieben über PROFIBUS. Zusammenarbeit mit VDMA.	V1.5	3.112
SEMI	Das Profil beschreibt Eigenschaften der Geräte für die Semiconductor-Herstellung am PROFIBUS (SEMI-Standard).		3.152
Low Voltage Switchgear	Das Profil definiert den Datenaustausch für Niederspannungsschaltgeräte (Lasttrenner, Motorstarter, etc.) am PROFIBUS DP.		3.122
Dosage/Weighing	Das Profil beschreibt den Einsatz von Wäge- und Dosiersystemen an PROFIBUS DP.		3.162
Ident Systems	Das Profil beschreibt die Kommunikation zwischen Geräten zur Identifizierung (Bar-Code, Transponder).		3.142
Liquid Pumps	Das Profil definiert den Einsatz von Flüssigkeitspumpen am PROFIBUS DP. Zusammenarbeit mit VDMA.		3.172
Remote I/O for PA Devices	Wegen ihrer Sonderstellung im Busbetrieb erhalten die Remote I/O gegenüber PROFIBUS PA-Devices ein abweichendes Gerätemodell und andere Datentypen.		3.132

Tabelle 8: Die spezifischen Applikationsprofile von PROFIBUS

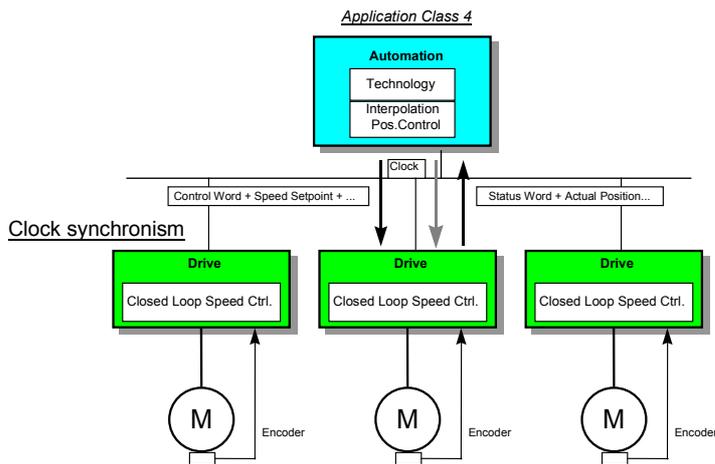


Abbildung 21: PROFdrive, Positionieren mit zentraler Interpolation und Lageregelung

Modulen sind Objekte zugeordnet, die im Profil beschrieben und hinsichtlich ihrer Funktionen definiert werden. Die gesamte Funktionalität eines Antriebs ist durch die Summe seiner Parameter beschrieben.

Im Gegensatz zu anderen Antriebsprofilen definiert PROFdrive nur die Zugriffsmechanismen auf die Parameter sowie einen Subset von ca. 30 *Profilparametern*, wozu z. B. Störpuffer, Antriebssteuerung, Geräteidentifikation u. a. gehören.

Alle anderen Parameter (bei komplexen Geräten über 1000 möglich) sind *herstellerspezifisch*, was den Antriebsherstellern große Flexibilität bei der Realisierung der Regelfunktionen gibt. Der Zugriff auf die Elemente eines Parameters erfolgt azyklisch über den sog. DP-V1-Parameterkanal.

PROFdrive V3 nutzt als Kommunikationsprotokoll die Version DP-V2 mit den Neuerungen Slave-Querverkehr und Taktsynchronisation (Isochronous Mode), siehe Kapitel 3.2.

Beide Applikationsprofile sind im Internet verfügbar: "Profile for variable speed drives", V2, Order No. 3.072; "PROFdrive-Profile Drive Technology", V3, Order No. 3.172.

5.2 PA Devices

Moderne Prozessgeräte verfügen über eigene Intelligenz und können in Automatisierungssystemen einen Teil der Informationsverarbeitung bzw. der Gesamtfunktionalität übernehmen. Das Profil PA Devices definiert für verschiedene Klas-

sen von Prozessgeräten alle Funktionen und Parameter, die in Prozessgeräten typisch für den Signalfluss vom Sensorsignal aus dem Prozess bis zum vorverarbeiteten Prozesswert, der an das Leitsystem zusammen mit einem Messwert-Status ausgelesen wird. Die dabei durchlaufenen Stufen der Informationsverarbeitung (Signal-kette) und die begleitende Statusbildung zeigt Abbildung 25.

Das Profil PA Devices ist dokumentiert in einem *Rahmen-Datenblatt* mit den für alle Geräteklassen gültigen Festlegungen und in *Geräte-Datenblättern*, in welchen die für bestimmte Geräteklassen vereinbarten spezifischen Festlegungen enthalten sind. Das Profil PA Devices liegt in der Version 3.0 vor und enthält Geräte-Datenblätter für

- Druck und Differenzdruck
- Füllstand, Temperatur und Durchfluss
- Analoge und digitale Ein- und Ausgänge
- Ventile und Stellantriebe
- Analysengeräte

Das Blockmodell

In der Verfahrenstechnik ist es üblich, die Eigenschaften und Funktionen einer Mess- oder Stellstelle in *Blöcken* zu kapseln und eine automatisierungstechnische Anwendung durch Kombination derartiger Blöcke darzustellen. Bei der Spezifikation von PA Devices wurde auf dieses Blockmodell zur Darstellung der Funktionsabläufe zurückgegriffen, wie in Abbildung 22 dargestellt ist.

Folgende drei Blocktypen werden dabei verwendet:

Physical Block (PB)

Ein PB enthält die Kenndaten eines Gerätes, wie Gerätename, Hersteller, Versions- und Seriennummer u. ä.. Zwangsläufig kann es in jedem Gerät nur einen Physical Block geben.

Transducer Block (TB)

In einem TB sind alle Daten zusammengefasst, die zur Aufbereitung des von einem Sensor gelieferten Rohsignals vor Weiterleitung an einen Funktionsblock benötigt werden. Wenn eine solche Aufbereitung nicht erforderlich ist, kann auf einen Transducerblock verzichtet werden.

Multifunktionsgeräte mit zwei oder mehr Sensoren verfügen über eine entsprechende Zahl von TBs.

Funktionsblock (FB)

Im einem FB sind alle Daten zusammengefasst, die zur endgültigen Aufbereitung eines Messwertes vor seiner Weitergabe an das Leitsystem (control system), bzw. umgekehrt für die Aufbereitung eines Stellwertes vor dem Stellvorgang, erforderlich sind.

Bei Funktionsblöcken wird unterschieden in:

Analog Input Block (AI)

Ein AI stellt den vom Sensor bzw. einem TB gelieferten Messwert nach weiterer Aufbereitung dem Leitsystem zur Verfügung (Input im Sinne von "Eingabe auf den Bus").

Analog Output Block (AO)

Ein AO stellt dem Gerät einen vom Leitsystem vorgegebenen Wert zur Verfügung.

Digital Input (DI)

Ein DI stellt dem Leitsystem einen digitalen Wert aus dem Gerät zur Verfügung.

Digital Output (DO)

Ein DO stellt dem Gerät einen vom Leitsystem vorgegebenen Wert zur Verfügung.

Die Blöcke werden von den Herstellern als Software in die Feldgeräte (field devices) implementiert und stellen in ihrer Gesamtheit die Funktionalität des Gerätes dar. In einer Applikation wirken in der Regel mehrere Blöcke zusammen (siehe Abbildung 22), in welchem die Blockstruktur eines multifunkti-

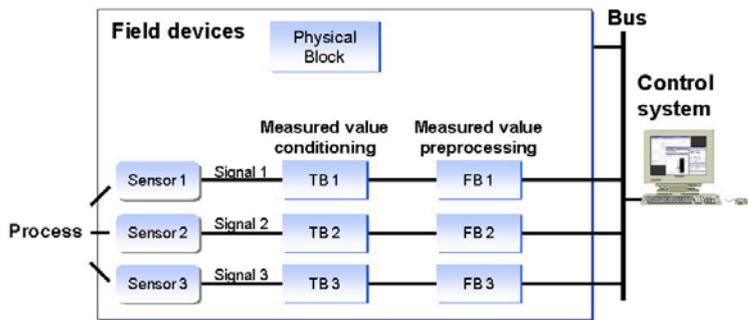


Abbildung 22: Blockstruktur eines Feldgerätes (mit Multifunktionalität)

onalen Feldgerätes vereinfacht dargestellt ist.

Die Struktur entspricht der Aufteilung der Signalkette in zwei Teilprozesse:

Die Funktionalität des ersten Teilprozesses "Mess/Stellprinzip" (Abbildung 25: calibration, linearization/scaling) befindet sich in den **Transducerblöcken**, die Funktionalität des zweiten Teilprozesses "Messwertvorbereitung bzw. Stellwertnachbearbeitung" (Abbildung 25: filter, limit value control, fail-safe behavior, operating mode selection) befindet sich in den **Funktionsblöcken**.

Festlegungen im Profil PA Devices

Die Festlegungen können hier nur in Auswahl und in Kurzform dargestellt werden. Für Einzelheiten wird auf die Spezifikation oder die einschlägige Fachliteratur verwiesen (z. B. das Buch "PROFIBUS PA", Ch. Diedrich/ Th. Bangemann, Oldenbourg-Industrieverlag).

Abbildung der Signalkette

Für jede der in Abbildung 25 gezeigten Stufen der Signalkette sind im Profil PA Devices die Funktionen und Parameter detailliert festgelegt. Als Beispiele werden in der Abbildung 23 und der Tabelle 9 die Stufe "Kalibrierung" sowie in Abbildung 24 die Stufe "Grenzwertkontrolle" im Detail dargestellt.

Adressierung von Parametern

Blöcke sind durch ihre Anfangsadresse und Parameter durch einen relativen Index innerhalb des Blockes bestimmt; in der Regel können diese vom Gerätehersteller frei gewählt werden. Für den Zugriff auf die Parameter durch z. B. ein Bedientool sind die gerätespezifischen

Blockstrukturen im Directory ("Inhaltsverzeichnis") des Gerätes hinterlegt.

Batch-Parametersätze

Für den Einsatz der Feldgeräte in Batch-Prozessen erlaubt das Profil die Hinterlegung mehrerer Parametersätze bereits in der Inbetriebnahmephase. Zur Laufzeit wird entsprechend dem aktuellen Batch-Prozess auf den zugehörigen Parametersatz umgeschaltet.

Modulare Geräte

Bei PROFIBUS wird zwischen kompakten und modularen Geräten unterschieden, wobei ein Funktionsblock in diesem Zusammenhang ein "Modul" ist. Das Profil PA Devices bietet hierfür eine Auswahl von Funktionsblöcken. Geräte mit einer konfigurierbaren Modularität werden als Multi-Variable-Devices bezeichnet

Geräte mit mehreren Prozessgrößen

Prozessgeräte bieten zunehmend mehrere Prozessgrößen an, z. B. über mehrere Sensoren oder in Form abgeleiteter Größen. Das ist in den Transducerblöcken des Profils durch Unterscheidung in **Primary Value (PV)** und **Secondary Value (SV)** berücksichtigt.

