

PROFIBUS
Planungsrichtlinie

Guideline
for PROFIBUS

Version 1.29 – Datum: September 2020
Order No.: 8.011

Prepared by PI Working Group PG3 "Installation Guides PROFIBUS and PROFINET" in Committee B.

The attention of adopters is directed to the possibility that compliance with or adoption of PI (PROFIBUS&PROFINET International) specifications may require use of an invention covered by patent rights. PI shall not be responsible for identifying patents for which a license may be required by any PI specification, or for conducting legal inquiries into the legal validity or scope of those patents that are brought to its attention. PI specifications are prospective and advisory only. Prospective users are responsible for protecting themselves against liability for infringement of patents.

NOTICE:

The information contained in this document is subject to change without notice. The material in this document details a PI specification in accordance with the license and notices set forth on this page. This document does not represent a commitment to implement any portion of this specification in any company's products.

WHILE THE INFORMATION IN THIS PUBLICATION IS BELIEVED TO BE ACCURATE, PI MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO ANY WARRANTY OF TITLE OR OWNERSHIP, IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR WARRANTY OF FITNESS FOR PARTICULAR PURPOSE OR USE.

In no event shall PI be liable for errors contained herein or for indirect, incidental, special, consequential, reliance or cover damages, including loss of profits, revenue, data or use, incurred by any user or any third party. Compliance with this specification does not absolve manufacturers of PROFIBUS or PROFINET equipment, from the requirements of safety and regulatory agencies (TÜV, BIA, UL, CSA, etc.).

PROFIBUS® and PROFINET® logos are registered trade marks. The use is restricted to members of PROFIBUS&PROFINET International. More detailed terms for the use can be found on the web page www.profibus.com/Downloads. Please select button "Presentations & logos".

In this specification the following key words (in **bold** text) will be used:

may: indicates flexibility of choice with no implied preference.
should: indicates flexibility of choice with a strongly preferred implementation.
shall: indicates a mandatory requirement. Designers **shall** implement such mandatory requirements to ensure interoperability and to claim conformance with this specification.

Publisher:
PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
Haid-und-Neu-Str. 7
76131 Karlsruhe
Germany
Phone : +49 721 / 96 58 590
Fax: +49 721 / 96 58 589
E-mail: info@profibus.com
Web site: www.profibus.com

© No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Revision Log

Version	Datum	Änderungen/History
1.0	17.08.2009	Finale Version zur Veröffentlichung
1.0.1		Version verworfen
1.0.2	25.02.2013	Anpassungen PROFIBUS PA durch AK Marketing, 1m-Regel, Abstände Kabel, Stichleitungen PROFIBUS DP
1.0.3 bis 1.07	12.08.2014	Interne Version, nicht veröffentlicht
1.0.8	21.08.2014	Review Version für AK PROFIBUS PA Marketing
1.0.9	31.10.2014	Interne Version, nicht veröffentlicht
1.0.10	03.11.2014	Review Version
1.11	21.11.2014	Review durch AK Leiter. Versionsindex auf zweistellig geändert.
1.12	10.01.2015	Review Version
1.13	13.05.2015	Version zur Freigabe
1.14 bis 1.26	26.03.2019	Interne Version, nicht veröffentlicht, Layout bearbeitet, Kapitel (6.1) „PROFIBUS Planungsrichtlinie“ hinzugefügt, In Kapitel 3.3.1 wurden die Tabellen für die minimalen Kabelstände ergänzt, neues Deckblatt hinzugefügt, Symbole wurden geändert, Kapitel PI-Dokumente (1.3) und normative Referenzen (1.4) aktualisiert, Angaben zum Beiheft wurden entfernt
1.27	17.09.2019	Finales Review vor Freigabe, Kapitel Erdung und Energieversorgung gelöscht. Verweis auf getrennte Richtlinie. Normreferenzen aktualisiert. Fehlerkorrekturen. Disclaimer Kabelabstände eingefügt.
1.28	15.06.2020	Abstände Kabel in Kapitel 3.3.1 konkretisiert. Erdung Kabelschirme PROFIBUS PA entfernt. Erdungsschiene am Schrankeintritt entfernt.
1.29	06.09.2020	Dokument bereinigt. Review Kommentare entfernt. Abbildung 3-32 ergänzt. Ausschluss der Haftung aktualisiert

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	12
1.1	VORWORT	13
1.2	AUSSCHLUSS DER HAFTUNG	14
1.3	PI DOKUMENTE	15
1.4	NORMATIVE REFERENZEN.....	16
1.5	SYMBOLERKLÄRUNGEN.....	19
1.5.1	<i>Symbole zur Textstrukturierung</i>	<i>20</i>
1.5.2	<i>Symbole für Komponenten.....</i>	<i>21</i>
1.5.3	<i>Symbole für Bereiche</i>	<i>22</i>
1.5.4	<i>Symbole für PROFIBUS-Kabel</i>	<i>23</i>
1.6	ZUM AUFBAU DIESER RICHTLINIE.....	24
1.7	BEVOR DIE PLANUNG BEGINNT	26
1.8	PROFIBUS IN DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK	27
1.9	DEFINITIONEN	28
2	AUSLEGUNG	29
2.1	FESTLEGUNG DER PROFIBUS-STRUKTUR.....	30
2.1.1	<i>Einteilung der Automatisierungsanlage.....</i>	<i>31</i>
2.1.2	<i>Aufbau einer Automatisierungseinheit</i>	<i>32</i>
2.1.3	<i>Aufbau einer PROFIBUS-Linie.....</i>	<i>34</i>
2.2	BESTIMMUNG DER LINIENRELEVANTEN DATEN.....	45
2.2.1	<i>Datenübertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz</i>	<i>46</i>
2.2.2	<i>Kommunikationsprotokoll</i>	<i>49</i>
2.2.3	<i>Buszykluszeit.....</i>	<i>52</i>
2.3	BESONDERE ANFORDERUNGEN.....	59

2.3.1	Explosionsschutz.....	60
2.3.2	Safety	66
2.3.3	Reservekabel	68
3	PLANUNG VERKABELUNG.....	69
3.1	PLANUNG DER PROFIBUS DP/ DP-IS VERKABELUNG	70
3.1.1	Kabelauswahl	70
3.1.2	Festlegung der Anschlusstechnik	80
3.1.3	Planung der Busabschlüsse.....	88
3.1.4	Ankopplung PROFIBUS DP-IS	90
3.1.5	Planung von Repeatern.....	93
3.1.6	Minimale Kabellänge zwischen zwei PROFIBUS DP Busteilnehmern	94
3.2	PLANUNG DER PROFIBUS-MBP (PA) VERKABELUNG	95
3.2.1	Allgemeine Hinweise	96
3.2.2	PROFIBUSMBP (PA): Planungsschritte	97
3.2.3	PROFIBUS MBP (PA) Spezifikation und Auslegung	98
3.2.4	PROFIBUS MBP (PA) für den explosionsgefährdeten Bereich	103
3.2.5	Planung von DP/PA-Übergängen	107
3.2.6	Kabelauswahl	112
3.2.7	Kabelanschluss	117
3.2.8	Auswahl der Verteilungstechnik	122
3.2.9	Planung der Busabschlüsse.....	127
3.3	ALLGEMEINE PLANUNG PROFIBUS	129
3.3.1	Planung der Kabelführung für Kupferkabel	129
3.3.2	Planung Funktionspotentialausgleich und Schirmung	136
3.4	PLANUNG DER LICHTWELLENLEITERVERKABELUNG	136
3.4.1	Besonderheiten bei LWL-Technik	137

3.4.2	<i>Optische Verbindungstechnik</i>	143
3.4.3	<i>Faserauswahl</i>	145
3.4.4	<i>Kabelauswahl</i>	150
3.4.5	<i>Bestimmung der Anschlüsse</i>	157
3.4.6	<i>Bestimmung der Faser-Faser-Kopplungen</i>	163
3.4.7	<i>Überprüfung der LWL-Strecken</i>	166
4	ABNAHME DER ANLAGE PLANEN	170
5	ANHANG.....	173
5.1	PROFIBUS DOKUMENTATION	174
5.1.1	<i>Dokumentationsrelevante Informationen PROFIBUS</i>	174
5.1.2	<i>Vorschlag einer Vorwärtsdokumentation bei PROFIBUS</i>	176
5.1.3	<i>Beispiel einer Vorwärtsdokumentation PROFIBUS</i>	179
5.1.4	<i>Schwierigkeiten der Vorwärtsdokumentation im Produktlebenszyklus</i>	192
6	STICHWORTVERZEICHNIS	193

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Aufbau der Richtlinie	25
Abbildung 1-2: PROFIBUS in der Automatisierungstechnik.....	27
Abbildung 2-1: Einteilung einer Automatisierungsanlage	31
Abbildung 2-2: Einteilung einer Automatisierungseinheit	33
Abbildung 2-3: Möglicher Aufbau einer Linie	34
Abbildung 2-4: Segmentbildung durch Teilnehmergruppen	37
Abbildung 2-5: Linientopologie des PROFIBUS DP mit Kupferkabel.....	39
Abbildung 2-6: Anschluss von zwei Segmenten an einen Repeater	40
Abbildung 2-7: Möglicher Einsatz von Repeatern	40
Abbildung 2-8: Topologien des PROFIBUS DP mit Lichtwellenleitern.....	41
Abbildung 2-9: Topologien des PROFIBUS-MBP (PA)	43
Abbildung 2-10: Prinzipieller Aufbau eines Buszyklusses	52
Abbildung 2-11: Buszykluszeiten des PROFIBUS DP	55
Abbildung 2-12: Buszykluszeiten des PROFIBUS	57
Abbildung 3-1: PROFIBUS DP-Standardkabel	75
Abbildung 3-2: PROFIBUS DP-IS-Kabel	76
Abbildung 3-3: PROFIBUS DP-Kabel mit PE-Mantel.....	76
Abbildung 3-4: PROFIBUS DP-Kabel zur Erdverlegung	77
Abbildung 3-5 PROFIBUS DP-Kabel als Schleppleitung/ zur Girlandenaufhängung ...	78
Abbildung 3-6: Aufbau eines Hybridkabels.....	79
Abbildung 3-7: Sub-D Verbindungsprinzip	82
Abbildung 3-8: Sub-D Steckverbinder mit zuschaltbarem Abschlusswiderstand.....	83
Abbildung 3-9: Sub-D Steckverbinder mit zusätzlicher Buchse.....	83
Abbildung 3-10: Bauformen von Sub-D Steckverbindern	84

Abbildung 3-11: Aufbau einer Übertragungsstrecke mit Sub-D Steckverbindern.....	85
Abbildung 3-12: Gehäuse und Ausführungsformen von M12 Steckverbindern	86
Abbildung 3-13: Aufbau einer Übertragungsstrecke mit M12 Steckverbindern	86
Abbildung 3-14: Aktive Versorgung des Abschlusses.....	89
Abbildung 3-15: Ankopplung PROFIBUS DP-IS.....	90
Abbildung 3-16: Repeater zur Streckenverlängerung	93
Abbildung 3-17: Lageplan eines beispielhaften Tanklagers	100
Abbildung 3-18: Feldbus mit eigensicherer Speisung für Zone 1 und Zone 0	104
Abbildung 3-19: Feldbusbarrieren bei PROFIBUS-MBP (PA).....	106
Abbildung 3-20: Ankopplung von PROFIBUS-MBP (PA).....	108
Abbildung 3-21 Verbindungsbeispiel von PROFIBUS DP und PROFIBUS-MBP (PA) mit DP/PA Link, gezeigt für einen explosionsgefährdeten Bereich mit Feldbusbarrieren.....	110
Abbildung 3-22: PROFIBUS-MBP (PA)-Standardkabel für eigensichere Segmente...	115
Abbildung 3-23: PROFIBUS-MBP (PA)-Kabel für nicht eigensichere Segments	115
Abbildung 3-24: Pin-Belegung M12 und 7/8 Zoll Stecker und Buchsen.....	120
Abbildung 3-25: Typische Ausführungsformen von passiven PROFIBUS-MBP (PA)-Verteilern (T-Verteiler und Vielfachverteiler)	123
Abbildung 3-26: exemplarische Darstellung eines aktiven Verteilerbausteins, nicht Ex.....	124
Abbildung 3-27: Spurkoppler im Ex Bereich.....	124
Abbildung 3-28: Aktiver Verteilerbaustein: Austausch und Erweiterung	125
Abbildung 3-29: Vollständig eigensichere Topologie mit Trunk und Spur und hoher Leistung.....	126
Abbildung 3-30: Setzen der Busabschlüsse beim PROFIBUS-MBP (PA)	127
Abbildung 3-31: Alternatives Setzen der Busabschlüsse beim PROFIBUS-MBP (PA)	128
Abbildung 3-32: Zusätzliche Auflage Kabelschirm in der Nähe des Gerätes	134

Abbildung 3-33: Anwendung LWL-Technik bei EMI	138
Abbildung 3-34: Anwendung LWL-Technik zur Schrank-Ankopplung bei EMI	138
Abbildung 3-35: Anwendung LWL-Technik zur Gebäudeverbindung	138
Abbildung 3-36: Optische Grundstrecke	139
Abbildung 3-37: Sterntopologie mit OLMs	142
Abbildung 3-38: BFOC (ST) Stecker	144
Abbildung 3-39: Duplex-Kabel	154
Abbildung 3-40: Break-Out-Kabel	154
Abbildung 3-41: Problematik bei Abisolierung von Break-Out-Kabel	155
Abbildung 3-42: Universalkabel mit Bündelader Konstruktion	156
Abbildung 5-1: Interessen im Lifecycle einer Anlage	177
Abbildung 5-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Deckblatt	180
Abbildung 5-3: Beispiel Vorwärtsdokumentation Automatisierung von drei Anlagenteilen	183
Abbildung 5-4: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Topologie-Plan (physikalisch)	184
Abbildung 5-5: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Informationen im Fehlerfall	191
Abbildung 5-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Beispiel Diagnosezugang	191

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1 Symbole zur Textstrukturierung	20
Tabelle 1-2: Symbole für Komponenten	21
Tabelle 1-3: Symbole für Bereiche und Zonen	22
Tabelle 1-4: Symbole für PROFIBUS-Kabel	23
Tabelle 2-1: Eigenschaften und Einsatzgebiete der PROFIBUS-Ausprägungen	36
Tabelle 2-2: Übertragungsdistanz in Abhängigkeit der Übertragungsgeschwindigkeit (PROFIBUS DP)	46
Tabelle 2-3: Übertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz (PROFIBUS- MBP (PA))	48
Tabelle 2-4: Maximale Längen von Spur beim PROFIBUS-MBP (PA)	48
Tabelle 2-5: Funktionsstufen des Kommunikationsprotokolls PROFIBUS DP	50
Tabelle 2-6: Schätzformel zur Berechnung der Buszykluszeit des PROFIBUS DP	54
Tabelle 2-7: Schätzformeln zur Berechnung der Buszykluszeit des PROFIBUS- MBP (PA)	56
Tabelle 2-8: Zoneneinteilung für Gase und Dämpfe	61
Tabelle 2-9: Zoneneinteilung für brennbare Stäube	61
Tabelle 2-10: Kategorien der Zündschutzart Ex i	63
Tabelle 3-1: Parameter des Leitungstyps A (PROFIBUS DP/DP-IS)	71
Tabelle 3-2: Ausführungsformen von PROFIBUS DP/DP-IS-Kabeln	74
Tabelle 3-3: Ausführungsformen an PROFIBUS DP/DP-IS-Steckverbindern	81
Tabelle 3-4: Spur-Länge in Abhängigkeit der Anzahl Feldbusteilnehmer	98
Tabelle 3-5: Informationen aus dem Lageplan	100
Tabelle 3-6: Maximale Spur-Längen beim eigensicheren PROFIBUS-MBP (PA) nach FISCO	104
Tabelle 3-7: Randbedingungen nach Feldbusnorm und FISCO Standard	105

Tabelle 3-8: Parameter des Leitungstyps A (PROFIBUS-MBP (PA)).....	113
Tabelle 3-9: Ausführungsformen von PROFIBUS-MBP (PA)-Kabeln.....	114
Tabelle 3-10: Steckverbinder des PROFIBUS-MBP (PA)	118
Tabelle 3-11: Mindestabstände S zwischen PROFIBUS-Kabeln und Energiekabeln nach EN 50174-2(2018)	131
Tabelle 3-12: Faktor P für Stromversorgungsverkabelung	132
Tabelle 3-13: Erreichbare Übertragungstrecke der Fasertypen.....	146
Tabelle 3-14: Erreichbare Übertragungstrecke der Fasertypen.....	146
Tabelle 3-15: Mechanische Eigenschaften LWL-Kabel (gemäß IEC 61784-5-3).....	151
Tabelle 3-16: Ausführungsformen von LWL-Kabeln	153
Tabelle 3-17: Beispiele für die Pegelbudgetrechnung verschiedener LWL-Fasern ...	169
Tabelle 5-1: Zusätzliche Informationen zu den Geräten in der Topologie.....	179
Tabelle 5-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Vorüberlegung	179
Tabelle 5-3: Informationen im Schriftfeld nach [ISO 7200].....	181
Tabelle 5-4: Vorschlag für das Schriftfeld nach [ISO 7200]	182
Tabelle 5-5: Beispiel für das Schriftfeld nach [ISO 7200]	182
Tabelle 5-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS zusätzliche Geräteinformationen.....	185
Tabelle 5-7: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS erweiterte Geräteinformationen.....	187
Tabelle 5-8: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Kabelliste	189
Tabelle 5-9: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Erweiterung der Kabelliste.....	190

1 Einleitung

1.1 Vorwort

Die PROFIBUS-Planungsrichtlinie soll Sie als Anlagenplaner von PROFIBUS-Anlagen bei Ihrer Arbeit unterstützen und die professionelle Planung einer Anlage erleichtern und dabei als roter Faden für eine schrittweise Planung der Anlage dienen.

Die Darstellung der Informationen ist möglichst einfach und kurz gehalten. Dabei werden Grundkenntnisse über die PROFIBUS-Technik und elektrotechnische Grundkenntnisse vorausgesetzt.

Diese Richtlinie ist keine zusammenfassende Beschreibung zum Thema PROFIBUS. Falls Sie Informationen zu PROFIBUS benötigen, nutzen Sie bitte die entsprechenden Dokumente der PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. oder entsprechende Fachliteratur. Auf die technische Umsetzung bzw. Montage des PROFIBUS wird in der PROFIBUS-Planungsrichtlinie nicht eingegangen, zu diesem Thema sei an dieser Stelle auf die „PROFIBUS-Montagerichtlinie“ (Order No.: 8.021) verwiesen.

Die Planungsrichtlinie ersetzt kein vorhandenes Dokument. Sie stellt eine anwendungsorientierte Ergänzung dar. Die bisherigen Dokumente der PI haben daher weiterhin Gültigkeit.

1.2 Ausschluss der Haftung

Die PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (nachfolgend „PNO“) hat in diesem Dokument Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt eingebracht und diese zusammengestellt. Dennoch ist dieses Dokument, basierend auf dem jetzigen Kenntnisstand, nur informierend und wird auf Basis eines Haftungsausschlusses zur Verfügung gestellt. Das Dokument kann in der Zukunft Änderungen, Erweiterungen oder Korrekturen unterliegen, ohne dass ausdrücklich darauf hingewiesen wird.

Dieses Dokument hat keinen normativen Charakter. Es kann in bestimmten Einsatzumgebungen, in bestimmten technischen Konstellationen oder beim Einsatz in bestimmten Ländern sinnvoll sein, von den gegebenen Handlungsempfehlungen abzuweichen. Errichter und Betreiber der Anlage sollten in diesem Fall die Vor- und Nachteile der gemachten Empfehlungen in der konkreten Anwendung abwägen und, sofern als sinnvoll erachtet, gegebenenfalls die Umsetzung einer abweichenden Lösung beschließen.

Der Nutzer darf die Informationen zu keiner Zeit an Dritte vertrieben, vermietet oder in sonstiger Weise überlassen werden.

Eine Haftung der PNO für Sach- und Rechtsmängel der bereitgestellten Informationen, insbesondere für deren Richtigkeit, Fehlerfreiheit, Freiheit von Schutz- und Urheberrechten Dritter, Vollständigkeit und/oder Verwendbarkeit – außer bei Vorsatz, grober Fahrlässigkeit oder Arglist – ausgeschlossen. Im Übrigen ist jegliche Haftung der PNO ausgeschlossen, soweit nicht z.B. wegen Verletzung des Lebens, des Körpers oder Gesundheit, wegen Vorsatzes oder grober Fahrlässigkeit oder wegen der Verletzung wesentlicher Vertragspflichten zwingend haftet wird.

1.3 PI Dokumente

Interconnection Technology (2007-01)

Order No.: 2.142, Version 1.4 - PROFIBUS Guideline

PROFIsafe - Environmental Requirements (2015-12)

Order No.: 2.232, Version 2.6 - PROFIBUS Guideline

PROFIBUS RS 485-IS User and Installation Guideline (2003-06)

Order No.: 2.262, Version 1.1 - PROFIBUS Guideline

PROFIBUS Montagerichtlinie (2020-09)

Order No.: 8.021, Version 1.47 – PROFIBUS Guideline

PROFIBUS Inbetriebnahmerichtlinie (2019-09)

Order No.: 8.031, Version 1.21 – PROFIBUS Guideline

Diagnosis, Alarms and Time Stamping (2004-07)

Order No.: 3.522, Version 1.0 - PROFIBUS Profile Guidelines

PROFIBUS Systembeschreibung (2016-04)

Order No.: 4.331, PROFIBUS Technologie und Anwendung

Funktionspotentialausgleich und Schirmung für PROFIBUS und PROFINET

Order No.: 8.101, Version 2.3, September 2020

1.4 Normative Referenzen

ISO / IEC 24702 (2016)

Informationstechnik – Anwendungsneutrale Verkabelung – Industriell genutzte Gebäude

IEC 60079-0 (2017); VDE 0170-1 (2019)

Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Betriebsmittel - Allgemeine Anforderungen

IEC 60079-7 (2015 + A1_2017); VDE 0170-6 A1:2018)

Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 7: Geräteschutz durch erhöhte Sicherheit „e“

IEC 60079-11 (2011 + Corr. 2012); VDE 0170-7 (2012)

Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 11: Geräteschutz durch Eigensicherheit „i“

IEC 60079-14 (2013 + Cor 1 2016); VDE 0165-1 Berichtigung 1:2016-06

Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen

IEC 60079-25 (2015); DE 0170-10-1 Berichtigung 1:2014-01)

Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 25: Eigensichere Systeme

IEC 60204-1 (2016); VDE 0113-1 (2019)

Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2005, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60204-1:2006

IEC 60364-4-41 (2017); VDE 0100-410 (2018)

Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag

IEC 60364-5-54 (2011); VDE 0100-540 (2012)

Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter

IEC 60529 (1989 + A1 1999 + A2 2013); VDE 0470-1 (2014)

Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)

IEC 60874-14-10 (1999)

Connectors for optical fibres and cables - Part 14-10

IEC 61140 (2016); VDE 0140-1 (2016)

Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel

IEC 61158-2 (2014)

Industrielle Kommunikationsnetze – Feldbusse – Teil 2: Spezifikation und Dienstfestlegungen des Physical Layer (Bitübertragungsschicht)

IEC 61241-1-2 (2004); VDE 0170-15-1:2005-06

Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub - Teil 1-2:
Elektrische Betriebsmittel mit Schutz durch Gehäuse

IEC 61784-5-3 (2018); VDE 0800-500-3 (2019)

Industrielle Kommunikationsnetze – Profile – Teil 5-3: Feldbusinstallation - Installationsprofile
für die Kommunikationsprofilfamilie 3

IEC 61918 (2018); VDE 0800-500 (2017)

Industrielle Kommunikationsnetze - Installation von Kommunikationsnetzen in Industrieanlagen

EN 50174-2 (2018); VDE 0800-174-2 (2018)

Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung - Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden

EN 50174-3 (2017); VDE 0800-174-3 (2017)

Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung - Teil 3: Installationsplanung und Installationspraktiken im Freien

EN 50310 (2016); VDE 0800-2-310 (2017)

Telekommunikationstechnische Potentialausgleichsanlagen für Gebäude und andere Strukturen

;

1.5 Symbolerklärungen

Die Abbildungen in dieser Richtlinie dienen Ihnen als Leser zum besseren Verständnis des Textes. Zusätzlich wurden Symbole zur Textstrukturierung benutzt. Diese Symbole geben Hinweise auf besonders wichtige Textstellen oder fassen Abschnitte zusammen.

