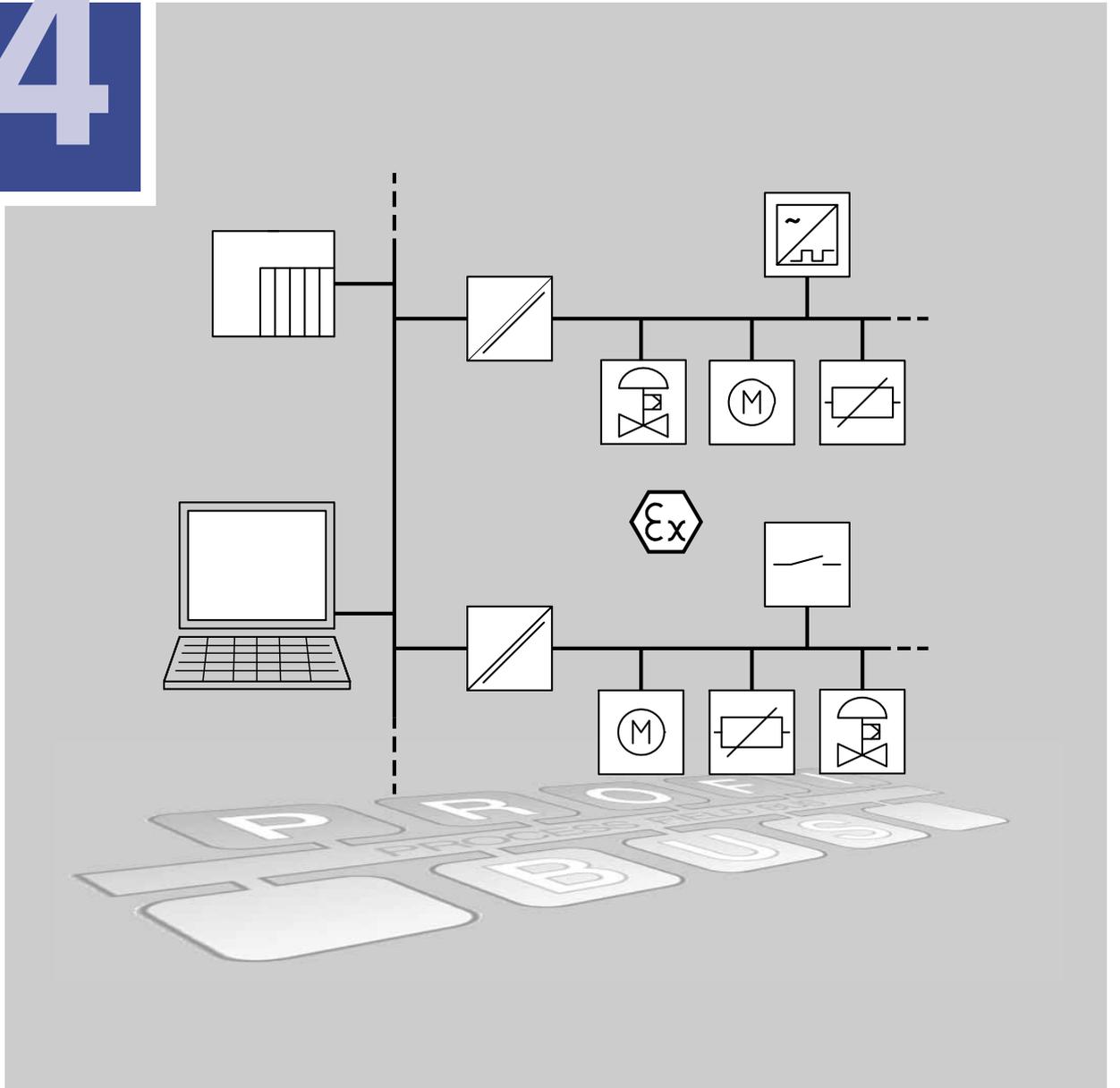


PROFIBUS-PA

4



Teil 4 Kommunikation



Technische Informationen

Teil 1: Grundlagen

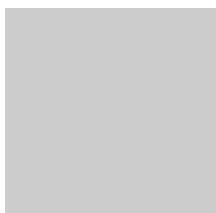
Teil 2: Regler ohne Hilfsenergie

Teil 3: Stellventile

Teil 4: Kommunikation

Teil 5: Gebäudeautomation

Teil 6: Prozessautomation



Bitte richten Sie Rückfragen und Anregungen an:

SAMSON AG
V74 / Schulung
Weismüllerstraße 3
60314 Frankfurt

Telefon (069) 4 00 94 67
Telefax (069) 4 00 97 16
E-Mail: schulung@samson.de
Internet: <http://www.samson.de>

PROFIBUS-PA

Einleitung	5
ISP-Spezifikation	8
Zertifizierung der Geräte	9
Anwendungsbereich	10
Terminologie: Master und Slave	11
OSI-Schichtmodell.	13
Physikalische Schicht	14
Segmentkoppler	15
Eigensicherheit und Busspeisung	17
IEC 61 158-2 Übertragungstechnik	18
Geräteanschluss und Busabschluss	20
Netztopologien eines PROFIBUS-Systems	21
Sicherheitsschicht	23
Buszugriff und Adressierung	23
Telegrammaufbau	24
Leistungsdaten	24
Schicht-2-Kommunikationsdienste	26
Anwenderschnittstelle	27
DDL und User-Interface	27
Gerätstammdaten	29
Geräteprofile	31
Einteilung der Parameter	31

Funktionsblockmodell	32
PROFIL A und B.	35
Gerätebeschreibung und Field-Device-Tool Spezifikation	38
Kommunikationsablauf und Fehler-Schutzmechanismen	40
Anhang A1: Ergänzende Literatur	42

INHALT

Einleitung

PROFIBUS-PA ist eine von drei zueinander kompatiblen Varianten der PROFIBUS-Familie. PROFIBUS ist ein offenes, herstellernerutrales Bussystem, das in der DIN 19 245 genormt ist. Seit März 1996 wurde diese Norm unverändert in die Europäische Norm EN 50 170 Volume 2 übernommen.

drei PROFIBUS-Varianten

Die neuen Spezifikationen des PROFIBUS-PA legte bislang die DIN E 19 245 Teil 4 fest (E = Entwurf). Inzwischen hat das Normungsgremium der CENELEC TC 65 CX diese Erweiterungen in die EN 50 170 als Anhang integriert.

Für verschiedene Anwendungsbereiche sind damit folgende Varianten spezifiziert (Bild 1):

- ▶ PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification),
- ▶ PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery) und
- ▶ PROFIBUS-PA (Process Automation).

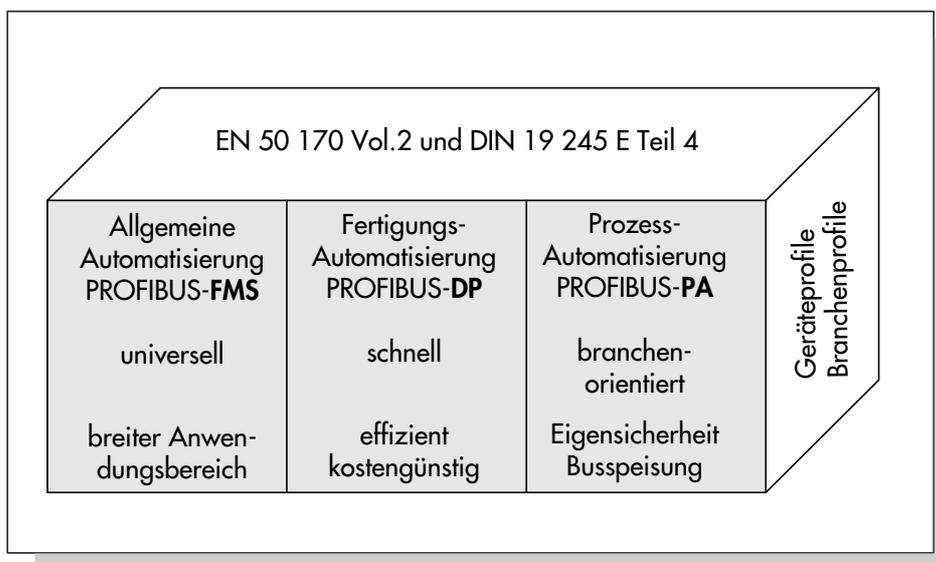


Bild 1: PROFIBUS-Varianten

**PROFIBUS-FMS mit
großem
Funktionsumfang**

Die Variante FMS bietet einen großen Funktionsumfang und ist deshalb vergleichsweise aufwendig zu implementieren. Mit den leistungsfähigen FMS-Services (Fieldbus Message Specification) sind auch anspruchsvolle Kommunikationsaufgaben zu bewältigen. Diese PROFIBUS-Variante unterstützt sowohl die Kommunikation zwischen Automationssystemen (z.B. speicherprogrammierbare Steuerungen und Automationsstationen) als auch den Datenaustausch mit Feldgeräten. Im Bereich mittlerer Übertragungsgeschwindigkeiten kann FMS deshalb in einem breiten Anwendungsbereich eingesetzt werden.

**PROFIBUS-DP für hohe
Geschwindigkeit**

Die Variante DP (Decentralized Peripherie) ist die auf hohe Geschwindigkeit ausgelegte PROFIBUS-Lösung. Sie ist speziell für die Kommunikation zwischen Automatisierungssystemen und den dezentralen Peripheriegeräten optimiert und ermöglicht die Übertragung von 1 KByte Ein- und Ausgangsdaten in weniger als 2 ms. Damit können auch sehr zeitkritische Kommunikationsaufgaben gelöst werden.

**zyklischer
Datenaustausch
für die Regelung**

PROFIBUS-DP verwendet zur Kommunikation ausschließlich einen zyklischen Datenverkehr. Dabei tauscht jedes Feldgerät in einer festgelegten Zykluszeit seine Ein- und Ausgabedaten mit dem Automatisierungsgerät, dem Klasse-1-Master, aus.

**Bedienen und
Beobachten mit dem
Klasse-2-Master**

In der Verfahrenstechnik und bei der Gebäude- und Prozessautomation benötigt man neben dem Automatisierungsgerät zusätzlich ein Visualisierungsgerät zum Bedienen und Beobachten. Dieser Klasse-2-Master ist zuständig für die vielseitigen Inbetriebnahme-, Parametrierungs- und Überwachungsfunktionen der modernen Feldgeräte. Hier ist es erforderlich, dass Gerätedaten im laufenden Betrieb unabhängig vom Regelzyklus gelesen oder geschrieben werden müssen.

**azyklische Dienste für
Inbetriebnahme,
Parametrierung und
Überwachung**

Da die ursprüngliche DP-Spezifikation keine speziellen Dienste für diese Aufgabenstellungen bot, wurden 1997 entsprechende Funktionserweiterungen definiert. Diese Erweiterungen können optional implementiert werden und sind abwärtskompatibel zum existierenden DP-Protokoll. Die funktionserweiterte DP-Variante wird als PROFIBUS-DPV1 bezeichnet. Sie bietet neben den zyklischen DP-Kommunikationsdiensten auch azyklische Dienste für Alarmmeldungen, Diagnose, Parametrierung und Steuerung der Feldgeräte.

**PROFIBUS-PA für die
Prozessautomatisierung**

Die dritte PROFIBUS-Variante PROFIBUS-PA berücksichtigt die speziellen Anforderungen der Prozessautomatisierung. Die PA-Kommunikation baut

auf den Diensten von DPV1 auf und wird als Teilsystem eines übergeordneten DP-Kommunikationssystems verwirklicht. Im Gegensatz zu den Automatisierungsanwendungen in der Fertigungstechnik, welche kurze Zykluszeiten von wenigen Millisekunden fordern, stehen bei der Prozessautomation andere Merkmale im Vordergrund:

- ▶ Eigensicherheit des Übertragungsverfahrens,
- ▶ Speisung der Feldgeräte über das Buskabel,
- ▶ Zuverlässigkeit bei der Datenübertragung und
- ▶ Interoperabilität (Standardisierung der Gerätefunktionen).