Grenzwertkontrolle

Ein Teil der ins Gerät verlagerten Informationsverarbeitung ist die Grenzwertkontrolle (limit value control). PA Devices bietet hierfür entsprechende Mechanismen für die Meldung von Überschreiten und Unterschreiten von Warn- und Alarmgrenzen an (Abbildung 24).

Wertstatus

Dem Messwert wird eine Wertstatusinformation hinzugefügt, welches eine Aussage über die Qualität des Messwertes liefert. Hierbei wird zwischen den Qualitätsgraden *Bad*, *Uncertain* und *Good* unterschieden mit zusätzlichen Informationen über einen Substatus, der jedem Qualitätsgrad zugeordnet ist.

Fail-Safe-Verhalten

Das Profil PA Devices stellt auch die Eigenschaft Fail-Safe zur Verfügung. Wenn ein Fehler in der Messkette aufgetreten ist, wird der Geräteausgang auf einen vom Nutzer auswählbaren Wert gesetzt.

Parameter	Parameterbeschreibung
Füllstand_Obere_Grenze (LEVEL_HI)	Bereich des zu messenden Füllstandes
Füllstand_Untere_Grenze (LEVEL_LO)	
Oberer_Kalibrierungspunkt (CAL_POINT_HI)	Ausschnitt aus dem Sensormessbereich, mit dem der Füllstandsbereich abgebildet wird.
Unterer_Kalibrierungspunkt (CAL_POINT_LO)	

Tabelle 9: Parameter zur Funktion Kalibrierung

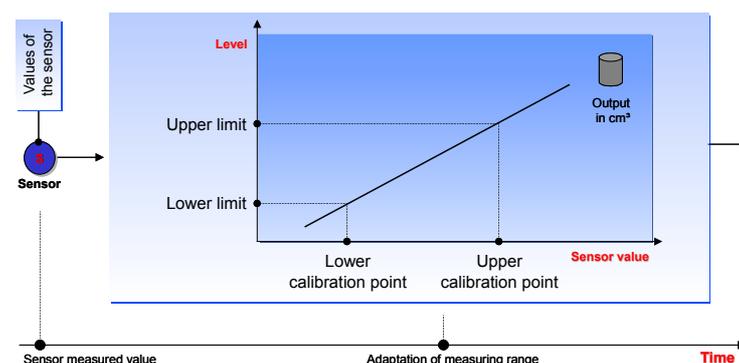


Abbildung 23: Festlegung der Funktion Kalibrierung

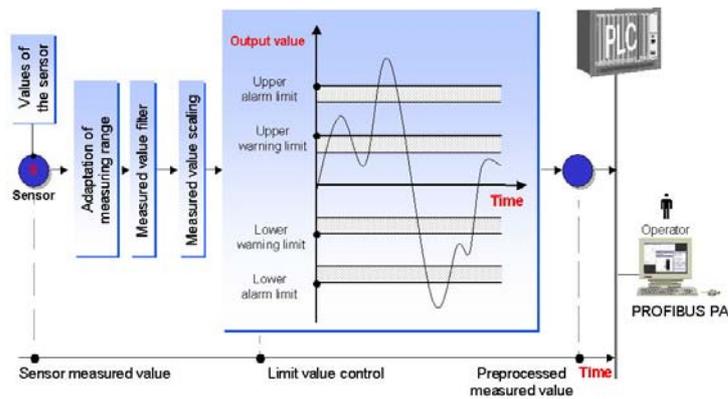


Abbildung 24: Festlegung der Funktion Grenzwertkontrolle

Der Nutzer kann zwischen drei verschiedenen Fail-Safe-Verhaltensweisen wählen.

Als zugehöriges Dokument steht die PROFIBUS Guideline "Profile for Process Control devices", Order No. 3.042 zur Verfügung.

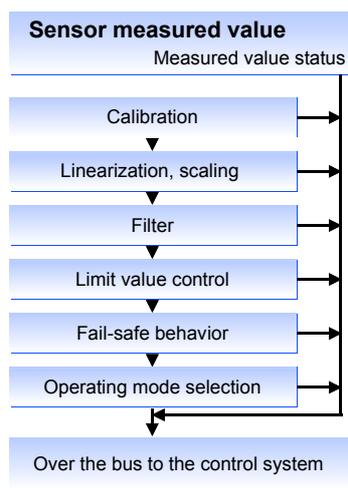


Abbildung 25: Signalkette im Profil PA Devices

5.3 Fluid Power

In enger Anlehnung an die Definitionen des PROFIdrive Profils werden hier Datenaustauschformate und Parameter für Proportionalventile, hydrostatische Pumpen und hydrostatische Antriebe beschrieben. Für die Parameterversorgung der Geräte sind alternativ ein Parameterkanal auf DP-V0 oder die azyklische Kommunikation über DP-V1 vorgesehen. Die Arbeiten am Profil wurden im Oktober 2001 abgeschlossen.

Als zugehöriges Dokument steht die PROFIBUS Guideline "Profile Fluid Power Technology", Order No. 3.112 zur Verfügung.

5.4 SEMI

Ein Teil der Geräte für die Prozessindustrie wird auch in der Halbleiterfertigung eingesetzt, z. B. Vakuumpumpen, Durchflussmessgeräte, etc. In diesem "SEMI"-Bereich gibt es bereits abweichende Festlegungen über Gerätemodelle, die es mit diesem Profil zu harmonisieren gilt. Die Arbeiten sind derzeit noch im Gange. Ein Basisprofil liegt vor. Derzeit werden ergän-

zende Datenblätter für weitere Geräte erstellt.

5.5 Ident Systems

Ident Systems ist ein Profil für Barcode-Lesegeräte und Transponder-Systeme. Diese sind besonders prädestiniert, die DP-V1-Funktionalität extensiv zu nutzen. Während der zyklische Datenübertragungskanal für kleine Datenmengen genutzt wird, um die Status- bzw. Steuerinformationen zu tragen, dient der azyklische Kanal der Übertragung der großen Datenmengen, die sich aus der Information im Barcode oder Transponder ergeben. Durch die Definition von Standard-Funktionsbausteinen wird der Einsatz dieser Systeme erleichtert und die Einsatzmöglichkeit offener Lösungen nach Abschluss internationaler Normen wie ISO/IEC 15962 und ISO/IEC 18000 vorbereitet.

5.6 Remote I/O for PA

Remote I/O Geräte sind aufgrund ihres meist (fein)modularen Aufbaus, schwer mit dem "idealen" PA-Gerätemodell in Einklang zu bringen. Sie nehmen daher in der dezentralen Prozess-Automatisierung eine Sonderstellung ein. Hinzu kommt eine hohe Kostensensitivität, die starken Einfluss nimmt auf die gewählten Geräte-Strukturen (Module, Blöcke, ...), Ressourcen (Speicher, Datensätze, ...) und Funktionen (z. B. azyklischer Zugriff). Es wird daher ein vereinfachtes Gerätemodell definiert und das Mengengerüst eingeschränkt. Ziel ist es, einen weitgehenden Gerätetausch auf Basis der zyklisch ausgetauschten Datenformate zu unterstützen.

6. Systemprofile

Profile in der Automatisierungstechnik legen bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen für Geräte und Systeme so fest, dass diese damit eindeutig (in Klassen oder Familien) charakterisiert werden und sich an einem Bus herstellerübergreifend "interoperabel" verhalten können.

Masterprofile bei PROFIBUS

beschreiben demgemäß Klassen von Steuerungen, die jeweils ein bestimmtes „subset“ aus der Gesamtheit der möglichen Masterfunktionalitäten wie

- Zyklische Kommunikation
- Azyklische Kommunikation
- Diagnose, Alarmbearbeitung
- Uhrzeitführung
- Slave-Querverkehr, Isochronous Mode
- Safety

unterstützen.

Systemprofile bei PROFIBUS

gehen noch einen Schritt weiter und beschreiben Klassen von Systemen unter Einschluss der möglichen Masterfunktionalitäten, von *Standard Programm Interfaces* (FB gemäß IEC 61131-3, Safety-Layer und FDT) und *Integrationsmöglichkeiten* (GSD, EDD und DTM). Abbildung 26 zeigt die derzeit zur Verfügung stehenden Standardplattformen.

Master- und Systemprofile stellen in der PROFIBUS-Systematik den gewollten Gegenpart zu den Appli-

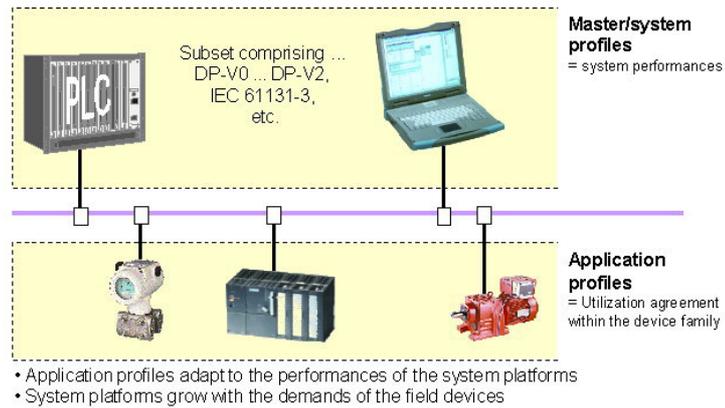


Abbildung 27: System- und Applikationsprofile (gegenseitiger Bezug)

kationsprofilen dar (Abbildung 27):

- Master- und Systemprofile beschreiben bestimmte Systemleistungen (system performance), die den Feldgeräten angeboten werden, während
- Applikationsprofile als Absprache innerhalb einer Gerätefamilie über spezifische Eigenschaften zur Realisierung dieser Eigenschaften bestimmte Systemleistungen benötigen.

Im Wechselspiel können sich die *Gerätehersteller* auf vorhandene oder spezifizierte Systemprofile einstellen und die *Systemhersteller* ihre Plattformen mit Blick auf die steigenden Anforderungen der Geräte bzw. deren Applikationsprofile erweitern.

Aus der Praxis der laufenden Anwendungen heraus hat sich bei PROFIBUS bereits eine Anzahl von Systemprofilen herausgebildet (Abbildung 26). Diese sollen in nächster Zukunft durch Spezifikationen festgeschrieben und mit wei-

teren Profilen entsprechend den künftigen Anforderungen ergänzt werden.

Standardisierte Funktionsbausteine (Communication Function Blocks)

Während der Anwenderprogrammierer auf die Daten der *zyklischen* Kommunikation (MS0-Kanal) in der Regel über das Prozessabbild einer Steuerung zugreifen kann, gab es in der Vergangenheit keine systemneutrale Programmschnittstelle für die *azyklischen* Daten. Angesichts der Vielfalt der Hersteller und Geräte musste auch hier für eine Standardisierung gesorgt werden, um die unterschiedlichen Feldgeräte ohne spezifisches Kommunikationswissen in das Anwendungsprogramm der verschiedenen Steuerungen einbinden zu können. Hierfür hat die PROFIBUS Nutzerorganisation in der Guideline "Communication and Proxy Function Blocks according to IEC 61138-3" Funktionsbausteine festgelegt, die sich in einer "Normen-Kombination" einerseits auf die verbreitete Norm IEC 61131-3 (Programmiersprachen) abstützen und andererseits die bei PROFIBUS festgelegten Kommunikationsdienste der IEC 61158 anwenden.

