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

1. 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 Anwen- derforderungen nach Herstellerunabhängigkeit und Offenheit erfüllt und die Kommunikation untereinander von Geräten verschiedener Hersteller ohne Anpassungen an den Geräten garantiert.

1.1 Geschichte

Die Geschichte von PROFIBUS geht auf ein 1987 in Deutschland gestartetes öffentlich gefördertes Verbundvorhaben zurück, für welches 21 Firmen und Institute einen Projektraahmenplan "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 funktional skalierbaren Versionen DP-V0, DP-V1 und DP-V2 vor.

1.2 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. Heute ist PROFIBUS Feldbus-Weltmarktführer mit über 20% Marktanteil über alle Branchen, ca. 500.000 realisierten Anwendungen und mehr als 5 Mio. Knoten der über 2000 verfügbaren PROFIBUS-Produkten zahlreicher Hersteller.

1.3 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 und für den Anwender nützlicher Technologien und *Verpflichtung* für die Verantwortlichen dieser Nutzergemeinschaft, PROFIBUS auch in Zukunft unvermindert an den

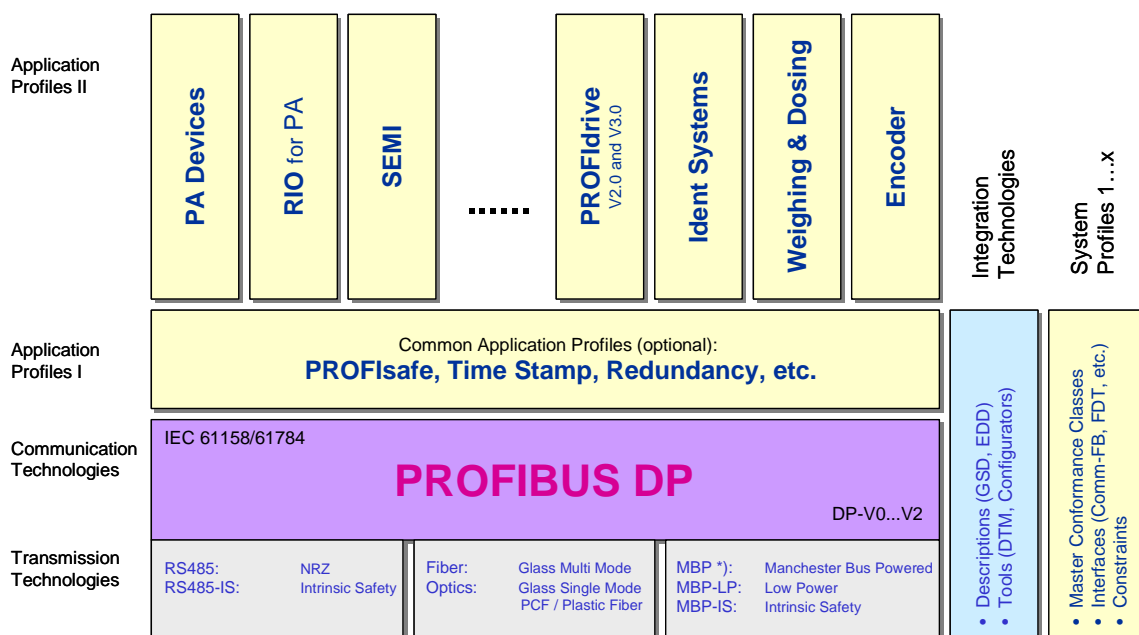


Abbildung 1: Systemaufbau PROFIBUS

Zielen Offenheit und Investitionsschutz auszurichten. Diese Verpflichtung wurde formuliert und dient als Richtschnur für alle Beteiligten.

1.4 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 beweisen die hohe Akzeptanz dieser Feldbustechnologie.

Aus technologischer Sicht

orientiert sich der Systemaufbau von PROFIBUS (Abbildung 1) 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 1 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 1:

- 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.

Aus Anwendersicht stellt sich PROFIBUS in Form von verschiedenen anwendungstypischen Schwerpunkten vor, die nicht fest definiert wurden, sondern sich aus

häufigen Anwendungen als sinnvoll ergeben haben. Jeder Schwerpunkt 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 2).