**wichtige Merkmale für
PROFIBUS-PA**

Die Aspekte Eigensicherheit und Busspeisung waren bei der Normung von PROFIBUS zunächst zurückgestellt. Erst mit der Veröffentlichung des internationalen Standards IEC 1 158-2 im Oktober 1994 wurde eine für diesen Anwendungsbereich geeignete Übertragungstechnik international spezifiziert und später als EN 61 158-2 in das europäische Normenwerk aufgenommen. Die im März 1995 veröffentlichte PROFIBUS-PA-Spezifikation sieht diese Übertragungstechnik für eigensichere Installationen und busgespeiste Feldgeräte vor.

**einheitliches
Buszugriffsprotokoll**

Alle drei PROFIBUS-Varianten nutzen ein einheitliches Buszugriffsverfahren. Sie können auch dieselbe Übertragungstechnik verwenden (RS 485) und dann simultan an derselben Busleitung arbeiten. Als Übertragungsmedium kommen entweder geschirmte Zweidrahtleitungen, – bei FMS oder DP – auch Lichtwellenleiter (LWL) oder die Funkübertragung zum Einsatz.

ISP-Spezifikation

Der Feldbus PROFIBUS-PA basiert im wesentlichen auf der Spezifikation ISP 3.0, welche von dem ISP-Konsortium (Interoperable Systems Project) ausgearbeitet worden ist. Diese international besetzte Firmengruppe hatte sich mit dem Ziel gebildet, einen international einheitlichen Feldbusstandard zu schaffen. Die Arbeiten wurden nicht beendet, da sich die beteiligten Unternehmen aus technischen und wirtschaftspolitischen Gründen neu orientierten. Durch einen Kooperationsvertrag mit ISP war es der PROFIBUS Nutzerorganisation (PNO) möglich die Entwicklungsergebnisse des ISP-Projekts zu übernehmen, die begonnenen Arbeiten zu beenden und die resultierende Lösung in die PROFIBUS-Familie zu integrieren (Bild 2).

**Umstieg auf
einheitlichen Feldbus-
Standard soll möglich
bleiben**

Auch für die zukünftige Entwicklung sollen weitere Kooperationsverträge zwischen der PNO und der Fieldbus Foundation (FF, siehe Lit.[6]) sicherstellen, dass für die Anwenderschnittstelle – Funktionsblöcke, Geräteprofile, Gerätebeschreibung – möglichst international einheitliche Lösungen geschaffen werden. Ziel ist es, die Kompatibilität zu einem zukünftigen, international genormten IEC-Feldbus zu gewährleisten. Der Übergang von PROFIBUS auf einen möglichen IEC-Feldbus-Standard soll für den Anwender ohne Rückwirkungen bleiben.

Die Vorteile dieser Vorgehensweise zeigt sich darin, dass mittlerweile viele bedeutende Anbieter (Endress + Hauser, Hartmann und Braun, Krohne, Pepperl+Fuchs, SAMSON, Siemens u.a.) PROFIBUS-PA Produkte vertreiben und

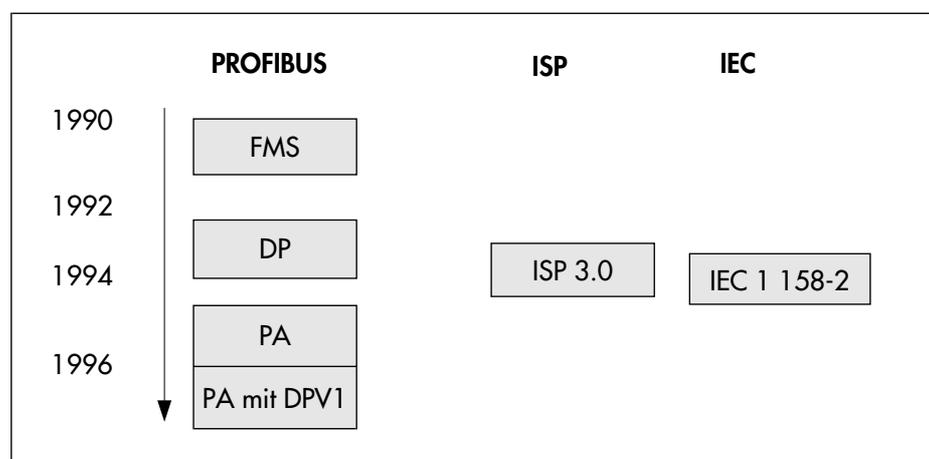


Bild 2: Geschichtliche Entwicklung

bereits verschiedene Anlagen (z.B.: Bitburger Brauerei, Cerestar, DEA, Wacker Chemie) erfolgreich in Betrieb genommen worden sind.

Zertifizierung der Geräte

Ein genormter, offener Busstandard funktioniert nur, wenn sichergestellt ist, dass die eingesetzten Geräte die Normvorgaben erfüllen. Um dies zu gewährleisten, können Hersteller ihre Geräte zertifizieren lassen. Die Zertifizierung führen von der PROFIBUS-Nutzerorganisation (PNO) akkreditierte, herstellerneutrale Prüflabore durch. Der zugehörige Test beinhaltet hardwarenahe Messungen, die Prüfung der Funktionalität und schließlich die Erprobung der Interoperabilität. Die Interoperabilität sagt aus, dass PROFIBUS-fähige Geräte von verschiedenen Herstellern innerhalb eines Systems korrekt zusammenarbeiten.

**Labore prüfen
Konformität und
Interoperabilität**

Anwendungsbereich

**Feldkommunikation
ersetzt das
Analogsignal**

Im Bereich der Prozessautomatisierung verbindet PROFIBUS-PA die Prozessleitstationen und Automatisierungssysteme mit den Feldgeräten und ersetzt damit die analoge 4 bis 20 mA-Übertragungstechnik. Neben der einfachen Inbetriebnahme und Selbstdiagnose bietet die schnelle Feldbus-Kommunikation die Möglichkeit, echtzeitfähige Zustandsregelungen zu realisieren sowie Status- und Fehlermeldungen prozessparallel zu überwachen.

**Kosteneinsparung
und Gewinn an
Funktionalität**

Eine Studie der NAMUR (Normungsausschuss der Mess- und Regelungs-technischen Industrie, AK 3.5) hat ergeben, dass sich gegenüber konventioneller Technik durch Einsparungen bei der Planung und Verkabelung sowie der Inbetriebnahme und Wartung Kostenreduzierungen von mehr als 40 % ergeben. Gleichzeitig erreicht man einen erheblichen Gewinn an Funktionalität und Sicherheit. Die wesentlichen Unterschiede zur herkömmlichen Verdrahtung und das mögliche Einsparpotential sind in Bild 3 und 4 schematisch dargestellt.

**busgespeiste kompakte
Feldgeräte bieten
vielfältige
Einsatzmöglichkeiten**

PROFIBUS-PA wurde in erster Linie für Anwendungen im Ex-Bereich konzipiert. Aufgrund der Möglichkeit der Busspeisung bietet er sich jedoch auch für andere Produktionsanlagen an. Die Bustechnologie in Verbindung mit der Zweileiter-Technik vereinfacht in vielen Bereichen die Ausführung von Anlagen, ohne dass man dabei auf bekannte Gerätestandards und Anschlusstechniken verzichten muss.

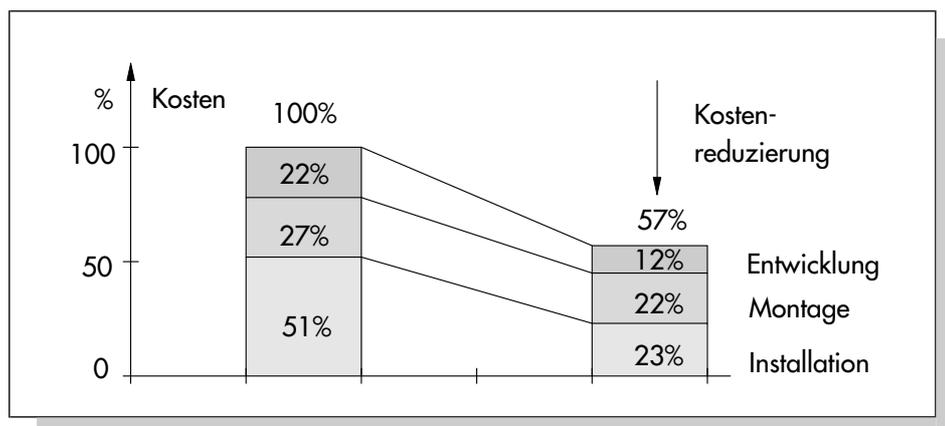


Bild 3: Kosteneinsparungen beim Einsatz von Feldbussystemen
(Dr. Rathje, Bayer AG: Beispielrechnung für PROFIBUS-PA)

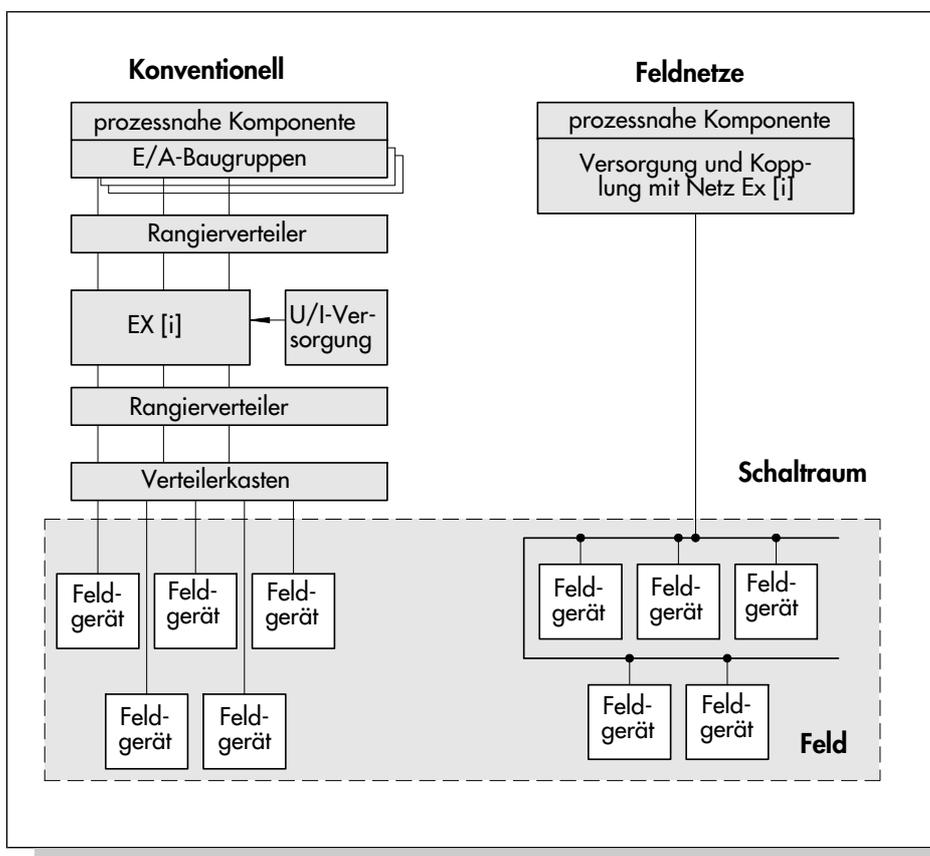


Bild 4: Vergleich der Übertragungstechnik: Konventionelle und Feldnetz-Verdrahtung im Ex-Bereich

Terminologie: Master und Slave

Der Vergleich in Bild 4 zeigt schematisch die Veränderungen in der Verdrahtung bei einem Bussystem. Damit einher geht eine erweiterte Funktionalität der Geräte sowie eine neue Terminologie.

Man unterscheidet bei PROFIBUS-PA – wie auch bei DP – zwischen drei Gerätetypen:

- ▶ Als Klasse-1-Master (DPM1) bezeichnet man die zentrale Steuereinheit der Anlage, z.B. eine SPS, welche mit den Feldgeräten zyklisch Daten austauscht. Übertragen werden alle zur Regelung der Anlage erforderlichen Mess- und Sollwerte, sowie zusätzliche Informationen über den Status der Geräte. Der Vergleich zur konventionellen Technik ergibt: die zyklische Kommunikation des Klasse-1-Masters übernimmt die Aufgaben der analogen 4 bis 20 mA-Einheitssignale und ermöglicht darüber hinaus einen bidirektionalen Datenaustausch von Daten.