Die Guideline definiert Kommunikationsbausteine für Master Klasse 1 und 2 sowie Slaves und zusätzlich einige Hilfsfunktionen. Die technologische Funktionalität eines Feldgerätes ist unter einer kompakten Identifikation ansprechbar, die von allen Bausteinen einheitlich verwendet wird. Alle Bausteine haben auch ein gemeinsames Konzept zur Anzeige von Fehlern mit Codierung gemäß IEC 61158-6.

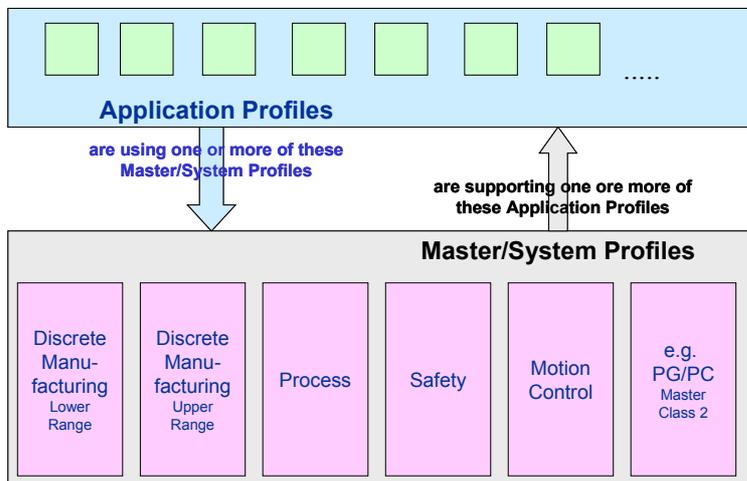


Abbildung 26: Standardplattformen (Master-/Systemprofile bei PROFIBUS)

Die *Steuerungshersteller* von entsprechenden Systemklassen/profilen bieten solche Standard-Kommunikationsbausteine ("Comm-FBs") in SPS-spezifischen "IEC-Bibliotheken" an, die *Feldgeräte-Hersteller* können darauf mit der Erstellung einheitlicher Proxy-Funktionsbausteine reagieren, die dann bei allen Steuerungen einheitlich anwendbar sind.

Proxy-Funktionsbausteine

Proxy-Funktionsbausteine sind Stellvertreter einer technologischen Gerätefunktion durch Bereitstellung aller notwendigen Eingangs- und Ausgangsparameter an der Schnittstelle des Bausteins. Diese Proxy-Funktionsbausteine werden einmalig in der Regel vom Feldgerätehersteller erstellt und sind in den Steuerungen der entsprechenden Systemklassen/-profilen unverändert einsetzbar (Abbildung 29).

Application Programmer's Interface (API)

Um Anwenderprogrammierern die Nutzung der Kommunikationsdienste so einfach wie möglich zu machen, werden in Bibliotheken der jeweiligen Standard-Programmiersprachen Bausteine oder Funktionsaufrufe angeboten. Zusammen mit der FDT-Schnittstelle vervollständigen die "Comm-FBs" bei PROFIBUS nunmehr ein Application Programmer's Interface, wie es die Abbildung 28 zeigt.

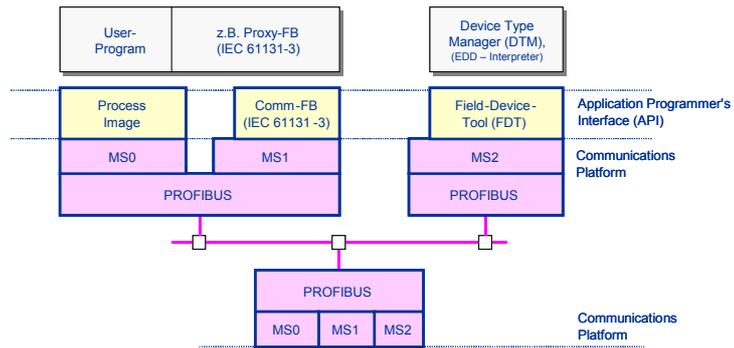


Abbildung 28: Application Programmer's Interface, API

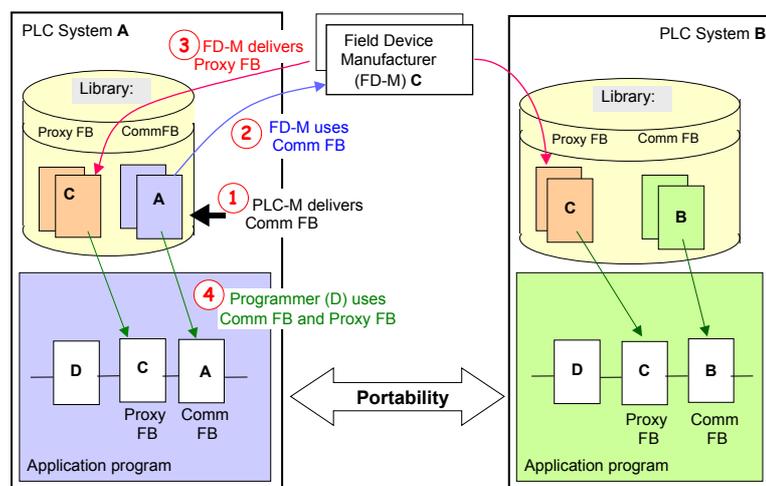


Abbildung 29: Portierbare Funktionsbausteine

7. Gerätemanagement

Moderne Feldgeräte stellen vielfältige Informationen bereit und nehmen Funktionen wahr, die früher SPSen und Leitsystemen vorbehalten waren. Die Tools für Inbetriebnahme, Wartung, Engineering und Parametrierung dieser Geräte benötigen eine exakte und vollständige *Beschreibung deren Daten und Funktionen*, wie Art der Applikationsfunktion, Konfigurationsparameter, Maßeinheiten, Wertebereich, Grenzwerte, Defaultwerte u. a.. Gleiches gilt für die Steuerung bzw. das Leitsystem, denen für einen reibungslosen Datenaustausch mit den Feldgeräten, deren spezifische Parameter und Datenformate ebenfalls bekannt gegeben ("integriert") werden müssen.

Für eine derartige Gerätebeschreibung wurden bei PROFIBUS Methoden und Tools ("Integrationstechnologien", Abbildung 30) entwickelt, mit denen das Gerätemanagement standardisiert werden kann. Die Tools sind in ihrem Leistungsumfang auf bestimmte Aufgaben optimiert, so dass sich hierfür auch der Begriff der *skalierbaren Geräteintegration* eingebürgert hat. Dies wird durch die Zusammenfassung der drei Technologien in einer Spezifikation mit drei Bänden zum Ausdruck gebracht.

Im Fertigungsbereich wird historisch bedingt vorwiegend die GSD eingesetzt. Zunehmend findet heute auch FDT Verwendung. In der Prozessautomatisierung werden je nach Leistungsklasse bevorzugt

EDD und FDT verwendet.

Methoden der Gerätebeschreibung (Abbildung 30):

Die **Kommunikationsmerkmale** eines PROFIBUS-Gerätes werden in einer Gerätestammdaten-Datei (**General Slave Data, GSD**) in einem vorgegebenen Datenformat beschrieben. Die GSD bietet sich für einfache Applikationen an; sie wird vom Gerätehersteller erstellt und gehört zum Lieferumfang eines Gerätes.

Die **Anwendungsmerkmale** eines PROFIBUS-Gerätes (Geräteeigenschaften) werden durch die universelle **Electronic Device Description Language (EDDL)** beschrieben. Die so erstellte Datei (**EDD**) wird ebenfalls vom Gerätehersteller bereit gestellt. Die auf Interpreter-Basis arbeitende EDD hat sich in Applikationen bis zur mittleren Komplexität bestens bewährt.

Für **komplexe Anwendungen** werden alle Gerätefunktionen, einschließlich Benutzeroberfläche für Parametrierung, Diagnose u. ä., als **Softwarekomponente** in einem sog. **Device Type Manager (DTM)** abgebildet. Der DTM ist im Gegensatz zu den Dateien GSD und EDD eine Software (Program). Er wirkt als "Treiber" des Gerätes gegenüber der standardisierten Schnittstelle FDT, die im Engineeringtool oder im Leitsystem implementiert ist.

7.1 GSD

Eine GSD ist eine lesbare ASCII-Text-Datei und enthält sowohl allgemeine als auch gerätespezifische

festlegungen bezüglich der Kommunikation. Jede der Eintragungen beschreibt ein unterstütztes Merkmal. Anhand von Schlüsselwörtern erkennt ein Konfigurationstool aus der GSD die Geräteidentifikation, die einstellbaren Parameter, den entsprechenden Datentyp und die erlaubten Grenzwerte für die Konfiguration des Gerätes. Einige sind *obligatorisch* (mandatory), z. B. Vendor_Name, andere *optional*, z.B. Sync_Mode_supported. Eine GSD ersetzt die früheren Gerätehandbücher und erlaubt bereits während der Projektierungsphase automatische Überprüfungen auf Eingabefehler und Konsistenz der Daten.

Aufbau einer GSD

Eine GSD kennt drei Abschnitte:

Allgemeine Festlegungen

Dieser Bereich enthält Angaben zu Hersteller-/Gerätenamen, Hard- & Software-Ausgabeständen sowie zu den unterstützten Übertragungsraten, den möglichen Zeitspannen für Überwachungszeiten und der Signalbelegung am Busstecker.

Master-Festlegungen

In diesem Bereich werden alle Parameter eingetragen, die nur für Master-Geräte zutreffen, wie die Anzahl anschließbarer Slaves oder die Upload- und Download-Möglichkeiten. Dieser Bereich ist bei Slave-Geräten nicht vorhanden.

Slave-Festlegungen

Hier erfolgen alle Slave-spezifischen Angaben wie die Anzahl und Art der E/A Kanäle, Festlegung von Diagnostexten sowie Angaben über die zur Verfügung stehenden Module bei modularen Geräten.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Bitmap-Files mit den Symbolen der Geräte einzubinden. Das Format der GSD ist flexibel gestaltet. Es beinhaltet Aufzählungen, wie z. B. Angaben, welche Übertragungsraten das Gerät unterstützt, sowie Möglichkeiten zur Beschreibung der bei einem modularen Gerät zur Verfügung stehenden Module. Den Diagnosemeldungen können auch Klartexte zugeordnet werden.