Folgende einheitliche Symbole zur Textstrukturierung und Darstellung in Abbildungen wurden verwendet:

- Tabelle 1-1 Symbole zur Textstrukturierung
- Tabelle 1-2: Symbole für Komponenten
- Tabelle 1-3: Symbole für Bereiche und Zonen
- Tabelle 1-4: Symbole für PROFIBUS-Kabel

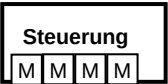
1.5.1 Symbole zur Textstrukturierung

Tabelle 1-1 Symbole zur Textstrukturierung

Symbol	Name	Bedeutung
	Tipp	Wird verwendet zur Angabe einer Empfehlung und / oder Zusammenfassung des aktuellen Sachverhalts.
	Wichtig	Wird verwendet für Hinweise, bei deren Nichtbeachtung Störungen im Betriebsfall entstehen können.
	Handlungsanweisung	Wird verwendet für direkte Handlungsanweisung.
	Gefahr	Wird verwendet bei Gefahren für Leben und Sicherheit. Die Beachtung der Anweisung ist äußerst wichtig!

1.5.2 Symbole für Komponenten

Tabelle 1-2: Symbole für Komponenten

Symbol	Name	Bedeutung
	Master	Steuerung des PROFIBUS, enthält einen oder mehrere Master-Klasse-1
	DP / PA-Umsetzer	Umsetzer zwischen PROFIBUS DP und MBP (PA) bzw. DP-IS
	Feldbusbarriere	Verbindungsglied für PROFIBUS-MBP (PA) zwischen Ex e-Hauptbus und Ex i-Stichleitungen
	Verteilerbox	Passiver oder aktiver Verteiler für PROFIBUS-MBP (PA)
	OLM (Optical Link Modul)	Umsetzung von elektrischen auf optische Signale bzw. umgekehrt
	Slave	Busteilnehmer (Slave) PROFIBUS DP, DP-IS, MBP (PA)
	Abschlusswiderstand	Abschlusswiderstand eines Segments
	BFOC-Stecker	Lichtwellenleiter-Steckverbinder

1.5.3 Symbole für Bereiche

Tabelle 1-3: Symbole für Bereiche und Zonen

Symbol	Name	Bedeutung
	EMI	Bereich in dem mit elektromagnetischen Interferenzen (EMI) zu rechnen ist.
	Ex Bereich	Explosionsgefährdeter Bereich

1.5.4 Symbole für PROFIBUS-Kabel

Tabelle 1-4: Symbole für PROFIBUS-Kabel

Symbol	Name	Bedeutung
	PROFIBUS DP Standardkabel	PROFIBUS DP-Kabel Mantelfarbe: violett
	PROFIBUS DP-IS Ex-Bereich	PROFIBUS DP-IS-Kabel Mantelfarbe: blau
	PROFIBUS DP PE Mantel/ Erdka- bel	PROFIBUS DP-Kabel Mantelfarbe: schwarz
	PROFIBUS-MBP (PA) Ex-Bereich	PROFIBUS-MBP (PA)-Kabel Mantelfarbe: hell- blau
	PROFIBUS-MBP (PA) nicht Ex-Bereich	PROFIBUS-MBP (PA)-Kabel Mantelfarbe: schwarz
	LWL	Lichtwellenleiter-Innenkabel
	Spleiß	Lichtwellenleiter-Spleißverbindung
	Leitende Verbin- dung	elektrisch leitende Verbindung

1.6 Zum Aufbau dieser Richtlinie

Die Richtlinie führt Sie schrittweise durch den Planungsprozess. Im Rahmen der Einleitung wird Ihnen zunächst der prinzipielle Planungsprozess anhand dieser Richtlinie vorgestellt.

Der weitere Aufbau sieht folgendes Konzept vor:

- **Kapitel 2:** Hauptbestandteil dieses Kapitels ist die Topologieplanung (Auslegung). Die Einteilung der Teilnehmer in PROFIBUS-Segmente und Linien wird geplant.
- **Kapitel 3:** Die in Kapitel 2 ausgearbeitete Topologie wird in diesem Kapitel um eine detaillierte Komponentenauswahl ergänzt. So wird in diesem Kapitel z.B. geklärt, welche Kabel und Steckverbinder Verwendung finden, oder welche Punkte bei der Trassenführung der Kabel zu beachten sind.
- **Kapitel 4:** Der Planungsprozess wird durch die Planung der Abnahme abgeschlossen.

Zu Beginn eines Kapitels werden das Thema und die weitere Gliederung des Kapitels zur besseren Orientierung dargestellt.

Eine parallele Bearbeitung der Kapitel und entsprechender Listen ist vorgesehen, um die Ergebnisse der Planung zu dokumentieren und somit zu optimieren.

Abbildung 1-1 zeigt den prinzipiellen Planungsablauf anhand des Aufbaus dieser Richtlinie.

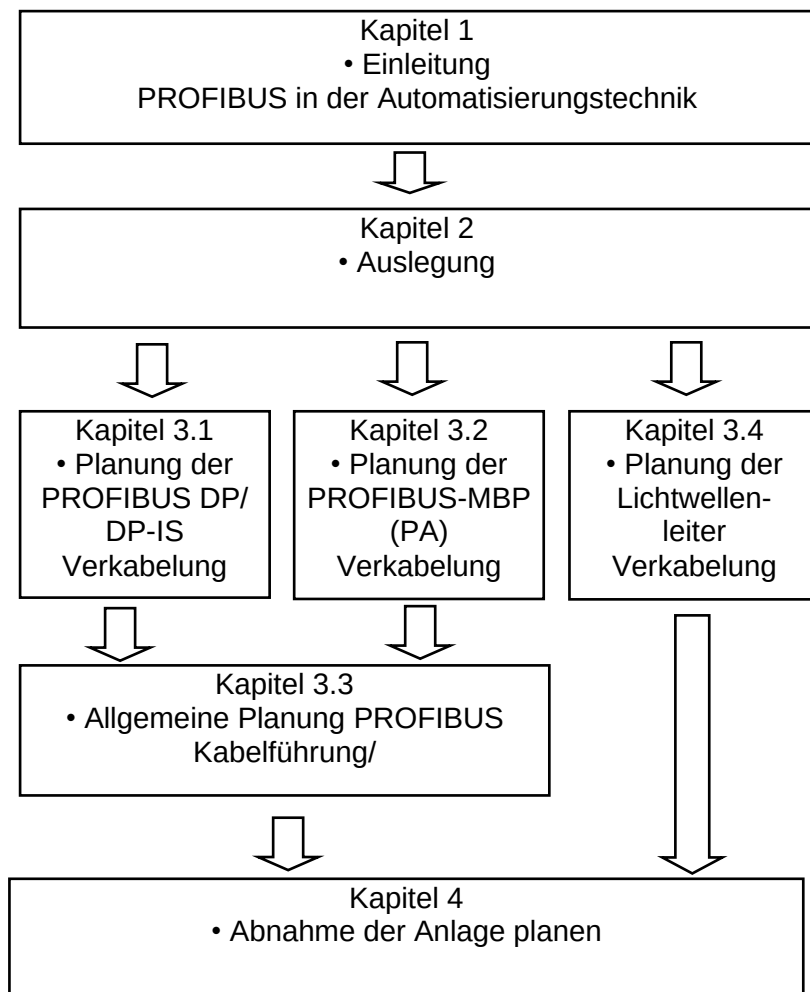


Abbildung 1-1: Aufbau der Richtlinie

1.7 Bevor die Planung beginnt...

...müssen Sie sich zunächst eine Übersicht über Ihr Vorhaben verschaffen. Beispielsweise können Sie, um sich einen ersten Überblick über das Projekt zu verschaffen, mit einem Grundriss der Anlage arbeiten.

Tragen Sie, explosionsgefährdete Bereiche, die Lage der Maschinen und die ungefähre Lage der PROFIBUS-Teilnehmer ein. Klären Sie ob Anlagenteile nach besonderen Sicherheitsbestimmungen (SIL) ausgelegt werden sollen.

So können Sie im Vorfeld der Planung eine erste Vorstellung über Ausdehnung und Umfang des zu planenden PROFIBUS-Netzes gewinnen.

1.8 PROFIBUS in der Automatisierungstechnik

Low-Level-Feldbusse (Sensor-Aktor-Busse) können einfach in Busse auf höheren Ebenen, wie z. B. PROFIBUS und PROFINET, integriert werden.

Auf der Feldebene können Feldgeräte (z. B. Transmitter, Aktoren oder Ventile) mit dem PROFIBUS-Master (z. B. einer SPS) über den PROFIBUS kommunizieren. Prozessdaten werden über eine zyklische Master-/Slave Methode übertragen. Falls erforderlich können über azyklische Dienste zusätzlich Parameter oder Diagnosedaten übertragen werden.

Die Auslegung der Master-Slave-Topologie für PROFIBUS beschränkt sich im Rahmen dieser Richtlinie auf Mono Master Systeme, d.h. am PROFIBUS-Netzwerk existiert jeweils nur ein Master für den zyklischen Datenaustausch mit den ihm zugeordneten Slaves.

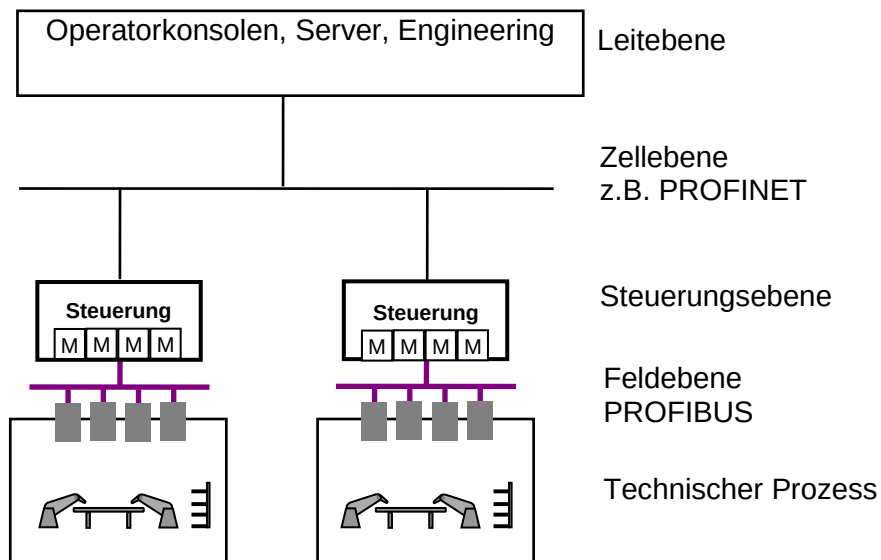


Abbildung 1-2: PROFIBUS in der Automatisierungstechnik

1.9 Definitionen

PROFIBUS-Teilnehmer

Als PROFIBUS-Teilnehmer werden in dieser Richtlinie die im PROFIBUS-Netzwerk angeschlossenen adressierbaren Geräte bezeichnet (Master und Slaves).

Steuerung

Eine Steuerung enthält einen oder mehrere Master-Klasse-1, welche die Kommunikation mit allen in dieser Einheit enthaltenen Slaves steuern.

Master

PROFIBUS kennt zwei Typen von Mastern. Bei einem Master-Klasse-1 handelt es sich um eine zentrale Steuerung, die in einem festgelegten Nachrichtenzyklus Informationen mit den dezentralen PROFIBUS-Teilnehmern (Slaves) austauscht. Typische Master-Klasse-1-Geräte sind z.B. SPS.

Obwohl PROFIBUS die Verwendung mehrerer Master-Klasse-1 zulässt, gibt es in der Regel nur einen im System (Mono-Master).

Der Master-Klasse-2 wird für die Konfiguration und Diagnose der PROFIBUS-Teilnehmer verwendet. Master-Klasse-2 sind häufig im Master-Klasse-1 enthalten oder müssen durch zusätzliche Hardware (z.B. PC) realisiert werden.

Slave

Ein Slave ist ein adressierbares Peripheriegerät, welches Prozessinformationen einliest und/oder Ausgangsinformationen ausgibt. Sie sind in Bezug auf die Kommunikation passiv und antworten auf Anfrage eines Masters.

Komponenten

Mit Komponenten wird in dieser Richtlinie die Gesamtheit aller für die Realisierung von Topologien notwendigen Geräte und Bauteile bezeichnet (Beispielsweise: Verteiler, Feldbusbarrieren, DP/PA-Umsetzer, Steckverbinder).

2 Auslegung



Die Auslegung eines PROFIBUS-Netzwerks ist ein iterativer Prozess, der während der Durchführung möglicherweise Änderungen und Umstrukturierungen Ihrer Entwürfe erfordert.

2.1 Festlegung der PROFIBUS-Struktur

Für den Auslegungsprozess ist zunächst die Erstellung einer grundlegenden PROFIBUS-Struktur sinnvoll.

Hierzu ist eine Einteilung der Automatisierungsanlage in einzelne Automatisierungseinheiten notwendig.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Einteilung der Automatisierungsanlage
- Aufbau einer Automatisierungseinheit
- Aufbau einer PROFIBUS-Linie
 - PROFIBUS-Ausprägungen
 - Topologien des PROFIBUS DP
 - Topologien des PROFIBUS-MBP (PA)

2.1.1 Einteilung der Automatisierungsanlage

Je nach Größe der Anlage kann Ihre Automatisierungslösung aus bis zu mehreren tausend Busteilnehmern bestehen. Um all diese optimal in ein Netzwerk einzubinden, muss die Anlage zunächst in einzelne Automatisierungseinheiten unterteilt werden.

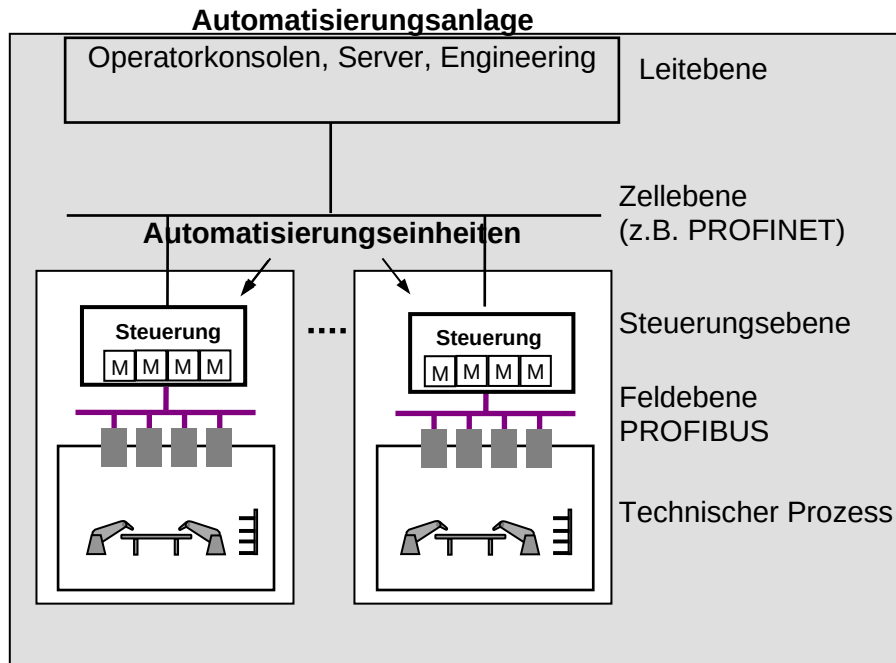


Abbildung 2-1: Einteilung einer Automatisierungsanlage

Eine Automatisierungseinheit beinhaltet nur eine Steuerung mit einem oder mehreren Master-Klasse-1, welche die Kommunikation mit allen in dieser Einheit enthaltenen Slaves steuern.

Untereinander können die Steuerungen über ein übergeordnetes Bussystem (z.B. PROFINET) miteinander kommunizieren. Dieses ist jedoch nicht Bestandteil dieser Richtlinie.



Steuerungen (Controller, SPS) sind häufig unterschiedlich leistungsfähig. Diese Leistungsfähigkeit muss an die Anforderungen des zu automatisierenden Prozesses angepasst sein.

2.1.2 Aufbau einer Automatisierungseinheit

Eine Automatisierungseinheit dient der Abarbeitung einzelner Aufgabenstellungen, für deren Realisierung ein gewisser Umfang an PROFIBUS-Slaves (z. B. Remote I/O, Antriebe, etc.) erforderlich ist. Diese Slaves werden über sogenannte Linien mit der Steuerung verbunden. An einer Linie dürfen, begrenzt durch den vom Master zur Verfügung gestellten Adressraum (0 bis 125), theoretisch bis zu 126 Busteilnehmer (Summe aller Master und Slaves) betrieben werden. In der Praxis werden häufig deutlich weniger Busteilnehmer angeschlossen.

Die Anzahl der an einer Linie anzuschließenden Slaves ist von verschiedenen Faktoren abhängig, die in späteren Kapiteln dieses Dokumentes behandelt werden. Einige dieser Faktoren sind beispielsweise:

- Übertragungsgeschwindigkeit der Linie
- Datenmengen der einzelnen Slaves
- Leistungsaufnahme der Slaves (nur bei PROFIBUS-MBP (PA))
- Maximal zulässige Zykluszeit



Teilen Sie zu diesem Zeitpunkt des Auslegungsprozesses einer Linie noch nicht die maximal zulässige Anzahl Slaves zu. Eine spätere Zusammenlegung mehrerer Linien ist jederzeit möglich.

Je nach Typ der Steuerung kann diese nur eine begrenzte Anzahl an Linien ansteuern. Typisch sind ein bis vier PROFIBUS-Linien pro Steuerung. Jede dieser Linien wird von einem Master angesteuert. Die in einer Automatisierungseinheit vorhandenen Aufgaben sollten einzelnen Anlagenteilen zugeordnet werden. Die in einem Anlagenteil vorhandenen Slaves können dann wiederum einer definierten Anzahl Linien zugeordnet werden.

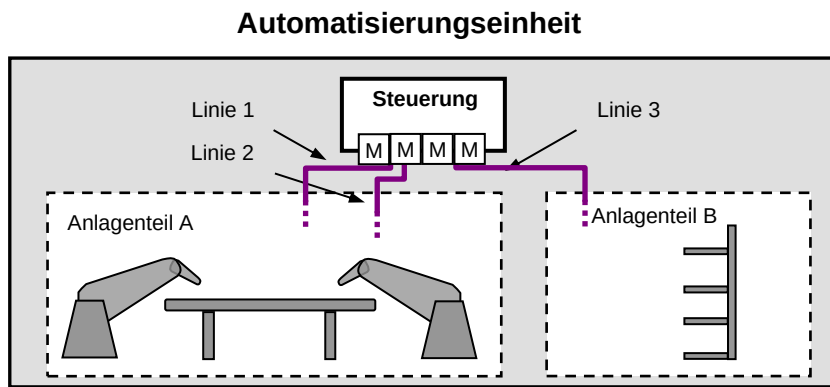


Abbildung 2-2: Einteilung einer Automatisierungseinheit



Teilen Sie Ihre Automatisierungsanlage, unter Berücksichtigung der verwendeten Steuerungen, in die einzelnen Automatisierungseinheiten und Anlagenteile ein. Legen Sie anschließend für jede Automatisierungseinheit eine Anlagenübersicht an und tragen Sie dort folgendes ein:

- Automatisierungseinheit; Steuerung; Anzahl Linien; Liniennummer(n); Anlagenteil(e)

2.1.3 Aufbau einer PROFIBUS-Linie

Eine Linie ist aus einem oder auch mehreren miteinander gekoppelten Bussegmenten aufgebaut.

Ein solches Segment erlaubt den Anschluss von bis zu 32 Busteilnehmern und muss eindeutig einer PROFIBUS-Ausprägung (PROFIBUS DP / PROFIBUS-MBP (PA)) zugeordnet sein. Repeater und PROFIBUS-DP/PA-Umsetzer zählen dabei auch als Busteilnehmer. Der tatsächliche topologische Aufbau der Linie erfolgt auf Basis dieser Segmente, da die beiden PROFIBUS-Ausprägungen unterschiedliche strukturelle Eigenschaften aufweisen. Abbildung 2-3 stellt zur Übersicht den möglichen Aufbau einer Linie dar.

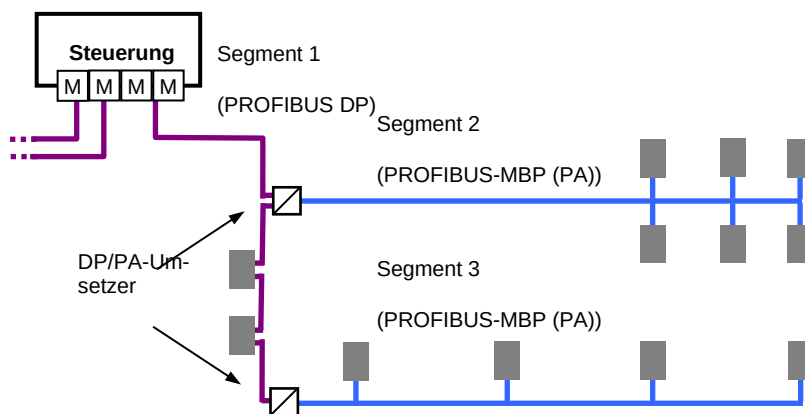


Abbildung 2-3: Möglicher Aufbau einer Linie

2.1.3.1 PROFIBUS-Ausprägungen

Der PROFIBUS existiert in unterschiedlichen Ausprägungen. Die beiden Wesentlichen sind nachfolgend vorgestellt.

- **PROFIBUS DP**

Der PROFIBUS DP ist ein schneller Bus (max. 12.000 kbit/s), der z. B. für den Anschluss von Remote I/O, Antrieben und anderen intelligenten Einheiten gedacht ist.

- **PROFIBUS-MBP (PA)**

Der PROFIBUS-MBP (PA) ist ein langsamer Bus (31,25 kbit/s), der für den direkten Anschluss von Messumformern (z. B. für Druck, Temperatur) gedacht ist und eine Energieversorgung der Busteilnehmer über das Buskabel gestattet. Aufgrund seiner Eigenschaften, auf die im Folgenden noch näher eingegangen wird, ist dieser Bus insbesondere für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet.

Jedes Segment kann nur einer Ausprägung zugeordnet werden. Die wesentlichen Eigenschaften und Einsatzgebiete des PROFIBUS DP und PROFIBUS-MBP (PA) sind in Tabelle 2-1 zusammengefasst.

Tabelle 2-1: Eigenschaften und Einsatzgebiete der PROFIBUS-Ausprägungen

	PROFIBUS DP	PROFIBUS-MBP (PA)
Automatisierungszweig	Fertigungsautomatisierung und Prozessautomatisierung	Prozessautomatisierung
Beschreibung	Einsatz für diskrete und kontinuierliche Aufgaben. Einsatz im Ex-Bereich mit besonderen Ergänzungen (RS485-IS) möglich, aber nicht die Regel.	Einsatz für kontinuierliche Aufgaben. Bei Einsatz von Ex-Kopplern oder Barrieren auch geeignet für explosionsgefährdete Bereiche. Energieversorgung der Slaves über den Bus.
Typische angeschlossene Geräte	Remote I/O, Antriebe, Waagen, Dosiereinrichtungen, Anzeigepanels	Analoge Sensoren (z. B. Druck, Temperatur), analoge Aktoren (z. B. Stellungsregler)
Anzahl Busteilnehmer pro Segment	Maximal 32	Maximal 32, typischerweise 6 bis 16
Übertragungsgeschwindigkeiten	9,6 kbit/s bis 12 000 kbit/s in definierten Stufen	31,25 kbit/s
Übertragungstechnik	• RS 485 • RS 485(IS) • Faser-optisch	• MBP (Manchester Bus Powered)
Übertragungsmedium	• Kupferkabel Lichtwellenleiter: Glas/ Kunststoff/ HCS	• Kupferkabel
	PROFIBUS DP	PROFIBUS-MBP (PA)

Maximale Übertragungsstrecke	1 200 m pro Segment für Kupferkabel. Bei höheren Datenraten geringer. Maximal. 9 Segmente pro Linie. Bei Einsatz von Lichtwellenleiter mehrere km.	bis zu 1 900 m
-------------------------------------	--	----------------

Fassen Sie die zu bildenden Segmente als Teilnehmergruppen zusammen, die entweder PROFIBUS DP oder PROFIBUS-MBP (PA) zugeordnet werden können. Diese Teilnehmergruppen sollten örtlich beieinander oder entlang einer Linie liegen. Abbildung 2-4 verdeutlicht dieses Vorgehen der Segmentbildung anhand der in Abbildung 2-3 dargestellten Linie.