Klasse-1-, Klasse-2-Master und Slaves

vorwiegend zyklischer Datenaustausch

Anmerkung: Die DPV1-Dienste ermöglichen dem Klasse-1-Master auch den azyklischen Zugriff auf Feldgeräte-Daten. Die am Markt verfügbaren Master und die aktuelle GSD-Spezifikation unterstützen diese Funktion jedoch noch nicht (siehe auch Seite 29: Gerätstammdaten).

**nur azyklische
Kommunikation**

- ▶ Klasse-2-Master (DPM2) werden für die Anlagenüberwachung und Bedienung sowie während der Inbetriebnahme eingesetzt. Der dazugehörige Datenaustausch findet bei Bedarf statt, weshalb beim Klasse-2-Master ausschließlich azyklische Kommunikationsdienste benötigt werden.

**beantworten Anfragen
von den Mastern**

- ▶ Als Slaves bezeichnet man die Peripherie- bzw. Feldgeräte, die nur dann kommunizieren, wenn sie von einem Master dazu aufgefordert wurden.
 - Aktoren erhalten Eingangsinformationen vom Master und wirken aktiv auf den Prozess ein.
 - Sensoren lesen Zustände und Daten vom Prozess ein und stellen diese Informationen den Mastern zur Verfügung.

OSI-Schichtmodell

Alle PROFIBUS-Varianten basieren auf dem ISO/OSI-Referenzmodell für Kommunikationsnetze (siehe ISO 7 498 und Lit.[3]). Aufgrund der Anforderungen im Feldbereich sind aus Effizienzgründen – wie bei den meisten Feldnetzen – nur die Schichten eins und zwei sowie bei der FMS-Variante die Schicht sieben ausgeprägt (Bild 5).

nur OSI-Schicht 1 und 2

Bei den drei PROFIBUS-Varianten sind die beiden unteren Schichten weitgehend identisch. Weit größer sind die Unterschiede in den oberen Schichten, d.h. in der Schnittstelle zum Anwendungsprogramm (siehe Seite 27).

spezielle Anwendungsschnittstellen

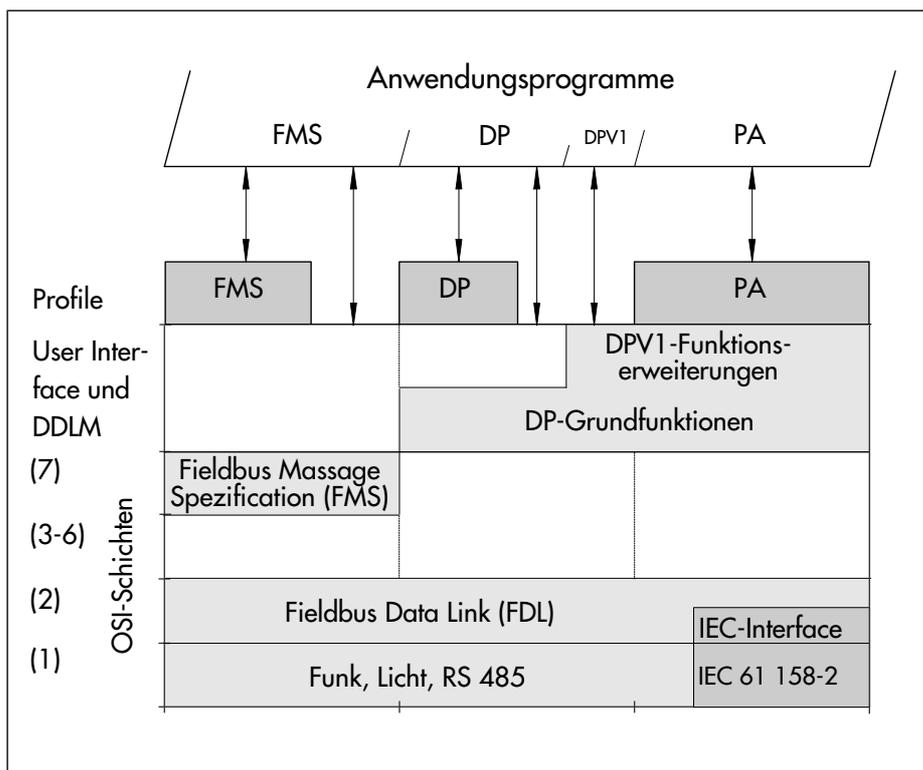


Bild 5: Schichtenstruktur der PROFIBUS-Kommunikation

PROFIBUS-PA		
Übertragungsphysik	RS 485	IEC 61 158-2
Übertragungsrate	9,6 bis 1200 kBit/s	31,25 kBit/s
Eigensicherheit	–	möglich
Busspeisung	–	möglich

Bild 6: Physikalische Schicht von PROFIBUS-PA

Physikalische Schicht

Die Übertragungstechnik für PROFIBUS-PA kann verschieden instrumentiert werden (siehe Bild 6 und Lit.[2]):

**RS 485 oder
IEC 61 158-2**

- ▶ entweder mit dem RS 485-Standard oder
- ▶ entsprechend der IEC 61 158-2, welche speziell für den Ex-Bereich und die Busspeisung spezifiziert wurde. Von den vier Varianten der IEC 61 158-2 nutzt PROFIBUS-PA den Voltage-Mode mit 31,25 kBit/s.

Bei der Verwendung der RS 485 ist ein gemischter Betrieb von PROFIBUS-FMS, -DP und -PA über eine gemeinsame Busleitung möglich. Für die eigensichere Übertragung im Ex-Bereich ist hingegen zwingend die IEC-61 158-2-Technik zu installieren.

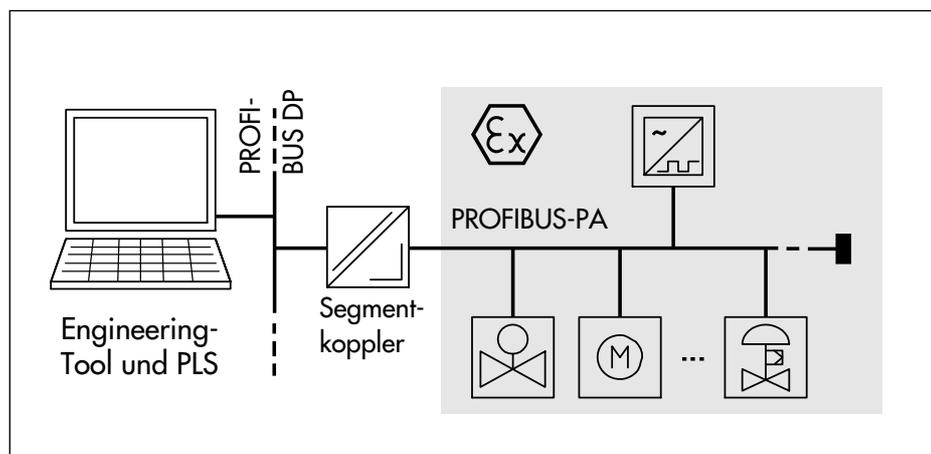


Bild 7: PROFIBUS-PA-Segment gekoppelt an ein DP-Bussystem

Die Master eines PA-Systems – die Leit und Bedienstationen – arbeiten immer im sicheren Bereich an einer PROFIBUS-DP-Busleitung. Damit ergibt sich die in Bild 7 dargestellte Verschaltung eines PROFIBUS-PA-Netzes.

- Segmentkoppler

Zwischen dem PROFIBUS-DP und dem PA-Segment ist ein so genannter Bus- oder Segmentkoppler installiert. Dieser übernimmt die Aufgabe, die unterschiedlichen Übertragungstechniken aneinander anzupassen und die Geräte des PA-Segementes mit elektrischer Energie zu versorgen. Zudem beinhaltet er bei eigensicherer Ausführung die Ex-Barriere.

Bild 8 zeigt das Blockschaltbild eines Segmentkopplers. Er übernimmt folgende Aufgaben:

- ▶ Galvanische Trennung zwischen sicherem und eigensicherem Buszweig,
- ▶ Speisung des PA-Bussegmentes,
- ▶ Anpassung der Übertragungsphysik von RS 485 auf IEC 61 158-2,
- ▶ Baudratenanpassung (z.B.: 93,75 kBaud \Leftrightarrow 31,25 kBaud) und
- ▶ Umsetzung zwischen asynchronen UART-Telegrammen und synchronen 8-Bit/Zeichen-Telegrammen (siehe Telegrammaufbau: Seite 24).

Aufgaben des Segmentkopplers

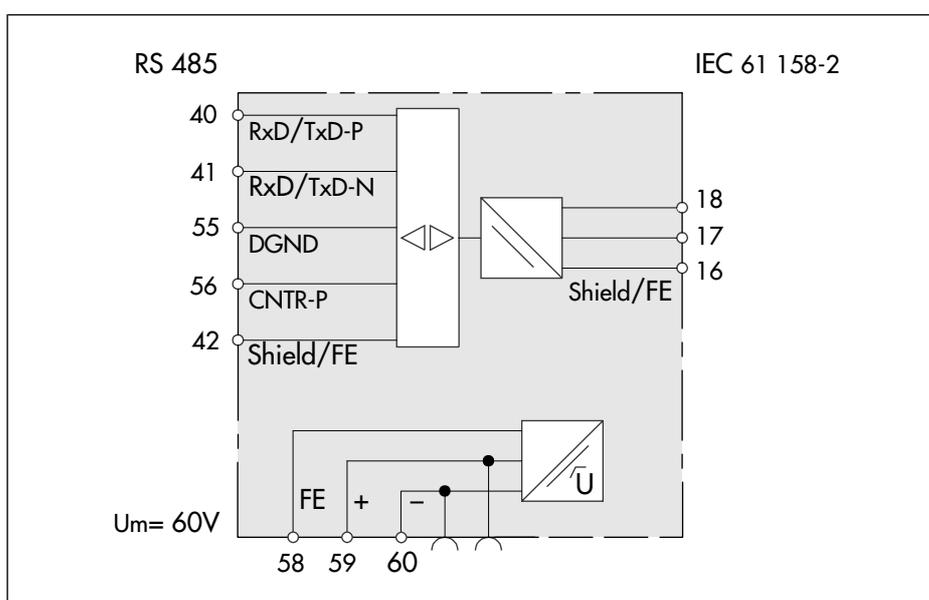


Bild 8: Blockschaltbild eines Segmentkopplers (Firma: Pepperl+Fuchs)

Die Segmentkoppler arbeiten bezüglich der Adressierung völlig transparent, d.h. kein PA- und DP-Gerät darf auf dieselbe Geräteadresse eingestellt werden. Außerdem ist zu beachten, dass die Segmentkoppler verschiedener Hersteller auf PROFIBUS-DP-Seite mit unterschiedlichen Datenübertragungsraten arbeiten (z.B.: Pepperl+Fuchs: 93,75 kBit/s; Siemens: 45,45 kBit/s).

**DP/PA-Kopplung
über schnelle
Netzkomponenten**

Anmerkung: Darüber hinaus gibt es zur DP/PA-Kopplung Netzkomponenten, die DP-Datenraten von bis zu 1 200 kBit/s unterstützen – z.B. der PA-Link von der Firma Siemens.

Dieser PA-Link wird am DP-Bus wie ein Slave behandelt, erhält eine eigene Geräteadresse und kann bis zu fünf PA-Segmente über eigene Koppler versorgen. Auf PA-Seite arbeitet der PA-Link als Master und kann dort maximal 30 Feldgeräte adressieren.

Zu beachten ist, dass solche Geräte vor dem Betrieb mit Hilfe eines passenden Konfigurationswerkzeuges parametrieren werden müssen.