Es gibt zwei Möglichkeiten, die GSD zu verwenden:

- Die GSD für Kompaktgeräte, deren Block-Konfiguration bereits bei Auslieferung bekannt ist. Diese GSD kann komplett

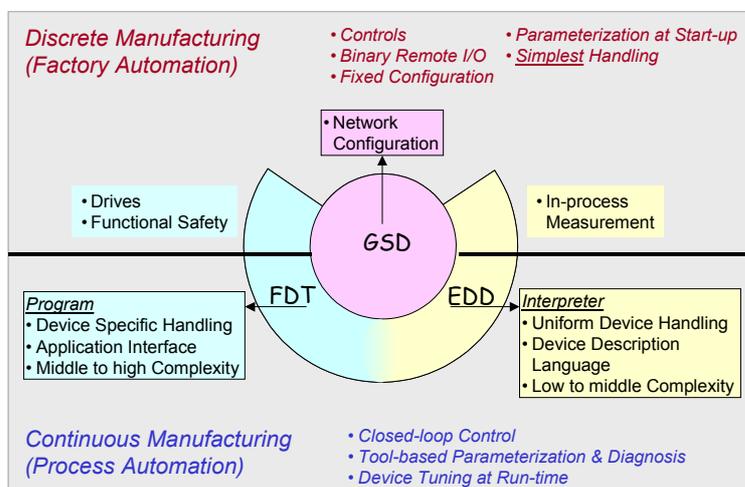


Abbildung 30: Integrationstechnologien bei PROFIBUS

bereits vom Hersteller des Gerätes erstellt werden.

- Die GSD für modulare Geräte, deren Block-Konfiguration bei Auslieferung noch nicht endgültig feststeht. Hier muss der Anwender die GSD entsprechend der konkreten Modulkonfiguration mit dem Projektierungstool konfigurieren.

Durch Einlesen der GSD in das Projektierungstool, z. B. in einen PROFIBUS-Konfigurator, wird der Anwender in die Lage versetzt, die speziellen Kommunikationsmerkmale des Gerätes optimal zu nutzen.

Zertifizierung mit GSD

Der Gerätehersteller ist für den Umfang und die Qualität der GSD seines Gerätes verantwortlich. Zum Zertifizieren eines Gerätes ist die Vorlage einer Profil-GSD (enthält die Informationen aus dem Profil einer Gerätefamilie) oder einer individuellen Geräte-GSD (gerätespezifisch) unbedingt erforderlich.

Unterstützung durch die PNO

Zur Unterstützung der Gerätehersteller steht auf der PROFIBUS Website ein spezieller GSD-Editor /Checker zum Download zur Verfügung, der die Erstellung und Prüfung der GSD-Dateien erleichtert.

Die Spezifikation der GSD-Dateiformate ist in der PROFIBUS-Richtlinie "GSD" Order No. 2.122 beschrieben.

Neue Entwicklungsstufen

der Kommunikationsfunktionen von PROFIBUS werden durch die PNO laufend in die GSD eingebracht. So sind die Schlüsselwörter für DP-V1 in der GSD Rev. 3 und für DP-V2 in der GSD Rev. 4 zu finden.

Die Hersteller-ID

Jeder PROFIBUS-Slave und jeder Master Klasse 1 muss eine *Identnummer* haben. Sie wird benötigt, damit ein Master ohne signifikanten Protokolloverhead die Typen der angeschlossenen Geräte identifizieren kann. Der Master vergleicht die Identnummern der angeschlossenen Geräte mit den Identnummern in den vom Projektierungstool vorgegebenen Projektierungsdaten. Der Nutzdatentransfer wird nur dann begonnen, wenn die richtigen Gerätetypen mit den richtigen Stationsadressen am Bus angeschlossen wurden. Dadurch wird eine ho-

he Sicherheit gegenüber Projektierungsfehlern erreicht.

Gerätehersteller müssen für jedes Produkt bei der PROFIBUS Nutzerorganisation eine Identnummer beantragen, wo auch die Verwaltung der Identnummern erfolgt. Antragsformulare sind in jeder regionalen Geschäftsstelle und auf der PROFIBUS Website verfügbar.

Die Profil-ID

Für Feldgeräte der Prozessautomatisierung und für Antriebe wurde jeweils ein Bereich von Identnummern (generische Identnummern) reserviert: 9700h - 977Fh bzw. 3A00h - 3AFFh. Alle Feldgeräte, die die Profile PROFIBUS Devices ab Version 3.0 bzw. PROFIdrive Version 3 unterstützten, dürfen Identnummern aus diesen Bereichen benutzen. Durch diese Profilidentnummern wird die Geräteaustauschbarkeit erhöht. Die Auswahl der für das jeweilige Gerät anzuwendenden Identnummern richtet sich z. B. bei PA nach Art und Anzahl der vorhandenen Funktionsblöcke. Für Geräte, die mehrere verschiedene Funktionsblöcke zur Verfügung stellen (Multi-Variable-Devices), ist die Identnummer 9760H reserviert. Auch für die Bezeichnung der GSD-Dateien dieser PA-Feldgeräte gelten spezielle Konventionen, die im Profil für PA-Feldgeräte festgelegt wurden.

Die erste für PROFIdrive reservierte Profilidentnummer (3A00h) wird beim DP-V1-Verbindungsaufbau verwendet, um die Verwendung des gleichen Profils zwischen Master und Slave abzugleichen. Slaves, die diese Kennung positiv quittieren, unterstützen den im PROFIdrive Profil beschriebenen DP-V1-Parameterkanal. Alle weiteren Profilidentnummern dienen zur Kennzeichnung von herstellernabhängigen GSD-Dateien. Hiermit wird eine Austauschbarkeit von Geräten verschiedener Hersteller ohne neue Buskonfiguration ermöglicht. Z. B. wird für die Chemieindustrie die VIK-Namur-Betriebsart mit herstellernabhängiger PROFIdrive GSD als Bestandteil des PROFIdrive Profils definiert.

7.2 EDD

Zur Beschreibung von *anwendungsbezogenen* Parametern und Funktionen eines Feldgerätes (das sind z. B. Konfigurationsparameter,

Wertebereiche, Maßeinheiten, Default-Werte u. ä.) reicht die GSD nicht aus. Hierfür ist eine leistungsfähigere Beschreibungssprache erforderlich, welche in Form der universell einsetzbaren **Electronic Device Description Language (EDDL)** entwickelt wurde. Die EDDL stellt vor allem Sprachmittel für die Beschreibung der Funktionalitäten von Feldgeräten bereit. Weiterhin sind unterstützende Mechanismen enthalten, um

- bestehende Profilbeschreibungen in die Gerätebeschreibung aufzunehmen,
- auf bestehende Objekte zu referenzieren und nur noch Zusätze zu beschreiben,
- auf Standardwörterbücher zurückgreifen zu können und
- die Gerätebeschreibung einem Gerät zuordnen zu können.

Mit Hilfe der EDDL erstellt der Gerätehersteller für sein Gerät die zugehörige **EDD-Datei**, die, wie die GSD-Datei, dem Engineeringtool und dem Leitsystem die Geräteinformationen zur Verfügung stellt.

Einsatz einer EDD

Eine EDD dient als vielfältige Informationsquelle für z. B.

- Engineering
- Inbetriebnahme
- Betriebsphase
- Asset Management
- Dokumentation und eCommerce

Nutzen einer EDD

Die EDD bringt erheblichen Nutzen sowohl für Anwender als auch Gerätehersteller.

Dem *Anwender* hilft die Einheitlichkeit von z. B. Benutzeroberfläche und Bedienung durch z. B.

- Verringerung des Schulungsaufwandes
- sehr sichere Bedienung
- Nur ein Tool für alle Anwendungen
- Validierung der Eingaben

Der *Gerätehersteller* zieht Nutzen aus dem Umstand, dass die EDD-Erstellung sehr einfach und damit kostenfreundlich erfolgen kann

- ohne Spezialkenntnisse, durch den Entwickler
- durch Verwendung bestehender EDDs und Textbibliotheken

- durch Einsetzbarkeit für einfache bis komplexe Geräte

Von großer Bedeutung für *Anwender und Gerätehersteller* ist auch der Investitionsschutz, der sich u. a. aus der Betriebssystemunabhängigkeit sowie der sehr einfachen Erweiterbarkeit ergibt.

Neue Entwicklungsstufen

Die EDDL wird, wie die GSD, der Weiterentwicklung der Gerätetechnik mittels Ergänzungen folgen. So wurde eine eindeutige Spezifikation der dynamischen Semantik sowie die Beschreibung hardwaremodularer Slaves gestartet.

Die Spezifikation der EDDL ist Bestandteil der internationalen Norm IEC 61804 und als Richtlinie Order No. 2.152 verfügbar.

7.3 FDT/DTM-Konzept

Die Beschreibungssprachen zur Konfiguration und Parametrierung haben ihre Grenzen, wenn z. B.

- komplexe nicht standardisierte Eigenschaften intelligenter Feldgeräte inklusive der Diagnosemöglichkeiten für den Anlagenbetreiber nutzbar gemacht oder
- im Themenfeld "Optimierung von Assets" Funktionen der vorbeugenden Wartung oder der Wartungsprozeduren unterstützt werden sollen oder
- die Bedienung von Geräten in Software "gekapselt" werden muss (Sicherheitstechnik, Eichungen, etc).

In diesen komplexen Aufgabenbereichen wird ein "Hilfsmittel" benötigt, das Geräteherstellern erlaubt, erweiterte sowie spezifische Eigenschaften ihrer Feldgeräte den Anwendern in standardisierter Form verfügbar zu machen und zugleich den Herstellern erlaubt, die Feldgeräte-Eigenschaften über standardisierte Schnittstellen in das Leitsystem einzubinden.

Die Lösung hierfür ist das feldbusunabhängige Schnittstellenkonzept **FDT/DTM** (Abbildung 31), welches in Arbeitskreisen der PNO und des ZVEI entwickelt und für die allgemeine Nutzung zur Verfügung gestellt wurde.

Die FDT-Schnittstelle

Die Definition einer einheitlichen Schnittstelle schafft die Möglichkeit, geeignet erstellte Softwarekomponenten auf allen mit dieser Schnittstelle ausgerüsteten Engineering- oder sonstigen Integrationsplattformen von Automatisierungssystemen einsetzen zu können. Eine solche Schnittstelle wurde mit **FDT** zur Verfügung gestellt.

Die Spezifikation von FDT ist als PROFIBUS-Richtlinie (Order No. 2.162) in der Version 1.2 verfügbar.

Gerätebeschreibung als Softwarekomponente

Die spezifischen Funktionen und Dialoge eines Feldgerätes für Parametrierung, Konfiguration, Diagnose und Wartung werden einschließlich Benutzeroberfläche in einer *Software-Komponente* abgebildet. Diese Komponente wird als **DTM (Device Type Manager)** bezeichnet und über die FDT-Schnittstelle in das Engineeringtool bzw. Leitsystem eingebunden.