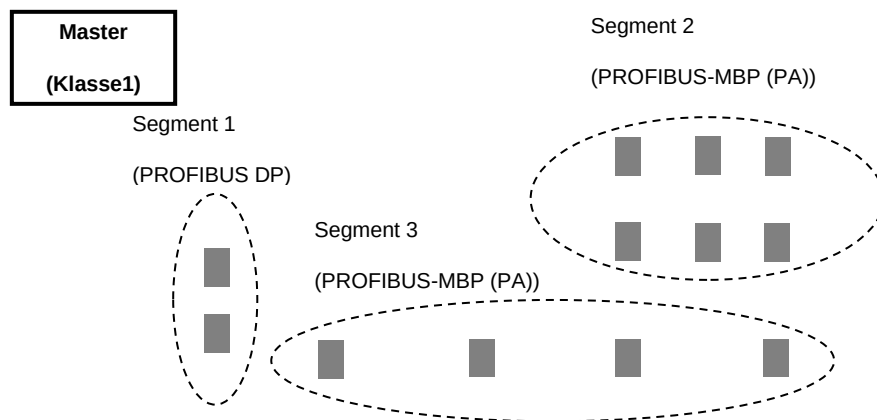


Abbildung 2-4: Segmentbildung durch Teilnehmergruppen



Teilen Sie die an eine Linie anzuschließenden Busteilnehmer in einzelne Segmente ein und weisen Sie diesen eine der beiden PROFIBUS-Ausprägungen zu. Zur besseren Übersicht sollte dieses zunächst auf grafischem Wege geschehen (siehe Abbildung 2-4).

2.1.3.2 Topologien des PROFIBUS DP

Für die Verkabelung des PROFIBUS DP kann als Übertragungsmedium zwischen Kupferkabeln und Lichtwellenleitern (LWL) gewählt werden. Je nach verwendetem Übertragungsmedium sind unterschiedliche Topologien zulässig.

Beachten Sie, dass der PROFIBUS DP dem PROFIBUS-MBP (PA) überlagert ist. Dies bedeutet, dass alle PROFIBUS-MBP (PA)-Segmente durch Kopplung an den PROFIBUS DP an eine überlagerte Linie angebunden werden. Die hierfür verwendeten DP/PA-Umsetzer müssen bei der Topologiefestlegung mit eingeplant werden.

Topologie des PROFIBUS DP mit Kupferkabel

Bei Verwendung von Kupferkabel, ohne zusätzliche aktive Komponenten, unterliegt der PROFIBUS DP innerhalb eines Segments einer reinen Linientopologie.

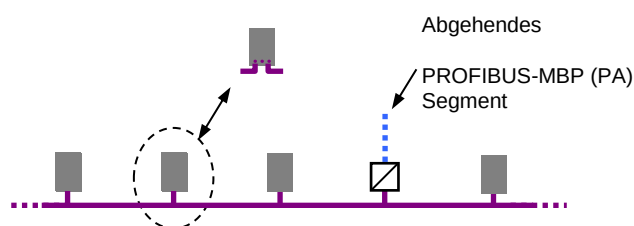


Abbildung 2-5: Linientopologie des PROFIBUS DP mit Kupferkabel

Beachten Sie, dass es sich bei den Teilnehmeranschlüssen in den Abbildungen nicht um Stichleitungen handelt. Das Buskabel läuft immer nur von Teilnehmer zu Teilnehmer. Das Bussignal wird dabei im Steckverbinder oder direkt in dem Teilnehmer durchgeschleift.



Von einer Verwendung von Stichleitungen wird bei PROFIBUS DP grundsätzlich abgeraten, da die durch die Stichleitungen zusätzlich hervorgerufenen Reflexionen als zusätzliche Störquellen zu betrachten sind.

Mit Kupferkabeln lassen sich, abhängig von der Datenübertragungs-geschwindigkeit, Übertragungsstrecken von bis zu 1 200 m pro Segment realisieren. Werden längere Übertragungsstrecken benötigt, müssen Repeater eingesetzt werden, welche zwei PROFIBUS-DP-Segmente miteinander verbinden. Diese Verbindung kann dabei an beliebiger Stelle der jeweiligen Übertragungsstrecke geschehen. Neben der Streckenverlängerung, können Repeater zur Segmentierung des Netzwerkes herangezogen werden.

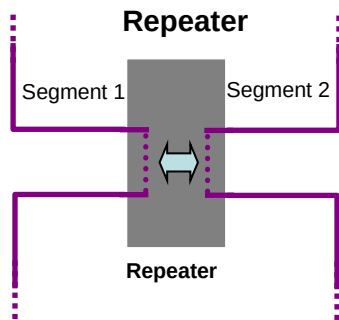


Abbildung 2-6: Anschluss von zwei Segmenten an einen Repeater



Abbildung 2-7: Möglicher Einsatz von Repeatern

Am Markt existieren unterschiedliche Repeater. Die Art der Signalaufbereitung ist in der PROFIBUS-Norm nicht näher spezifiziert. Deshalb müssen Sie mit herstellerabhängigen Unterschieden in der Funktionsweise rechnen.

Beachten Sie die vom Hersteller vorgegebenen Einsatzregeln; insbesondere Angaben zur Anzahl der maximal in Reihe schaltbaren Repeater. Die maximal zulässige Anzahl in Reihe schaltbarer Repeater ist herstellerabhängig. Vermeiden Sie zugunsten eindeutiger Einsatzregeln die Mischung von Repeatern unterschiedlicher Hersteller in derselben PROFIBUS-Linie. Beachten Sie außerdem, dass der Einsatz von Repeatern immer eine gewisse

Signalverzögerung mit sich bringt. Dieses ist besonders bei zeitkritischen Automatisierungsaufgaben ein wichtiger Faktor.



Vor der Einplanung von Repeatern sollte immer auf die Herstellerangaben zurückgegriffen werden. Repeater sind als Busteilnehmer mitzuzählen. Auf einem Segment mit einem Repeater am Anfang und einem Repeater am Ende können also noch weitere 30 Teilnehmer angeschlossen werden.

Topologie des PROFIBUS DP mit Lichtwellenleiter

Bei Verwendung von Lichtwellenleitern lassen sich verschiedene Topologien (Linie, Stern, Ring) sowie die sich daraus ergebenden Mischtopologien realisieren.

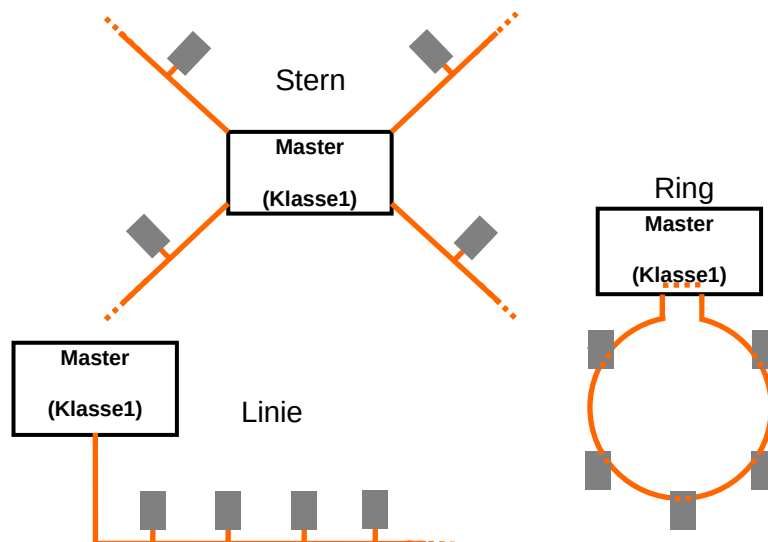


Abbildung 2-8: Topologien des PROFIBUS DP mit Lichtwellenleitern

Neben der Eignung für Übertragungsdistanzen von mehreren Kilometern, zeichnen sich Lichtwellenleiter besonders durch ihre Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen aus. Darüber hinaus ermöglichen es Lichtwellenleiter Potentialdifferenzen zwischen verschiedenen Teilen der Anlage zu überbrücken.

Topologie des PROFIBUS DP mit Kupferkabel und Lichtwellenleiter

PROFIBUS DP Netzwerke lassen sich mit einer Kombination aus Kupferkabeln und Lichtwellenleitern aufbauen. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, einzelne Streckenabschnitte oder kleinere Bereiche mit Lichtwellenleitern auszulegen.



Lichtwellenleiter sollten für folgende Anwendungsfälle verwendet werden:

- Überwindung langer Übertragungsdistanzen
- Durchquerung elektromagnetisch belasteter Bereiche
- Gebäudeübergreifende Verbindungen
- Blitzschutz
- Verbindung von Anlagenteilen mit unterschiedlicher Energieeinspeisung.



Entwerfen Sie auf Basis der bisherigen Erläuterungen einen topologischen Aufbau des PROFIBUS-Netzwerkes. Hierzu ist für jedes Segment ein Segment-Strukturplan anzulegen. Tragen Sie dort folgende Punkte ein:

- Automatisierungseinheit; Anlagenteil; Linien- und Segmentnummern
- Die angeschlossenen Busteilnehmer (Teilnehmernummer; Gerätetyp/ Bezeichnung)
- Die ungefähren Kabellängen; das gewählte Übertragungsmedium; Streckennummern

2.1.3.3 Topologien des PROFIBUS-MBP (PA)

Beim PROFIBUS-MBP (PA) erfolgt die Energieversorgung der Slaves über den Bus. Daher kann ausschließlich Kupferkabel als Übertragungsmedium verwendet werden.

Für den PROFIBUS-MBP (PA) sind Linien- und Baum Topologien sowie Kombinationen aus diesen zugelassen. Der Teilnehmeranschluss erfolgt entweder wie beim PROFIBUS DP durch direkte Verbindung mit dem Bus (engl. Trunk) oder über vom Hauptbus abgehende Stichleitungen (engl. Spur). Letztere sind grundsätzlich erlaubt und werden mit speziell hierfür vorgesehenen Verteilern realisiert. Im Folgenden werden nur noch die Englischen Begriffe für Stichleitungen (Spur) und Bus (Trunk) verwendet.

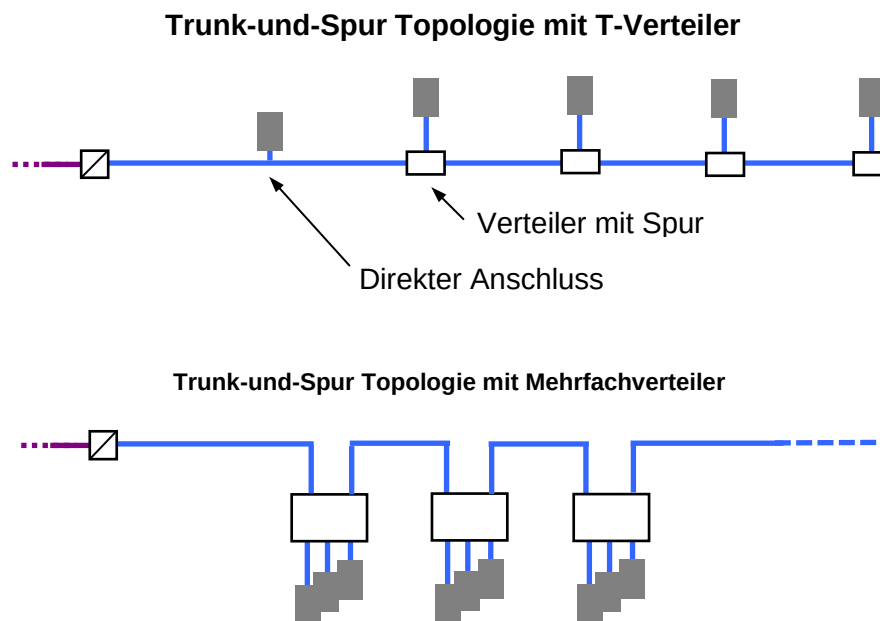


Abbildung 2-9: Topologien des PROFIBUS-MBP (PA)

Abbildung 2-9 zeigt, wie unter Nutzung von T-Verteilern und Verteilerbausteinen verschiedene Topologien realisieren lassen. Neben der Nutzung von Verteilern besteht bei vielen Geräten zudem die Möglichkeit durch das Gerät selber eine Linie aufzubauen, da viele Geräte das PROFIBUS MBP(PA)-Signal durchleiten.

Für den PROFIBUS-MBP (PA) lässt sich ein Kabelweg je Segment von bis zu 1 900 m realisieren. Diese Längenangabe setzt sich dabei aus der Summe der Leitungslängen des Trunk und der Länge aller Spur zusammen. Eine Spur darf dabei nicht länger als 120 m sein, abhängig davon wie viele Busteilnehmer angeschlossen sind.

An einer Spur können mehrere Geräte angeschlossen sein. Üblich ist es allerdings nur ein Gerät anzuschließen.



Entwerfen Sie nun den bzw. die Segment-Strukturpläne der PROFIBUS-MBP (PA)-Segmente. Tragen Sie dort folgende Punkte ein:

- Automatisierungseinheit; Anlagenteil; Linien- und Segmentnummern
- Die angeschlossenen Busteilnehmer (Teilnehmernummer; Gerätetyp/Bezeichnung)
- Die ungefähren Kabellängen des Trunk und der Spur (inklusive Streckennummern) sowie die benötigten Verteiler

2.2 Bestimmung der linienrelevanten Daten

Die an eine Automatisierungseinheit angeschlossenen Linien müssen bezüglich ihrer grundlegenden Eigenschaften überprüft und weiter spezifiziert werden.

Hierzu sollten Sie dieses Kapitel für jede Linie einzeln durcharbeiten.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Datenübertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz
 - Datenübertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz für den PROFIBUS DP
 - Datenübertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz für den PROFIBUS-MBP (PA)
- Kommunikationsprotokoll
- Buszykluszeit

2.2.1 Datenübertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz

Die mit einem Kupferkabel maximal erreichbare Übertragungsdistanz steht in einem direkten Zusammenhang mit der für das PROFIBUS-Netzwerk gewählten Übertragungsgeschwindigkeit. Daher müssen diese beiden Größen immer zusammen betrachtet werden.

Bei Lichtwellenleiter ist die maximale Übertragungsdistanz unabhängig von der Datenübertragungsgeschwindigkeit.

2.2.1.1 Datenübertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz für den PROFIBUS DP

Die Datenübertragungsgeschwindigkeit ist für PROFIBUS DP in definierten Stufen von 9,6 kbit/s bis 12 000 kbit/s einstellbar. Die Einstellung gilt für alle Segmente eines PROFIBUS-Line. Tabelle 2-2 stellt diese in Zusammenhang mit den für Kupferkabel maximal erreichbaren Übertragungsdistanzen dar.

Tabelle 2-2: Übertragungsdistanz in Abhängigkeit der Übertragungsgeschwindigkeit (PROFIBUS DP)

Übertragungsgeschwindigkeit in kbit/s	Übertragungsdistanz in m
9,6	1 200
19,2	1 200
45,45	1 200
93,75	1 200
187,5	1 000
500	400
1 500	200
3 000	100
6 000	100
12 000	100

Die oben dargestellten Übertragungsdistanzen gelten für ein einzelnes Segment sofern für PROFIBUS spezifizierte Kabel vom Typ A eingesetzt werden (Siehe hierzu ggf. Kapitel 3.1.1.1). Durch den Einsatz von Repeatern können mehrere Segmente gekoppelt werden. Hierdurch lässt sich eine größere Übertragungsdistanz erreichen. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit wird im Master eingestellt und ist für alle PROFIBUS DP-Segmente der Linie gleich. Somit ist die theoretisch maximal einstellbare Übertragungsgeschwindigkeit von dem längsten PROFIBUS DP-Segment der Linie abhängig. Durch eine weitere Unterteilung der

Linie mit Repeatern lässt sich die Länge der Segmente reduzieren und die Datenübertragungsgeschwindigkeit erhöhen. Siehe hierzu auch Kapitel 2.1.3.2.



Überprüfen Sie die Übertragungsdistanzen der PROFIBUS DP-Segmente und ermitteln Sie die maximal mögliche Datenübertragungsgeschwindigkeit. Anschließend ergänzen Sie die Anlagenübersicht um folgende Punkte:

- Datenübertragungsgeschwindigkeit
- Anzahl der PROFIBUS DP-Segmente (der Linie)

2.2.1.2 Datenübertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz für den PROFIBUS-MBP (PA)

Die Datenübertragungsgeschwindigkeit für den PROFIBUS-MBP (PA) liegt fest bei 31,25 kbit/s. Die maximale Übertragungsdistanz eines PROFIBUS-MBP (PA)-Segments ist von einer Reihe weiterer Faktoren abhängig. Die wichtigsten von ihnen sind nachfolgend aufgeführt.

- Die Anzahl der an den Trunk angeschlossenen Slaves und deren Stromaufnahme
- Das verwendete Kabel.
- Bei Anwendungen in explosionsgefährdeten Bereichen: Die Zündschutzart, in der das Segment ausgelegt ist.

All diese Faktoren sind erst Bestandteil späterer Kapitel. Daher kann an dieser Stelle nur die theoretisch maximal erreichbare Übertragungsdistanz der verschiedenen Einsatzbereiche dargestellt werden.

Tabelle 2-3: Übertragungsgeschwindigkeit und Übertragungsdistanz (PROFIBUS-MBP (PA))

Übertragungsgeschwindigkeit	Übertragungsdistanz
31,25 kbit/s	Einsatz in nicht explosionsgefährdeten Bereichen und im explosionsgefährdeten Bereichen mit dem High-Power-Trunk Konzept: 1 900 m; einzelne Spur begrenzt auf maximal 120 m, abhängig von der Anzahl der angeschlossenen Teilnehmer.
	Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen unter Verwendung von FISCO Power Supply nach IEC 60079-11. 1 000 m; einzelne Spur begrenzt auf maximal 60 m

Tabelle 2-4: Maximale Längen von Spur beim PROFIBUS-MBP (PA)

Anzahl Geräte inklusive DP/PA-Umsetzer an einer Spur	Maximale Länge einer Stichleitung in m	Maximale Länge einer Stichleitung eigensicher nach FISCO ¹ in m
1-12	120	60
13-14	90	60
15-18	60	60
19-24	30	30
25-32	1	1

¹ Fieldbus Intrinsically Safe Concept, wird in Kapitel 3.2.4.1 näher erläutert



Da die Datenübertragungsgeschwindigkeit für die PROFIBUS-MBP (PA) - Segmente feststeht, brauchen Sie diese nicht zusätzlich zu dokumentieren. Überprüfen Sie an Hand von Tabelle 2-4 die in den Segment-Strukturplänen eingetragene Spur längen. Anschließend ergänzen Sie die Anlagenübersicht um den folgenden Punkt:

- Anzahl der PROFIBUS-MBP (PA)-Segmente (der Linie)

2.2.2 Kommunikationsprotokoll

PROFIBUS ist in drei skalierbaren Versionen verfügbar. Diese werden als DP-V0; DP-V1; DP-V2 bezeichnet. Sie unterscheiden sich durch ihren Funktionsumfang.

Je nach gefordertem Kommunikationsumfang muss der Linie eine Funktionsstufe zugeordnet werden, damit der hierfür passende Master beschafft werden kann.

Der Betrieb mit Slaves die eine geringere Funktionsstufe unterstützen ist zulässig (z.B. Betrieb eines DP-V0 Slaves mit einem DP-V2 Master).

Tabelle 2-5 stellt die unterschiedlichen Versionen vor.

Tabelle 2-5: Funktionsstufen des Kommunikationsprotokolls PROFIBUS DP

PROFIBUS Version	Beschreibung
DP-V0	Stellt die Grundfunktionalität des Kommunikationsprotokolls zur Verfügung. Dazu gehören: • Zyklischer Datenaustausch zwischen Master und Slaves für den Austausch der Prozessdaten • Diagnosefunktionen
DP-V1	Ergänzt die Funktionsstufe DP-V0 im Wesentlichen durch folgendes: • Azyklischer Datenaustausch zwischen Master und Slaves für die Parametrierung, Diagnose, Bedienung, Beobachtung und Alarmbehandlung der Slaves parallel zum zyklischen Nutzdatenverkehr
DP-V2	Ergänzt die Funktionsstufen DP-V0 und DP-V1 um: • Slave Querverkehr für den direkten Datenaustausch von Slaves untereinander (muss auch vom Master unterstützt werden) • Isochronous Mode für eine taktsynchrone Regelung in Master und Slaves unabhängig von der Belastung des Trunk (Wird primär für Servoantriebe benötigt) • Weitere Funktionen wie z.B. die Uhrzeitführung



Klasse 2 Master sollten mindestens die Funktionsstufe DP-V1 aufweisen. Die Funktionsstufe DP-V2 wird bevorzugt für den isochronen Betrieb von Antrieben eingesetzt.



Der PROFIBUS-MBP (PA) verwendet immer die Funktionsstufe DP-V1. Dementsprechend unterstützen auch alle PROFIBUS-MBP (PA) Geräte diese Protokollfunktionalität. Beim PROFIBUS-MBP (PA) wird daher keine zusätzliche Angabe bezüglich des Kommunikationsprotokolls gemacht.



Viele Gerätehersteller kennzeichnen ihre Geräte nicht direkt mit der Angabe einer Funktionsstufe. Achten Sie in diesen Fällen auf Angaben hinsichtlich des zyklischen und azyklischen Datenaustausches.



Wägen Sie die für die Linie benötigte Funktionsstufe des Kommunikationsprotokolls ab. Anschließend ergänzen Sie die Anlagenübersicht um folgenden Punkt:

- Kommunikationsprotokoll

2.2.3 Buszykluszeit

Während eines Buszyklusses werden die Daten entweder zwischen dem Master und den Slaves ausgetauscht (normaler zyklischer Datenverkehr) oder zwischen den Slaves untereinander (nur DP-V2) ausgetauscht. Die für einen solchen Zyklus benötigte Zeit wird auch als Buszykluszeit bezeichnet und sollte so gering wie möglich gehalten werden. Diese Aussage gilt für Übertragungsraten bis 1,5 Mbit/s. Höhere Übertragungsraten sollten nur dann gewählt werden, wenn die Reaktionszeit des zu automatisierenden Prozesses eine kürzere Buszykluszeit erfordert. Hierzu erfolgt in diesem Kapitel zunächst die allgemeine Betrachtung eines Buszyklusses. Von diesem werden anschließend Rückschlüsse auf die Auslegung des PROFIBUS-Netzwerks gezogen.

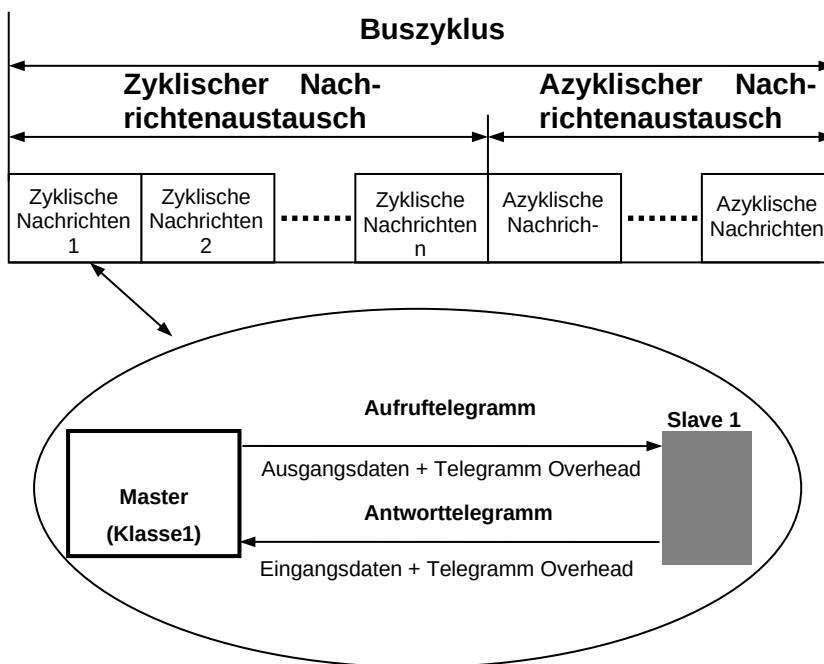


Abbildung 2-10: Prinzipieller Aufbau eines Buszyklusses

Der Datenaustausch erfolgt beim PROFIBUS in Form von zyklischen Nachrichten (DP-V0) und azyklischen Nachrichten (DP-V1). Der Datenverkehr der Slaves untereinander (DP-V2) wird nur bei wenigen Automatisierungsaufgaben benötigt und wird an dieser Stelle daher nicht behandelt.