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 *PROFIdrive*.

PROFIsafe ist die Variante für sicherheitsrelevante Anwendungen (universeller Einsatz in nahezu allen Industrien), mit RS485 oder MBP-IS als Übertragungstechnik, einer der möglichen Leistungsstufen von DP zur Kommunikation und dem Applikationsprofil *PROFIsafe*.

1.4.1 Übertragungstechniken

Für PROFIBUS steht eine Reihe von Übertragungstechniken zur Verfügung.

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 2.1.2) mit nur einer eigensicheren Quelle stellen hier alle Teilnehmer aktive Quellen dar.

Für Anwendungen in der Prozessautomatisierung mit der Forderung nach Busspeisung und Eigensicherheit der Geräte steht die Übertragungstechnik **MBP (Manchester Coded, Bus Powered)**, früher "IEC 1158-2 - Physik", siehe Kapitel 2.1) zur Verfügung. Das für die Zusammenschaltung von eigensicheren Feldbus-Geräten speziell entwickelte „Fieldbus Intrinsically Safe Concept“ (FISCO, siehe Kapitel 2.1.2) vereinfacht die Konzeption und die Installation gegenüber der bisher üblichen Vorgehensweise erheblich.

Für den Einsatz in Bereichen mit hohem elektromagnetischen Störpotenzial oder mit großen Distanzen bieten sich **Lichtwellenleiter** (siehe Kapitel 2.1.3) an.

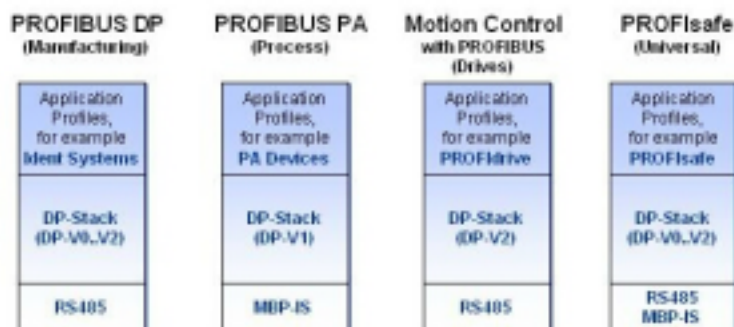


Abbildung 2: Typische, anwendungsorientierte Ausprägungen von PROFIBUS

1.4.2 Kommunikationsprotokolle

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.

FMS (Fieldbus 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 aufwärtskompatiblen 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 3). 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 Dienste für den zyklischen und azyklischen Datenaustausch an.

1.4.3 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.

1.5 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 Unternehmensleitungsebene.

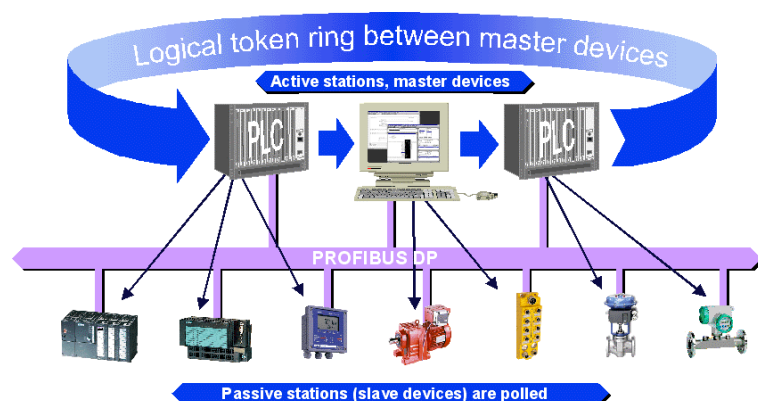


Abbildung 3: PROFIBUS-Struktur mit aktiven Mastern und Slaves

2. PROFIBUS Übertragung und Kommunikation

2.1 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.

Übertragungsrate [kBit/s]	Reichweite pro Segment [m]
9,6; 19,2; 45,45; 93,75	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 1: 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.