Ein DTM nutzt die Routing-Funktion eines Engineering-Systems zur Kommunikation über Hierarchieebenen hinweg sowie dessen Projektdatenhaltung mit Versionierung. Er arbeitet im Feldgerät als "Treiber" ähnlich einem Druckertreiber, den der Druckerlieferant mitliefert und der vom Anwender in seinem PC installiert wird. Der DTM wird vom Gerätehersteller generiert und zusammen mit dem Gerät geliefert.

DTM-Generierung

Für die DTM-Generierung gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Spezifische Programmierung in einer höheren Programmiersprache
- Wiederverwendung bereits vorhandener Komponenten oder Werkzeuge durch deren Kapselung als DTM
- Erzeugung aus einer vorhandenen Gerätebeschreibung durch einen Compiler oder Interpreter
- Anwendung des DTM-Toolkit aus MS VisualBasic

Mit DTMs ist es möglich, von einem zentralen Arbeitsplatz für Planung, Diagnose und Wartung direkten Zugriff auf alle Feldgeräte zu erhalten. Ein DTM ist kein selbstständiges Werkzeug, sondern eine ActiveX-Komponente mit definierten Schnittstellen.

Anwendernutzen von FDT/DTM

Das FDT/DTM-Konzept ist protokollunabhängig und eröffnet mit der Abbildung von Gerätefunktionen in Softwarekomponenten neue Nutzungsmöglichkeiten.

Losgelöst von den spezifischen Kommunikationstechnologien der verschiedenen Feldbusse und den spezifischen Engineeringumgebungen der Automatisierungssysteme eröffnet das Konzept Integrationsmöglichkeiten in den Bereichen Engineering, Diagnose, Service und Asset Management.

Der FDT-Standard bietet eine Basis für integrierte Lösungen vom Feld bis hin zu Tools und Methoden der Unternehmensführung.

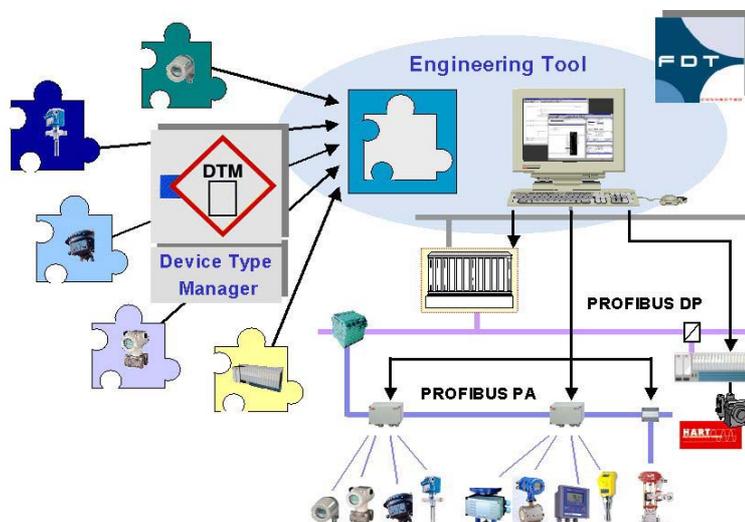


Abbildung 31: FDT/DTM-Konzept

8. PROFINet

PROFINet ist ein ganzheitliches Automatisierungskonzept, das vor dem Hintergrund des Trends in der Automatisierungstechnik zu modularen, wiederverwendbaren Maschinen und Anlagen mit verteilter Intelligenz entstanden ist. Aufgrund seiner ganzheitlichen Sichtweise (einheitliches Modell für Engineering, Run-Time- und Migrationsarchitektur zu anderen Kommunikationssystemen, wie z. B. PROFIBUS und OPC) erfüllt PROFINet die wesentlichen Anforderungen der Automatisierungstechnik nach

- durchgängiger Kommunikation von der Feldebene bis zur Unternehmensleitenebene unter Verwendung von Ethernet,
- einem herstellerunabhängigen anlagenweiten Engineeringmodell für die gesamte Automatisierungslandschaft,
- Offenheit zu anderen Systemen,
- Nutzung von IT-Standards und
- Integrationsfähigkeit von PROFIBUS-Segmenten ohne deren Veränderung.

PROFINet steht als *Spezifikation* und als betriebssystemunabhängige *Source Software* zur Verfügung. Die Spezifikation beschreibt alle Aspekte von PROFINet: das Objekt- und Komponentenmodell, die Run-Time-Kommunikation, das Proxy-Konzept 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 effiziente Integration von PROFINet in die unterschiedlichsten Betriebssystemumgebungen der Geräte geschaffen. Der gewählte Weg über die Bereitstellung einer Quellen-Software, auf der alle Produkt-Implementierungen aufbauen, stellt eine hervorragende Möglichkeit dar, eine durchgehend hohe Qualität der PROFINet-Schnittstelle in den Produkten sicherzustellen. Ein solches Vorgehen garantiert, dass Interoperabilitätsprobleme auf ein Minimum reduziert werden.

8.1 Das PROFINet Engineeringmodell

Für eine anwenderfreundliche Projektierung eines PROFINet-

PROFINet-Komponenten

Der grundlegende Ansatz bei PROFINet ist die Anwendung des in der Software-Welt bewährten Objektmodells auf die Automatisierungstechnik. Dabei werden Maschinen, Anlagen und deren Teile in technologische Module aufgeteilt, die jeweils aus Mechanik, Elektrik/Elektronik und Anwendersoftware bestehen. Die Funktionalität der technologischen Module wird in PROFINet-Komponenten gekapselt, die über einheitlich definierte "Interfaces" zugänglich sind. Über ihre Interfaces können die Komponenten nach dem Baukastenprinzip miteinander kombiniert und so zu Anwendungen zusammengeschaltet werden.

Unter "Komponente" wird in diesem Zusammenhang eine gekapselte, wiederverwendbare Software-Einheit verstanden. PROFINet verwendet für die Realisierung dieses Komponentenmodells das in der PC-Welt verbreiteste Component Object Model (COM) von Microsoft in seiner Erweiterung für verteilte Systeme (DCOM). Hier sind alle Objekte eines Systems gleichberechtigt und erscheinen nach Außen einheitlich.

Ein so konzipiertes verteiltes Automatisierungssystem ermöglicht die Modularisierung von Anlagen und Maschinen und damit die Wiederverwendung von Anlagen- und Maschinenteilen.

Systems wurde ein herstellerübergreifendes Engineeringkonzept definiert. Es baut auf einem Engineering-Objektmodell auf, mit dem sich Projektierungstools entwickeln lassen sowie hersteller- bzw. anwenderspezifische Funktionserweiterungen mittels sogenannter Facetten festgelegt werden können.

Das PROFINet-Engineeringmodell unterscheidet zwischen der *Programmierung* der Steuerungslogik der einzelnen technologischen Module und der *Projektierung* der Gesamtanlage zu einer Applikation.

Die Programmierung der einzelnen Geräte sowie deren Konfiguration und Parametrierung erfolgt wie bisher vom Hersteller mit herstellerspezifischen Tools. Die bei der Programmierung erstellte Software wird dann mittels der zusätzlich in das Tool zu integrierenden Componer-Schnittstelle in Form einer PROFINet-Komponente gekapselt. Die Componer-Schnittstelle erzeugt die Komponentenbeschreibung in Form einer XML-Datei, de-

ren Aufbau und Inhalt die PROFINet-Spezifikation festlegt.

Die Projektierung der Anlage erfolgt durch Verschalten der PROFINet-Komponenten mit dem PROFINet-Engineeringtool (Verschaltungseditor) zu einer Applikation. Dazu werden die erzeugten PROFINet-Komponenten über den Import ihrer XML-Dateien in den Verschaltungseditor eingebracht und über grafische Linien in Beziehung gebracht.

So werden die verteilten Anwendungen (unterschiedlicher Hersteller) anlagenweit zu einer Gesamtanwendung zusammengeführt (Abbildung 32). Der entscheidende Vorteil ist, dass die Kommunikation nicht mehr programmiert zu werden braucht. Stattdessen werden die Kommunikationsbeziehungen zwischen den Komponenten über Linien, den sogenannten Verschaltungen, festgelegt.

Die Verschaltungsinformation wird anschließend per Mausklick in die

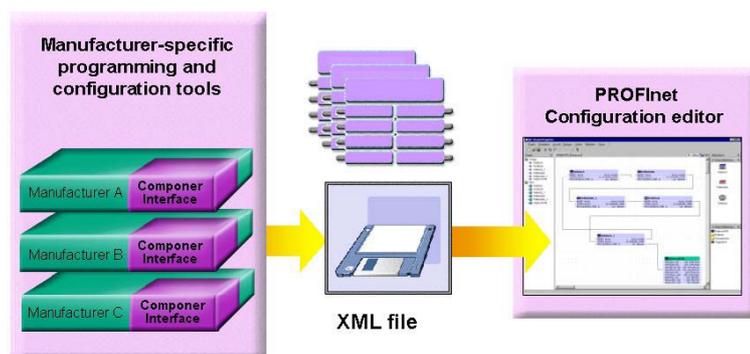


Abbildung 32: Erzeugung und Verschaltung von Komponenten

Geräte heruntergeladen. Damit kennt jedes Gerät seine Kommunikationspartner und -beziehungen sowie die auszutauschenden Informationen.

8.2 Das PROFINet Kommunikationsmodell

Das PROFINet-Kommunikationsmodell definiert einen herstellerübergreifenden Standard für die Kommunikation auf Ethernet mit gängigen IT-Mechanismen (Run-Time-Kommunikation). Es nutzt mit TCP/IP und COM/DCOM die meist verbreiteten Standards aus der PC-Welt. Es bietet damit den direkten Durchgriff von der Office-Welt in die Automatisierungsebene und umgekehrt (vertikale Integration).

Bei PROFINet definiert das DCOM Wire Protokoll zusammen mit den oben erwähnten Standards den Datenaustausch über Ethernet zwischen Komponenten verschiedener Hersteller. Alternativ steht für Anwendungsbereiche mit harter Echtzeit ein optimierter Kommunikationsmechanismus zur Verfügung.

Geräte, die am Ethernet betrieben werden, benötigen die Implementierung der Kommunikationsmechanismen gemäß dem PROFINet-Standard (Abbildung 33). Die für den Anschluss an Ethernet erforderliche Verbindungstechnik steht sowohl für die Schutzklassen IP 20 als auch IP65/67 in Form einer Richtlinie zur Verfügung.

8.3 Das PROFINet Migrationmodell

Die Einbindung von PROFIBUS-Segmenten in PROFINet erfolgt mit Hilfe von Proxies (Abbildung 34).