Ein Nachrichtenaustausch zwischen dem Master und einem Slave beinhaltet immer die Übertragung von zwei Telegrammen, in denen die Prozessdaten (Ein- und Ausgangsdaten) verpackt sind. Die Menge der zu übertragenden Prozessdaten ist von den Ein- und Ausgangsdaten der verwendeten Slaves abhängig. Intelligente Einheiten besitzen in der Regel zwischen 2 und 20 Byte an Ein- und Ausgangsdaten. Die Prozessdatenmenge von Remote I/Os ist von ihrer Belegung abhängig und kann bis zu 244 Byte betragen.

Die für diesen Nachrichtenaustausch benötigte Buszykluszeit ist im Wesentlichen von folgenden Faktoren abhängig:

- Anzahl der Slaves
- Übertragungsgeschwindigkeit
- Busphysik (PROFIBUS DP/ PROFIBUS-MBP (PA))
- Das Datenvolumen (Ein- und Ausgangsdaten)

Die genaue Berechnung der Buszykluszeit wird in der Regel mit herstellerspezifischen Berechnungsprogrammen durchgeführt. Um einen Überblick zu erhalten, werden die Buszykluszeiten von PROFIBUS DP und PROFIBUS-MBP (PA) nachfolgend in einer vereinfachten Betrachtungsweise behandelt.

Dabei wird ausschließlich der zyklische Nachrichtenaustausch betrachtet. Für die azyklischen Nachrichten muss gegebenenfalls eine zusätzliche Zeit eingeplant werden.

PROFIBUS DP

Eine Schätzung der Buszykluszeit für den PROFIBUS DP kann gemäß der in Tabelle 2-6 aufgeführten Formel durchgeführt werden.

Tabelle 2-6: Schätzformel zur Berechnung der Buszykluszeit des PROFIBUS DP

Schätzformeln zur Berechnung der Buszykluszeit des PROFIBUS DP
$t_{\text{Teilzyklus_DP}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Tel_OV} + \text{Bit_DP} \cdot (L_A + L_E)_i)}{\text{Übertragungsgeschwindigkeit}}$ Tel_OV= Telegramm Overhead (317 Bit) Bit_DP= Datenformat des PROFIBUS DP ($11 \frac{\text{Bit}}{\text{Byte}}$) i= Laufvariable der Slaves $(L_A + L_E)_i$= Summe der Ein- und Ausgangsdaten des Slaves in Byte n= Anzahl aller Slaves Übertragungsgeschwindigkeit: Angabe in der Einheit kbit/s $t_{\text{Teilzyklus_DP}}$: Angabe der Zykluszeit in der Einheit ms

Abbildung 2-11 stellt zur Übersicht die in Tabelle 2-6 aufgeführte Formel für unterschiedliche Übertragungsgeschwindigkeiten grafisch dar. Dabei wird angenommen, dass jeder Slave je 5 Byte an Ein- und Ausgangsdaten verwendet. Diese Kalkulation stellt eher einen günstigen Fall dar, da hier noch keine Reserven für die Wiederholung gestörter Nachrichten und azyklische Kommunikation für Klasse-2-Master enthalten ist.

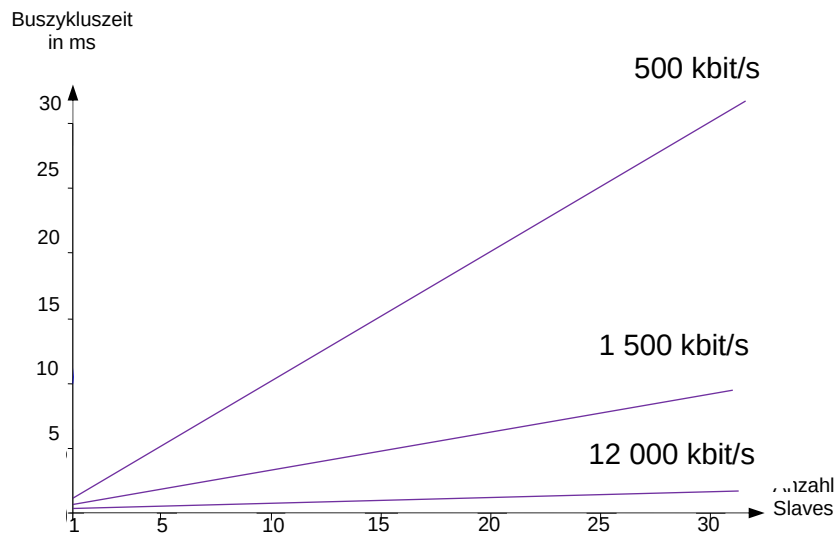


Abbildung 2-11: Buszykluszeiten des PROFIBUS DP

PROFIBUS-MBP (PA)

Eine Schätzung der Buszykluszeit für den PROFIBUS-MBP (PA) kann gemäß der in Tabelle 2-7 aufgeführten Formel durchgeführt werden.

Tabelle 2-7: Schätzformeln zur Berechnung der Buszykluszeit des PROFIBUS-MBP (PA)

Schätzformeln zur Berechnung der Buszykluszeit
$t_{\text{Teilzyklus_PA}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Tel_OV} + \text{Bit_PA} \cdot (L_A + L_E)_i)}{\text{Übertragungsgeschwindigkeit}}$
$\text{Tel_OV} = \text{Telegramm Overhead (317 Bit)}$
$\text{Bit_PA} = \text{Datenformat des PROFIBUS-MBP (PA)} \left(8 \frac{\text{Bit}}{\text{Byte}} \right)$
$i = \text{Laufvariable der Slaves}$
$(L_A + L_E)_i = \text{Summe der Ein- und Ausgangsdaten des Slaves } i$
$n = \text{Anzahl aller Slaves}$
Übertragungsgeschwindigkeit = Angabe in der Einheit kbit/s
$t_{\text{Teilzyklus_DP}} = \text{Angabe der Zykluszeit in der Einheit ms}$

Abbildung 2-12 stellt zur Übersicht die in Tabelle 2-7 aufgeführte Formel für die für den PROFIBUS-MBP (PA) feste Übertragungsgeschwindigkeit von 31,25 kbit/s grafisch dar. Zum Vergleich werden die Buszykluszeiten für den PROFIBUS DP mit in der Grafik dargestellt. Auch hier wird angenommen, dass jeder Slave je 5 Byte an Ein- und Ausgangsdaten verwendet.

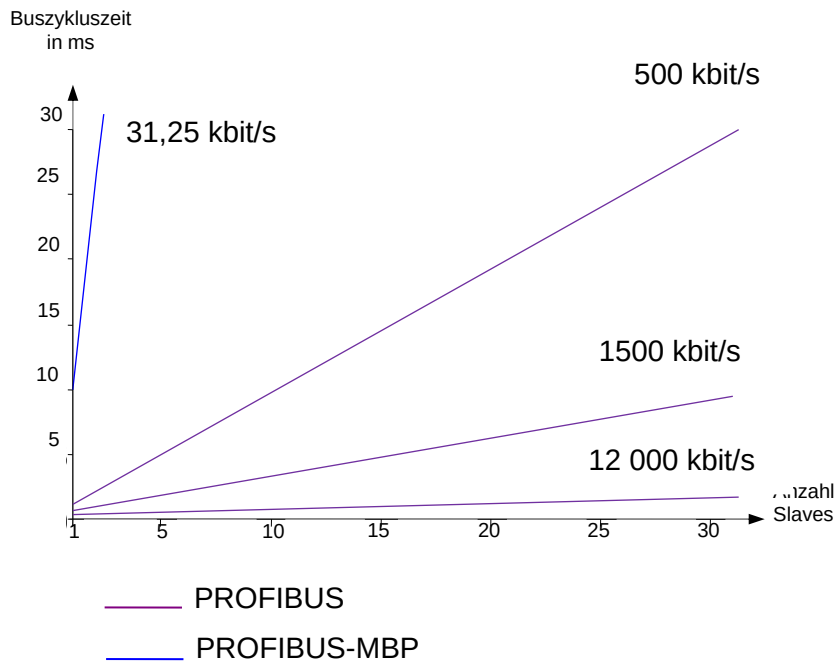


Abbildung 2-12: Buszykluszeiten des PROFIBUS

Die Buszykluszeit des PROFIBUS-MBP (PA) ist gegenüber der des PROFIBUS DP sehr groß. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Gesamtzykluszeit einer Linie die sowohl aus PROFIBUS DP, als auch aus PROFIBUS-MBP (PA)-Segmenten aufgebaut ist, ebenfalls sehr groß sein muss. Um die Buszykluszeit einer solchen Linie zu ermitteln, muss jedoch zunächst der DP/PA-Übergang bekannt sein. Mehr hierzu in Kapitel 3.2.5.3.



Beachten Sie, dass die Buszykluszeit nur die Zeit für die Datenübertragung über den Trunk wiedergibt. Für eine vollständige Zeitbetrachtung eines PROFIBUS-Systems (Gesamtzykluszeit bzw. die zu erreichende Reaktionszeit), müssen die Anwendungsprozesse und die verwendeten Masterausführungen (SPS, Controller, PC) mit einbezogen werden. Da diese sehr hersteller- bzw. anwendungsspezifisch sind, ist an dieser Stelle keine konkrete Aussage hierzu möglich. Es gilt jedoch allgemein, dass die zu erreichende Reaktionszeit eines PROFIBUS-Systems immer in einer direkten Proportion zur Buszykluszeit steht. Bei der Auslegung des PROFIBUS-Netzwerks sollten Sie daher stets folgendes beachten:

- Remote I/Os haben meist sehr viele Prozessdaten zu übertragen. Um den Datenaustausch einzelner intelligenter Einheiten nicht

unnötig zu verlangsamen, werden die Remote I/Os in der Praxis oft separat an eigenen Linien betrieben.

- Der Datenaustausch von Busteilnehmern des PROFIBUS-MBP (PA) ist sehr langsam. (Typischerweise 15-17,5 ms pro Busteilnehmer). Achten Sie bei dieser PROFIBUS-Ausprägung daher besonders auf die am Trunk angeschlossene Teilnehmeranzahl.



Erkundigen Sie sich bei dem Hersteller des Masters nach Informationen bezüglich der Überprüfung und Ermittlung der Zykluszeiten. Diese stellen hierzu oft spezielle Berechnungsmethoden oder Tools zur Verfügung.

2.3 Besondere Anforderungen

PROFIBUS bietet eine Reihe von Möglichkeiten, die Anforderungen hinsichtlich sicherheitsrelevanter Prozesse zu erfüllen.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Eigensicherheit
 - Festlegung und Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche
 - Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i)
 - PROFIBUS-Ausprägungen für explosionsgefährdete Bereiche
- Safety
- Redundanz
- Reservekabel

2.3.1 Explosionsschutz



Die Ausführungen zum Explosionsschutz in diesem Dokument, sind ausschließlich als Information gedacht. Es sind in der Regel zusätzliche nationale Richtlinien einzuhalten, die in diesem Dokument nicht weiter aufgeführt sind. Der Betreiber einer Anlage ist alleinig verantwortlich für die Validierung des Explosionsschutzes.

Soll PROFIBUS für Automatisierungsaufgaben in explosionsgeschützten Bereichen verwendet werden, muss eine Reihe von Maßnahmen durchgeführt werden, die ein Zünden der explosionsgefährdeten Atmosphäre verhindern.

Hierfür sind die europäische Richtlinie 94/9/EG (Explosionsschutzrichtlinie oder auch ATEX-Richtlinie genannt) und die IEC 60079 zu befolgen. Alle in den folgenden Unterkapiteln gemachten Angaben beziehen sich auf diese Richtlinien, sind jedoch nicht als Ersatz für diese zu verstehen.



Für die Planung von PROFIBUS in explosionsgefährdeten Bereichen müssen Sie auf Personal zurückgreifen, welches über eine entsprechende Qualifikation verfügt.

2.3.1.1 Festlegung und Einteilung der explosions-gefährdeten Bereiche

Für die Planung des PROFIBUS in explosionsgefährdeten Bereichen wird in Europa das nachfolgend aufgeführte Zonenkonzept zugrunde gelegt. Für die U.S.A und andere Länder gelten andere Zoneneinteilungen und Zonenbezeichnungen, die mit den hier dargestellten Zonen nicht übereinstimmen.

Tabelle 2-8: Zoneneinteilung für Gase und Dämpfe

Zoneneinteilung bei Gasen und Dämpfen	
Zone	Häufigkeit des Auftretens
Zone 0	Umfasst Bereiche, in denen die explosionsgefährdete Atmosphäre ständig oder häufig auftritt.
Zone 1	Umfasst Bereiche, bei denen die explosionsgefährdete Atmosphäre gelegentlich auftritt.
Zone 2	Umfasst Bereiche, in denen die explosionsgefährdete Atmosphäre nur selten und kurzzeitig auftritt.

Tabelle 2-9: Zoneneinteilung für brennbare Stäube

Zoneneinteilung bei brennbaren Stäuben	
Zone	Häufigkeit des Auftretens
Zone 20	Umfasst Bereiche, in denen die explosionsgefährdete Atmosphäre ständig und langfristig vorhanden ist.
Zone 21	Umfasst Bereiche, in denen die explosionsgefährdete Atmosphäre in Form von Staubwolken in der Luft, gelegentlich auftreten kann.
Zone 22	Umfasst Bereiche, in denen bei normalem Betrieb nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsgefährdete Atmosphäre in Form einer Staubwolke in der Luft ist.



Meistens treten die Zonen in Verbindung auf. Beispielsweise wird ein Bereich der Zone 0 in der Regel von einem Bereich der Zone 1 umgeben und dieser wiederum von einem der Zone 2.



Überprüfen Sie Ihre Automatisierungsanlage auf explosionsgefährdete Bereiche und informieren Sie sich welche Zonen (0, 1 oder 2) in der Anlage vorliegen. Anschließend markieren Sie alle in diesen Bereichen liegenden PROFIBUS-Segmente. Hierzu zählen auch die Segmente, die nur einen einzigen Busteilnehmer in einem solchen Bereich aufweisen.

2.3.1.2 Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i)

PROFIBUS-Segmente die in explosionsgefährdeten Bereichen liegen werden in der Regel in der Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i) oder in einer Kombination der Zündschutzarten „Eigensicher“ (Ex i) und erhöhte Sicherheit (Ex e) ausgeführt. Das Prinzip der Eigensicherheit beruht dabei auf einer Begrenzung der in den Trunk eingespeisten Energie. Hierdurch wird das Entstehen von zündfähigen Funken oder heißen Oberflächen vermieden. Das Ziehen eines Bussteckers oder die Beschädigung eines Buskabels im laufenden Betrieb stellt somit keine Gefahr mehr dar.

Um ein PROFIBUS-Segment in dieser Zündschutzart auszulegen, muss neben der Wahl der geeigneten PROFIBUS-Ausprägung jede mit dem Trunk verbundene Komponente mit der geforderten Zündschutzart spezifiziert sein.

Für die explosionsgefährdeten Bereiche, die durch Gase und Dämpfe hervorgerufen werden, wird die Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i) weiter in die Kategorien „ia“ und „ib“ eingeteilt, welche einen Aufschluss über die Fehlerwahrscheinlichkeit der jeweiligen Komponenten gibt. Diese geben somit eine Art Sicherheitsfaktor an. Die Eignung dieser Kategorien für die unterschiedlichen Zonen ist der Tabelle 2-10 zu entnehmen.

Tabelle 2-10: Kategorien der Zündschutzart Ex i

Zone	Vorgeschriebene Zündschutzart
Zone 0	Ex ia
Zone 1	Ex ib
Zone 2	Ex i ohne speziellen Sicherheitsfaktor (auch Ex ic genannt)

Für die explosionsgefährdeten Bereiche, die durch brennbare Stäube hervorgerufen werden, existiert eine solche kategorische Einteilung der Zündschutzart Ex i nicht.



Bei der Auswahl, der in einer explosionsgefährdeten Umgebung verwendeten Komponenten, sind immer die Herstellerangaben und die dazugehörige Prüfazertifizierung zu beachten. Die Komponenten werden, neben Eignung einer bestimmten Zone und der dazugehörigen Zündschutzart, mit Angaben wie Temperaturklassen und gewissen Gerätegruppen gekennzeichnet. Ihre Behandlung würde jedoch den Rahmen dieses Dokumentes sprengen. Beachten Sie immer, dass für die Segmente, die innerhalb dieser Zonen liegen, ein spezieller Nachweis der Eigensicherheit erbracht werden muss.

2.3.1.3 Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“ (Ex e)

Alternativ zu der Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i) kann für den PROFIBUS in explosionsgefährdeten Bereichen auch die Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“ (Ex e) verwendet werden. Das Prinzip dieser Zündschutzart beruht auf konstruktiven Maßnahmen der verwendeten Komponenten und lässt gegenüber der Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i) eine höhere Energieeinspeisung in den Trunk zu. Hierdurch kann die Teilnehmeranzahl eines Segmentes erhöht werden. Jedoch darf bei PROFIBUS-Segmenten die in dieser Zündschutzart ausgelegt sind, keine Arbeiten während des Betriebes durchgeführt werden. Die Möglichkeit für ein einfaches Austauschen von Teilnehmern oder Ziehen von Steckern während des Betriebes ist somit nicht mehr gegeben.

In der Praxis werden häufig die beiden Zündschutzarten „Eigensicher“ (Ex i) und „Erhöhte Sicherheit“ (Ex e) miteinander kombiniert. Hierbei wird das Buskabel in der Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“ (Ex e) durch die Anlage geführt. An bestimmten Stellen werden dann über so genannte Feldbusbarrieren Spur in der Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i) abgezweigt.

2.3.1.4 PROFIBUS-Ausprägungen für explosionsgefährdete Bereiche

Für PROFIBUS existieren zwei Ausprägungen, die speziell zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen spezifiziert sind. Mit Hilfe dieser Ausprägungen lassen sich in eine Linie eigensichere Segmente einbringen.

2.3.1.5 PROFIBUS DP-IS

Für den Einsatz im eigensicheren Bereich wurde eine auf PROFIBUS DP aufbauende Variante entwickelt, die als PROFIBUS DP-IS bezeichnet wird. Diese Variante beruht auf der Übertragungstechnik RS 485-IS und muss daher, ähnlich wie PROFIBUS-MBP (PA), über spezielle PROFIBUS DP/DP-IS-Umsetzer mit PROFIBUS DP verbunden werden. PROFIBUS DP-IS kann bis in die Zone 1 geführt werden und ist für die Zündschutzart Ex ib spezifiziert. An einem PROFIBUS DP-IS-Segment können maximal 32 Teilnehmer angeschlossen werden. PROFIBUS DP-IS unterscheidet sich von PROFIBUS DP durch folgende Punkte:

- Einsatz bis Zone 1 (Zündschutzart Ex ib)
- Übertragungstechnik: RS 485-IS
- Übertragungsgeschwindigkeit begrenzt auf maximal 1 500 kbit/s (Dabei erreichbare Übertragungsdistanz gemäß Tabelle 2-2)
- Übertragungsmedium Kupferkabel



Es existieren alternative Lösungen unter Verwendung von Lichtwellenleitern oder durch mechanische geschützte Verlegung des Kupferkabels



Diese PROFIBUS-Ausprägung unterliegt ebenso wie PROFIBUS DP einer reinen Linientopologie. Durch Einsatz der DP/DP-IS-Umsetzer lassen sich von PROFIBUS DP abgehende Segmente bilden



Überprüfen Sie die Segment-Strukturpläne und wählen Sie für die Segmente, die in explosionsgefährdeten Bereichen liegen, eine der beiden PROFIBUS-Ausprägungen. Tragen Sie zusätzlich die benötigte Zündschutzart (Ex e; Ex ia; Ex ib) des jeweiligen Segments ein.

2.3.2 Safety

Neben den explosionsgefährdeten Bereichen existieren in Automatisierungsanlagen oft auch sicherheitsrelevante Aufgaben, von denen im Fehlverhalten oder bei Ausfall ein Gefahrenpotential ausgeht. Um Mensch und Umwelt zu schützen, müssen besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, die auch unter dem Begriff „Funktionale Sicherheit“ zusammengefasst sind.

In Bezug auf den PROFIBUS können solche Schutzmaßnahmen durch das Applikationsprofil PROFIsafe realisiert werden. Dieses Profil ermöglicht die sicherheitsgerichtete Kommunikation und die Standardkommunikation auf derselben Busleitung und ist für die bereits vorgestellten PROFIBUS-Ausprägungen (PROFIBUS DP/ PROFIBUS-MBP (PA)) einsetzbar. PROFIsafe ist als eine reine, in die Geräte/ das System implementierte Software-Schicht aufgebaut und beeinflusst daher weder den topologischen Aufbau des PROFIBUS-Netzwerks (samt Kabel, Steckverbinder, etc.), noch die maximale Anzahl an Busteilnehmern. Innerhalb eines sicherheitsgerichteten PROFIBUS-Systems, das mit PROFIsafe realisiert ist, dürfen neben den sicherheitsgerichteten Geräten auch nicht sicherheitsgerichtete Geräte verwendet werden. Die sicherheitsgerichtete Kommunikation geschieht in diesen Fällen dann nur zwischen den sicherheitsgerichteten Geräten. Für weitere Informationen wird auf die „PROFIsafe-Richtlinie“ (Order No.: 2.232) verwiesen.



Beachten Sie, dass für die Realisierung einer sicherheitsrelevanten Aufgabe, diese im Vorfeld immer klar definiert und einem sogenannten SIL (Safety Integrity Level) zugeordnet werden muss. Hiervon können unter Umständen Menschenleben abhängen. Greifen Sie daher immer auf qualifiziertes Personal zurück.

Redundanz

Für Automatisierungsanlagen, die eine hohe Verfügbarkeit der Gesamtanlage oder bestimmter Anlagenteile erfordern, ist eine Redundanz des Bussystems einzuplanen. Hierzu existiert eine Reihe verschiedener Redundanzkonzepte, die jedoch sehr herstellerspezifisch sind. Daher werden an dieser Stelle nur die wesentlichen Konzepte vorgestellt:

- **Masterredundanz**

Bei der Masterredundanz sind zwei (Master-Klasse-1) an einer Linie angeschlossen. Die Kommunikation mit den Feldgeräten erfolgt jedoch immer nur mit einem Busmaster. Der redundante Busmaster übernimmt die Kommunikation nur wenn der andere Master ausgefallen ist. Masterredundanz tritt häufig in Verbindung mit Linienredundanz auf.

- **Linienredundanz (Kabelredundanz)**

Bei der Linienredundanz sind die PROFIBUS-Kabel doppelt ausgeführt. Wird ein Kabel beschädigt, wird die Buskommunikation über das andere Kabel fortgeführt. Das redundante Buskabel sollte nicht parallel zum eigentlichen Buskabel verlegt werden. Beispielsweise im Falle von mechanischem Einwirken besteht die Gefahr, dass beide Buskabel ausfallen. Die angeschlossenen Busteilnehmer müssen speziell hierfür ausgelegt sein. (Busteilnehmer müssen eine Möglichkeit zum Anschluss des redundanten Kabels haben)

- **Slaveredundanz**

Die Slaveredundanz bezieht sich auf die Slave-Interface-Module, welche die Anbindung eines Slaves an den PROFIBUS durchführen. Fällt das aktive Modul eines Slaves aus, schaltet der Slave automatisch auf das redundante Modul um.



Redundante PROFIBUS-Systeme werden in der Regel für die Automatisierung und Überwachung von Aufgaben eingesetzt, bei denen es auf eine hohe Verfügbarkeit ankommt.

2.3.3 Reservekabel

Reservekabel (bereits während der Installation verlegte Kabel die zunächst nicht benutzt werden) bringen bestimmte Vorteile mit sich, die in der Planung beachtet werden sollten. Diese Vorteile sind:

- Erweiterungen der Anlage werden vereinfacht.
- Störungen an Kabeln (Aderbruch) lassen sich kurzfristig durch Umlegen auf ein Reservekabel beheben.

Um Streckenabschnitte zu ermitteln, bei denen der Einsatz von Reservekabeln sinnvoll ist, sollten im Vorfeld folgende Fragen geklärt werden:

- Ist eine Erweiterung der Anlage geplant, bzw. zu erwarten?
- Welche Strecken werden mechanisch belastet / sind gefährdet?
- Wie aufwendig ist das Verlegen des Buskabels? (Bei sehr aufwendiger Verlegung in schwer zugänglichen Anlagenteilen oder z.B. im Erdreich ist das Mitverlegen von Reservekabeln angebracht.)

Sollen Reservekabel mit eingeplant werden, so ist bei der Verlegung der Kabel zusätzlich auf den Einsatzort und den Zweck des Kabels zu achten.

- Dient das Reservekabel der Erhöhung der Ausfallsicherheit, ist auf eine getrennte Verlegung vom normalen Trunk zu achten.
- Dient das Reservekabel einer eventuellen Anlagenerweiterung zu einem späteren Zeitpunkt, ist eine gemeinsame Verlegung mit den übrigen Buskabeln zulässig.