2.1.1 Übertragung gemäß RS485

Die einfache und kostengünstige Übertragungstechnik RS485 wird bevorzugt für Aufgaben verwendet, die eine hohe Übertragungsrate erfordern. Es wird ein verdichtetes, geschirmtes 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 4), 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 *Leitungsverstärker (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 erhält-

lich. Bei Verwendung der RS485 Übertragungstechnik wird die Verwendung des *Kabeltyp A* (Daten in Tabelle 1) 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 Schirmschellen 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 Stichleitungen unbedingt zu vermeiden.

Die am Markt angebotenen Stecker bieten die Möglichkeit, das kommende und das gehende Datenkabel direkt im Stecker zu verbinden. Dadurch werden Stichleitungen 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 die Peripheriegeräte über Kupfer-

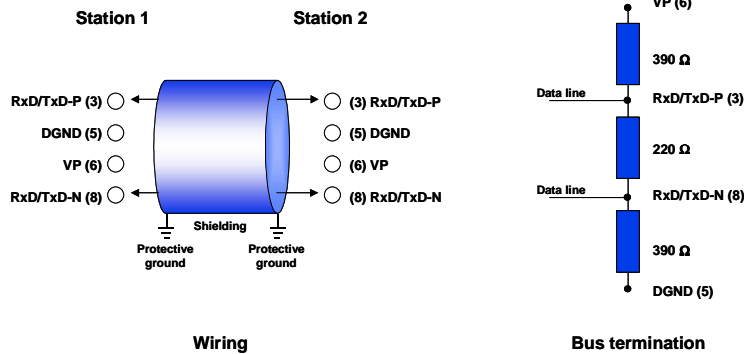


Abbildung 4: Verkabelung und Busabschluss für RS485-Übertragungstechnik

kabel in einem gemeinsamen Hybriddrahtkabel 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 maximale 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.

2.1.2 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

	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	Multimode und Singlemode Glasfaser, PCF, Kunststofffaser
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	bis zu 32 Teilnehmer je Segment ohne, bis 126 pro Netz mit Repeater	bis zu 32 Teilnehmer je Segment; in Summe max. 126 pro Netz	Bis zu 126 Teilnehmer pro Netz
Anzahl Repeater	max. 4 Repeater	max. 9 Repeater mit Signalauffrischung	max. 9 Repeater mit Signalauffrischung	mit Signalauffrischung unbegrenzt (Signallaufzeit beachten)

Tabelle 2: Übertragungstechniken (Physical Layer) bei PROFIBUS

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 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 2 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 5).

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 Stickleitungen 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 Leitung-

abschluss 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 2.1.4).

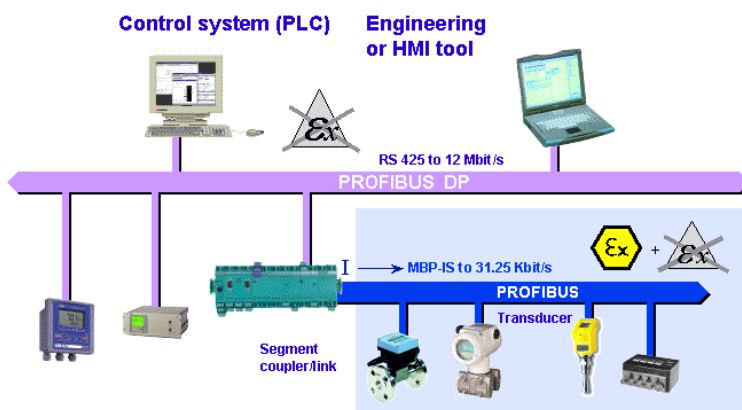


Abbildung 5: Anlagen-Topologie und Busspeisung der Feldgeräte bei Verwendung der MBP-Übertragungstechnik

2.1.3 Optische Übertragungstechnik

Es gibt Feldbus-Einsatzbedingungen, bei denen eine drahtgebundene Übertragungstechnik ihre Grenzen hat, beispielsweise bei stark störbehafteter Umgebung oder bei der Überbrückung besonders großer Entfernungen. In diesen Fällen steht die optische Übertragung mittels **Lichtwellen-Leitern (LWL)** zur Verfügung. Die PROFIBUS-Richtlinie 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 3 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.