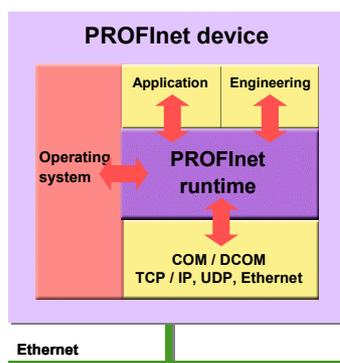


Abbildung 33: Gerätestruktur PROFINet

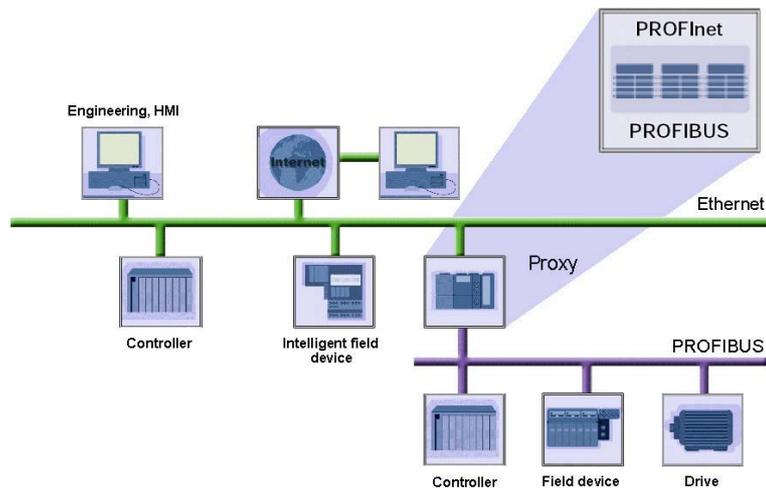


Abbildung 34: Migrationsmodell von PROFINet

Der Proxy ("Stellvertreter") übernimmt dabei die Stellvertreterfunktion für alle an PROFIBUS angeschlossenen Geräte. Damit kann bei Neubau oder Erweiterung von Anlagen das gesamte PROFIBUS-Gerätespektrum einschließlich z. B. von PROFIdrive und PROFIsafe-Produkten unverändert übernommen werden, was für den Anwender ein hohes Maß an Investitionsschutz bedeutet. Die Proxy-Technologie lässt auch die Einbindung anderer Feldbussysteme zu.

8.4 XML

XML (eXtensible Markup Language) ist eine auf einem einfachen ASCII-Code basierende flexible Datenbeschreibungssprache. XML-Dokumente können auf verschiedenen Wegen zwischen Anwendungen ausgetauscht werden, z. B. per Diskette, E-Mail, unter Verwendung von TCP/IP oder mit HTTP über das Internet.

In der Automatisierungstechnik ist XML z. B. für die Parameterbeschreibung in FDT, als Import- und Exportformat für Feldgeräte-Parameter in Engineering-Tools oder als Mittel zur vertikalen Integration (Datenaustausch unabhängig vom Betriebssystem) von Bedeutung.

8.5 OPC und OPC DX

OPC (OLE for Process Control) ist eine 1996 eingeführte Standardschnittstelle für den Zugriff auf windowsbasierte Anwendungen in der Automation. Der Einsatz von OPC ermöglicht die flexible Wahl von Komponenten unterschiedlicher Hersteller und deren Verkopplung

ohne Programmierung. OLE und damit OPC basiert auf dem DCOM-Modell von Microsoft.

Seit dem Jahr 2000 entsteht eine Abbildung von OPC-Daten und OPC-Diensten in XML, wodurch OPC-Daten mit Hilfe von lesbaren XML-Dokumenten auch zwischen Nicht-Windows-Plattformen ausgetauscht werden können.

OPC DX (Data Exchange) entsteht im Rahmen der OPC Foundation mit dem Ziel, ein Protokoll zum Austausch nicht-zeitkritischer Anwenderdaten zwischen Automatisierungssystemen unterschiedlicher Hersteller und Arten (PLC, DCS, PC) zu entwickeln.

OPC DX basiert auf der existierenden Spezifikation OPC **DA** (Data Access). Gleichzeitig wird eine Engineering-Schnittstelle definiert, mit der die angeschlossenen Systeme konfiguriert werden können. Im Gegensatz zu PROFINet ist OPC DX nicht objekt-, sondern tagorientiert, d. h. die Automatisierungsobjekte existieren nicht als COM-Objekte sondern als (Tag-)Namen.

OPC DX wird die Verbindung unterschiedlicher Automatisierungssysteme in einer Anlage auf Ethernet-Level ermöglichen. Ein Zugriff auf die Feldebene ist jedoch nicht möglich, daher erfolgt keinerlei Beeinflussung der bestehenden Feldbussysteme und PROFINet.

9. Qualitätssicherung

Damit PROFIBUS-Geräte unterschiedlicher Typen und Hersteller Aufgaben im Automatisierungsprozess korrekt erfüllen, müssen sie über den Bus Informationen fehlerfrei austauschen. Voraussetzung dafür ist eine normkonforme Implementierung der Kommunikationsprotokolle und Anwendungsprofile durch Gerätehersteller.

Zur Gewährleistung dieser Forderung hat die PNO ein *Qualitätssicherungsverfahren* etabliert, bei dem auf Basis von Prüfberichten *Zertifikate* für mit positivem Ergebnis geprüfte Geräte erteilt werden.

Ziel der Zertifizierung ist, den Anwendern für den gemeinsamen Betrieb von Geräten unterschiedlicher Hersteller die notwendige Sicherheit für eine fehlerfreie Funktion zu geben. Hierzu werden die Geräte in unabhängigen Prüflaboren mit der notwendigen Prüfschärfe praxisnah getestet. Fehlinterpretationen der Normen durch die Entwickler, können so vor dem Einsatz erkannt und vom Hersteller beseitigt werden. Auch das Zusammenspiel des Gerätes mit anderen zertifizierten Geräten ist Gegenstand der Tests. Nach einer erfolgreich bestandenen Prüfung wird auf Antrag durch den Hersteller ein Geräte-Zertifikat erteilt.

Grundlage für den Zertifizierungsablauf (Abbildung 35) ist die Norm EN 45000. Den Vorgaben folgend hat die PROFIBUS Nutzerorganisation herstellernerneutral operierende *Prüflabore* akkreditiert. Nur diese Prüflabore können Geräteprüfungen durchführen, die Grundlage für die Zertifikatserteilung sind.

Prüfverfahren und Ablauf der Zertifizierung sind in den Richtlinien Order No. 2.032 (DP-Slaves), Order No. 2.062 (PA-Feldgeräte) und Order No. 2.072 (DP-Master) beschrieben.

9.1 Prüfverfahren

Voraussetzung für die Prüfung sind eine erteilte Identnummer und eine GSD-Datei sowie gegebenenfalls eine EDD für das Gerät.

Das für alle Prüflabore einheitliche Prüfverfahren besteht aus mehreren Abschnitten:

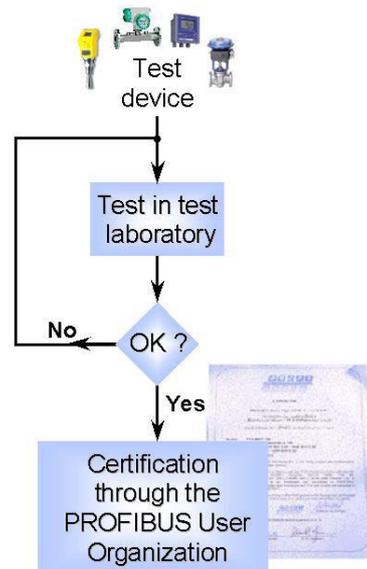


Abbildung 35: Ablauf der Gerätezertifizierung

Ein GSD/EDD-Check

stellt sicher, dass die Gerätebeschreibungsd Dateien konform zur Spezifikation sind.

Beim Hardwaretest

werden die elektrischen Eigenschaften der PROFIBUS-Schnittstelle des Prüflings auf Übereinstimmung mit den Spezifikationen hin überprüft. Dazu gehören z. B. die Abschlusswiderstände, die Eignung der verwendeten Treiber- und weiterer Bausteine und die Qualität der Leitungsebene.

Der Funktionstest

widmet sich dem Buszugriffs- und Übertragungsprotokoll, wie auch der Funktionalität des Prüflings. Das Parametrieren und Anpassen des Testsystems erfolgt anhand der GSD. Bei der Testdurchführung kommt das Black-Box-Verfahren zum Einsatz, bei dem keine Kenntnis über die interne Struktur der Implementierung notwendig ist. Die beim Prüfling erzeugten Reaktionen und deren Zeitverhältnisse werden per Busmonitor aufgezeichnet. Wenn nötig, werden auch die Ausgänge des Prüflings beobachtet und protokolliert.

Der Konformitätstest

bildet den Schwerpunkt der Prüfung. Gegenstand ist die Übereinstimmung der Protokollimplementierung mit der Norm. Im Wesentlichen bezieht sich der Test auf die:

Zustandsmaschine: Das PROFIBUS-Protokoll ist in Form einer Zustandsmaschine definiert. Geprüft werden alle von Außen beobacht-

baren Zustandsübergänge. Das Sollverhalten ist in parametrierbaren Sequenzen zusammengefasst. Das Ist-Verhalten wird analysiert, mit dem Soll-Verhalten verglichen und das Ergebnis in eine Protokoll-datei geschrieben.

Verhalten in Fehlerfällen: Hier werden Busstörungen, wie Unterbrechung, Kurzschluss der Busleitung und Ausfall der Versorgungsspannung, simuliert.

Adressierbarkeit: Der Prüfling wird unter drei beliebigen Adressen innerhalb des Adressbereichs angesprochen und auf einwandfreie Funktion getestet.

Diagnosedaten: Die Diagnosedaten müssen mit dem Eintrag in der GSD und der Norm übereinstimmen. Dazu wird die Diagnose extern ausgelöst.

Mischbetrieb: Bei Kombi-Slaves wird die Funktion mit einem FMS- und DP-Master geprüft.

Interoperabilitätstest: Hier wird das Zusammenwirken des Testgerätes mit PROFIBUS-Geräten anderer Hersteller in einer Multivendor-Anlage überprüft. Es wird ermittelt, ob die Funktionsfähigkeit der Anlage erhalten bleibt, wenn man sie um den Prüfling erweitert. Weiterhin wird der Betrieb mit unterschiedlichen Mastern getestet.

Alle Schritte der Prüfung werden ausführlich dokumentiert. Die Aufzeichnungen stehen dem Hersteller und der PROFIBUS Nutzerorganisation zur Verfügung. Der Prüfbericht gilt als Grundlage für die Erteilung des Zertifikats.

9.2 Zertifikatserteilung

Hat ein Gerät alle Tests erfolgreich durchlaufen, kann der Hersteller ein Zertifikat bei der PROFIBUS Nutzerorganisation beantragen. Jedes zertifizierte Gerät erhält eine Zertifizierungsnummer als Referenz. Das Zertifikat hat eine Gültigkeit von 3 Jahren und kann nach einer erneuten Prüfung auch verlängert werden.

Die Adressen der Prüflabore können der PROFIBUS Website im Internet entnommen werden.

10. Implementierung

Dieses Kapitel enthält Hinweise zu Möglichkeiten der Implementierung von Kommunikationsschnittstellen in Automatisierungs- bzw. Feldgeräten.