Reservekabel bieten viele Vorteile, können jedoch auch die Gesamtkosten erhöhen.

3 Planung Verkabelung

3.1 Planung der PROFIBUS DP/ DP-IS Verkabelung

Für die endgültige Planung der PROFIBUS DP/DP-IS Kupferstrecken arbeiten Sie die in diesem Kapitel enthaltenen Unterkapitel nacheinander durch.

- Kabelauswahl
- Festlegung der Anschluss technik
- Planung der Busabschlüsse
- Ankopplung PROFIBUS DP-IS
- Planung von Repeatern

3.1.1 Kabelauswahl

Das verwendete Buskabel muss die Anforderungen des Automatisierungsvorhabens erfüllen aber auch mit den Spezifikationen für PROFIBUS Kabel übereinstimmen. Hierzu bieten Kabelhersteller eine ganze Reihe an PROFIBUS DP/DP-IS-Kabelauführungen an, die sich durch ihre Einsatzgebiete und besonderen Eigenschaften unterscheiden.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Eigenschaften von PROFIBUS DP/DP-IS-Kabeln
 - Elektrische Eigenschaften (Leitungsparameter)
 - Mechanische Eigenschaften
 - Chemische Eigenschaften
- Ausführungsformen von PROFIBUS DP/DP-IS-Kabeln
 - Standardkabel
 - Kabel mit PE-Mantel
 - Erdverlegungskabel
 - Schleppleitungen/ Kabel zur Girlandenaufhängung
 - Hybridkabel

3.1.1.1 Eigenschaften von PROFIBUS DP/DP-IS-Kabeln

PROFIBUS-Kabel sind verdrehte und geschirmte, zweiadrige Kupferkabel, die sich durch den Aufbau ihrer Adern (fest/flexibel) und/oder ihre Ummantelung unterscheiden. Die beiden Adern haben jeweils eine grüne und eine rote Isolierung.

Die in diesem Kapitel gemachten Angaben dienen zunächst einer allgemeinen Einführung bzw. Darlegung der zu beachtenden Kabeleigenschaften (Siehe ggf. auch IEC 61784-5-3). Die konkrete Kabelauswahl geschieht in Kapitel 3.1.1.2.

Elektrische Eigenschaften (Leitungsparameter)

Die Kabel für PROFIBUS DP/ DP-IS sind Kategorien, den sogenannten Leitungstypen, zugeordnet, die gewisse physikalische Parameter vorschreiben.

Die Kennzeichnung der Leitungstypen erfolgt mit den Großbuchstaben A, B, C und D. Für die Planung Ihres Netzwerkes sollten Sie ausschließlich den Leitungstyp A verwenden.

Die einzuhaltenden Parameter des Leitungstyps A sind in Tabelle 3-1 dargestellt.

Tabelle 3-1: Parameter des Leitungstyps A (PROFIBUS DP/DP-IS)

Parameter	Grenzvorgaben
Wellenwiderstand	$135 \dots 165 \Omega$ bei $f = 3 \dots 20$ MHz
Betriebskapazität	$\leq 30 \text{ pF / m}$
Schleifenwiderstand	$\leq 110 \Omega / \text{km}$
Aderdurchmesser	$> 0,64 \text{ mm}$
Aderquerschnitt	$> 0,34 \text{ mm}^2$
L/R - Verhältnis für PROFIBUS DP-IS	$\leq 15 \mu\text{H} / \Omega$

Mechanische Eigenschaften

Die Hersteller der Kabel geben neben den physikalischen Aufbaudaten (z.B. Durchmesser und Leitermaterial) weitere mechanische Kabeleigenschaften an, welche Aufschluss über die Einsatzbereiche und Verlegungsmöglichkeiten der Kabel geben. Typische Herstellerangaben hierzu sind:

- Biegeradius
- Biegehäufigkeit
- Zugfestigkeit

Während der Biegeradius und die Biegehäufigkeit hauptsächlich vom Aderaufbau (fest/flexibel) abhängig sind, werden für eine höhere Zugfestigkeit zusätzliche Elemente wie z.B. Aramidfasern in das Kabel eingebracht.

Für besondere Anforderungen existieren am Markt Spezialkabel mit zusätzlich aufgebrachten Bewehrungen aus Glasfaser, Stahlgeflecht oder einem Stahlwellmantel. Diese dienen beispielsweise als Schutz gegen Nagetiere oder aggressive Chemikalien. Der Einsatz solcher Spezialkabel ist aufgrund der sehr speziellen Einsatzgebiete jedoch die Ausnahme.

Chemische Eigenschaften

PROFIBUS DP/DP-IS-Kabel besitzen unterschiedliche Mantelmaterialien, durch die sie bestimmte Eigenschaften gegen Umwelteinflüsse erhalten.

Kabelhersteller geben die daraus resultierenden Eigenschaften oder das Vorhandensein eines bestimmten Stoffes (z.B. Halogen/Silikon) in den Kabeldatenblättern an. Typische Herstellerangaben hierzu sind:

- UV-Beständigkeit
- Silikonfreiheit
- Beständigkeit gegen Mineralöle und Fette
- Zulässige Temperaturen

Ein besonderes Augenmerk muss auf das Brandverhalten der Kabel gelegt werden. Die Angaben hierzu sind von den Kabelherstellern meist gesondert unter Angabe der folgenden Eigenschaften aufgeführt:

- Halogenfreiheit
- Flammwidrigkeit
- Rauchgasdichte



Die Rauchgasdichte hängt eng mit der Halogenfreiheit des Kabels zusammen und wird nicht von jedem Hersteller angegeben. Achten Sie auch auf Bezeichnungszusätze wie FRNC (Flame-Retardant-Non-Corrosive). FRNC kennzeichnet ein Kabel als halogenfrei und flammwidrig.



In Bereichen, in denen im Falle eines Brandes Menschenleben durch toxische Gase und Rauchgasentwicklung gefährdet sind, ist ausschließlich halogenfreies und flammwidriges Kabel einzusetzen.

3.1.1.2 Ausführungsformen von PROFIBUS DP/DP-IS-Kabeln

Für den PROFIBUS DP/DP-IS sind am Markt eine Reihe spezieller Kabelausführungen erhältlich. Die gängigsten von ihnen sowie ihre Einsatzfälle sind in Tabelle 3-2 aufgeführt.

Tabelle 3-2: Ausführungsformen von PROFIBUS DP/DP-IS-Kabeln

Kabelausführungen	Einsatzfall
Standardkabel	Verlegung im Innen- und/ oder Außenbereich
Kabel mit PE-Mantel	Einsatz in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie
Erdverlegungskabel	Direkte Verlegung im Erdbereich
Schleppleitung	Einsatz für die Verlegung an beweglichen Maschinenteilen
Kabel zur Girlandenaufhängung	Zur Girlandenaufhängung im Innen- und/ oder Außenbereich



Stellen Sie sicher, dass immer der korrekte PROFIBUS Kabeltyp verwendet wird.

Die meisten der in Tabelle 3-2 dargestellten Kabelausführungen werden auch in einer besonderen Variante zur erleichterten Abmantelung angeboten. Hierdurch ist die bei der Montage anfallende Konfektionierungszeit der Kabel deutlich reduzierbar. Zur Abmantelung werden jedoch spezielle vom Kabelhersteller angebotene Montagesets zur Vorortmontage benötigt.



Erwägen Sie den Einsatz einer Kabelserie eines einzelnen Herstellers weil dies den Planungsprozess und die Installation vereinfacht.

Standardkabel

Standardkabel genügen den meisten Anforderungen eines Automatisierungsvorhabens und sind hierdurch die am häufigsten verwendete Kabelführung des PROFIBUS DP/DP-IS. Die beiden Leiter bestehen aus flexiblen oder massiven Kupferadern, zwischen denen je nach Verlegeart gewählt werden kann. Standardkabel sind nur noch vom Leitungstyp A erhältlich und besitzen zur Signalisierung typischerweise eine violette Mantelfarbe und einen Kabeldurchmesser von ca. 8 mm.

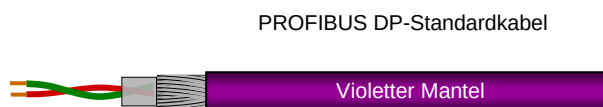


Abbildung 3-1: PROFIBUS DP-Standardkabel



Standardkabel ist für feste Verlegung, beispielsweise auf Trassen, ausgelegt.

Standardkabel gibt es in zwei weiteren Gruppierungen, die sich ausschließlich durch das verwendete Mantelmaterial bzw. die verwendete Mantelfarbe unterscheiden.

▪ Halogenfreie Standardkabel

Es handelt sich um Standardkabel, deren Mantel aus einem halogenfreien Material besteht. Die Mantelfarbe ist meist ebenfalls violett der Kabeldurchmesser beträgt ca. 8 mm.



Benutzen Sie halogenfreie Standardkabel für die Verkabelung in Bereichen, in denen im Falle eines Feuers erhöhte Anforderungen an das Brandverhalten der Kabel bestehen (siehe hierzu Kapitel 3.1.1.1). Mögliche Einsatzorte sind z.B. Wohngebäude oder Krankenhäuser.

▪ Standardkabel für PROFIBUS DP-IS

Für PROFIBUS DP-IS steht ein Kabel mit blauem Kabelmantel zur Verfügung. Der Kabeldurchmesser beträgt ca. 8 mm.

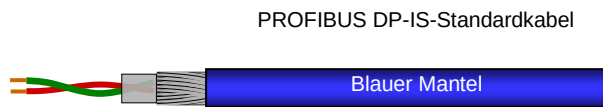


Abbildung 3-2: PROFIBUS DP-IS-Kabel



Benutzen Sie für PROFIBUS DP-IS das blaue PROFIBUS DP-IS-Standardkabel.

Kabel mit PE-Mantel

Kabel mit PE-Mantel haben durch ihr Mantelmaterial aus Polyethylen (PE) besondere Eigenschaften wie z.B. verbesserte Abriebfestigkeit und Halogenfreiheit. Diese Kabel besitzen typischerweise einen schwarzen Kabelmantel. Der Kabeldurchmesser beträgt ca. 8 mm.



Abbildung 3-3: PROFIBUS DP-Kabel mit PE-Mantel



Benutzen Sie diese Kabel für Verkabelungen in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie. Es ist für die feste Verlegung im Inneren von Gebäuden ausgelegt.

Erdverlegungskabel

Erdverlegungskabel sind mit einer zusätzlichen Schicht, häufig aus Polyethylen (PE), ummantelt, wodurch das Kabel direkt im Erdboden verlegt werden kann. Bei diesem Kabel ist darauf zu achten, dass es durch den zusätzlichen Mantel einen größeren Kabeldurchmesser besitzt und somit nicht direkt mit Steckverbindern konfektioniert werden kann. Einige Hersteller bieten die Möglichkeit, den zusätzlichen Schutzmantel separat abzumanteln, sodass das so abgemantelte Kabel auf gängige Steckverbinder passt. Diese Kabelausführung besitzt meist einen schwarzen Kabelmantel. Der Kabeldurchmesser beträgt ca. 10 mm.

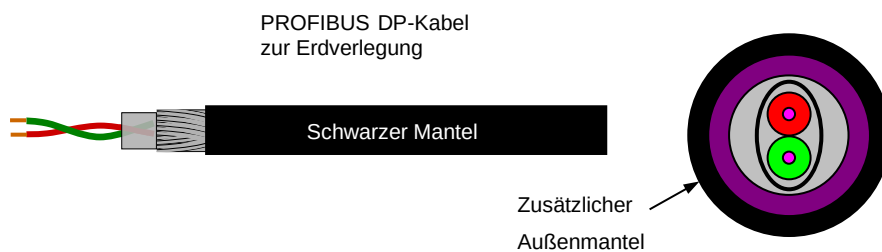


Abbildung 3-4: PROFIBUS DP-Kabel zur Erdverlegung



Benutzen Sie dieses Kabel für eine direkte Verlegung im Erdreich.

Schleppleitung/ Kabel zur Girlandenaufhängung

Die Adern beider flexiblen Kabelausführungen sind aus Kupfer-Litze aufgebaut, wodurch sie meist einen erhöhten Schleifenwiderstand aufweisen und die Grenzvorgaben des Leitungstyp A (siehe Tabelle 3-1) nicht einhalten. Ist dies der Fall, kann die theoretisch maximale Netzausdehnung nicht ausgeschöpft werden. Als Mantelmaterial werden Stoffe eingesetzt, die hohen Umweltansprüchen standhalten wie z.B. Polyurethan (PUR). Zur Signalisierung besitzen diese Kabelausführungen typischerweise eine türkise Mantelfarbe. Der Kabeldurchmesser beträgt ca. 8...10 mm.

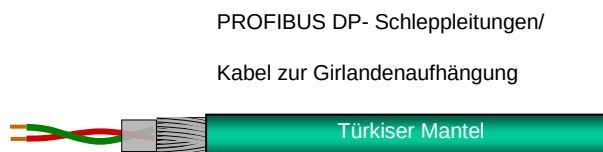


Abbildung 3-5 PROFIBUS DP-Kabel als Schleppleitung/ zur Girlandenaufhängung

PROFIBUS-Kabel zur Girlandenaufhängung weisen eine zusätzliche im Mantel eingearbeitete Zugentlastung beispielsweise aus Aramid-Fasern auf. Hierdurch kann sich der Kabeldurchmesser vergrößern. Möglicherweise ist dadurch eine Kabelkonfektionierung mit gängigen Steckverbindern nicht mehr gegeben.



Benutzen Sie speziell konstruierte Leitungen, wenn eine häufige Bewegung des Kabels gefordert ist wie z.B. beim Einsatz an beweglichen Maschinenteilen. Es sind Spezialkabel für Schleppketten, Girlandenaufhängung oder Torsionsbewegungen am Markt erhältlich.

Hybridkabel

Hybridkabel beinhalten neben der verdrehten Zweidrahtleitung des Trunk eine variable Anzahl Kupferadern, die der Energieversorgung dienen. Diese Kabel sind streng genommen nur eine spezielle Bauform, die für alle in Tabelle 3-2 aufgelisteten Kabelausführungen erhältlich ist.

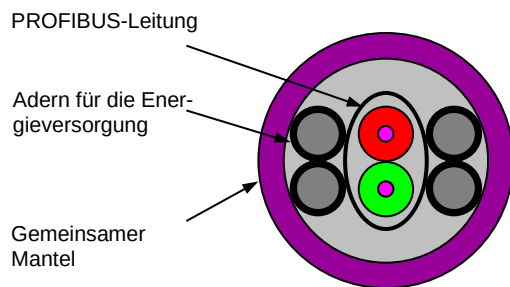


Abbildung 3-6: Aufbau eines Hybridkabels



Zur Konfektionierung von Hybridkabeln werden spezielle Hybridsteckverbinder benötigt. Daher sollten diese Kabel nur zum Einsatz kommen, wenn die Busteilnehmer den Anschluss solcher Kabel erfordern.



Bestimmen Sie die für die PROFIBUS DP/DP-IS-Segmente benötigten Kabel. Dieses sollte mit Hilfe der Kabel- und Anschlussübersicht für jede Linie einzeln durchgeführt werden.

Für jede benötigte Kabelausführung legen Sie zusätzlich eine eigene Materialliste an. Diese Materialliste bekommt eine (oben bereits aufgeführte) Materialnummer zugewiesen, die für alle Linien einer Automatisierungseinheit benutzt werden kann.

3.1.2 Festlegung der Anschlussstechnik

Es gibt verschiedene Methoden Teilnehmer an ein PROFIBUS-Netzwerk anzuschließen.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Anschluss über Steckverbinder
 - Sub-D Steckverbinder
 - M12 Steckverbinder
 - Hybridsteckverbinder
- Direkter Kabelanschluss



Die Anschlussstechnik wird von der anzuschließenden Komponente vorgegeben.

3.1.2.1 Anschluss über Steckverbinder

Die Steckverbindung ist die häufigste Anschlussart für PROFIBUS-Komponenten. Tabelle 3-3 stellt die für den PROFIBUS DP/DP-IS zum Einsatz kommenden Steckverbinder mit den dazugehörigen Schutzklassen dar.

Tabelle 3-3: Ausführungsformen an PROFIBUS DP/DP-IS-Steckverbindern

Steckverbinder	Schutzklasse
Sub-D Steckverbinder (9-polig)	IP 20 (Teilweise auch in höheren Schutzklassen am Markt erhältlich)
M12 Steckverbinder (5-polig, B-codiert)	IP 65/IP 67
Hybridsteckverbinder	IP 65/IP 67



Verwenden Sie ausschließlich vom Hersteller speziell für den PROFIBUS DP(/DP-IS) spezifizierte Steckverbinder. Nur dieses stellt eine problemlose Inbetriebnahme und einen dauerhaften und fehlerfreien Betrieb der Anlage sicher.

Alle in Tabelle 3-3 aufgeführten Steckverbinder sind in einer feldkonfektionierbaren Ausführungsform erhältlich. Alternativ hierzu bieten die meisten Hersteller auch vorkonfektionierte Kabel an, bei denen die Steckverbinder bereits am Kabel angebracht sind.

Vorteile vorkonfektionierter Kabel:

- Senkt die Montagezeit durch Wegfall der Kabelkonfektionierung.
- Fehler bei der Konfektionierung im Feld werden vermieden.

Nachteile vorkonfektionierter Kabel:

- Beim Verlegen der Kabel können die bereits angebrachten Steckverbinder hinderlich sein.
- Bei der Bestellung der Kabel ist eine Festlegung der Kabellängen erforderlich.

Sub-D Steckverbinder

Bei 9-poligen Sub-D Steckverbindern wird das ankommende PROFIBUS-Kabel gemäß Abbildung 3-7 im Steckverbinder mit dem abgehenden Kabel verbunden. Hierdurch wird der Einsatz von T-Stücken überflüssig. Zusätzlich enthalten die meisten dieser Steckverbindertypen einen zuschaltbaren Abschlusswiderstand (Abbildung 3-8). Bei neueren Steckverbindern wird durch das Zuschalten des Abschlusswiderstands gleichzeitig das abgehende PROFIBUS Kabel elektrisch abgetrennt. (siehe auch Kapitel 3.1.3 im Unterkapitel „Speisespannung für PROFIBUS DP Busabschlüsse“)

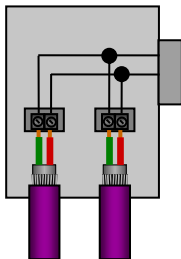


Abbildung 3-7: Sub-D Verbindungsprinzip

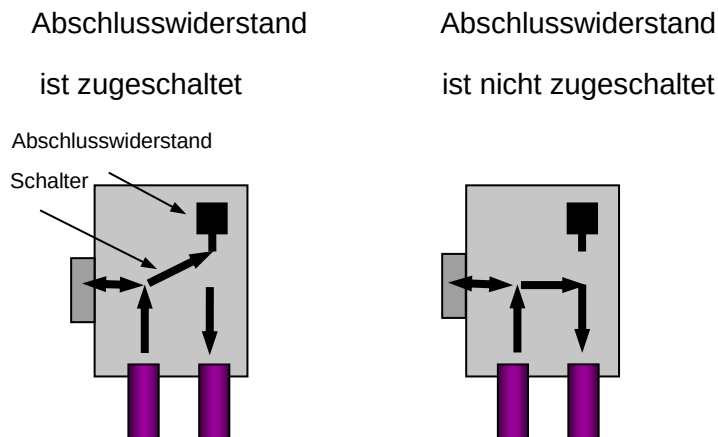


Abbildung 3-8: Sub-D Steckverbinder mit zuschaltbarem Abschlusswiderstand

Neben diesen Ausführungsformen sind Sub-D Steckverbinder mit einem zusätzlichen Buchsenanschluss erhältlich (Abbildung 3-9). Diese Buchse dient beispielsweise zum Anschluss eines Diagnose- oder Parametriergerätes (Master Klasse 2).

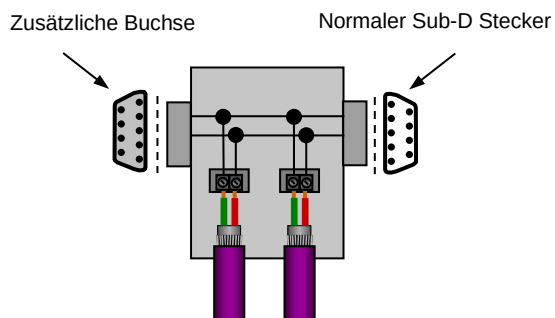


Abbildung 3-9: Sub-D Steckverbinder mit zusätzlicher Buchse



Bedenken Sie, dass das Anschlusskabel eines Diagnosegeräts eine zusätzliche Spur darstellt, welche unter Umständen die Übertragung auf dem Trunk stören kann. Für den Anschluss von Diagnosegeräten sind jedoch sogenannte „aktive Busanschlusskabel“ erhältlich, welche einen zusätzlichen Repeater enthalten. Es wird empfohlen zum Anschluss von Diagnosegeräten ausschließlich solche aktiven Busanschlusskabel zu verwenden.

Planen Sie entlang Ihrer Übertragungsstrecke mindestens einen Steckverbinder mit einem zusätzlichen Buchsenanschluss ein. Sinnvoll ist ihr Einsatz an einer für das Servicepersonal gut zugänglichen Stelle.

Je nach Einbauort und Platzbedarf des PROFIBUS-Teilnehmers kann zwischen unterschiedlichen Bauformen des Steckverbinders gewählt werden. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Richtung ihrer Kabelabgänge und der Lage des Steckverbinders. Einige der am Markt gängigen Bauformen sind in Abbildung 3-10 dargestellt.

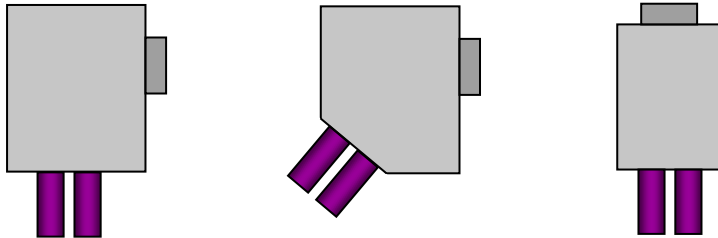


Abbildung 3-10: Bauformen von Sub-D Steckverbindern

Für die Kabelkonfektionierung mit Sub-D Steckverbindern kommen folgende Anschlusstechniken zum Einsatz.

- Schraubtechnik
- Schneidklemmenteknik
- Federzugklemmtechnik

Alle diese Techniken sind zur Feldkonfektionierung der Kabel geeignet. Weitere Informationen hierzu erhalten Sie in der „PROFIBUS-Montagerichtlinie“ (Order No.: 8.021).



Achten Sie darauf, dass nach Möglichkeit alle Steckverbinder mit der gleichen Anschlusstechnik zu konfektionieren sind. Dieses erleichtert dem Monteur seine Arbeit bei der Konfektionierung der Kabel und bringt somit eine eventuelle Ersparnis der Montagezeit mit sich. Zudem müssen immer die Herstellerangaben der Steckverbinder beachtet werden. In diesen werden in der Regel Angaben über die zur Konfektionierung zugelassenen Kabelführungen gemacht.

Zusätzlich muss bei diesen Steckverbindern auf den Einsatzort geachtet werden. Sollen Sub-D Steckverbinder im eigensicheren Bereich zum Einsatz kommen, dürfen hierfür nur spezielle Ausführungen benutzt werden.



Für PROFIBUS DP-IS dürfen nur explizit für diese PROFIBUS-Ausprägung spezifizierte Steckverbinder zum Einsatz kommen. Sub-D Steckverbinder für PROFIBUS DP unterscheiden sich von Sub-D Steckverbinder für PROFIBUS DP-IS und dürfen daher nicht verwendet werden.

Abbildung 3-11 zeigt zur Übersicht den schematischen Aufbau einer mit Sub-D Steckverbindern realisierten Übertragungsstrecke.