- Eigensicherheit und Busspeisung

PROFIBUS-PA nutzt für die Eigensicherheit die Spezifikationen des FISCO-Modells (siehe Lit.[4]). Jedes Gerät hat eine Stromaufnahme von mindestens 10 mA. Da im Ex-Bereich aufgrund der Eigensicherheit die verfügbare elektrische Leistung in den Segmenten begrenzt ist, ist auch die Anzahl der anschließbaren Feldgeräte limitiert:

begrenzte Leistung im Ex-Bereich

	EEx ia IIC	EEx ia/ib IIB
max. Leistung	1,8 W	4,2 W
max. Strom	110 mA	250 mA
max. Geräteanzahl ^{*)}	10	22
*) Geräteanzahl ist abhängig von der Stromaufnahme der Geräte		

Bild 9: Maximale Leistung und Geräteanzahl pro PA-Segment im Ex-Bereich

Die Summe der Eingangsströme von allen Geräten muss immer kleiner sein als der Speisestrom des Segmentkopplers. Zusätzlich ist die Strommodulation der Manchester-Kodierung (siehe Seite 18) sowie der Fehlerstrom der "Fault Disconnection Electronic" (FDE) zu berücksichtigen. Die FDE in den Feldgeräten stellt sicher, dass auch bei einem Kurzschluss in einem Gerät die Kommunikation des Bussegmentes nicht ausfällt.

Unter der Voraussetzung, dass maximal eine FDE anspricht, muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\begin{aligned}
 \text{Speisestrom} &\geq \text{Summe der Einzelströme (je Gerät } \geq 10 \text{ mA)} \\
 &\quad + \text{Manchester-Stromsignal (9 mA)} \\
 &\quad + \text{FDE-Fehlerstrom (0 bis 9 mA)}
 \end{aligned}$$

Bild 10: Berechnung des Gesamtstromes eines PA-Segmentes

- IEC 61 158-2 Übertragungstechnik

Mit der IEC 61 158-2 Übertragungstechnik ergeben sich für die PA-Segmente die folgenden physikalischen Spezifikationen:

Spezifikation für die IEC-Übertragung

- ▶ Digitale, bitsynchrone Datenübertragung,
- ▶ Datenübertragungsrate: 31,25 kBit/s,
- ▶ mittelwertfreie Manchester-Kodierung mit einer Strom-Amplitudenmodulation von ± 9 mA (Bild 11),
- ▶ Fernspeise-Gleichspannung: bis max. 32 Volt (bei EEx ia IIC: 14 bis 20 V),
- ▶ Signalübertragung und Fernspeisung über verdrehte Zweidrahtleitung (Spezifikation siehe Bild 12),
- ▶ 126 adressierbare Geräte,
- ▶ Linien- oder Baumtopologie möglich,
- ▶ bis zu 1900 m Leitungs-Gesamtlänge (bei EEx ia IIC: 1000 m),
- ▶ Stichleitungen zu den Geräten: bis zu 120 m; im Ex-Bereich maximal 30 m (siehe Bild 13),
- ▶ bis zu 32 Geräte pro Leitungssegment (im Ex-Bereich abhängig vom Speisestrom: siehe Bild 9 und Gleichung Bild 10) und
- ▶ Netzwerk kann über maximal vier Repeater (Leitungsverstärker) erweitert werden.

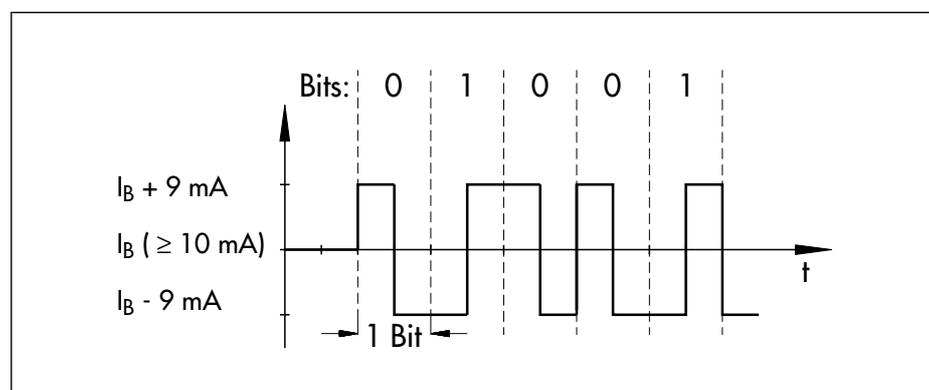


Bild 11: Manchester-Kodierung mit ± 9 mA

	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D
Kabel- aufbau	verdrilltes Adernpaar, geschirmt	einzelne oder mehrere verdrillte Adernpaare, Gesamtschirm	mehrere verdrillte Adernpaare, nicht geschirmt	mehrere nicht verdrillte Leitungen, nicht geschirmt
Adern- querschnitt	0,8 mm ² (AWG 18)	0,32 mm ² (AWG 26)	0,13 mm ² (AWG 26)	1,25 mm ² (AWG 16)
Kabellänge incl. Stich- leitungen	1 900 m	1 200 m	400 m	200 m

Bild 12: Kabel für IEC 61 158-2 Übertragung

Die Eigenschaften eines Feldbusses werden auch von den elektrischen Daten des Übertragungskabels mitbestimmt. Obwohl die IEC 61 158-2 kein spezielles Kabel vorschreibt, empfiehlt sich der Einsatz des Referenzkabels (Typ A der Aufstellung in Bild 12). Nur mit diesem Kabel ist eine Datenübertragung über Distanzen von bis zu 1 900 Metern möglich.

Für eine optimale elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) sind die Busleitungen zu schirmen und sowohl dieser Schirm als auch die metallischen Gehäuse der Feldgeräte zu erden. Wie dies im einzelnen auszuführen ist, legt eine technische Richtlinie – Inbetriebnahmeleitfaden PROFIBUS-PA – näher fest (Best.Nr.: 2.091).

**Kabelschirmung
verbessert EMV**

Anzahl der Stichkabel	maximale Länge der Stichkabel (Ex-Bereich)	maximale Länge der Stichkabel (sicherer Bereich)
1-12	30 m	120 m
13-14	30 m	90 m
15-18	30 m	60 m
19-24	30 m	30 m

Bild 13: Grenzwerte für die Länge der Stichkabel

- Geräteanschluss und Busabschluss

Bei der eigensicheren IEC-Busleitung existiert für den Geräteanschluss zur Zeit noch kein einheitlicher Steckverbinder, doch hat sich eine Arbeitsgruppe dieser Aufgabe bereits angenommen.

Busabschluss für IEC 61 158-2 ...

Die Busleitung muss an beiden Enden mit einem passiven Netzwerk abgeschlossen werden. Dieser Busabschluss wird gemäß Bild 14c aus einer Reihenschaltung von einem Kondensator und einem Widerstand gebildet:

$$C = 1 \mu\text{F} \text{ und } R = 100 \Omega.$$

... und RS 485

HINWEIS: Bei der RS-485-Verdrahtung besteht das Busabschluss-Netzwerk aus einem 220 Ω -Abschlusswiderstand sowie einem Pull-up- und Pull-down-Widerstand (Bild 14b). Diese legen den Ruhepegel der Busleitung fest und können über den neunpoligen D-Sub-Stecker an die Versorgungsspannung (Pin 5 und 6) angeschlossen werden.

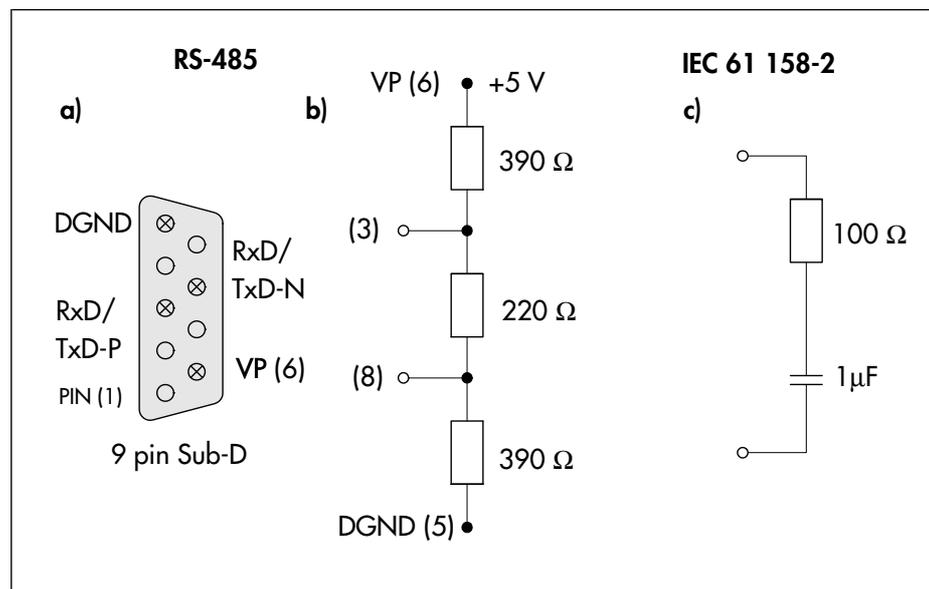


Bild 14: Steckverbinder und Busabschluss

• Netztopologien eines PROFIBUS-Systems

Der eigensichere PROFIBUS-PA ist zumeist Teil einer hierarchisch gegliederten Netztopologie (Bild 15). Über den Segmentkoppler ist er mit einem DP-Bussystem verbunden, an dem auch die nicht eigensicheren Slaves und die PA-Busmaster arbeiten.

PROFIBUS-PA am DP-Segment

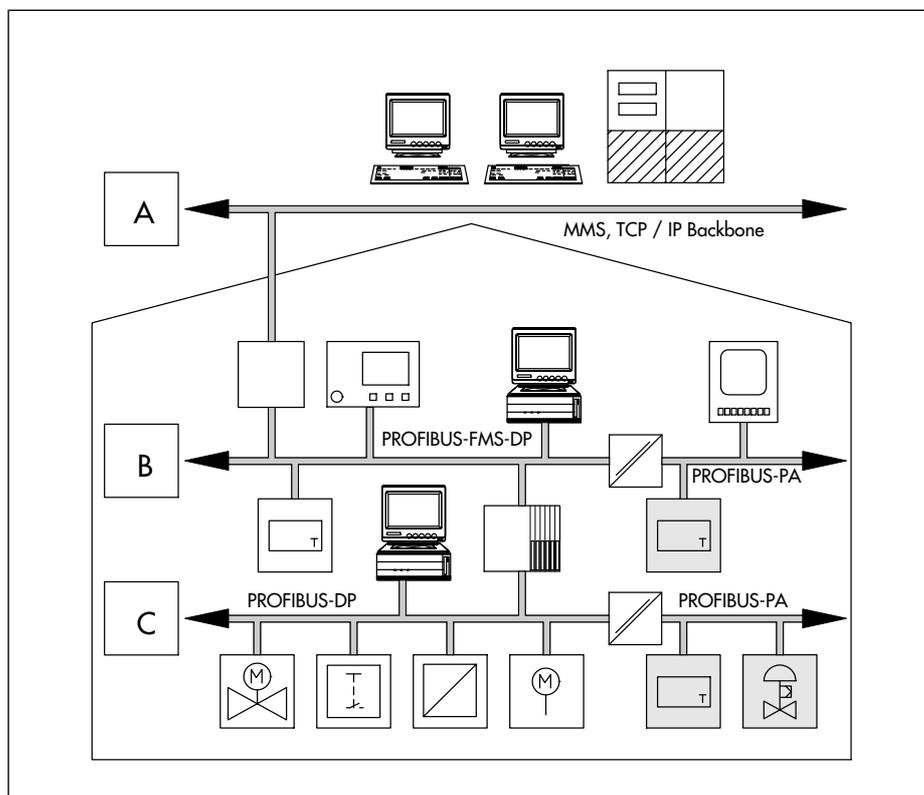
Die Netztopologie kann bei PROFIBUS-PA sowohl als Baum, als Linie oder auch als Kombination aus beiden ausgeführt werden (Bild 16). Diese Kombination erlaubt die Optimierung der Buslänge und Anpassung an gegebene Anlagenstrukturen.

Linien- und Baumstruktur

Das Feldbuskabel kann durch einzelne Feldgeräte hindurch geschleift werden. Ein besseres An- und Abklemmen der Geräte ist möglich, wenn die Geräte über eine T-Abzweigung mit einer kurzen Stichleitung angeschlossen werden (Länge der Stichleitungen: siehe Bild 12).