2.1.4 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 Deutsch-

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 3: Eigenschaften von Lichtwellenleitern

Randbedingungen zur Anwendung von FISCO

- Es darf je Feldbussegment nur eine Speisequelle geben
- Alle Busteilnehmer müssen nach FISCO zugelassen sein
- Die Kabellänge darf 1000 m (Zündschutzart i, Kategorie a) bzw. 1900 m (Zündschutzart i, Kategorie b) nicht überschreiten
- Das Kabel muss folgende Werte erfüllen:
 - $R' = 15 \dots 150 \Omega/\text{km}$
 - $L' = 0,4 \dots 1 \text{mH}/\text{km}$
 - $C' = 80 \dots 200 \text{nF}/\text{km}$
- Bei allen Kombinationen zwischen Speisegerät und Feldgeräten muss sichergestellt sein, dass die zulässigen Eingangsgrößen eines jeden Feldgeräts (U_i , I_i , und P_i) größer sind als die im Fehlerfall möglichen und zulässigen maximalen Ausgangsgrößen (U_0 , I_0 und P_0) des zugehörigen Speisegeräts.

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

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

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 (Deutschland) oder UL (USA) u. a. 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) 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.

2.2 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 6). 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:

DP-V0 stellt die Grundfunktionalitäten von DP zur Verfügung. Dazu gehören der zyklische Datenaustausch sowie die stations-, modul- und kanalspezifische Diagnose.

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 Alarmer. Dazu gehören unter anderem der Status-

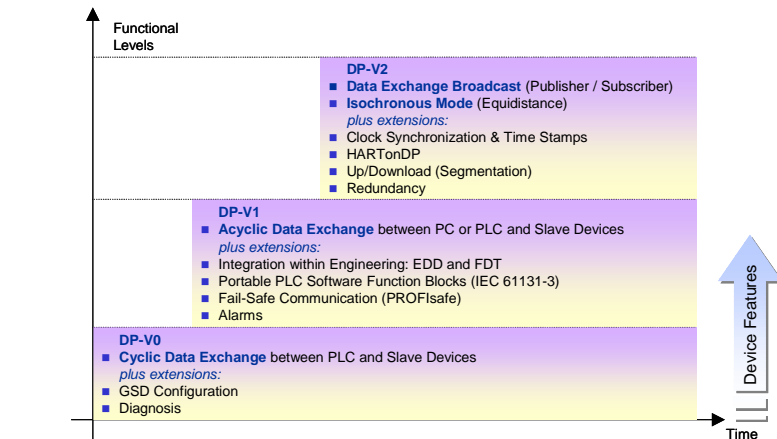


Abbildung 6: Funktionalitäten der PROFIBUS DP-Leistungsstufen mit Schwerpunkten

alarm, Update-Alarm und ein herstellereinspezifischer Alarm.

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 störssichere Übertragungstechnik gewährleistet sein. Bei DP-V0 wurden diese Eigenschaften optimal kombiniert

(Zusammenfassung siehe in Tabelle 4).

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, Mess-

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 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 4: DP-V0 in der Übersicht

umformer, Analysengerät), welches Prozessinformationen einliest 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 8 ist die Systemkonfiguration eines Mono-Master-Systems dargestellt. Die SPS-Steuerung ist die zentrale Steuerungskomponente. 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, sobald ein Slave nicht mehr bereit für die Nutzdatenübertragung ist.

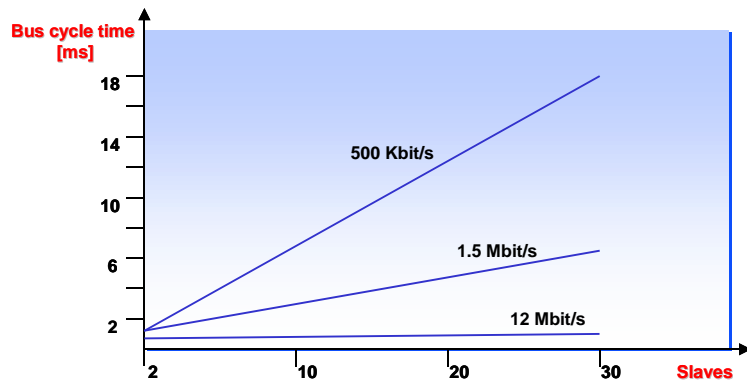


Abbildung 7: Buszykluszeiten eines DP Mono-Master-Systems Randbedingungen: Jeder Slave hat je 2 Byte Eingangs- und Ausgangsdaten

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 ausgenommen 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 aufnimmt, 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 Längeninformationen 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.