Für die Geräteentwicklung bzw. Implementierung des PROFIBUS-Protokolls steht ein breites Spektrum von Basistechnologiekomponenten und Entwicklungswerkzeugen (PROFIBUS ASICs, PROFIBUS Stacks, Monitore, Testtools und Inbetriebnahmewerkzeuge) sowie Dienstleistungen zur Verfügung, die den Geräteherstellern eine effiziente Entwicklung ermöglichen. Eine entsprechende Übersicht bietet der Produktkatalog der PROFIBUS Nutzerorganisation (www.profibus.com/productguide.html) Für weiterführende Informationen wird auf die Fachliteratur und zur kompetenten Beratung auf die PROFIBUS Competence Center verwiesen.

Bei der Implementierung einer PROFIBUS-Schnittstelle ist zu beachten, dass sich die Zertifizierung auf das gesamte Gerät bezieht. Standardkomponenten werden keinem Zertifizierungsprozess unterzogen, da dies keine Garantie für das Endprodukt Gerät darstellt. Sehr wohl aber spielt neben der Qualität der PROFIBUS-Schnittstelle auch die Qualität der Standardkomponenten als Teil des Gesamtkonzepts für eine erfolgreiche Zertifizierung der Geräte eine entscheidende Rolle.

10.1 Standardkomponenten

Schnittstellenmodule

Für niedrige bis mittlere Stückzahlen eignen sich PROFIBUS-Schnittstellenmodule. Diese bis zu schekkartengroßen Module realisieren das gesamte Busprotokoll und bieten einen festen Schnittstellenumfang für Geräteapplikationen an. Sie können als Zusatzmodul auf die Grundplatine des Gerätes aufgebracht werden.

Protokollchips

Bei hohen Stückzahlen bietet sich eine individuelle Implementierung auf Basis von handelsüblichen PROFIBUS Basistechnologiekom-

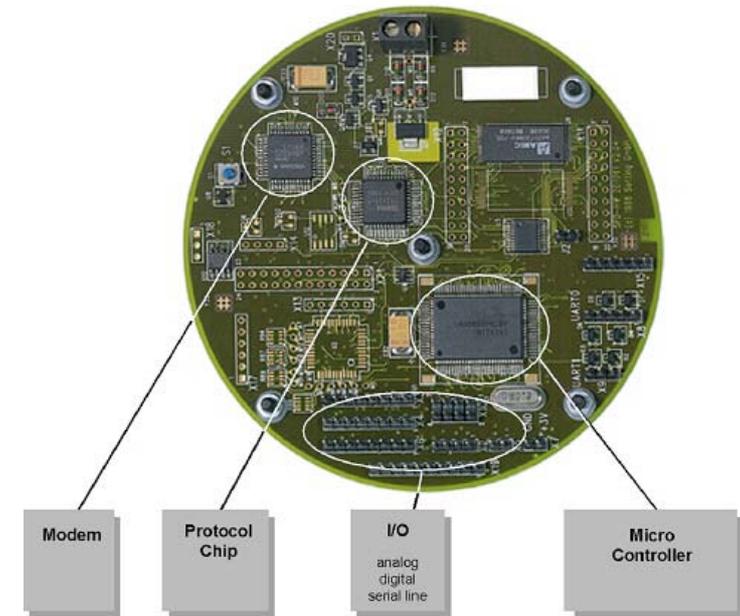


Abbildung 36: Beispiel für die Implementierung eines PROFIBUS-Slaves

ponenten an. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen

- **Single Chips**, bei denen alle PROFIBUS-Protokollfunktionen auf dem Chip integriert sind und die keinen weiteren Mikrocontroller benötigen,
- **Kommunikationsbausteinen**, die kleinere oder größere Anteile des Protokolls auf dem Chip realisieren und erst mit einem zusätzlichen Mikrocontroller das Protokoll vollständig realisiert wird sowie
- **Protokollchips**, die im Kommunikationsbaustein einen Mikrocontroller integriert haben.

Die Entscheidung für eine geeignete Implementierungsvariante hängt wesentlich von der Komplexität des Feldgerätes, der benötigten Performance und dem zu realisierenden Leistungsumfang ab. Nachfolgend werden hierzu einige Beispiele gegeben.

Implementierung einfacher Slaves

Für einfache E/A-Geräte bietet sich die Implementierung mit Single-Chip ASICs an. Alle Protokollfunktionen sind bereits auf dem ASIC integriert. Es wird kein Mikroprozessor oder weitere Kommunikations-Software benötigt. Lediglich die Businterface-Treiber, der Quarz und die Leistungselektronik sind

als externe Komponenten erforderlich.

Implementierung intelligenter Slaves

Bei dieser Form der Implementierung werden wesentliche Schicht-2 Anteile des PROFIBUS-Protokolls durch einen Kommunikationsbaustein und die verbleibenden Protokollteile als Software auf einem Mikrocontroller realisiert. In den meisten der gängigen ASICs liegen die zyklischen Protokollteile im Chip realisiert vor, die in der Regel für die Übertragung zeitkritischer Daten verantwortlich sind.

Eine Alternative sind Protokollchips mit integriertem Microcontroller, in welchem die Protokollteile für weniger zeitkritische Datenübertragungen realisiert werden können.

Die verfügbaren ASICs bieten ein universelles Interface an und arbeiten mit gängigen Mikrocontrollern zusammen.

Eine weitere Möglichkeit stellen Mikroprozessoren mit einem integrierten PROFIBUS-Kern dar.

Implementierung komplexer Master

Auch hier werden die zeitkritischen Teile des PROFIBUS-Protokolls durch einen Kommunikationsbaustein und die verbleibenden Protokollteile als Software auf einem Mikrocontroller realisiert.

Für die Implementierung komplexer Master-Geräte stehen, wie für Slave-Implementierungen, ASICs unterschiedlicher Hersteller zur Verfügung. Sie können in Kombination mit vielen gängigen Mikroprozessoren betrieben werden.

Eine entsprechende Übersicht über verfügbare Protokollchips bietet die PROFIBUS Website. Weiterführende Informationen zu den Produkten wird darüber hinaus auf die einschlägigen Anbieter verwiesen.

PROFIBUS Stacks

Vielfach kommen die Chips und die ergänzende Protokollsoftware (PROFIBUS Stacks) von zwei unterschiedlichen Anbietern. Dies erhöht die Vielfalt der auf dem Markt verfügbaren Lösungen.

Auf dieser Basis können technisch zugeschnittene und kostenmäßig optimale Produkte entstehen, die branchenspezifische Anforderungen erfüllen, was im Sinne der PROFIBUS Nutzerorganisation ist. Die Tatsache, dass der PROFIBUS Chip und der Stack aus unterschiedlichen Quellen kommen können, ist ein weiterer Beleg für die Offenheit und Multivendor-Fähigkeit von PROFIBUS, die sich nicht nur auf die Spezifikation selbst beschränkt, sondern bis in Produktimplementierungen hinein reicht.

Reine Softwarelösungen sind auf dem Markt selten zu finden. Der Grund liegt darin, dass das Preis-Leistungs-Verhältnis der einzusetzenden Prozessoren wesentlich

ungünstiger ist, als bei den Chip-orientierten Implementierungen. Reine Softwarelösungen kommen daher in Fällen mit spezifischen Randbedingungen in Frage.

Eine Übersicht über die verfügbaren Varianten der Protokollsoftware findet sich auf der PROFIBUS Website. Weiterführende Informationen zu den Produkten sind bei den einschlägigen Anbietern erhältlich.

10.2 Implementierung von Übertragungsschnittstellen

MBP-Übertragungstechnik

Bei der Realisierung eines busgespeisten Feldgerätes mit MBP-Übertragungstechnik muss besonders auf eine geringe Leistungsaufnahme geachtet werden.

Für diese Geräte steht typischerweise nur ein Speisestrom von 10-15 mA über das Buskabel zur Verfügung, mit dem das gesamte Gerät, einschließlich der Busanschaltung und der Messelektronik, versorgt werden muss.

Für diese Anforderungen stehen spezielle Modem-Chips zur Verfügung. Diese Modems entnehmen die benötigte Betriebsenergie für das gesamte Gerät aus dem MBP-Busanschluss und stellen sie als Speisespannung für die anderen Elektronikkomponenten des Gerätes bereit. Daneben setzen sie die digitalen Signale des angeschlos-

senen Protokollchips in das auf die Energieversorgung aufmodulierte Bussignal des MBP-Anschlusses um.

Eine typische Konfiguration mit einem branchenüblichen *Roundboard* ist in Abbildung 36 dargestellt.

Besondere Hinweise für die Realisierung des Busanschlusses für Feldgeräte mit MBP-Übertragungstechnik können der technischen PNO-Richtlinie Order No. 2.092 entnommen werden.

RS485-Übertragungstechnik

Für Feldgeräte, die nicht über den Bus versorgt werden, kann die Standardschnittstelle RS485 implementiert werden. Damit wird eine erhöhte Flexibilität beim Einsatz des Gerätes gewonnen, da dieses dann ohne Koppler oder Link an ein PROFIBUS DP-Segment angeschlossen werden kann.

Die RS485-Technik zeichnet sich durch seine geringen Schnittstellenkosten und hohe Robustheit aus. Ohne Umbau können die Datenraten von 9,6 KBit/s bis 12 MBit/s unterstützt werden.

Als Ergänzung dazu wurde mit RS485-IS eine eigensichere RS485 Variante entwickelt.

Die RS485-Bausteine sind von verschiedenen Herstellern verfügbar und im millionenfachen Einsatz reifgeprüft.

11. PROFIBUS International



Eine offene Technologie bedarf zu ihrer Pflege, Fortentwicklung und Verbreitung am Markt einer unternehmensunabhängigen Institution als Arbeitsplattform. Für die Technologie PROFIBUS wurde zu diesen Zwecken im Jahre 1989 die **PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO)** als eine nonprofit Interessensvertretung von Herstellern, Anwendern und Instituten gegründet. Die PNO ist Mitglied im 1995 gegründeten internationalen Dachverband **PROFIBUS International (PI)**, siehe Abbildung 38. Mit 23 regionalen Nutzerorganisationen (**Regional PROFIBUS Associations, RPA**) und über 1100 Mitgliedern, darunter solche in USA, China und Japan, stellt PI die weltweit größte Interessengemeinschaft auf dem Gebiet industrieller Kommunikation dar. Die RPAs organisieren Ausstellungen und Informationsveranstaltungen und sorgen auch dafür, dass neue Anforderungen der Märkte bei Weiterentwicklungen berücksichtigt werden.

Die Anschriften der regionalen PI-Einheiten sind auf der Rückseite dieser Broschüre aufgeführt und auch unter www.profibus.com zu finden.

Aufgaben

Die wesentlichen Aufgaben von PI sind:

- Pflege und Weiterentwicklung der PROFIBUS-Technologie.
- Förderung der weltweiten Verbreitung der PROFIBUS-Technologie.

- Investitionsschutz für Anwender und Hersteller durch Einflussnahme auf die Standardisierung und Normung.
- Interessensvertretung der Mitglieder gegenüber Normungsgremien und Verbänden.
- Weltweite technische Unterstützung von Unternehmen durch Competence Center.
- Qualitätssicherung durch Geräte Zertifizierung.