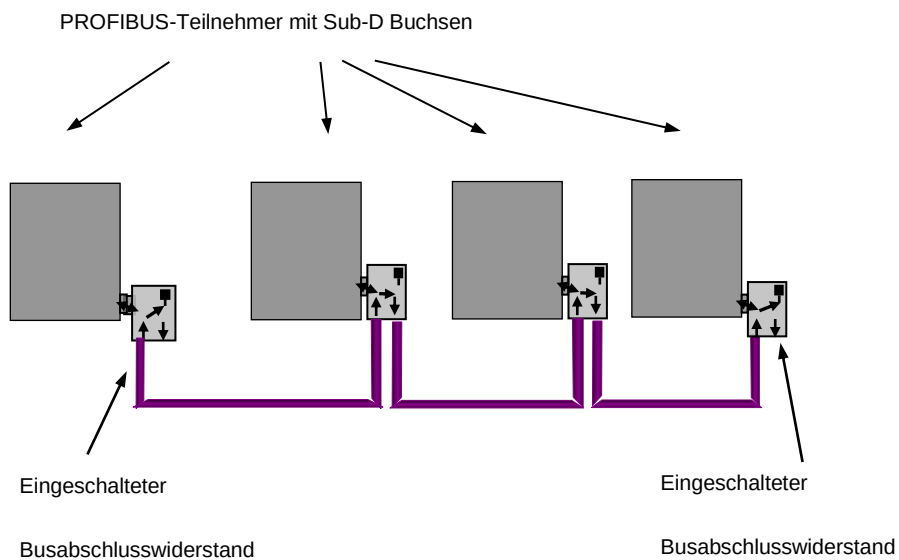


Abbildung 3-11: Aufbau einer Übertragungsstrecke mit Sub-D Steckverbindern

M12-Steckverbinder

M12-Steckverbinder für PROFIBUS DP sind für die Schutzart IP65/IP67 ausgelegt. M12-Steckverbinder besitzen keine integrierten zuschaltbaren Abschlusswiderstände und unterscheiden sich durch ihre Gehäusebauform und Anschlussausführung (Stecker oder Kupplung). Der erforderliche Abschlusswiderstand in Form eines Abschluss-Steckers ist am letzten Gerät erforderlich.

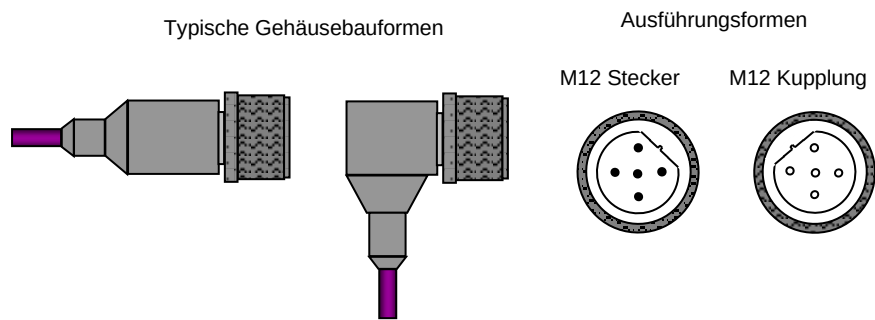


Abbildung 3-12: Gehäuse und Ausführungsformen von M12 Steckverbindern

PROFIBUS-Teilnehmer, die über diesen Steckverbinderarten angeschlossen werden, besitzen zwei Anschlüsse. Einen für einen M12-Stecker und einen für eine M12-Kupplung. Die Bussignale werden hier im Gegensatz zu den Sub-D Steckverbindern nicht im Steckverbinder, sondern im Teilnehmer durchgeschleift. Somit muss jedes Kabel mit einem Stecker und einer Kupplung konfektioniert werden.

Abbildung 3-13 zeigt zur Übersicht den schematischen Aufbau einer mit M12-Steckverbindern realisierten Übertragungsstrecke.

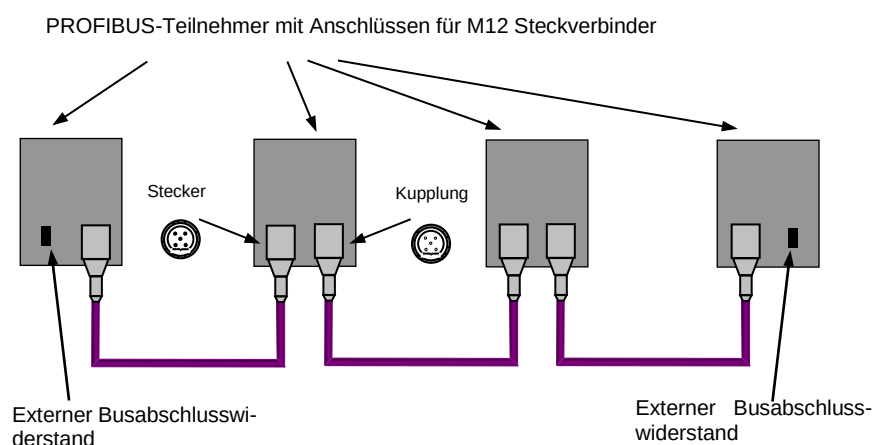


Abbildung 3-13: Aufbau einer Übertragungsstrecke mit M12 Steckverbindern

Bitte beachten Sie, dass bei einem Aufbau einer Übertragungsstrecke gemäß Abbildung 3-13 die Busverbindung bei einem Gerätetausch unterbrochen wird.

Hybridsteckverbinder

Hybridsteckverbinder werden ausschließlich zum Anschluss von Hybridkabeln verwendet. Die Eigenschaften dieser Steckverbinder sind herstellerspezifisch und können daher an dieser Stelle nicht behandelt werden. Für weitere Informationen wird daher auf die „Interconnection Technologie“ Richtlinie (Order No.: 2.142) verwiesen.



Achten Sie bei Verwendung von Hybridsteckverbindern auf herstellerspezifische Konfektionierungswerkzeuge. Zudem sollte bei diesen Steckverbindern der Einsatz von vorkonfektionierten Kabeln in Erwägung gezogen werden.

3.1.2.2 Direkter Kabelanschluss

PROFIBUS-Komponenten mit direktem Kabelanschluss verfügen über Klemmen zum direkten Anschluss der PROFIBUS-Kabeladern.



Die Möglichkeiten zum Kabelanschluss durch direktes Klemmen sind herstellerspezifisch. Achten Sie daher immer auf die Herstellerangaben der jeweiligen Komponente. Daraus ist auch zu entnehmen, welche Kabelausführungen zum Anschluss zugelassen sind.



Bestimmen Sie die Anschlüsse der in den PROFIBUS DP/DP-IS-Segmenten enthaltenen Komponenten. Ergänzen Sie hierzu die bereits angelegten Kabel- und Anschlussübersicht.

Legen Sie für jede benötigte Steckverbinder-Ausführung eine eigene Materialliste an.

3.1.3 Planung der Busabschlüsse

Zur Sicherstellung der Funktion des PROFIBUS DP/DP-IS sind Busabschlüsse erforderlich und sollten bei der Planung berücksichtigt werden.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Allgemeine Hinweise
- Speisespannung für PROFIBUS DP-Busabschlüsse

Allgemeine Hinweise

Zur Sicherstellung eines definierten Ruhepegels auf der Übertragungsleitung (wenn keine Telegramme übertragen werden) und zur Minimierung von Leitungsreflexionen ist ein Segment an beiden Enden (und nirgendwo anders) mit Busabschlüssen zu versehen.

Die Realisierung der Busabschlüsse erfolgt bei PROFIBUS DP und PROFIBUS DP/IS über eine Widerstandskombination, die in der Regel in den Steckverbindern integriert sind.

Busabschlüsse sind manchmal in Repeatern enthalten. Sie können diese nutzen, wenn der Repeater den Beginn oder das Ende einer Linie darstellt.



Überprüfen Sie anhand Ihrer geplanten Topologie, an welchen Stellen Busabschlüsse vorzusehen sind. Überprüfen Sie dann die Materiallisten, ob Steckverbinder mit integrierten Busabschlüssen vorgesehen sind und ergänzen Sie gegebenenfalls für die Endgeräte entsprechende Steckverbinder.

Speisespannung für PROFIBUS DP-Busabschlüsse

Bei PROFIBUS DP/DP-IS sind die Busabschlüsse in den Steckverbindern enthalten und können in der Regel über einen Schalter aktiviert und deaktiviert werden. Die Busabschlüsse sind aktiv und müssen mit elektrischer Energie versorgt werden.

In der Regel wird die für den aktiven Busabschluss benötigte Spannungsversorgung direkt dem angeschlossenen Busteilnehmer entnommen. Dies betrifft den ersten und letzten Busteilnehmer in einem Segment. Muss dieser Busteilnehmer, z.B. zum Beheben einer Störung im laufenden Betrieb, spannungsfrei geschaltet werden, wird der Busabschluss nicht mehr versorgt. Dadurch ist kein korrekter Busabschluss mehr gegeben. Hierdurch kann die Übertragung im Netzwerk gestört werden. Um dieses Problem zu lösen, sind aktive Busabschlusselemente verfügbar, die unabhängig von den PROFIBUS Teilnehmern sind und separat mit Energie versorgt werden.



Sehen Sie einen festen Busabschluss mit separater Speisung vor, wenn vorhersehbar ist, dass im laufenden Betrieb PROFIBUS DP-Teilnehmer ausgetauscht werden. Siehe Abbildung 3-14.

Ein solcher Busabschluss hat eine eigene Spannungsversorgung und kann die korrekte Terminierung des Segmentes garantieren, auch wenn einer oder mehrere Busteilnehmer z.B. für Reparaturzwecke im laufenden Betrieb abgeschaltet werden müssen.

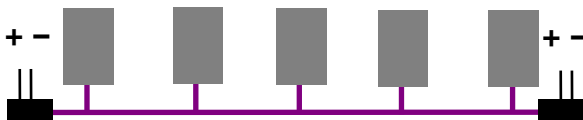


Abbildung 3-14: Aktive Versorgung des Abschlusses

3.1.4 Ankopplung PROFIBUS DP-IS

In diesem Kapitel wird der Einsatz von Feldbuskopplern (DP/DP-IS-Umsetzer) zur Ankopplung von PROFIBUS DP-IS an PROFIBUS DP geplant. Zusätzlich ist eine Überprüfung der in Kapitel 2 erstellten Segment-Strukturpläne (Liste 2.2 der Listensammlung) für die PROFIBUS DP-IS-Segmente vorgesehen.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Einsatz von Feldbuskopplern
- Überprüfung der Segment-Strukturpläne

Einsatz von Feldbuskopplern

Zur Ankopplung von PROFIBUS DP-IS an PROFIBUS DP sind spezielle Feldbuskoppler nötig (Abbildung 3-15). Sie trennen den PROFIBUS DP galvanisch vom PROFIBUS DP-IS und sorgen für die notwendige Begrenzung von Strom und Spannung auf Werte, die keine Zündung eines explosionsfähigen Gemisches mehr ermöglichen. Die Höhe dieser Spannungs- und Stromwerte richtet sich nach der gewählten Zündschutzart.

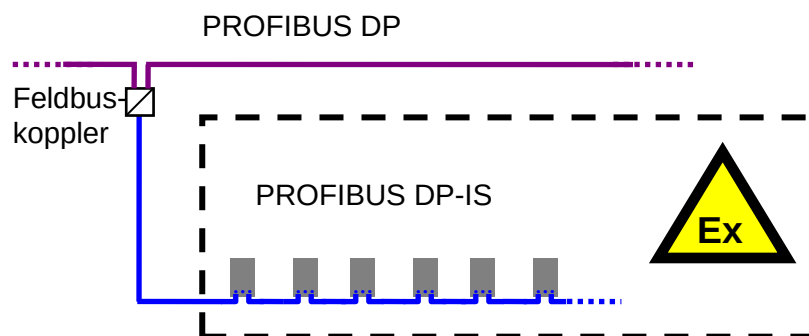


Abbildung 3-15: Ankopplung PROFIBUS DP-IS

Der Feldbuskoppler ist außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs zu montieren.

Hinweise zum Erdungsanschluss der Feldbuskoppler sind den Herstellerangaben zu entnehmen. Im Allgemeinen wird der Erdungsanschluss über die Funktionserde des PROFIBUS DP-IS hergestellt, wenn Feldbuskoppler zur Kopplung mehrerer eigensicherer Segmente im explosionsgefährdeten Bereich verwendet werden.



Grundsätzlich ist eine galvanische Trennung der PROFIBUS DP-IS-Segmente von anderen Stromkreisen sicherzustellen.

Feldbuskoppler sind außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs zu installieren.

Bei der Auswahl eines Feldbuskopplers muss ein maximaler Ausgangsstrom von 149 mA eingehalten werden.



Tragen Sie im Segment-Strukturplan (Liste 2.2 der Listensammlung) Feldbuskoppler zur Ankopplung der PROFIBUS DP-IS-Segmente ein.

Überprüfung der Segment-Strukturpläne

Die Überprüfung der PROFIBUS DP-IS-Segmente dient der Sicherheit für den Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich. Ein gesonderter Nachweis der Eigensicherheit der Segmente ist gegenüber den zuständigen Prüfstellen zu erbringen.



Gehen Sie zur Überprüfung der Segmente der Segment-Strukturpläne (Liste 2.2 der Listensammlung) gemäß den nachfolgend dargestellten Schritten vor. Dokumentieren Sie die Überprüfung in Liste (Liste 4.1 der Listensammlung).

Schritt 1: Grundsätzliche Eignung

Im ersten Schritt zur Überprüfung der PROFIBUS DP-IS-Segmente ist die grundsätzliche Eignung der angeschlossenen Teilnehmer für den Betrieb im explosionsgefährdeten Bereich erforderlich. Prüfen Sie dies zunächst anhand der Datenblätter des Herstellers um die Freigabe der Teilnehmer für den Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich und deren Eignung für PROFIBUS DP-IS sicher zu stellen.

Schritt 2: Nachweis der Eigensicherheit



Beachten Sie bitte, dass das FISCO-Modell zum Nachweis der Eigensicherheit eines Segments nicht für PROFIBUS DP-IS, sondern für PROFIBUS-MBP (PA) verwendet wird!

Für den Nachweis der Eigensicherheit sind spezielle Anforderungen der zuständigen Prüfstelle zu erfüllen. Im Allgemeinen kann aber von Eigensicherheit der Segmente ausgegangen werden, wenn folgende Punkte erfüllt sind:

- Alle Teilnehmer müssen für den Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich und für den Betrieb mit PROFIBUS DP-IS zertifiziert sein; diese Eigenschaft ist der dem Datenblatt des Herstellers zu entnehmen.
- Teilnehmeranzahl kleiner oder gleich 32, zuzüglich 2 Busabschlüsse.
- Ausgangsströme der Teilnehmer $< 149 \text{ mA}$
- Zwei Busabschlüsse mit je 16 mA
- Maximaler Summenstrom $< 4\,800 \text{ mA}$
- Ausschließliche Verwendung von Leitungstyp A

3.1.5 Planung von Repeatern

Die Planung der Repeater wurde in Kapitel 2 behandelt. Sie sollen in diesem Kapitel überprüfen, ob die Verwendung von Repeatern notwendig ist.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Einsatz zur Streckenverlängerung
- Einsatz als Verteiler
- Einsatz zur Potentialtrennung

Einsatz zur Streckenverlängerung

Überprüfen Sie anhand der Segment-Strukturpläne (Liste 2.2 der Listensammlung) die Gesamtlänge der jeweiligen Linien Ihrer bisher geplanten Topologie. Ist die Gesamtlänge der Linien bzw. einzelner Segmente innerhalb der Linien größer als die max. zulässige Segmentlänge (Tabelle 2-2), sind Repeater vorzusehen.

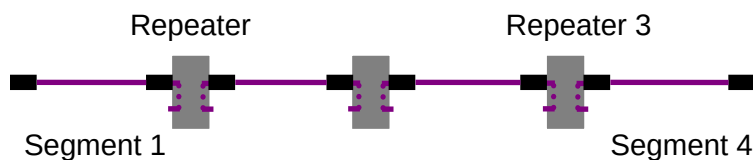


Abbildung 3-16: Repeater zur Streckenverlängerung

Bei der Verwendung von Standardkabeln (Leitungstyp A) ergeben sich, wie in Kapitel 2 dargestellt die in Tabelle 2-2 angegebenen maximalen Kabellängen eines Segments für die jeweiligen Datenübertragungsgeschwindigkeiten.



Die Anzahl der hintereinander schaltbaren Repeater einer Linie ist herstellerabhängig und bedingt somit auch die maximal erreichbare Übertragungsdistanz.

Einsatz als Verteiler

Repeater können als Sternpunkte dienen, wenn Ihre Verkabelungstopologie es vorsieht. Die maximal erreichbare Kabellänge, die sich aus der Verzweigungstopologie ergibt, ist zu beachten.



Tragen Sie die zur Realisierung aller Linien Ihrer Automatisierungseinheit notwendigen Repeater (Liste 3.4 der Listensammlung) ein.

Zusätzlich sind gegebenenfalls die Segment-Strukturpläne (Liste 2.2 der Listensammlung) für Segmente, die mit einem Repeater beginnen müssen, bzw. für Abzweige benötigte Repeater enthalten, zu aktualisieren.

Einsatz zur Potentialtrennung

Werden Anlagenteile aus unterschiedlichen Energienetzen gespeist, so können Differenzen im Erdpotential auftreten, die zu Störungen in der Datenübertragung führen können. In diesem Fall kann ein Repeater eingesetzt werden, der die beiden PROFIBUS-Segmente potentialmäßig voneinander trennt.

3.1.6 Minimale Kabellänge zwischen zwei PROFIBUS DP Busteilnehmern

Der Standard IEC 61158-2 empfiehlt die Verwendung von Steckverbindern mit integrierten Induktivitäten um einen PROFIBUS DP Busteilnehmer an ein PROFIBUS DP Netzwerk anzuschließen. Dennoch sind Steckverbinder am Markt erhältlich, die nicht mit solchen Induktivitäten ausgerüstet sind. Sollten Steckverbinder ohne integrierte Induktivitäten oder Schraubklemmen, anstatt der in der Norm vorgesehenen Steckverbinder, zum Einsatz kommen, sollte eine minimale Kabellänge von einem Meter zwischen zwei PROFIBUS Teilnehmern vorgesehen werden. Die Impedanz dieses Kabelstücks dämpft mögliche Reflexionen die durch die Anschaltkapazität der angeschlossenen Busteilnehmer verursacht wird und ermöglicht so einen zuverlässigen Betrieb des Netzwerks.

3.2 Planung der PROFIBUS-MBP (PA) Verkabelung

In diesem Kapitel werden die für die Realisierung von PROFIBUS-MBP (PA) notwendigen Komponenten bestimmt. Für die endgültige Planung arbeiten Sie bitte die in diesem Kapitel enthaltenen Unterkapitel nacheinander durch.

Es werden zunächst die Voraussetzungen für eine Umsetzung in Anlagen ohne Erfordernis für Explosionsschutz erklärt. Dieses Kapitel enthält alle notwendigen Grundlagen. In einem zweiten Schritt werden hierauf aufbauend die zusätzlichen Einschränkungen für explosionsgefährdete Bereiche erläutert.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert

- Allgemeine Hinweise
- PROFIBUS MBP (PA) Planungsschritte
- PROFIBUS MBP (PA) Spezifikation und Auslegung
- PROFIBUS MBP (PA) für den explosionsgefährdeten Bereich
- Planung von DP/PA-Übergängen
- Kabelauswahl
- Kabelanschluss
- Auswahl der Verteilungstechnik
- Planung der Busabschlüsse

3.2.1 Allgemeine Hinweise

Die Planung von Feldbussegmenten stellt die korrekte Auslegung des Segments sicher. Sie ist ein wichtiger Schritt zu einer, im Vergleich zur klassischen Interfacetechnik, beschleunigten Inbetriebnahme.

Im Rahmen der Feldbusplanung sind sowohl PROFIBUS DP und MBP (PA) gleichermaßen zu berücksichtigen. Der PROFIBUS DP führt die unterlagerten MBP (PA)-Netzwerke zusammen und stellt die Verbindung zur Leitsystemebene dar.

Für den PROFIBUS MBP (PA) können die erforderlichen Berechnungen in der Regel durch kostenlos erhältliche Planungsunterstützungswerkzeuge, zum Beispiel Segment Checker (www.segmentchecker.com) oder andere, erfolgen.

3.2.1.1 Informationsquellen für die Planung

Die für die Planung der Feldbusphysik notwendigen technischen Daten ergeben sich aus den Planungsunterlagen für die Mess- und Regeltechnik wie etwa:

- Datenblätter der Geräte
- Einbauplatz im Feld
- Kabeltrassenplanung
- Gegebenheiten im Leittechnikraum

3.2.2 PROFIBUSMBP (PA): Planungsschritte

Die prinzipiellen Schritte zur Planung der PROFIBUS MBP (PA) Feldbussegmenten sind wie folgt:

- Spezifikation der Umgebungsbedingungen
- Auslegung von typischen Regel- und Überwachungskreisen
- Berechnung oder Spezifikation der benötigten Buszykluszeit
- Verifizierung der längsten benötigten Kabellängen
- Auswahl der passenden Topologie
- Selektion des passenden Feldbuskabels
- Auswahl der Energieversorgung und Feldverdrahtungskomponenten
- Ermittlung der an ein Segment anschließbaren Anzahl von Geräten
- Berücksichtigung von Erweiterungsreserven (typisch 25 bis 30 %)
- Verifizierung der erreichbaren Kabellängen basierend auf der ermittelten Anzahl Geräte
- Einplanung von PROFIBUS MBP (PA) Terminatoren
- Validierung des ausgewählten Explosionsschutzes

Überwachungskreise sind Segmente zur Messdatenerfassung wie Temperatur oder Druck. Hier erlaubt man „längere Zykluszeiten“ zum Beispiel 0,5 ... 5 s.

Feldgeräte eines Regelkreises werden typischerweise an einem Segment projiziert. Die Anzahl der Feldgeräte ist geringer um die Zykluszeit zum Beispiel 250...500 ms zu halten.

Die oben genannten Zykluszeiten sind bewusst breit angegebene Richtwerte. Die tatsächliche Zykluszeit richtet sich nach den Anforderungen des Prozesses.

3.2.3 PROFIBUS MBP (PA) Spezifikation und Auslegung

Die Regeln für ein PROFIBUS MBP (PA) Segment sind in IEC 61158-2 vorgegeben. Diese lauten für die Planung vereinfacht zusammengefasst:

- Anzahl Teilnehmer ≤ 32
- Gesamtlänge des Segmentes $\leq 1\,900\text{ m}$
- Länge einer Spur = Ist eine Funktion der Anzahl der Teilnehmer
- Maximalstrom des Segmentes $<$ Maximalstrom der

Stromversorgung – 20% Reserve

- Spannung am Feldgerät $> 9\text{ V} \pm 10\%$

Der Master ist in der vorangehenden Aufzählung in Bezug auf die Energieversorgung als Teilnehmer zu berücksichtigen. Redundante Master zählen als zwei Teilnehmer. Merke:

$$\text{Anzahl Teilnehmer} = \text{Anzahl Feldgeräte} + \text{Anzahl Bus-Master}$$

Die maximale Spur-Länge ist in Abhängigkeit der Anzahl der Teilnehmer des Segmentes bestimmt. Sie kann aus Tabelle 3-4 entnommen werden:

Tabelle 3-4: Spur-Länge in Abhängigkeit der Anzahl Feldbusteilnehmer

Anzahl Teilnehmer	Maximale Spur-Länge (immer nur 1 Gerät pro Spur)
1 – 12	120 m
13- 14	90 m
15 - 18	60 m
19 - 24	30 m
25 - 32	1 m

3.2.3.1 PROFIBUS MBP (PA): Hinweise zur Planung

- Die Spurlängen nach Tabelle 3-4 überprüfen und die maximal erlaubte Länge einhalten.
- Die Stromaufnahme der angeschlossenen Teilnehmer und Gerätekoppler darf den maximalen zulässigen Strom der Busspeisung nicht überschreiten. Es wird eine Reserve von 20% empfohlen. Terminatoren am Anfang und Ende eines jeden PROFIBUS Segmentes vorsehen.
- Die gültigen Montagerichtlinien für PROFIBUS kennen und beachten. Diese sind unter <https://www.profibus.com/download> verfügbar.

Die Planung eines Segments kann ein iterativer Prozess sein, um die für die Anlage optimale Topologie zu entwerfen: Zunächst wird das Segment mit der höchsten Stromaufnahme und den weitesten Kabeldistanzen dimensioniert. Lässt sich für diesen „ungünstigsten“ Fall die korrekte Funktion nachweisen, ist die Funktion aller anderen Segmente automatisch sichergestellt.



Um sich wiederholenden Planungsaufwand einzusparen, kann häufig ein typisches Segment definiert und damit in seiner Dimensionierung validiert werden, mit dem die Mehrheit aller Segmente in ihrer Auslegung validiert werden können.

Nur „spezielle“ Segmente, etwa mit sehr vielen Geräten oder sehr langen Kabelwegen dann individuell nach den oben genannten Vorgaben überprüft werden.