Die Slaves beginnen den **Sync-Mode**, wenn sie vom zugeordneten

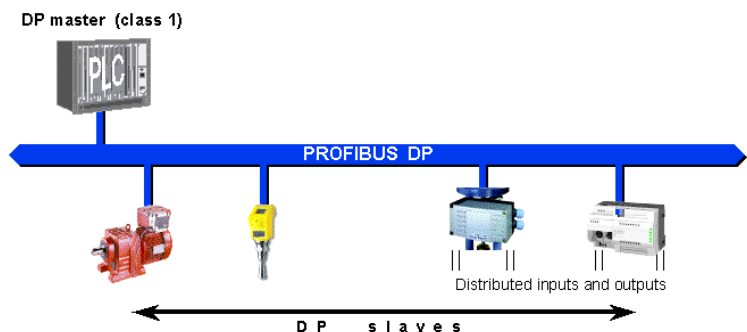


Abbildung 8: PROFIBUS DP Mono-Master System



Abbildung 9: Zyklische Nutzdatenübertragung bei DP

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 informiert. 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 selbständig in den sicheren Zustand.

Zusätzlich ist für die 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 11 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 11) 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 5 dargestellt.

Erweiterte Diagnose

Als weitere Funktion wurde bei DP-V1 die gerätebezogene Diagnose verfeinert und in die Kategorien Alarme und Statusmeldungen untergliedert (Abbildung 10).