T-Abzweigungen mit Stichleitungen

In den Baum-Knotenpunkten werden alle an das Feldbussegment angeschlossenen Feldgeräte in sogenannten Feldverteilern parallel geschaltet.



A: Leitebene
B: Automationsebene
C: Feldebene

Bild 15: Hierarchisches PROFIBUS-System

- PNK:** Prozessnahe Komponente
- EXI:** Barriere (eigensicher)
- SG:** Speisegerät
- JB:** Verteiler
- R:** Repeater
- T:** Buserminierung
- 1... 7:** Feldgeräte

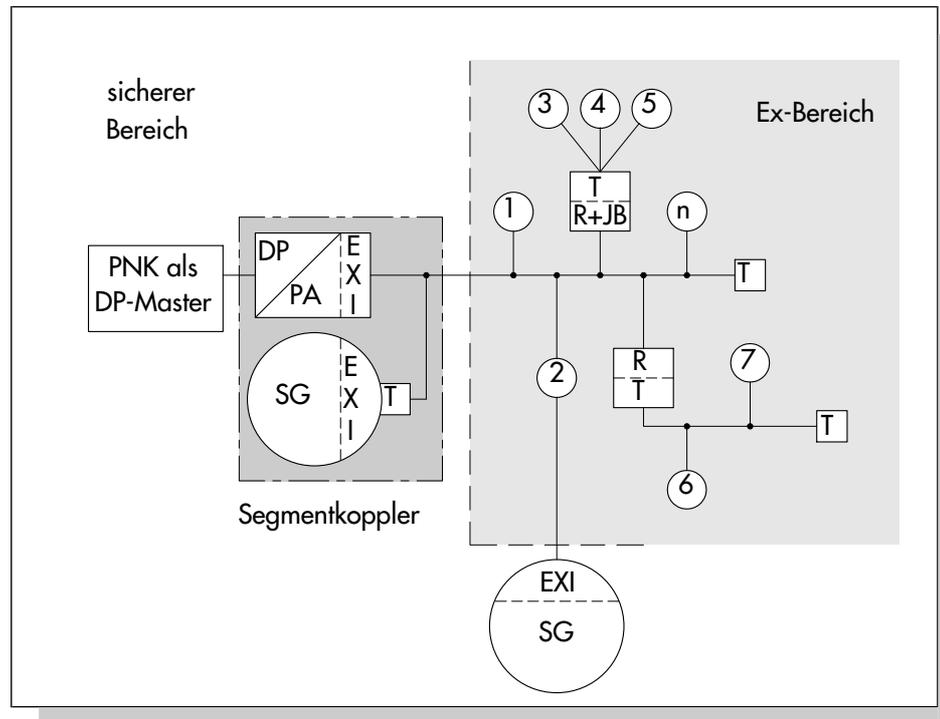


Bild 16: Komponenten eines PROFIBUS-PA-Systems

Abhängig von der Stichleitungslänge, enthält dieser Feldverteiler auch ein Busabschluss-Netzwerk.

Sicherungsschicht

Die Leistungsfähigkeit des Kommunikationssystems wird ganz entscheidend von den Funktionen und Diensten der Schicht zwei geprägt, denn diese spezifizieren entscheidende Dinge, wie den Buszugriff, den Aufbau der Datentelegramme, die elementaren Kommunikationsdienste u.v.a..

Im einzelnen werden diese Schicht-2-Aufgaben von dem Fieldbus Data Link (FDL) und dem Fieldbus Management (FMA) abgewickelt:

- ▶ FDL ist zuständig für
 - die Buszugriffs-Steuerung (Medium Access Control – MAC),
 - den Telegrammaufbau,
 - die Datensicherung sowie
 - die Bereitstellung der Datenübertragungsdienste SDN (Datensendung ohne Quittierung) und SRD (Datensendung mit Anforderung und Rückantwort).
- ▶ FMA stellt verschiedene Management-Funktionen zur Verfügung, z.B.:
 - Einstellung von Betriebsparametern,
 - Meldung von Ereignissen sowie die
 - Aktivierung der Dienstzugangspunkte (siehe Seite 26: SAP).

Fieldbus Data Link und Fieldbus Management

- Buszugriff und Adressierung

Die PROFIBUS-Kommunikation ist multimaster-fähig. Die hybride Buszugriffssteuerung arbeitet mit dem Token-Passing-Verfahren und nutzt zur Verständigung mit den passiven Teilnehmern das Master-Slave-Prinzip (siehe Lit. [3]). Jeder Master erhält innerhalb eines festgelegten Zeitrahmens den Token, der ihn während dieser Zeit allein berechtigt den Kommunikationsablauf zu steuern.

hybrides Buszugriffsverfahren

Zur Identifizierung der Busteilnehmer im Netz dient eine eindeutige 7-Bit-Geräteadresse. Von den Adressen 0 bis 127 sind reserviert:

- ▶ Adresse 126: Voreinstellung für die automatische Adresszuweisung über den Master;
- ▶ Adresse 127: senden von Broadcast-Telegrammen.

Verwendet man die Adresse 0 für den Klasse-1-Master, so stehen die Adressen 1 bis 125 für die Adressierung der Feldgeräte und des Klasse-2-Masters

zur Verfügung. Die Adressen werden zumeist über sieben DIP-Schalter am Gerät eingestellt oder per Software zugewiesen.

- Telegrammaufbau

Die PROFIBUS-PA-Datentelegramme der IEC-61 158-2-Übertragung sind weitgehend identisch mit den FDL-Telegrammen der asynchronen RS-485-Übertragung.

PROFIBUS-Telegramme

Fieldbus Data Link (FDL) definiert die folgenden Telegramme:

- ▶ Telegramme ohne Datenfeld (6 Steuerbytes),
- ▶ Telegramme mit einem Datenfeld fester Länge (8 Daten- und 6 Steuerbytes),
- ▶ Telegramme mit variablem Datenfeld (0 bis 244 Daten- und 9 bis 11 Steuerbytes),
- ▶ Kurzquittung (1 Byte) und
- ▶ Tokentelegramm zur Buszugriffssteuerung (3 Byte).

Hamming Distanz = 4

Bei allen Datenübertragungen wird durch die Paritäts- und Blocksicherung der Telegramme eine Hamming Distanz $HD = 4$ erreicht, so dass bis zu drei Fehler sicher erkannt werden.

Bild 17 zeigt oben den Aufbau eines FDL-Telegramms bei variabler Datenfeldlänge. Während die Bytes des FDL-Telegramms asynchron in Form von UART-Zeichen über die RS 485 Leitung übertragen werden, erfolgt die Übertragung auf den IEC-Segmenten bitsynchron. Hierbei kommt zusätzlich zum FDL-Telegramm noch die Präambel, die Startkennung und das Ende-Flag (Bild 17 unten).

- Leistungsdaten

hohe Nutzdatenrate

Die Größe des in Bild 17 dargestellten Telegramms ist abhängig von der Länge des Datenfeldes. Mit ihr ändert sich die Nutzdatenrate in den Grenzen zwischen acht und 96 Prozent (ein bzw. 244 Datenbytes und jeweils elf Steuerbytes).

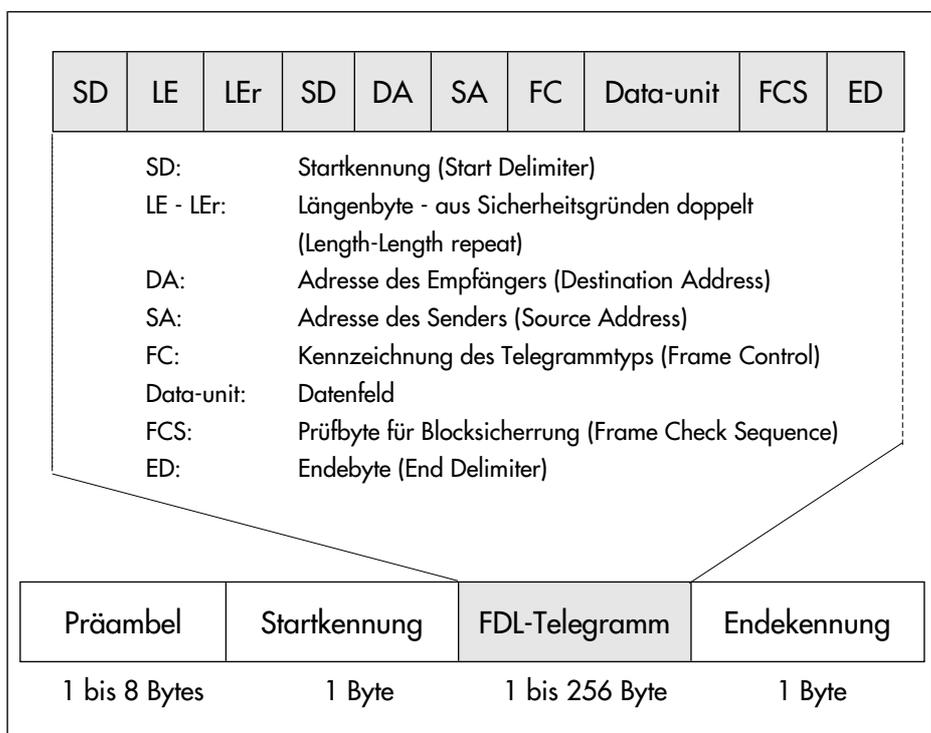


Bild 17: Bitsynchron übertragene IEC-Telegramm (unten) und Aufbau des eingebetteten FDL-Telegramms

Bei einer Übertragungsrate von 31,25 kBit/s ergeben sich pro Telegramm Übertragungszeiten von 0,4 bis 8,2 ms, so dass im Durchschnitt pro Nutzdatenbyte zwischen 0,4 ms und 34 ms benötigt werden.

Diese Datenübertragungsrate ist ausreichend, um zum Beispiel zehn Regelkreise – mit entsprechend zehn Messaufnehmern und zehn Aktoren – in einer Regelzykluszeit von ca. 210 Millisekunden zu bedienen.

in 210 ms können bis zu zehn Regelkreise bearbeitet werden

Bei der Abschätzung wurde angenommen, dass pro Gerät nur ein zyklischer Wert (5 Byte Nutzdaten) zu übertragen ist. Mit jedem weiteren Wert erhöht sich die Mindest-Zykluszeit um $(5 * 8 \text{ Bit}) / (31,25 \text{ kBit/s}) = 1,3 \text{ ms}$.

Für eine erste Übersichtsrechnung kann mit folgender Formel gearbeitet werden:

$\begin{aligned} \text{Zykluszeit} &\geq 10 \text{ ms} * \text{Anzahl der Geräte} \\ &+ 10 \text{ ms (für azyklische Klasse-2-Master Dienste)} \\ &+ 1,3 \text{ ms (für jeden weiteren zyklischen Wert)} \end{aligned}$

- Schicht-2-Kommunikationsdienste

Die Schicht zwei stellt der Anwenderschicht die Kommunikationsdienste SRD und SDN zur Verfügung:

Kommunikation mit...

▶ Beim SRD-Dienst (Send and Request Data with reply – Daten senden und empfangen mit Quittung) sendet der Master ein Kommando oder Daten zum Slave und erhält von diesem innerhalb einer festgelegten Zeitspanne eine Antwort. Diese Antwort besteht entweder nur aus einer Empfangsbestätigung (Kurzquittung) oder aus den angeforderten Daten (Bild 18).

... und ohne Empfangsbestätigung

▶ Der SDN-Dienst (Send Data with No Acknowledge – Sendedaten nicht quittieren) sendet Daten zu einer ganzen Gruppe von Slaves. Damit ist es möglich eine ereignisgesteuerte Synchronisation durchzuführen, bei der alle Slaves ihre Ausgänge gleichzeitig setzen (Sync-Mode) oder ihre Eingangsdaten zeitgleich aktualisieren (Freeze-Mode). Eine mastergesteuerte Buszuteilung für Slave-Antworten ist hier nicht möglich, so dass SDN-Telegramme unbestätigt bleiben.