Werden eine oder mehrere Randbedingungen verletzt wird ein „typisches“ Segment mit weniger Kabeldistanz und / oder weniger Teilnehmern berechnet. Diese Berechnung ist für die Mehrheit der Segmente gültig. Es verbleiben dann nur „Ausnahmesegmente“ mit sehr langen Kabelwegen oder einer sehr hohen Teilnehmerzahl. Für diese ist eine individuelle Berechnung sinnvoll.

3.2.3.2 Beispielrechnung – PROFIBUS PA (MBP) Segment

Beispielhaft wird ein Tanklager betrachtet und hierfür die Auslegung der Segmente berechnet.

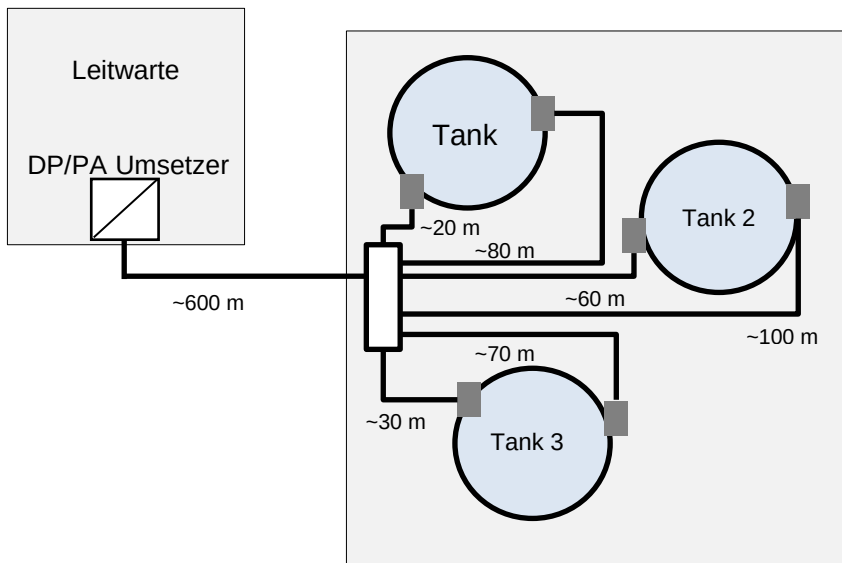


Abbildung 3-17: Lageplan eines beispielhaften Tanklagers

Aus dem obigen Lageplan wurden folgende Informationen entnommen.

Tabelle 3-5: Informationen aus dem Lageplan

Parameter	Wert
Umgebungstemperatur	20 °C
Trunk-Länge	größer gleich 600 m
Topologie	Baumstruktur
Kabeltyp	A
Schleifenwiderstand des Kabels	44 Ω /km
Stromaufnahme pro Feldgerät	20 mA
Redundanter PROFIBUS DP/PA-Umsetzer	Nein
Max. Spur-Länge	100 m
Feldgeräte pro Segment	10
Nicht redundante Spannungsquelle	24 V / 360 mA

Es ist nachzuweisen, dass die Feldgeräte nach der Feldbusnorm korrekt versorgt werden.

3.2.3.3 Lösung der Beispielrechnung

Es ist zu prüfen, dass die physikalischen Größen den Vorgaben der Feldbusnorm: IEC 61158-2 genügen. So wird im Vorfeld sichergestellt, dass das Segment korrekt arbeiten wird.

Anzahl der Teilnehmer = Anzahl Feldgeräte + Anzahl Master

$$N_{\text{Teilnehmer}} = 6 + 1$$

$$N_{\text{Teilnehmer}} = 7 \leq 32$$

Länge des Segmentes = Buslänge + Summe aller Spur-Längen

$$L_{\text{Segment}} = 600 \text{ m} + 20 \text{ m} + 80 \text{ m} + 60 \text{ m} + 100 \text{ m} + 70 \text{ m} + 30 \text{ m}$$

$$L_{\text{Segment}} = 960 \text{ m} \leq 1\,900 \text{ m}$$

Länge der Spur = Laut Tabelle für 7 Teilnehmer max. 120 m

$$L_{\text{Spur}} = 100 \text{ m} \leq 120 \text{ m}$$

Stromaufnahme des Segments = Summenstrom der Feldgeräte

$$I_{\text{Segment}} = 6 \cdot 20 \text{ mA}$$

$$I_{\text{Segment}} = 120 \text{ mA} < I_{\text{Stromversorgung}} (240 \text{ mA})$$

Spannung am Feldbuskoppler = Spannung an der Quelle - Spannungsabfall am Trunk

$$U_{\text{Feldbuskoppler}} = 24 \text{ V} - (120 \text{ mA} \cdot 44 \text{ Ohm / km} \cdot 0,6 \text{ km})$$

$$U_{\text{Feldbuskoppler}} = 20,83 \text{ V} > 9 \text{ V} \pm 10 \%$$

Spannung am Feldgerät = Spannung am Feldbuskoppler - Spannungsabfall an der Spur

$$U_{\text{Feldgerät}} = 20,83 \text{ V} - (20 \text{ mA} \cdot 44 \text{ Ohm / km} \cdot 0,1 \text{ km})$$

$$U_{\text{Feldgerät}} = 20,3 \text{ V} > 9 \text{ V} \pm 10 \%$$

3.2.3.4 Ergebnis

Das Segment verfügt über gute Reserven in Bezug auf die Gesamtkabellänge und die elektrische Belastung.



Das Beispiel soll illustrieren, dass es sich um einfache Berechnungen unter Verwendung des Ohm'schen Gesetzes und der Kirchhoffschen Regeln handelt. Für den praktischen Einsatz wird auf die vielfach kostenlos erhältlichen Planungswerkzeuge verwiesen.

3.2.4 PROFIBUS MBP (PA) für den explosionsgefährdeten Bereich

Bei einer Anwendung im explosionsgefährdeten Bereich, ist zusätzlich zu den in der Feldbusnorm definierten Randbedingungen auf die Einhaltung der Anforderungen zu achten, die sich aus den Zündschutzarten ergeben. Diese sind in IEC 60079 definiert.

Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“ (Ex e)

Die Zündschutzart Ex e erlaubt die gleichen Kabellängen wie in Anlagen ohne explosionsgefährdete Bereiche und damit im Vergleich zur Zündschutzart „Eigensicherheit“ (Ex i) deutlich höhere Leistungen. Jedoch dürfen keine Arbeiten an Stromkreisen unter Spannung durchgeführt werden. Der Explosionsschutz wird ausschließlich durch mechanische Schutzmethoden der Installation erreicht. Es gelten die bis hierher genannten Regeln zur Auslegung.

Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i)

Die Zündschutzart Ex i begrenzt die Energie, welche in die Ex-Zone geführt wird, so dass Funken nicht zu einer Zündung eines explosionsfähigen Gemisches führen können. Diese Begrenzung der Energie erlaubt sicheres Arbeiten an Stromkreisen, auch wenn diese unter Spannung stehen ohne einen Heiarbeitserlaubnisschein.

3.2.4.1 Das eigensichere Segment

Ein Segment mit der Zündschutzart Eigensicherheit (Ex i) ist in Abbildung 3-18 dargestellt. Alle bisher beschriebenen Regeln gelten. Die Stromversorgung begrenzt die zur Verfügung gestellte Leistung zur Unterdrückung von zündfähigen Funken (Eigensicherheit).

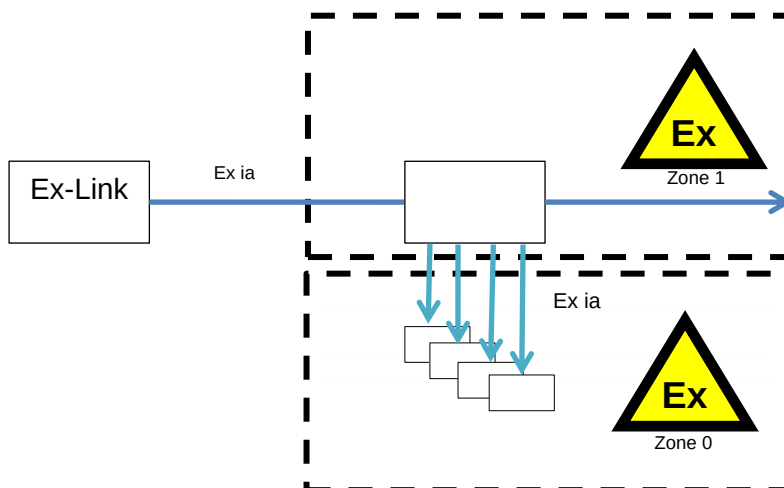


Abbildung 3-18: Feldbus mit eigensicherer Speisung für Zone 1 und Zone 0

Weltweit hat sich der Standard nach dem Fieldbus Intrinsically Safe Concept (FISCO) für eigensichere Feldbusse durchgesetzt. Praktisch alle Feldgeräte besitzen ein Zertifikat nach FISCO. Es ist ein in der Praxis sehr akzeptierter Standard. In Tabelle 3-6 sind die maximale Länge einer Stichleitung in Abhängig der verwendeten Geräteanzahl dargestellt.

Tabelle 3-6: Maximale Spur-Längen beim eigensicheren PROFIBUS-MBP (PA) nach FISCO

Anzahl Geräte inklusive DP/PA-Umsetzer an einem Segment	Maximale Länge einer Stichleitung beim eigensicheren PROFIBUS MPP(PA) nach FISCO in m
25-32	1
19-24	30
15-18	60
13-14	60
1-12	60

Die Tabelle 3-7 vergleicht die Grenzwerte für FISCO mit denen der IEC 61158-2. Die Grenzwerte nach FISCO sind von allen nach FISCO zertifizierten Geräten einzuhalten und dienen hier nur der zusätzlichen Information.

Tabelle 3-7: Randbedingungen nach Feldbusnorm und FISCO Standard

IEC 61158-2	IEC 60079-11 (FISCO)
$N_{Teilnehmer} \leq 32$	$N_{Teilnehmer} \leq 32$
$L_{Segment} \leq 1\,900\text{ m}$	$L_{Segment} \leq 1\,000\text{ m}$
$L_{Spur} = \text{Funktion}(N_{Teilnehmer})$	$L_{Spur} = f(N_{Teiln}) = \text{max. } 60\text{ m}$
$I_{Segment} < I_{Stromversorgung}$	$I_{Segment} < I_{Stromversorgung}$
	$I_{output} \leq I_{input}$
$U_{Feldgerät} > 9\text{ V} \pm 10\%$	$U_{Feldgerät} > 9\text{ V} \pm 10\%$
	$U_o (\text{max. } 17,5\text{ V}) \leq U_i (\text{min. } 17,5\text{ V}) *$
	$P_o (\text{max. } 5,32\text{ W}) \leq P_i (\text{min. } 5,32\text{ W}) *$
	*) Höchstwerte für die Zone 2 eigensicherer Ex ic. Geringere Werte gelten für die Zone 1 und Zone 0

Ein eigensicheres Speisegerät begrenzt die Energie, die dem Bussegment zugeführt wird und realisiert so den Explosionsschutz an Trunk und Spur. Die hieraus resultierende Begrenzung der zur Verfügung stehenden Wirkleistung erlaubt den Einsatz dieser Topologie bei geringem Abstand zwischen Speisegerät und Feldgeräten und bei einer typischerweise geringen Anzahl von Teilnehmern je Segment.

Validierung der Eigensicherheit mit FISCO

FISCO ermöglicht die einfachste Prozedur zum Einsatz von eigensicherem Feldbus im Ex-Bereich. FISCO fordert:

- Nur eine Spannungsquelle pro Segment erlaubt
- Kabel und Geräte müssen FISCO Anforderungen genügen.
- Anforderungen an Kabellängen gemäß Tabelle 3-7.

Damit wird die Validierung der Eigensicherheit besonders einfach: Es sind lediglich für alle eingesetzten Geräte die Zertifikate zu dokumentieren. Für das Kabel reicht eine Herstellererklärung aus.

3.2.4.2 Der High-Power Trunk (Feldbusbarrieren)

Zur Versorgung einer größeren Anzahl Slaves ist es erforderlich, größere Energiemengen in den explosionsgefährdeten Bereich zu führen, als nach Ex i erlaubt ist. Daher ist eine Anpassung des Schutzkonzeptes des PROFIBUS-MBP (PA) zur Gewährleistung der Sicherheit notwendig.

Es ist ein Anschluss der Teilnehmer über Feldbusbarrieren als Trennung zum Hauptbus (Trunk) der Schutzklasse „erhöhte Sicherheit“ (Ex e) notwendig.

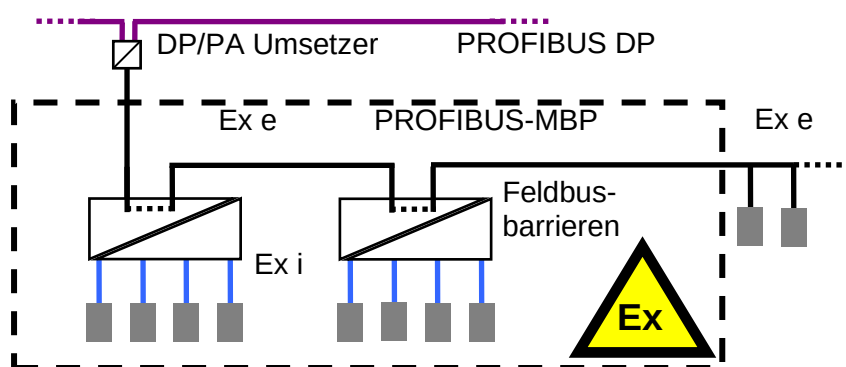


Abbildung 3-19: Feldbusbarrieren bei PROFIBUS-MBP (PA)

PROFIBUS-MBP (PA) wird dabei über den in Ex e ausgeführten Trunk in den explosionsgefährdeten Bereich geführt. Hierbei können größere Energiemengen in das Bussegment eingespeist werden als bei Ex i. Allerdings dürfen am Trunk keine Arbeiten unter Spannung

erfolgen. Der Trunk versorgt sowohl die über die Feldbusbarrieren angeschlossenen Slaves im Ex-Bereich, als auch die außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs liegenden Slaves. Die Feldbusbarrieren führen die für die Zündschutzart Ex i erforderliche Strom- und Spannungsbegrenzung durch. Die zu den Slaves führenden Leitungen erfüllen die Anforderungen der Zündschutzart „eigensicher“ (Ex i). Die an die Feldbusbarrieren angeschlossenen Slaves dürfen im Betrieb ausgetauscht werden.

Durch die Kombination der Zündschutzarten Ex e und Ex i kann die Sicherheit des PROFIBUS-MBP (PA) gewährleistet werden, obwohl mehr Energie in den explosionsgefährdeten Bereich geführt wird, als nach Ex i zulässig ist.

Die eigensicheren Ausgänge der Feldbusbarrieren sind nach FISCO zugelassen. Es gilt am Spur der gleiche einfache Nachweis der Eigensicherheit wie bereits oben beschrieben.

Feldbusbarrieren erfüllen für eigensichere Anwendungen folgende Aufgaben und sorgen für eine deutliche Planungsvereinfachung:

- Einheitliche Topologie für alle Bereiche
- Einfache Planbarkeit einer Anlage hinsichtlich Busausdehnung und Slave-Anzahl in explosionsgefährdeten Bereichen
- Eigensicherer Geräteanschluss mit Kurzschlusschutz
- Arbeiten am Feldgerät ohne Heiarbeitserlaubnisschein erlaubt
- Galvanische Trennung der Spurs (Ex i) vom Trunk (Ex e)
- Vereinfachter Nachweis der Eigensicherheit nach FISCO an den Spurs
- Maximiert gleichzeitig die maximal mögliche Anzahl der Feldgeräte und Kabellängen: Busausdehnung 1 900 m statt 1 000 m, Spur-Länge bis 120 m statt 60 m
- Deutlich weniger Linien



Durch den Anschluss der Slaves über Spur an Feldbusbarrieren ergeben sich Änderungen der Kabellängen der Segment-Strukturpläne (Liste 2.3 der Listensammlung).

3.2.5 Planung von DP/PA-Übergängen

In diesem Kapitel wird der Übergang von PROFIBUS DP auf PROFIBUS-MBP (PA) unter Verwendung von DP/PA-Umsetzern geplant.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Allgemeine Hinweise
- Auswahl des Speisegerätes
- Anwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
- DP/PA-Umsetzer

3.2.5.1 Allgemeine Hinweise

Bei PROFIBUS-MBP (PA) werden die Slaves über den Trunk mit Energie versorgt, die DP/PA-Umsetzer dienen für die angeschlossenen Segmente als Speisegerät.

DP/PA Umsetzer benötigen daher eine 24 V-Gleichspannung als Hilfsenergie. Eine entsprechende Versorgung ist einzuplanen.

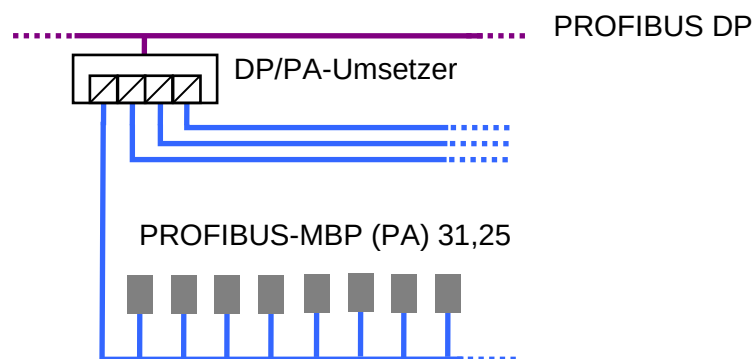


Abbildung 3-20: Ankopplung von PROFIBUS-MBP (PA)

3.2.5.2 Auswahl des Speisegerätes

Das Speisegerät ist oft in den DP/PA-Umsetzer integriert. Es versorgt die Slaves über den Trunk mit Energie.

Zur Auswahl eines geeigneten Speisegerätes ist zunächst die Ermittlung des Energiebedarfs angeschlossener Busteilnehmer erforderlich. Der Gesamtenergiebedarf der Linie ist ein wesentliches Auswahlkriterium für die Wahl eines geeigneten DP/PA-Umsetzers.

3.2.5.3 DP/PA-Umsetzer

DP/PA-Umsetzer ermöglichen die Verbindung zwischen PROFIBUS DP und PROFIBUS-MBP (PA). DP/PA-Umsetzer realisieren dabei im Wesentlichen drei Aufgaben (siehe Abbildung 3-19):

- Umsetzung des PROFIBUS DP-Protokolls, mit einer Übertragung basierend auf dem RS 485-Standard, in das PROFIBUS-MBP (PA)-Protokoll nach IEC 61158-2.
- Bereitstellung der für das MBP (PA)-Segment notwendigen Speisespannung und Begrenzung des Speisestroms (maximaler Speisestrom des MBP (PA)-Segments).
- Soweit notwendig Gewährleistung der Ex-Trennung.

Es stehen zwei Arten von Umsetzern zur Wahl:

- DP/MBP (PA)-Link (nicht transparenter Koppler)
- DP/MBP (PA)-Segmentkoppler (transparenter Koppler)

Bei DP/PA-Umsetzern unterscheidet man zwischen transparenten und nicht transparenten DP/PA-Umsetzern. Transparente DP/PA-Umsetzer reichen die Adressen und Telegramme der PROFIBUS-MBP (PA)-Slaves an den übergeordneten PROFIBUS DP weiter. Diese Art von Umsetzer muss nicht konfiguriert werden. Die Anzahl Slaves ist durch den Adressbereich von PROFIBUS DP bestimmt.

Nicht transparente DP/PA-Umsetzer fassen die Signale aller PROFIBUS-MBP (PA)-Teilnehmer in einer PROFIBUS DP-Adresse zusammen. Sie stellen auf der PROFIBUS-DP-Seite einen einzelnen Slave dar. Link

Mehrere Links oder Segmentkoppler können gleichberechtigt an einer PROFIBUS DP Linie betrieben werden. Sie passen sich automatisch an die Datenrate des PROFIBUS DP an. Für hoch verfügbare Anwendungen können Links und Segmentkoppler redundant ausgelegt werden.

DP/MBP (PA)-Link

Ein Link besteht aus einer (Link-) Kopfstation mit Koppel- und Speisebausteinen für typisch 1 bis 5 Segmente.

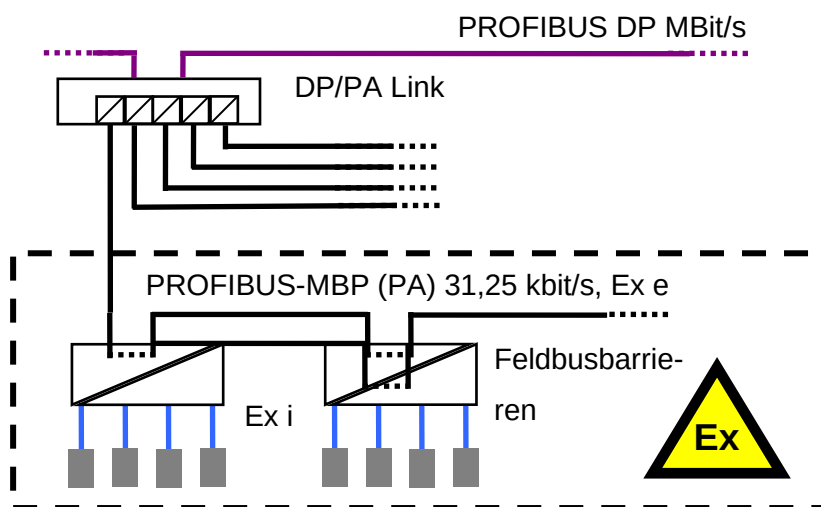


Abbildung 3-21 Verbindungsbeispiel von PROFIBUS DP und PROFIBUS-MBP (PA) mit DP/PA Link, gezeigt für einen explosionsgefährdeten Bereich mit Feldbusbarrieren.

- Auf der PROFIBUS DP-Seite erscheint der Link als Slave, auf der PROFIBUS-MBP (PA)-Seite als Master. In der Projektierung des Link als PROFIBUS DP-Slave belegt der Link eine der noch verfügbaren PROFIBUS DP-Adressen. Die angeschlossenen PROFIBUS-MBP (PA)-Slaves an den unerlagerten MBP (PA)-Segmenten werden auf diese Adresse abgebildet.

DP/MBP (PA)-Segmentkoppler

Ein Segmentkoppler besteht aus einem Gateway-Modul und Speisemodulen für bis zu vier Segmente.

Hinsichtlich der Kommunikation verhalten sich DP/MBP (PA)- Segmentkoppler transparent; die Busadressen der PROFIBUS-MBP (PA)-Slaves sind auf der PROFIBUS DP-Seite sichtbar. Das Gateway-Modul enthält für jedes PA-Segment einen eigenen PA-Master.

Das Protokoll wird also unverändert übertragen und DP/MBP (PA)-Segmentkoppler müssen nicht gesondert projektiert oder konfiguriert werden. Der elektrische Anschluss erfolgt wie in gezeigt.

3.2.6 Kabelauswahl

Die Kabelauswahl für PROFIBUS-MBP (PA) erfolgt in Anlehnung an die Kabelauswahl für PROFIBUS DP/DP-IS (siehe Kapitel 3.1.1).

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Eigenschaften von PROFIBUS-MBP (PA)-Kabeln
- Ausführungsformen von PROFIBUS-MBP (PA)-Kabeln
 - Standardkabel
 - Kabel für große Entfernungen (Long Distance Kabel)

3.2.6.1 Eigenschaften von PROFIBUS-MBP (PA)-Kabeln

PROFIBUS-MBP (PA)-Kabel besitzen den gleichen Aufbau wie PROFIBUS DP/DP-IS-Kabel (geschirmte, verdrehte Zweidrahtleitung). Ihre Eigenschaften unterscheiden sich prinzipiell nur durch die Leitungsparameter. Die bei PROFIBUS-MBP (PA)-Kabeln einzuhaltenden Parameter des Leitungstyps A sind der Tabelle 3-8 zu entnehmen.



Verwenden Sie ausschließlich vom Hersteller speziell als „PROFIBUS-MBP (PA) Kabel“ spezifiziertes Kabel. Nur dieses stellt eine problemlose Inbetriebnahme und einen dauerhaften und fehlerfreien Betrieb der Anlage sicher.