3.2.3 Leistungsstufe DP-V2

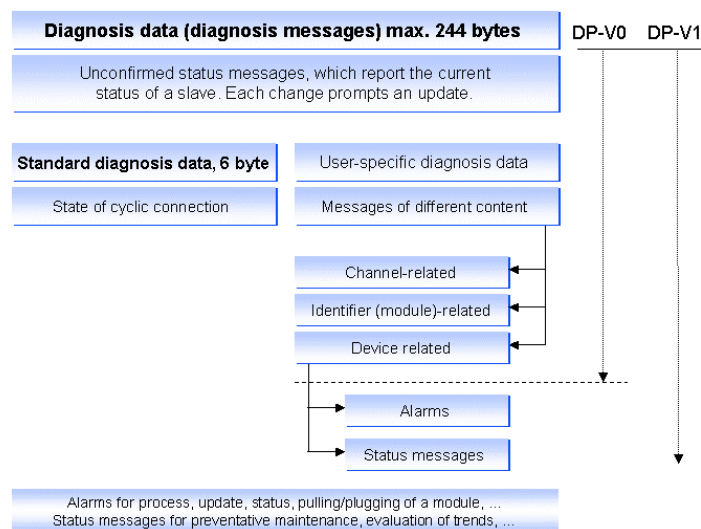


Abbildung 10: Struktur der Diagnosemeldungen bei DP-V0 und DP-V1

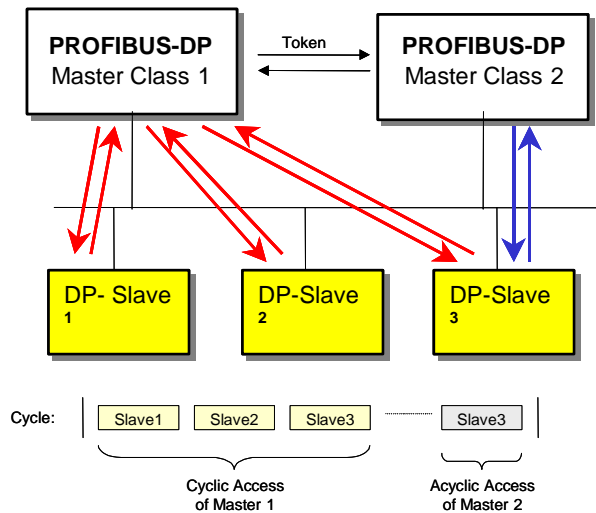


Abbildung 11: Zyklische und azyklische Kommunikation bei DP-V1

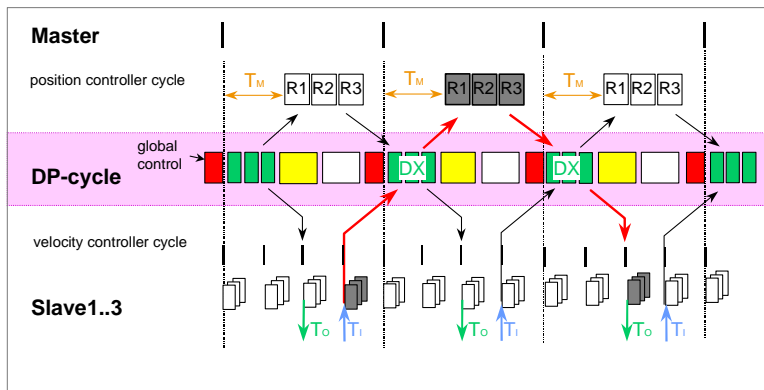


Abbildung 12: Isochronous Mode

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 zurücker an den koordinierenden Master sondern direkt auch an andere, in den Ablauf eingebundenen Slaves, den sogenannten "Subscriberr" (Abbildung 13). 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 Mikrosekunde können damit hochgenaue Positioniervorgänge realisiert

werden. Dabei werden alle beteiligten Gerätezyklen durch ein Broadcast-Telegramm "global control" auf den Bus-Masterzyklus synchronisiert. Ein spezielles Lebenszeichen (laufende Nummer)

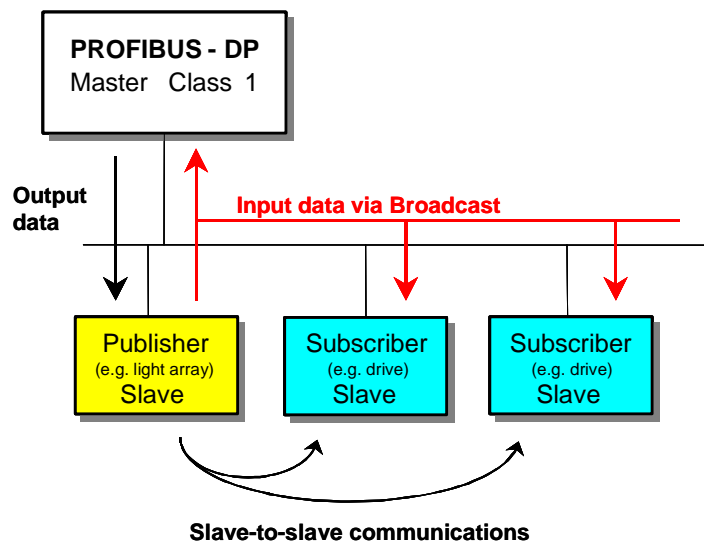


Abbildung 13: Slave-Slave Querverkehr

gestattet die Überwachung der Synchronisation. In Abbildung 12 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_1) über die Regelung (R_x) bis hin zur Soll-Datenausgabe (T_0), 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 (Load Region)

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

Function Invocation

Die Dienste der Function Invocation erlauben die Beeinflussung (Starten, Stoppen, Rücksetzen,

Dienste für azyklischen Datenverkehr zwischen DPM1 und Slaves	
Read	Der Master liest einen Datenblock beim Slave
Write	Der Master schreibt einen Datenblock beim Master
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.
Alarm_Acknowledge	Der Master bestätigt den Erhalt einer Alarmmeldung an den Slave
Status	Eine Statusmeldung wird vom Slave zum Master übertragen. Es erfolgt keine Bestätigung.
Die Datenübertragung erfolgt verbindungsorientiert über eine MS1-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 parametrisiert und konfiguriert hat.	

Dienste für azyklischen Datenverkehr zwischen DPM2 und Slaves	
Initiate Abort	Aufbau bzw. Abbau einer Verbindung für azyklischen Datenverkehr zwischen dem DPM2 und dem Slave
Read	Der Master liest einen Datenblock beim Slave
Write	Der Master schreibt einen Datenblock beim Slave
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 MS2-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 MS2-Verbindungen zeitgleich unterhalten. Eine Begrenzung ist durch die im Slave verfügbaren Ressourcen gegeben.	