Organisation der Technologie-Entwicklung

PI hat die Entwicklung der PROFIBUS Technologie an die PNO Deutschland übertragen. Der Beirat (Advisory Board) der PNO Deutschland steuert die Entwicklungsaktivitäten.

Die Entwicklungsteams sind organisiert in 5 Fachausschüssen (Technical Committees, **TC**) mit über 35 festen Arbeitskreisen (**Working Groups, WG**). Dazu kommt eine wechselnde Zahl von Ad Hoc WGs, die spezifische zeitlich begrenzte Themen aufnehmen.

Die WGs erarbeiten neue Spezifikationen und Profile, kümmern sich um Qualitätssicherung und Standardisierung, arbeiten in Normungsgremien mit und führen wirkungsvolle Marketingmaßnahmen (Ausstellungen, Präsentationen) zur Verbreitung der PROFIBUS-Technologie durch. Die Geschäfts-

stelle (**Business Office**) koordiniert alle anfallenden Aktivitäten.

An der Entwicklung und Verbreitung der Technologie sind in den Arbeitskreisen mehr als 300 Experten aktiv.

Mitgliedschaft

Die Mitgliedschaft in der PNO steht allen Unternehmen, Verbänden, Instituten sowie Personen offen, die sich in konstruktiver Weise an der Entwicklung und Verbreitung der PROFIBUS-Technologie beteiligen wollen. Durch das gemeinsame Wirken der oft sehr unterschiedlichen und aus verschiedenen Branchen stammenden Mitglieder, speziell in den WGs, wird ein erheblicher Synergieeffekt und ein breiter Informationsaustausch generiert. Das führt zu innovativen Lösungen, effektiver Ressourcennutzung und letztlich zu Wettbewerbsvorteilen am Markt.

Arbeitskreise

Die WGs mit ihren über 300 ehrenamtlichen Mitarbeitern leisten die entscheidenden Beiträge für den Erfolg von PROFIBUS. Aus Abbildung 37 wird die thematische Gliederung der fünf TCs ersichtlich. Die weitere Unterteilung in die über 35 WGs erlaubt eine sehr spezifische Entwicklungsarbeit mit Konzentration auf bestimmte Technologien und Branchen.

Alle Mitglieder haben das Recht zur Mitarbeit in den Arbeitskreisen und können damit auf die Weiterentwicklung Einfluss nehmen. Alle neuen Arbeitsergebnisse werden den Mitgliedern zur Kommentierung vorgelegt, bevor sie durch den Beirat freigegeben werden.

Competence Center

PI unterhält weltweit 22 Competence Center und hat 7 Testlabore für Zertifizierungsarbeiten akkreditiert. Diese Einrichtungen beraten und unterstützen die Anwender und Hersteller vielfältig bzw. führen Tests zur Zertifizierung von Geräten durch. Als Einrichtung von PI bieten sie ihre Dienste im Rahmen des vereinbarten Regelwerkes firmenneutral an. Sowohl die Competence Center als auch die Testlabore werden regelmäßig auf ihre Eignung hin in einem der jeweiligen Gruppe zugeschnittenen Akkreditierungsprozess überprüft. Aktuelle Adressen finden sich auf der PROFIBUS Website.

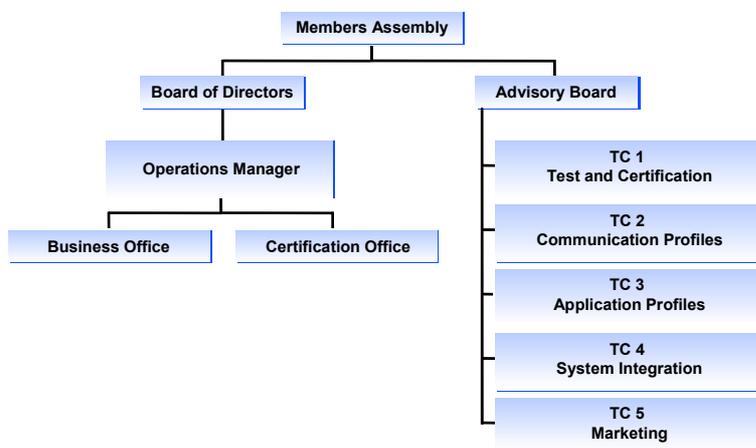


Abbildung 37: Organisation der PROFIBUS Nutzerorganisation

Dokumentation

Die PNO bietet als Support für Anwender und Hersteller eine sehr umfangreiche Dokumentation an. Diese ist in englischer Sprache ausgeführt und in folgende Kategorien unterteilt:

PROFIBUS Standard

Beinhaltet die grundlegende PROFIBUS-Spezifikation sowie eine Auswahl aus anderen Dokumenten.

PROFIBUS Guidelines

beinhalten Spezifikationen über z. B. Implementierungen, Testabläufe, Installationen, Beschreibungssprachen sowie auch anwendungsorientierte Spezifikationen wie Time Stamp oder PROFInet.

PROFIBUS Profiles

beinhalten die verabschiedeten Profilspezifikationen. Hier wird zwischen branchenspezifischen und allgemeinen Anwendungsprofilen sowie Systemprofilen unterschieden.

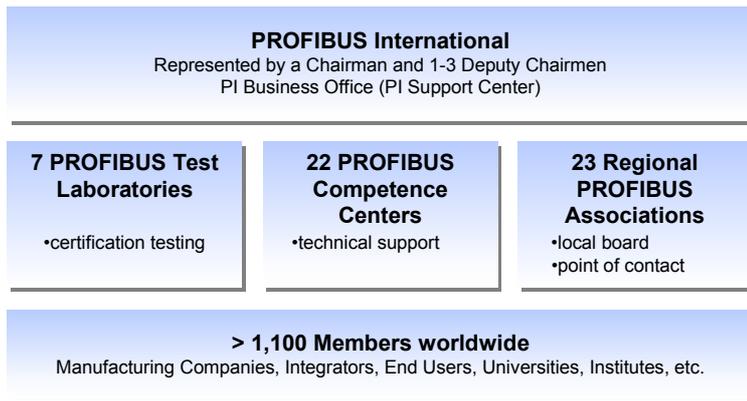


Abbildung 38: PI Organisation

Broschüren und Kataloge

Wesentliche Themen von PROFIBUS werden aus Marketingsicht in zahlreichen Broschüren präsentiert. Der über 2000 PROFIBUS-Produkte und -Dienstleistungen enthaltende Produktkatalog gibt einen sehr guten Einblick in die Leistungsfähigkeit der Mitgliedsunternehmen von PROFIBUS.

Die Dokumente liegen in PDF-Format auf der PROFIBUS Website. Bei Bedarf können sie auch als CD-ROM bezogen werden.

Eine Liste der verfügbaren Dokumentation ist ebenfalls bei der PNO oder auf der Website erhältlich.

12. Index

A

Adressierung	2
Adressierung mit Slot und Index	15
Aktuator-/Sensor-Ebene	1
Allgemeine Applikationsprofile	17
Anwendungsnutzen	1
AS-Interface	1
Azyklischen Datenverkehr	11

B

Blockmodell	21
Broadcast	3
Buszugriffssteuerung	2

C

Comm-FB	24
Competence Center	33
CPF	3

D

Daten	
Datenquerverkehr	11
Datentelegramm	2
Diagnosefunktionen	11
Dokumentation	34
DP	5
DP-V0	11
DP-V1	11
DP-V2	11
DPM	
DPM1	12
DPM2	12
DTM	25

E

EDD	25, 26
Erfolgsfaktoren	6

F

FDT/DTM-Konzept	27
Feldebene	1
FISCO-Modell	10
Fluid Power	23
FMS	5
Funktionsblock (FB)	21

G

Gerätemanagement	25
Gerätetypen	12
GSD	25

H

HART	17
Hersteller-ID	26

I

Ident Systeme	23
IEC	
IEC 61158	3
IEC 61784	3
Implementierung	31
Installationshinweise	
Installationshinweise für MBP	9
Installationshinweise für RS485	7
ISO/OSI-Schichtenmodell	2

K

Kabel, Verbindungstechnik	7
Kommunikation	5
Kommunikation in der Automatisierung	1
Konformitätstest	30

L

Leistungsstufe	
Leistungsstufe DP-V1	14
Leistungsstufe DP-V2	14
Lichtwellen-Leiter	9
Links	9

M

Masterprofile	23
MBP	8
Modulare Geräte	22

N

Netz-Topologie	7
----------------------	---

O

OPC	29
OPC DX	29

P

PA Devices	21
Physical Block (PB)	21
PROFIBUS	4
PROFIBUS International	4
PROFIBUS Nutzerorganisation	4, 33
PROFIdrive	20
Profile	3, 6
Profil-ID	26
PROFINet	3, 28
PROFINet Engineeringmodell	28
PROFINet Kommunikationsmodell	29
PROFINet Migrationmodell	29
PROFIsafe	17
Protokollchips	31

Q

Qualitätssicherung	30
--------------------------	----

R

Remote I/O	23
Repeater	7
RPA	33
RS485	
RS485	6, 7
RS485-IS	6, 8

S

Schnittstellenmodule	31
Segmentkoppler	9
SEMI	23
SIL-Monitor	17
Slave	
Slave	12
Slave-Querverkehr	14
Slave-Redundanz	18
Softwarekomponente	27
Spezifische Applikationsprofile	20
Sync und Freeze Mode	13
System	
Systemprofile	23
Systemverhalten	13

T

Taktsynchronisation	11, 15
Transducer Block (TB)	21

Ü

Übertragungstechnik	7
---------------------------	---

U

Uhrzeitsynchronisation	15
Up- und Download	15

X

XML	29
-----------	----

Z

Zeitstempelung	18
Zell-Ebene	1
Zertifikatserteilung	30
Zyklischer Datenverkehr	13

PROFIBUS

Systembeschreibung
Version August 2002

Bestellnummer 4.001

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 in diesem Buch wiedergegebenen Bezeichnungen können Warenzeichen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann. Die Angaben in dieser Broschüre werden jedoch regelmäßig überprüft. Notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten. Für Verbesserungsvorschläge sind wir dankbar.

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 OSITech 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

Association 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
1.Jiaochangkou 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
Gall. Spagna, 28
35127 Padova
Phone ++39 049 870 5361
Fax ++39 049 870 3255
pni@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
c/o Endress + Hauser
1 Int. Bus. Park #01-11/12 The Synergy
609917 Singapore
Phone ++65 566 1332
Fax ++65 565 0789
southeastasia@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Southern Africa
P.O. Box 26 260
East Rand
Phone ++27 11 397 2900
Fax ++27 11 397 4428
southernafrica@profibus.com

PROFIBUS i Sverige
Kommandörsgatan 3
28135 Hässleholm
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
76131 Karlsruhe
Phone ++49 721 96 58 590
Fax ++49 721 96 58 589
info@profibus.com
www.profibus.com

© Copyright by PNO 08/02
all rights reserved