SAP: Die Schnittstelle zu den Kommunikationsdiensten

Der applikationsseitige Zugang auf diese elementaren Kommunikationsformen und die verschiedenen darauf aufbauenden Schicht-2-Dienste erfolgt über Dienstzugangspunkte, sogenannte SAP: Service Access Points. Über diese SAP wickeln die höheren Schichten alle anfallenden Kommunikationsaufgaben des jeweiligen Anwendungsprogramms ab.

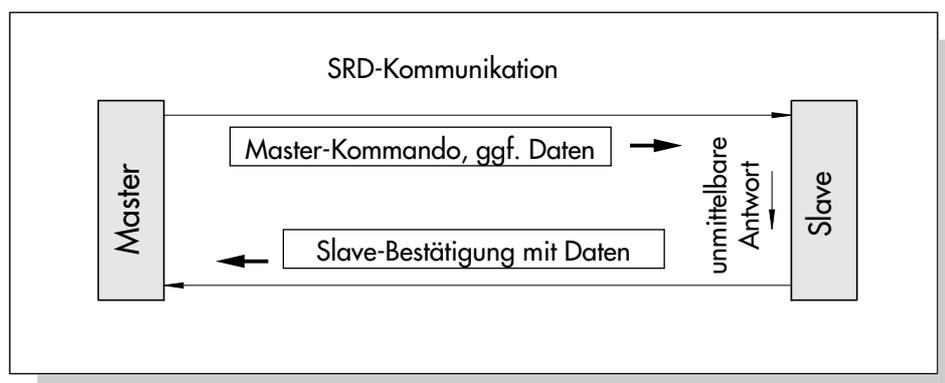


Bild 18: SRD-Datenaustausch zwischen Master und Slave

Anwenderschnittstelle

Die Darstellungen in Bild 5 (Seite 13) und Bild 19 lassen erkennen, dass bei PROFIBUS-DP und PA die OSI-Schichten drei bis sieben nicht ausgebildet sind und dass beide Systeme ein einheitliches User-Interface verwenden. DP und PA können deshalb auch als standardisierte Applikationen der Schicht zwei betrachtet werden.

DDLM und User-Interface

Die Schnittstelle zwischen dem Anwendungsprogramm und der Schicht zwei bilden der Direkt Data Link Mapper (DDLM) und das User-Interface. Mit der Einführung von DPV1 stellt das DDLM verschiedene asynchrone Dienstfunktionen, wie z.B.:

- ▶ DDLM_Initiate; DDLM_Read; DDLM_Write; DDLM_Abort;
DDLM_Alarm_Ack;

zur Verfügung. Auf diese DDLM-Funktionen baut das User-Interface die Kommunikationsdienste für Inbetriebnahme, Wartung, Diagnose sowie für

**leistungsfähige Dienste
für azyklischen
Datenaustausch**

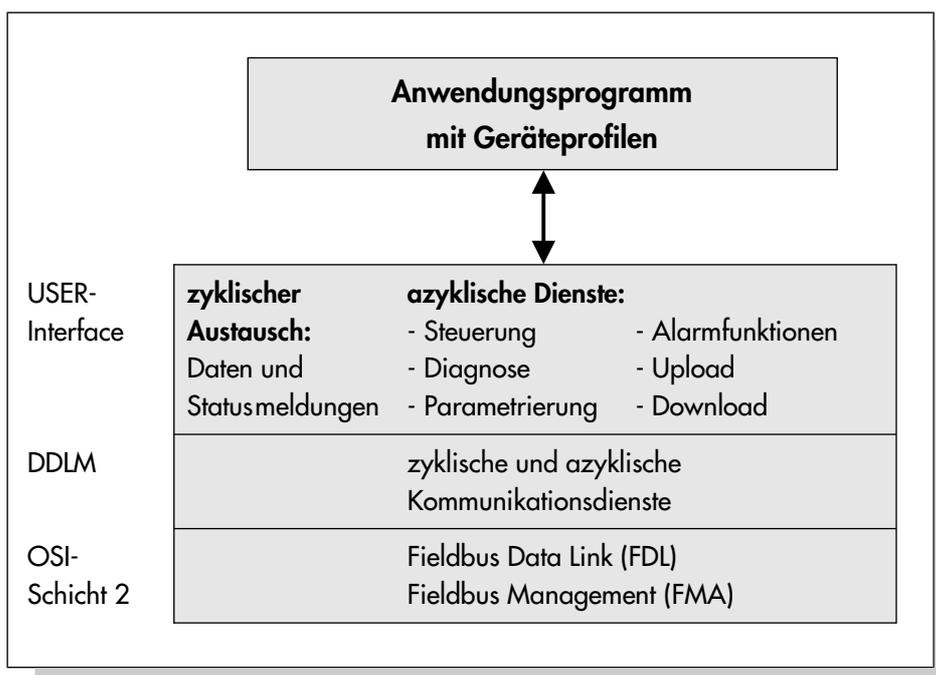


Bild 19: User-Interface, DDLM und Schicht zwei

- Regelung mit zyklischem Datenaustausch** Alarmmeldungen auf. Die eigentliche Regelung des Systems erfolgt über den Klasse-1-Master unter Verwendung des zyklischen Datenaustausches (siehe auch Seite 11).
- neben standardisierter Kommunikation ...** Die umfangreichen Funktionen des User-Interfaces bilden eine leistungsfähige Schnittstelle für ein modernes Kommunikationssystem. Ein modernes, offenes System für die Prozessautomation erfordert darüber hinaus eine herstellerunabhängige Austauschbarkeit von Komponenten – Stichworte: interchangeability, interoperability. Dazu ist eine exakte Definition aller Geräteschnittstellen erforderlich.
- ... sind einheitliche Geräteschnittstellen erforderlich** PROFIBUS-PA nutzt für die Festlegung der Schnittstellen verschiedene Elemente bzw. Beschreibungen:
- ▶ Gerät Stammdaten (GSD),
 - ▶ Geräteprofile,
 - ▶ Gerätebeschreibung (Electronic Device Description: EDD) oder alternativ die Field-Device-Tool-Spezifikation (FDT).

Gerätstammdaten

Der zyklische Datenaustausch zwischen dem Klasse-1-Master und einem Feldgerät kann nur dann funktionieren, wenn der Master die gerätespezifischen Parameter und Datenformate kennt. Diese Informationen liefert der Gerätehersteller in Form der Gerätstammdaten-Datei (GSD; siehe Bild 20). Darin enthalten sind Angaben über:

- ▶ Gerätehersteller und -identifikationsnummer,
- ▶ Übertragungsrate und Busparameter,
- ▶ Anzahl und Format der Daten für die zyklische Kommunikation
 - zum Beispiel zyklische Daten beim Stellungsregler:
Führungsgröße, Regelgröße, Endlagenrückmeldung und Statusmeldungen (Sicherheitsstellung, Regelkreisstörung, Vor-Ort-Bedienung, Zwangsentlüftung u.ä.).

Die GSD muss bei der Projektierung einer PROFIBUS-PA oder -DP Anlage über ein Konfigurationswerkzeug in den Klasse-1-Master geladen werden. Sie beschreibt die gerätespezifischen Parameter in einem genau festgelegten Format. Das GSD-Format unterstützt auch komplexere Darstellungsformen, wie z.B.:

Beschreibung der zyklischen Parameter und Datenformate

für den Klasse-1-Master

```
#Profibus_DP
;
GSD_Revision = 1
Vendor_Name = "SAMSON AG"
Model_Name = "Positioner 3785"
Revision = "V1.0"

Ident_Number = 0x3785
Protocol_Ident = 0
Station_Type = 0
FMS_supp = 0
Slave_Family = 12
;
Hardware_Release = "E 1.00 M 2.00"
Software_Release = "K 1.33 R 1.23"
;
31.25_supp = 1
45.45_supp = 1
93.75_supp = 1
MaxTsd_31.25 = 100
MaxTsd_45.45 = 200

MaxTsd_93.75 = 1000
;
Redundancy = 0
Repeater_Ctrl_Sig = 0
;
Freeze_Mode_supp = 0
Sync_Mode_supp = 0
Auto_Baud_supp = 0
Set_Slave_Add_supp = 0
Min_Slave_Intervall = 100 ;
User_Prm_Data_Len = 0
Max_Diag_Data_Len = 32
;
Bitmap_Device = "SR3785_N"
;
;---- Bedeutung der gerätebezogenen Diagnosebits:
Unit_Diag_Bit(00) = "Hardware failure electronics"
Unit_Diag_Bit(01) = "Hardware failure mechanics"
Unit_Diag_Bit(04) = "Memory error"
; u.s.w.
```

Bild 20: Ausschnitt aus der GSD des PROFIBUS-Stellungsreglers Typ 3785

- ▶ Aufzählungen: beispielsweise um mehrere Übertragungsraten eines Gerätes angeben zu können;
- ▶ Klartexte: damit Diagnose- und Fehlermeldungen aussagekräftiger werden und
- ▶ Bitmap-Dateien: für symbolisierte Gerätedarstellungen.

Alle Informationen sind in Abschnitte unterteilt, die durch Schlüsselwörter voneinander getrennt sind. Dieser standardisierte Aufbau der GSD-Dateien macht es möglich, dass der Klasse-1-Master die Daten – unabhängig vom Hersteller des Gerätes – einlesen und interpretieren kann.

Geräteprofile

Eine Anlage kann nur dann geräte- und herstellernerneutral bedient und beobachtet werden, wenn alle Gerätefunktionen und -parameter und auch der Zugriff auf diese Daten vereinheitlicht sind. Diese Standardisierung wird bei PROFIBUS-PA mit Hilfe der so genannten Geräteprofile erreicht.

Die Profile legen für die verschiedenen Feldgerätetypen fest, wie Kommunikationsobjekte, Variablen und Parameter implementiert werden müssen. So ist für die Master ein standardisierter Zugriff auf die Feldgerätefunktionen möglich.

Die Festlegung der Geräteprofile bringt mit sich, dass die Eigenschaften und Funktionen der Feldgeräte in weiten Grenzen vorgegeben sind. So ist beispielsweise durch die Variablen 'Messwert, Alarmgrenzen, Alarmart, Skalierfaktor, Statusflags u.s.w.' die Parametrierbarkeit eines Messumformers schon sehr exakt beschrieben.

- Einteilung der Parameter

Die Parameter und Daten eines Feldgerätes, auf die per Kommunikation zugegriffen werden kann, lassen sich in drei Gruppen einteilen. Bild 21 zeigt die Auflistung und Einteilung der Parameter für Stellgeräte:

- ▶ **Dynamische Prozesswerte:** Dies sind alle Mess-, Stell- und Statuswerte, welche für die Regelung der Anlage erforderlich sind. Der zyklische Zugriff auf diese Daten ist dem Klasse-1-Master durch die GSD-Beschreibung möglich (Seite 29: Gerätstammdaten). Der Klasse-2-Master kann diese Daten azyklisch lesen bzw. schreiben.
- ▶ **Betriebs- und Standardparameter:** Diese Parameter werden ausschließlich azyklisch gelesen oder geschrieben. Die Daten beschreiben abhängig vom Gerätetyp – Sensor, Aktor, analoger oder digitaler Input/Output, etc. – verschiedene Parameter und Funktionen. Bei jedem Gerät müssen die im Geräteprofil mit 'obligatorisch' gekennzeichneten Objekte vollständig implementiert sein. Dagegen bleibt es dem Gerätehersteller überlassen, welche der 'optionalen' Möglichkeiten er zur Verfügung stellt.
- ▶ **Herstellerspezifische Parameter:** Implementiert ein Hersteller Gerätefunktionen und Einstellvarianten, die über die Profildefinition hinausgehen, können diese Funktionalitäten mit herstellerspezifischen Parametern be-