Tabelle 5: Dienste für den azyklischen Datenverkehr

Wiederanlauf) von Programmen oder den Aufruf (Call) von Funktionen (z.B. Messwert ermitteln) in einem DP-Slave.

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 beim azyklischen Datenverkehr wird dieses Modell zugrunde gelegt. Alle für Schreib- oder Lesezugriffe freigegebenen Datenblöcke werden ebenfalls als den Modulen 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 14). Bei modularen Geräten ist die Slot-Number den Modulen zugeordnet. Die Module beginnen bei 1 und 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.

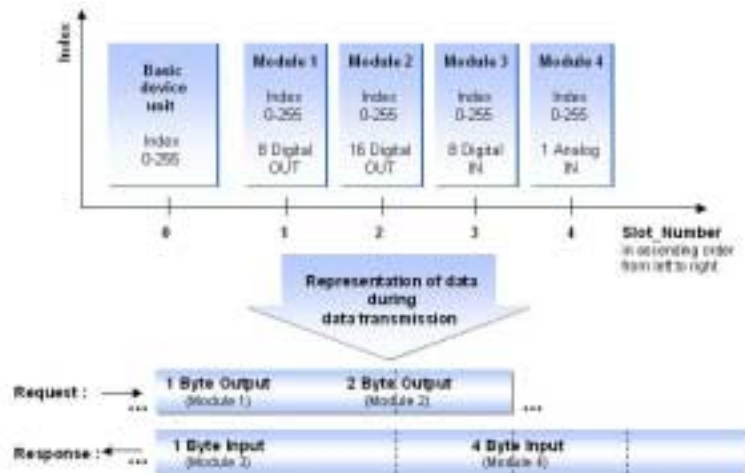


Abbildung 14: Adressierung mit Slot und Index

3. 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.

3.1 Standardkomponenten

Schnittstellenmodule

Für niedrige bis mittlere Stückzahlen eignen sich PROFIBUS-Schnittstellenmodule. Diese bis zu scheckkartengroßen 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-

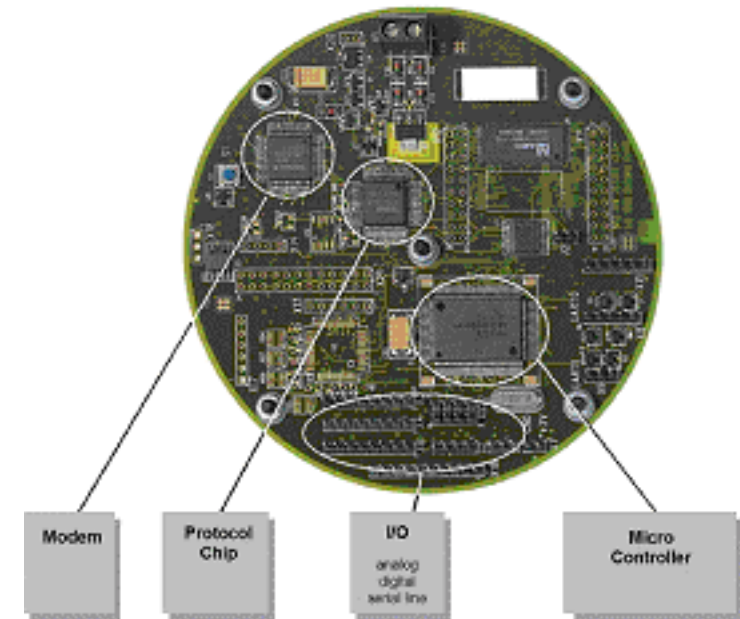


Abbildung 15: Beispiel für die Implementierung eines PROFIBUS-Slaves

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.

3.2 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 15 dargestellt.

Besondere Hinweise für die Realisierung des Busanschlusses für Feldgeräte mit MBP-Übertragungstechnik können der entsprechenden technischen PNO-Richtlinie 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.

PROFIBUS

Systembeschreibung

Herausgeber

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

Haftungsausschluss

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

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

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

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