Standardisierung der Geräte- und Bedienfunktionen

dynamische Prozeßwerte und Statusdaten

Betriebs- und Standardparameter

herstellerspezifische Parameter

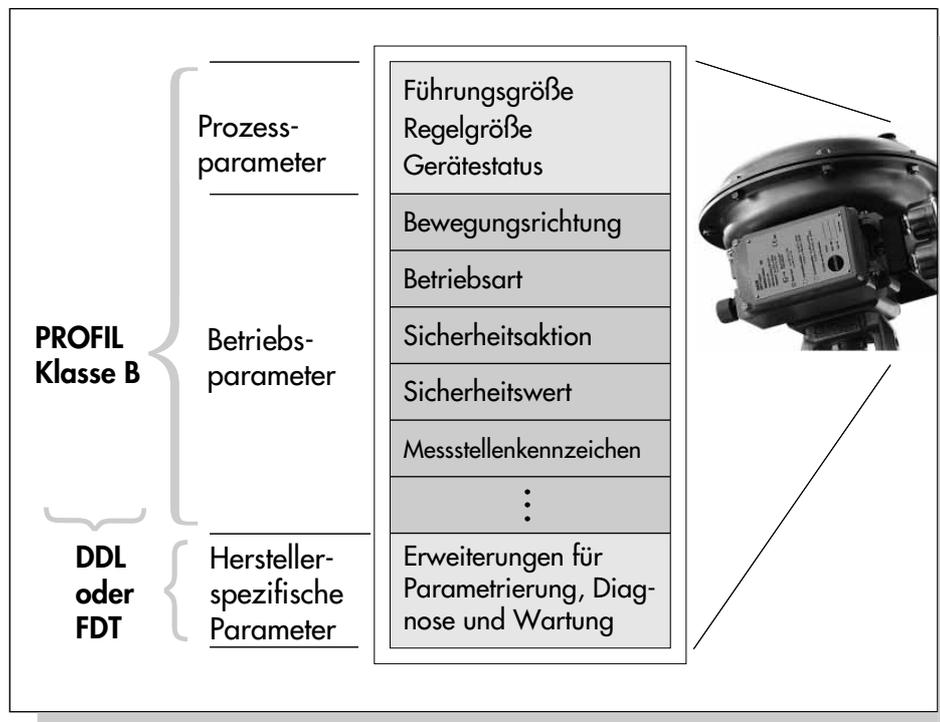


Bild 21: Einteilung der Geräteparameter – Profil Klasse B – für Aktoren

schrieben werden. Die Erweiterungen stehen dem Anwender jedoch nur dann zur Verfügung, wenn dem Klasse-2-Master der Zugriff auf die Parameter und die Bedienung der Zusatzfunktionen bekannt sind (siehe Abschnitt "Gerätebeschreibung und Field Device Tool").

- Funktionsblockmodell

PROFIBUS-PA arbeitet bei den Geräteprofilen auf Basis eines Funktionsblockmodells. Dieses Modell gruppiert die verschiedenen Geräteparameter in mehrere Funktionsblöcke, welche einen einheitlichen und systematischen Zugriff auf alle Parameter sicherstellen.

Funktionsblockmodell bietet einheitliche Anwendungsschnittstellen

Das Funktionsblockmodell vereinfacht aufgrund seiner objektorientierten Geräteparameter- und -funktionszuordnung die Projektierung und den Betrieb eines örtlich verteilt arbeitenden Automatisierungssystems. Außerdem bleibt man mit diesem Modell kompatibel zu den Arbeiten am internationalen Feldbusstandard, so dass bei einem Umstieg auf ein internationales Feldbusprotokoll die Anwendungssoftware unverändert bestehen bleiben kann.

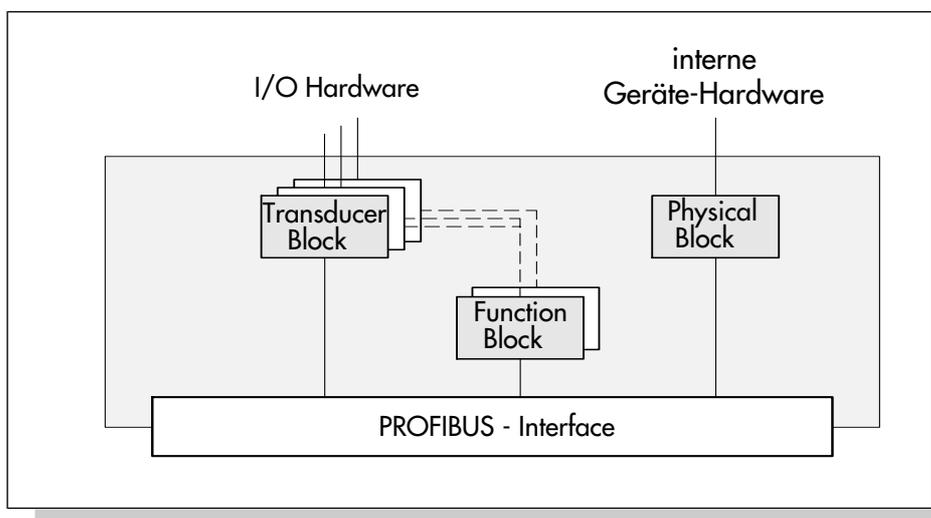


Bild 22: Funktionsblockmodell der Geräteprofile

Das Funktionsblockmodell ordnet die dynamischen Prozesswerte und die Betriebs- und Standardparameter eines Feldgerätes verschiedenen Blöcken zu (Bild 22).

- ▶ Der Function Block beschreibt die Gerätefunktion während des Betriebs (zyklischer Datenaustausch von Analog-Input, -Output, Alarm-Grenzwerten etc.).
- ▶ Der Physical Block umfasst alle Parameter und Funktionen, die zur Identifizierung der Hard- und Software erforderlich sind (Revisionsnummern, Grenzwerte, etc.).
- ▶ Der Transducer Block beinhaltet die Parameter, die die Kopplung der Signale zum Prozess beschreiben und zur Datenvorverarbeitung im Feldgerät benötigt werden (Prozesstemperatur und -druck, Kennlinienverläufe, Sensortyp etc.).

Vom Betriebszustand – Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung oder Diagnose – hängt ab, mit welchen Parametern und Blöcken gearbeitet werden muss. So werden während des Betriebs fast ausschließlich Function-Block-Parameter verwendet, während bei Wartung und Inbetriebnahme vor allem Transducer- und Physical-Block-Parameter von Interesse sind. Zur Diagnose sind Informationen aus allen drei Blöcken gefragt.

Jedem Function-Block kann während des Betriebs ein Transducer-Block fest zugeordnet werden. Mit den in den Transducer-Blöcken gespeicherten Pro-

abhängig vom Betriebszustand sind unterschiedliche Blöcke und Parameter gefragt

Function-Block für den Betrieb; Physical-Block für Inbetriebnahme und Wartung

**Transducer-Blöcke
erweitern die
Funktionalität eines
Gerätes**

zess- und Anlagedaten kann das Feldgerät seine eigenen Daten vorverarbeiten, um so dem Master erweiterte Prozessinformationen zur Verfügung zu stellen. Je umfangreicher die Transducer-Blöcke das Geräteprofil definieren, um so vielfältiger sind die Prozessinformationen, die das jeweilige Feldgerät bereitstellen kann.

Beispiel: Ein Differenzdruckaufnehmer kann nicht nur die gemessene Druckdifferenz (Function-Block) bereitstellen, sondern mit Hilfe von Material- und Prozessparametern (Transducer-Block) auch den daraus resultierenden Volumenstrom errechnen und weiterleiten.

Einige Feldgeräte besitzen eine erhöhte Funktionalität und sind zuständig für verschiedene Aufgaben – z.B. sowohl für analoge Eingabe als auch Ausgabe. Diese als 'mehrkanafig' bezeichneten Geräte verfügen dementsprechend über mehrere, unabhängige Function-Blöcke sowie gegebenenfalls dazugehörige Transducer-Blöcke.

- PROFIL A und B

PROFIBUS-PA unterscheidet zwischen Geräteprofilen der Klasse A und B. In der ersten Zeit arbeitete man nur mit Profilen der Klasse A, die für die wichtigsten Messumformer (Temperatur, Druck, Füllstand, Durchfluss) und Stellgeräte definiert waren.

- ▶ Die Profile der Klasse A enthalten diejenigen Kenngrößen, welche die Grundfunktionalitäten der Geräte beschreiben. Das Geräteprofil A beschränkt sich auf die unbedingt notwendigen Grundparameter, die für den Prozessbetrieb in der Verfahrenstechnik erforderlich sind. Dazu gehören nur Parameter aus dem Function- und dem Physical-Block, wie z.B. die Prozessgröße, der Messwert-Status, die physikalische Einheit sowie die Messstellennummer (TAG).
- ▶ Profile der Klasse B erweitern den verfügbaren Funktionsumfang der Geräte. Das Geräteprofil B umfasst alle drei Blöcke des Funktionsblockmodells und unterscheidet zwischen Objekten, deren Implementierung zwingend vorgeschrieben ist (mandatory) und solchen, die der Hersteller optional bereitstellen kann.

Geräteprofil A:
nur Daten aus Function- und Physical-Block

Geräteprofil B:
Daten aus Function-, Physical- und Transducer-Block

Am Beispiel der Profildefinition für Stellgeräte (Bild 23) zeigt sich, wie die Funktionsblöcke den Profilen A und B zugeordnet sind. Es wird deutlich, dass

	Profil Klasse A	Profil Klasse B
Physical Block	M	M
Analog Output Function Block	M	M
Transducer Block:	–	M
Electro-pneumatic Transducer Block	–	S
Electric Transducer Block	–	S
Electro-hydraulic Transducer Block	–	S
weitere Function-Blöcke	–	O
weitere Transducer-Blöcke	–	O
Mandatory (M) Selected (S) Optional (O)		

Bild 23: Funktionsblockmodell für Stellgeräte

das Geräteprofil A eine Untermenge des Profils B ist. Das Profil A wird verwendet, wenn für einen Feldgerätetyp kein spezielles Geräteprofil B vorliegt. Feldgeräte, die den Vorgaben des Profils Klasse B entsprechen, wie z.B. der SAMSON Stellungsregler PROFIBUS Typ 3785, erfüllen als Untermenge auch immer die Funktionen und Parameter des Geräteprofils A.

**mehrkanalige Geräte
haben mehr als einen
Function-Block**

Das Profil B definiert drei obligatorische Blöcke, den Physical-, Function- und den Transducer-Block. Je nach Geräteausführung kann dem Function-Block auch ein anderer Transducer-Block zugeordnet werden (selected). Für mehrkanalige Geräte mit erweiterter Funktionalität stehen optional auch zusätzliche Function-Blöcke zur Verfügung.

Mittlerweile sind für die meisten Geräte – z.B. Diskrete-Input und -Output, Analog-Input und -Output, Transmitter, Actuator, Multi-Variable-Device – Klasse-B-Profile festgeschrieben und im praktischen Einsatz. Häufig ist noch das Profil B in der Version 2.0 im Einsatz, doch es liegt bereits die Spezifikation einer leistungsfähigeren Version 3.0 vor.

**Profil B Version 3.0
unterstützt
vordefinierte
Profil-GSDs**

Besonderes Merkmal dieser Version 3.0 ist die Unterstützung von allgemeingültigen, vom Profil festgelegten Gerätestammdaten. Mit diesen Profil-GSDs erübrigt es sich, für jedes Feldgerät eine eigene, herstellerspezifische GSD einzusetzen. Wenn das Feldgerät das Profil B Version 3.0 unterstützt, kann bei der Projektierung einfach die Profil-GSD des entsprechenden Gerätetyps verwendet werden.

**erhöhte Funktionalität
durch optionale
Profilfunktionen...**

PROFIBUS-PA-Geräte unterscheiden sich in ihrer Funktionalität bei sonst gleichem Profil schon allein aufgrund der optionalen Gerätefunktionen. Zusätzlich haben die Hersteller die Möglichkeit ihre Geräte mit Gerätefunktionen und Leistungsmerkmalen auszustatten, die über die Profilvergaben hinausgehen.

**... und herstellerspezifische
Erweiterungen**

Die freie Definition herstellerspezifischer Funktionen ist wichtig, um Fortschritt und Wettbewerb zu ermöglichen. Gleichzeitig ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, dass diese Leistungsmerkmale vom Anwender nur dann genutzt werden können, wenn die dazugehörigen Kommunikationsobjekte dem Bedienprogramm des Klasse-2-Masters bekannt sind.

Um herstellerspezifische Leistungsmerkmale von Geräten mit einem offenen und deshalb herstellerunabhängigen Kommunikationssystem nutzen zu können, ist eine standardisierte Erweiterungsfunktion oder Schnittstelle erforderlich.

lich. Diese Aufgabe erfüllt bei PROFIBUS eine Schnittstellenbeschreibung auf Basis des Field Device Tools oder die Gerätebeschreibung EDD (Electronic Device Description).

Gerätebeschreibung und Field-Device-Tool Spezifikation

Um bei PROFIBUS-PA auch herstellerspezifische Gerätemerkmale und Bedienfunktionen dem Klasse-2-Master zugänglich zu machen, arbeitet die PNO zur Zeit an zwei verschiedenen Spezifikationen:

EDD und FDT erlauben größere Varianten- und Funktionsvielfalt

- ▶ der Gerätebeschreibung (Electronic Device Description: EDD) und
- ▶ der Field-Device-Tool Spezifikation (FDT).

Beide Möglichkeiten gewährleisten, dass die Varianten- und Funktionsvielfalt der Feldgeräte möglichst offen gehalten wird.

Bei PROFIBUS stützt sich die Definition der Gerätebeschreibungssprache (DDL) auf Festlegungen des ISP-Konsortiums, von denen die PNO die Nutzungsrechte erworben hat. Dabei definiert der Hersteller mit Hilfe einer Programmiersprachen ähnlichen Sprache alle gerätespezifischen Parameter, Funktionen und Bedienstrukturen seines Gerätes.

Gerätebeschreibungssprache definiert, wie Gerätefunktionen zu beschreiben sind

Die Syntax der Profibus-DDL legt eindeutig fest, wie Erweiterungen zu beschreiben sind. Auf diese Weise können die erzeugten Gerätebeschreibungen (EDDs) von dem Klasse-2-Master – unabhängig vom Hersteller – korrekt interpretiert werden.

Neben der Gerätebeschreibung existiert noch eine andere Möglichkeit geräte- und herstellerspezifische Eigenschaften über PROFIBUS-PA verfügbar zu machen, die Field-Device-Tool Spezifikation.

FDT beschreibt die Schnittstelle Feldgerät-Bedienprogramm

Im Gegensatz zur Gerätebeschreibung legt die FDT-Spezifikation nicht die Beschreibungsart der Objekte fest, sondern spezifiziert die Schnittstelle, über die das Bedienprogramm auf die Feldgeräte-Daten und die dazugehörigen Darstellungsparameter zugreift.

FDT basiert auf dem DCOM-Dienst des Windows-Betriebssystems. DCOM steht für 'Distributed Component Object Model' und bezeichnet einen Mechanismus, der es ermöglicht, eine über mehrere Computer verteilte Anwendung in einem Netz auszuführen.

verteilte Anwendung auf Basis des DCOM-Dienstes

Die verteilte Anwendung ist in diesem Fall das Bedien- und Beobachtungsprogramm einschließlich der ergänzenden Teilkomponenten und -prozesse, wie z.B. den Kommunikationsservern, den Datenbanken für historische und Diagnose-Daten sowie weiterer Anzeige- und Engineering-Werkzeuge.

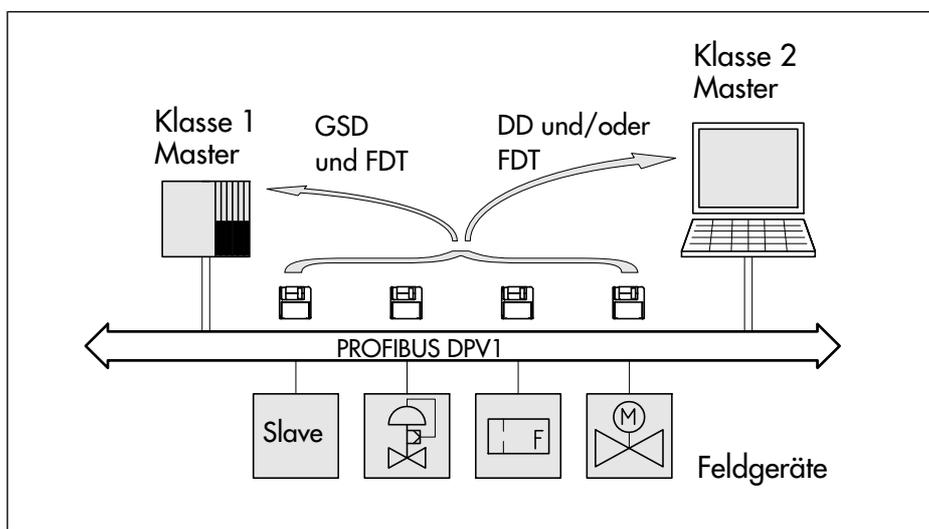


Bild 24: Laden der Gerätestammdaten sowie herstellerspezifischer Geräte- und Schnittstellen-Beschreibungen

Die Schnittstellenbeschreibung auf Basis von FDT und die Gerätebeschreibung EDD haben beide zum Ziel – und erreichen dies auf ganz unterschiedliche Weise –, dass man mit dem Klasse-2-Master den vollen Funktionsumfang aller Feldgeräte darstellen und bedienen kann. Die höchste Flexibilität wird erzielt, wenn der Anwender diese Geräte- oder Schnittstellenbeschreibungen noch während der Projektierungsphase laden und aktualisieren kann (siehe Bild 24).

Anmerkung: Viele der heute verfügbaren Bedienprogramme bieten weder die FDT-Funktionalität noch die Möglichkeit Gerätebeschreibungen beliebig zu laden und auszuwerten. In solchen Fällen muss der Anwender auf hersteller- bzw. gerätespezifische Software zurückgreifen und selbst sicherstellen, dass die eingesetzten Programme in der Lage sind, sämtliche Feldgeräte der Anlage in vollem Funktionsumfang bedienen zu können.

laden der EDD und FDT-Daten

**Systemüberprüfung
während der
Initialisierungsphase**

Kommunikationsablauf und Fehler-Schutzmechanismen

PROFIBUS-PA und -DP verfügen über vielzählige Schutzmechanismen, die einen einwandfreien Kommunikationsablauf sicherstellen. So werden schon bei der Initialisierung des Systems verschiedene Fehlermöglichkeiten überprüft.

Nach dem Einschalten der Anlage ist ein Slave erst dann zum Datenaustausch bereit, wenn er von seinem Master nacheinander ein Parametrierungs- und ein Konfigurations-Telegramm erhalten hat. Nur wenn diese zu seinen eigenen Funktionsmerkmalen passen, akzeptiert der Slave die nachfolgenden Kommandos des Masters. So muss beispielsweise die Anzahl der vom Master konfigurierten und der im Gerät vorhandenen Ausgangsleitungen übereinstimmen.

Zusätzlich kann der Master mit Hilfe des Get-Cfg-Kommandos die Gerätekonfiguration von allen Slaves einlesen. So können Parametrierungsfehler im Netz vermieden werden, wenn der Master die projektierte Gerätekonstellation mit der tatsächlich vorhandenen Konfiguration vergleicht. Die dafür erforderlichen Informationen – Gerätetyp, Anzahl der Ein- und Ausgänge, Format- und Längeninformaten – erhält er über die Gerätestammdaten und -beschreibungen. Bild 25 zeigt einen typischen Initialisierungszyklus beim Hochlaufen einer Anlage.

Initialisierungssequenz		
	Aufgabe:	Kommando:
Konfiguration der Slaves einlesen:	Master überprüft die Netzkonfiguration	Get_Cfg
Parameter der Slaves schreiben:	Kommunikationsdienste Netzparameter	Set_Prm
Slaves konfigurieren:	Ein-/ Ausgänge	Set_Cfg
Konfiguration der Slaves einlesen:	Master überprüft die Einstellungen	Get_Cfg

Bild 25: Initialisierungsbeginn eines PROFIBUS-PA Systems

- ▶ Während des Betriebs wird der Kommunikationsablauf – neben der Schicht zwei gesteuerten Fehlerprüfung der Datentelegramme – auch durch zeit- und protokollgesteuerte Mechanismen überwacht.
- ▶ Jeder Master kontrolliert die Kommunikation zu seinen Slaves mit Hilfe spezieller Timer, anhand denen der zeitliche Ablauf des Nutzdatenverkehrs überprüft wird.
- ▶ Bei den Slaves schaltet eine Ansprechüberwachung die Ausgänge in einen vordefinierten sicheren Zustand, wenn innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls kein Datentransfer mit dem Master stattfindet.
- ▶ Die Ausgänge der Slaves sind zusätzlich per Zugriffsschutz gesichert. Dieser garantiert bei Multi-Master-Systemen, dass der schreibende Zugriff nur von dem berechtigten Master zugelassen wird, während das Lesen der Ein- und Ausgänge auch ohne Zugriffsberechtigung erfolgen kann.

**zeit- und protokoll-
gesteuerte Fehler-
kontrollmechanismen**

Die Systemsicherheit wird zusätzlich erhöht, indem jeder Klasse-1-Master in einem konfigurierbaren Zeitintervall mit einem Multicast-Kommando zyklisch – an alle ihm zugeordneten Slaves – seinen eigenen Systemzustand meldet. Der Master kann dabei so parametrierbar werden, dass er bei einem Fehler im System, z.B. bei Ausfall eines Slaves, alle Slaves in einen sicheren Zustand schaltet und den Datentransferbetrieb beendet.

Anhang A1: Ergänzende Literatur

- [1] Digitale Signale
Technische Information L150; SAMSON AG
- [2] Serielle Datenübertragung
Technische Information L153; SAMSON AG
- [3] Kommunikationsnetze
Technische Information L155; SAMSON AG
- [4] Kommunikation im Feld
Technische Information L450; SAMSON AG
- [5] HART-Kommunikation
Technische Information L452; SAMSON AG
- [6] FOUNDATION Fieldbus
Technische Information L454; SAMSON AG

Bildverzeichnis

Bild 1: PROFIBUS-Varianten	5
Bild 2: Geschichtliche Entwicklung	8
Bild 3: Kosteneinsparungen beim Einsatz von Feldbussystemen	10
Bild 4: Vergleich der Übertragungstechnik	11
Bild 5: Schichtstruktur der PROFIBUS-Kommunikation	13
Bild 6: Physikalische Schicht von PROFIBUS-PA	14
Bild 7: PROFIBUS-PA-Segment gekoppelt an ein DP-Bussystem	14
Bild 8: Blockschaltbild eines Segmentkopplers	15
Bild 9: Leistung und Geräteanzahl pro PA-Segment im Ex-Bereich.	17
Bild 10: Berechnung des Gesamtstromes eines PA-Segmentes	17
Bild 11: Manchester-Kodierung mit ± 9 mA	18
Bild 12: Kabel für IEC 61 158-2 Übertragung	19
Bild 13: Grenzwerte für die Länge der StICKkabel	19
Bild 14: Steckverbinder und Busabschluss	20
Bild 15: Hierarchisches PROFIBUS-System	21
Bild 16: Komponenten eines PROFIBUS-PA-Systems.	22
Bild 17: Bitsynchron übertragenes IEC-Telegramm	25
Bild 18: SRD-Datenaustausch zwischen Master und Slave	26
Bild 19: User-Interface, DDLM und Schicht zwei.	27
Bild 20: Ausschnitt aus der GSD des PROFIBUS-Stellungsreglers	29
Bild 21: Einteilung der Geräteparameter für Aktoren	32
Bild 22: Funktionsblockmodell der Geräteprofile	33

Bild 23: Funktionsblockmodell für Stellgeräte 35

Bild 24: Laden der Gerätestammdaten und herstellerspezifischer Daten. 39

Bild 25: Initialisierungsbeginn eines PROFIBUS-PA Systems 40

BILDER

NOTIZEN

NOTIZEN

SAMSON voll auf Qualitätskurs



Bvbi

ISO 9001

**Die Auszeichnung unseres Qualitäts-
sicherungssystems garantiert hohe
Produkt- und Dienstleistungsqualität.**



SAMSON AG · MESS- UND REGELTECHNIK · Weismüllerstraße 3 · D-60314 Frankfurt am Main
Telefon (069) 4 00 90 · Telefax (069) 4 00 95 07 · Internet: <http://www.samson.de>