Tabelle 3-8: Parameter des Leitungstyps A (PROFIBUS-MBP (PA))

Parameter	Grenzvorgaben
Wellenwiderstand	100 Ω bei $f = 31,25$ kHz
Betriebskapazität	≤ 2 nF/km
Schleifenwiderstand	≤ 44 Ω /km
Aderquerschnitt	$> 0,80$ mm ²

Hinweis - Kabelschirmung

Um eine gute Schirmung gegen elektrische Störfelder im nieder- und hochfrequenten Bereich zu haben, sollten die Leiter durch eine Aluminiumfolie in Kombination mit einem Kupfergeflecht geschirmt sein.

Es wird der Einsatz des PROFIBUS MBP (PA) Kabeltyps A empfohlen. Dabei handelt es sich um eine geschirmte verdrehte Zweidrahtleitung, welches die Anforderungen an die Schirmung erfüllt.

3.2.6.2 Ausführungsformen von PROFIBUS-MBP (PA)-Kabeln

Die für den PROFIBUS-MBP (PA) gängigsten Kabelausführungen sind, mitsamt ihrer Einsatzfälle, in Tabelle 3-9 aufgeführt.

Tabelle 3-9: Ausführungsformen von PROFIBUS-MBP (PA)-Kabeln

Kabelausführung	Einsatzfall
Standardkabel	Verlegung im Innen- und/oder Außenbereich
Kabel für große Entfernungen (Long Distance Kabel)	Für lange Übertragungsdistanzen



Es gibt am Markt für PROFIBUS-MBP (PA) eine Fülle von Kabelausführungen für spezielle Anwendungen (z.B. Girlandenaufhängung, armierte Kabel), auf die hier nicht weiter eingegangen wird.

Standardkabel

Standardkabel für PROFIBUS-MBP(PA) besitzen für den Einsatz in- und in nicht explosionsgefährdeten Bereichen die gleichen Leitungsparameter. Je nach Einsatzbereich werden lediglich unterschiedliche Mantelfarben benutzt:

- Kabel für eigensichere Segmente: Hellblau
- Kabel für nicht eigensicheren Segmente: Schwarz oder orange

Aderfarben sind bei PROFIBUS-MBP(PA) Kabel

+	rot, orange oder braun
-	grün oder blau

PROFIBUS-MBP (PA)-Standardkabel für eigensichere Segmentverbindungen



Abbildung 3-22: PROFIBUS-MBP (PA)-Standardkabel für eigensichere Segmente

PROFIBUS-MBP (PA)-Standardkabel für nicht eigensichere Segmentverbindungen



Abbildung 3-23: PROFIBUS-MBP (PA)-Kabel für nicht eigensichere Segments



Benutzen Sie Standardkabel für die Verkabelungen im Innen- und Außenbereich der Automatisierungsanlage. Diese Kabelausführung ist dabei für die feste Verlegung, beispielsweise auf Trassen, ausgelegt.

Long Distance Kabel

Long Distance Kabel unterscheiden sich von Standardkabeln nur durch einen größeren Leiterquerschnitt. Hierdurch besitzen diese Kabel einen geringeren Schleifenwiderstand (geringeren Spannungsverlust) und sind somit zur Überwindung größerer Übertragungsdistanzen geeignet (siehe hierzu das Berechnungsbeispiel aus Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Bei dieser Kabelführung ist der größere Kabeldurchmesser zu beachten, wodurch für die Konfektionierung der Kabel spezielle Steckverbinder benötigt werden. Die Mantelfarben von Long Distance Kabeln entsprechen denen der Standardkabel.



Benutzen Sie Long Distance Kabel zur Überwindung großer Übertragungsdistanzen. Oft werden diese Kabel zum Anschluss von Feldbusbarrieren verwendet.



Bestimmen Sie die für die PROFIBUS-MBP (PA)-Segmente benötigten Kabel. Legen Sie für jede Linie eine Kabel- und Anschlussübersicht an.

Für jede benötigte Kabelführung legen Sie zusätzlich eine eigene Materialliste an. Weisen Sie dieser eine für die gesamte Automatisierungseinheit gültige Materialnummer zu.

3.2.7 Kabelanschluss

Die Auswahl von T-Stücken bzw. Verteilern erfolgt in Kapitel 3.2.8. In diesem Kapitel wird nur auf die Anschlussmöglichkeiten der Teilnehmer, bzw. der Verteiler, an das Buskabel eingegangen.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Anschluss über Steckverbinder
 - M-12-Steckverbinder
 - 7/8-Zoll-Steckverbinder
- Direkter Kabelanschluss



Die Anschlussmöglichkeit wird von der anzuschließenden Komponente vorgegeben.

3.2.7.1 Anschluss über Steckverbinder

Tabelle 3-10 stellt die für PROFIBUS-MBP (PA) zum Einsatz kommenden Steckverbinder samt der dazugehörigen Schutzklasse dar.

Tabelle 3-10: Steckverbinder des PROFIBUS-MBP (PA)

Steckverbinder	Schutzklasse
M12-Steckverbinder (4-polig) A-kodiert	IP65/IP67
7/8 Zoll-Steckverbinder	IP67



Verwenden Sie ausschließlich vom Hersteller speziell für PROFIBUS-MBP (PA) spezifizierte Steckverbinder. Nur dies stellt eine problemlose Inbetriebnahme und einen dauerhaften und fehlerfreien Betrieb der Anlage sicher.

Alle der in Tabelle 3-10 aufgeführten Steckverbinder sind, wie die Steckverbinder des PROFIBUS DP/DP-IS, in einer feldkonfektionierbaren oder einer bereits am Kabel angebrachten (vorkonfektionierte Kabel) Ausführungsform erhältlich (siehe Kapitel 3.1.2.1).

M12-Steckverbinder

Viele PROFIBUS-MBP (PA)-Komponenten besitzen eine Anschlussmöglichkeit über diesen Steckverbindertyp. Es ist darauf zu achten, dass M12-Steckverbinder des PROFIBUS-MBP (PA) sich von M12-Steckverbindern des PROFIBUS DP durch Polzahl und Steckerkodierung unterscheiden. Die erhältlichen Gehäusebauformen und Konfektionierungsmöglichkeiten stimmen ansonsten überein (siehe Kapitel 3.1.2.1).

7/8 Zoll-Steckverbinder

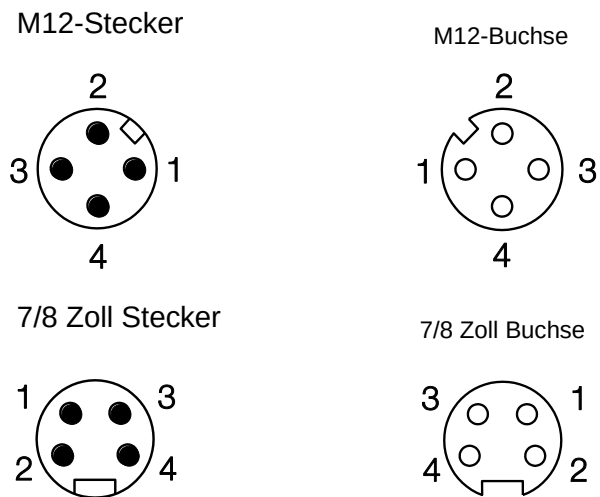
Diese Steckverbinder unterscheiden sich von den M12-Steckverbindern nur durch das 7/8 Zoll Gewinde. Die prinzipiellen Gehäusebauformen und Eigenschaften stimmen ansonsten mit den M12-Steckverbindern überein.



7/8 Zoll-Steckverbinder haben ein größeres Gehäuse als M12-Steckverbinder. Kabel lassen sich mit diesen Steckverbindern daher leichter konfektio-
nieren.

Pin-Belegung M12- und 7/8 Zoll- Stecker und Buchsen

Die Abbildung 3-24 zeigt die Pin-Belegung der M12- und 7/8 Zoll- Stecker und Buchsen.



Signalbeschaltung:

1 = Signal +

2 = nicht beschaltet

3 = Signal -

4 = Schirm

Abbildung 3-24: Pin-Belegung M12 und 7/8 Zoll Stecker und Buchsen

3.2.7.2 Direkter Kabelanschluss

Der direkte Kabelanschluss von PROFIBUS-MBP (PA)-Komponenten unterscheidet sich nicht von dem der PROFIBUS DP/DP-IS-Komponenten. Aus diesem Grund wird hierzu auf das Kapitel 3.1.2.2 verwiesen.



Bestimmen Sie die Anschlüsse der in den PROFIBUS-MBP (PA)-Segmenten enthaltenen Komponenten. Ergänzen Sie hierzu die bereits angelegten Kabel- und Anschlussübersichten.

Legen Sie zusätzlich eine eigene Materialliste für jede benötigte Steckverbinderausführung an.

3.2.8 Auswahl der Verteilungstechnik

Für den Aufbau eines PROFIBUS-MBP (PA)-Segmentes sind eine Reihe verschiedener Verteilungstechniken verfügbar. Diese unterscheiden sich in Ihren mechanischen Bauformen und erfüllen dadurch unterschiedliche Anforderungen an die Verfügbarkeit der zu automatisierenden Anlage. Auch in Bezug auf den Einsatzbereich (explosionsgefährdete Bereiche und nicht explosionsgefährdete Bereiche) muss differenziert werden. Hier sei deswegen auch auf das Kapitel 3.2.4. verwiesen in dem die Methoden des Explosionsschutzes dargestellt sind. Anmerkungen in diesem Kapitel beziehen sich ausschließlich auf die Installationstechnik selbst.

In Kapitel 2.1.3.3 wurden die unterschiedlichen Topologien für PROFIBUS MBP (PA) beschrieben. Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes soll nun auf die für die Realisierung dieser Topologien erforderlichen Verteilungstechniken eingegangen werden.

Typischerweise wird der Anschlusskasten an einer gut zugänglichen Stelle im Feld platziert. Je Ausgang wird ein Feldgerät an den Verteiler angeschlossen.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Passive Verteilungstechniken
- Aktive Verteilerbausteine

3.2.8.1 Passive Verteilungstechniken

Die kostengünstigste Art, PROFIBUS-MBP (PA)-Segmente aufzubauen, ist mit passiven Verteilerbausteinen ohne Elektronik. Feldgeräte werden am Verteiler über eine Spur an die Hauptleitung(Trunk) angeschlossen. Eine galvanische Trennung der einzelnen Spurs von der Hauptleitung oder eine spurseitige Strombegrenzung sind hierbei nicht realisiert. Kurzschlüsse beispielsweise durch Arbeiten an einzelnen Stichen oder andere elektrische Fehler wie Erdschlüsse wirken sich somit direkt auf das Gesamtsegment aus und können zum Ausfall führen.

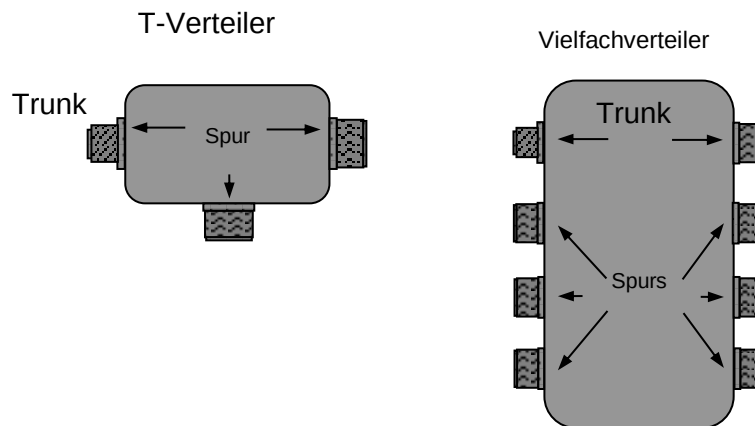


Abbildung 3-25: Typische Ausführungsformen von passiven PROFIBUS-MBP (PA)-Verteilern (T-Verteiler und Vielfachverteiler)



Verwenden Sie diese Verteiler nur, wenn die Verfügbarkeit Ihrer Anlage eine untergeordnete Rolle spielt, beispielsweise wenn das Automationssystem für Wartungsarbeiten an einem Feldgerät kurzzeitig angehalten werden kann. Planen Sie zudem in jedem Segment Reserve-Abzweige für weitere Teilnehmer bzw. für den Anschluss von Diagnosegeräten ein.

Für die Verdrahtung von eigensicheren Segmenten sind prinzipiell die gleichen Verteilungstechniken erhältlich, wie für nicht explosionsgefährdete Bereiche. Diese sind durch Herstellererklärungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß der Zündschutzart „Eigensicher“ (Ex i) bzw. Nutzung in einem FISCO-Segment zugelassen.

3.2.8.2 Aktive Verteilerbausteine

Aktive Verteilerbausteine, wie in Abbildung 3-26 dargestellt, verfügen über eine Strombegrenzung pro Spur. Diese gestatten Arbeiten an den angeschlossenen Messumformern im laufenden Betrieb und ermöglicht so Anlagenerweiterungen und andere Arbeiten an den Feldgeräten. Kurzschluss- und Fehlerschutz sowie Diagnose am Spur und schützen den zugehörigen Trunk bei Fehlern an den Spurs den.

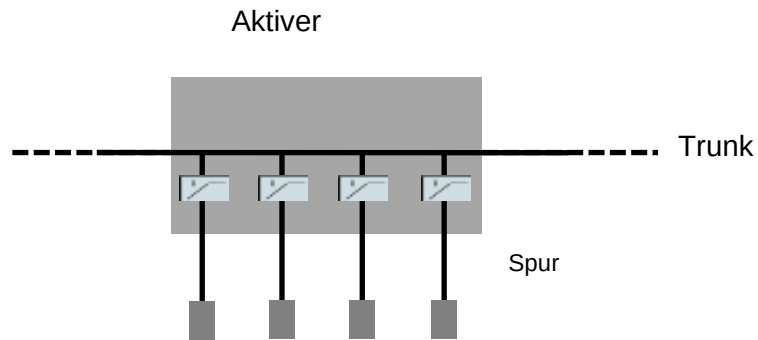


Abbildung 3-26: exemplarische Darstellung eines aktiven Verteilerbausteins, nicht Ex

Im Vergleich zu passiven Verteilern sorgen aktive Verteiler für eine signifikant höhere Verfügbarkeit des Automationssystems. Sie kommen deswegen mehrheitlich zum Einsatz.

3.2.8.3 Der High-Power Trunk mit Feldbusbarrieren

Bei der Verwendung von Feldbusbarrieren werden die Slaves sternförmig über Spur (Ex i) angeschlossen. Pro Feldbusbarriere sollte zur Erhöhung der Ausfallsicherheit an jeden abgehenden Strang lediglich ein Feldgerät angeschlossen werden.

Die Slaveanzahl ist von der Leistung der Feldbusbarriere abhängig, Einzelheiten zum Anschluss können Sie den Herstellerangaben entnehmen.

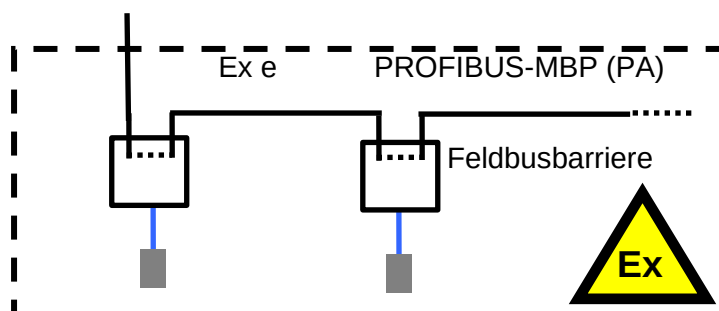


Abbildung 3-27: Spurkoppler im Ex Bereich



Bestimmen Sie mit Hilfe der bereits angelegten Segment-Strukturpläne die für die PROFIBUS-MBP (PA)-Segmente erforderlichen Verteilerbausteine.

Legen Sie zusätzlich für jede benötigte Ausführungsform eines Verteilerbausteines eine eigene Materialliste an.

Skalierbare Verteilerbausteine, wie in Abbildung 3-28 dargestellt, sind modular aufgebaute Geräte, die über einen Bus-Verbinder in der Hutschiene aneinandergereiht werden können. Sie ermöglichen einen modularen Aufbau des Verteilers. Das modulare Konzept gestattet:

1. Austausch einzelner Spur-Koppler im laufenden Betrieb
2. Erweiterung von Spur-Kopplern im laufenden Betrieb

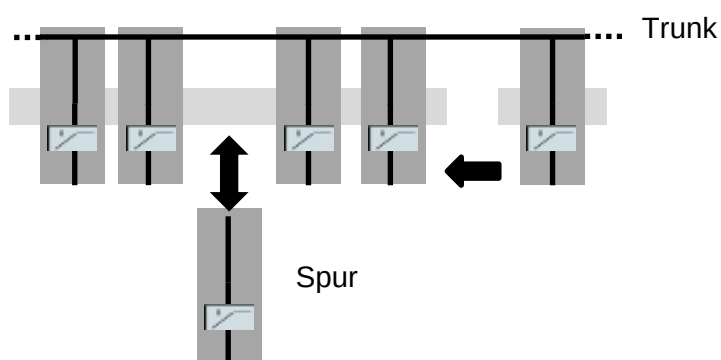


Abbildung 3-28: Aktiver Verteilerbaustein: Austausch und Erweiterung

In Bezug auf den Explosionsschutz sind die beschriebenen skalierbaren Verteilerbausteine zu allen gängigen Methoden wie etwa das High-Power Trunk Konzept kompatibel.

3.2.8.4 Eigensicherer High-Power Trunk

Eine höhere übertragbare Wirkleistung mit der Explosionsschutzart Eigensicherheit ermöglicht Dynamische Funkenerkennung und -unterdrückung (DART – Dynamic Arc Recognition and Termination). Aufeinander abgestimmte Feldbusstromversorgungen und Verteilerbausteine realisieren eine eigensichere Hauptleitung. Die Spur sind durch den Verteiler klassisch eigensicher für den Anschluss heutiger eigensicherer PROFIBUS-MBP (PA) Teilnehmer.

Besondere Randbedingungen, die bei der Auslegung zu berücksichtigen sind:

- Die Kabellänge des Trunk darf bis max. 1 000 m ausgelegt werden.
- Die Topologie muss mit Trunk davon abgehenden Spurs ausgelegt werden.
- Es ist der Leitungstyp A zu verwenden.

Mit DART ist auch die Hauptleitung eigensicher ausgeführt und damit im laufenden Betrieb auch ohne Feuerschein zugänglich. Es steht genügend Leistung zur Verfügung, um lange Kabelwege und hohe Gerätezahlen zu realisieren. Abbildung 3-29 zeigt ein entsprechendes System.

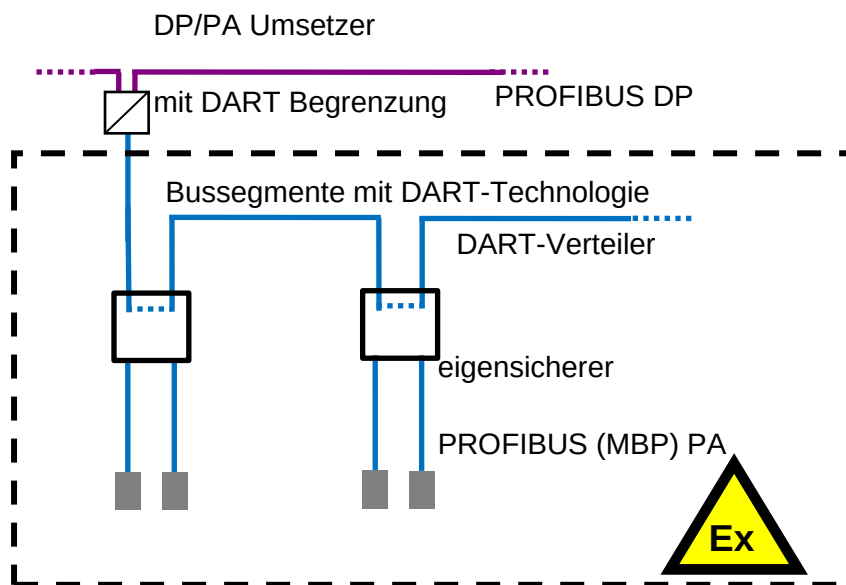


Abbildung 3-29: Vollständig eigensichere Topologie mit Trunk und Spur und hoher Leistung

3.2.9 Planung der Busabschlüsse

Jedes PROFIBUS-Segment muss zur Vermeidung von Leitungsreflexionen an beiden Enden des Segments mit Busabschlüssen versehen sein. Bei PROFIBUS-MBP (PA) muss dabei auf die jeweilige Zündschutzart des Segments geachtet werden. Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Busabschlüsse für Segmente in nicht explosionsgefährdeten Bereichen
- Busabschlüsse im explosionsgefährdeten Bereich

Busabschlüsse für Segmente in nicht explosionsgefährdeten Bereichen

Bei PROFIBUS-MBP (PA) ist ein Busabschluss aus der Reihenschaltung eines Kondensators und eines Widerstandes aufgebaut. Der Busabschluss ist rein passiv und benötigt keine Energieversorgung.

Die Busabschlüsse werden in einer externen und in einer internen Ausführungsform eingesetzt. Bei der internen Ausführungsform sind die Busabschlüsse direkt in die Verteilerbausteine integriert und bei Bedarf zuschaltbar. Der DP/PA-Umsetzer (z.B. Segmentkoppler oder Link) am Anfang eines Segmentes enthält ebenfalls in der Regel einen integrierten Busabschluss. Der zweite Busabschluss sollte, wie in Abbildung 3-30 dargestellt, am Ende des Trunks gesetzt werden.

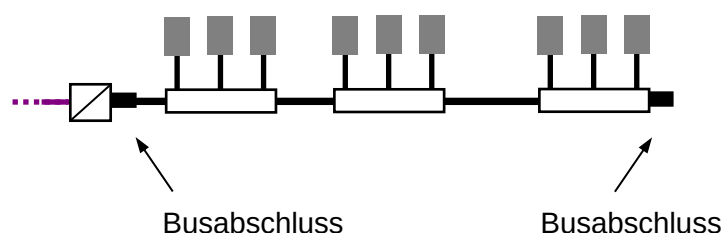


Abbildung 3-30: Setzen der Busabschlüsse beim PROFIBUS-MBP (PA)

Bei sehr verzweigten Bussegmenten stellt der vom DP/PA-Umsetzer am weitesten entfernt liegende Busteilnehmer das Ende des Trunks dar. Beachten Sie jedoch, dass beim PROFIBUS-MBP (PA) ein solch topologischer Aufbau eines Segmentes leicht unübersichtlich wird und deswegen nur die Ausnahme sein sollte.

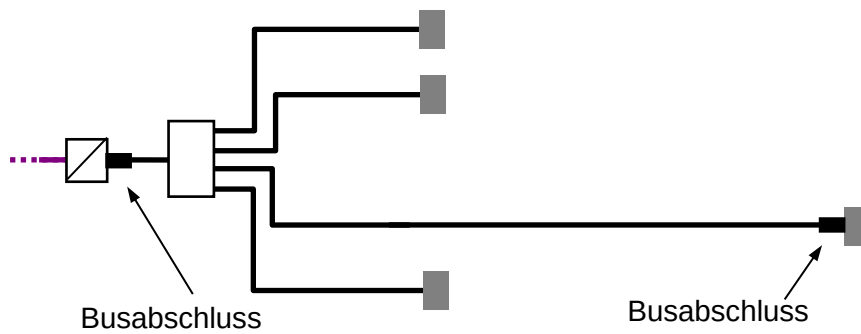


Abbildung 3-31: Alternatives Setzen der Busabschlüsse beim PROFIBUS-MBP (PA)



Platzieren Sie die Busabschlüsse nur an den Enden des Segments.

Busabschlüsse im explosionsgefährdeten Bereich



Es dürfen nur Busabschlüsse verwendet werden, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen zugelassen sind



Planen Sie mit Hilfe der Segment-Strukturpläne, die für die PROFIBUS-MBP (PA)-Segmente erforderlichen Busabschlüsse ein. Legen Sie eine eigene Materialliste für die externen Busabschlüsse an.

3.3 Allgemeine Planung PROFIBUS

In diesem Kapitel werden gemeinsame Aspekte betrachtet, die bei der Planung für die jeweiligen PROFIBUS-Ausprägungen, zu berücksichtigen sind.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Planung der Kabelführung für Kupferkabel
- Planung Funktionspotentialausgleich und Schirmung

3.3.1 Planung der Kabelführung für Kupferkabel

In diesem Kapitel wird geklärt, welche Aspekte bei der Planung der Kabelführung bei Kupferkabeln betrachtet werden müssen.

Die Vorgaben zur Kabelführung gelten sowohl für PROFIBUS DP/DP-IS, als auch für PROFIBUS-MBP (PA).

Es sollte zu diesem Zeitpunkt bekannt sein, welche Linien, Segmente und Strecken es voraussichtlich geben wird. So können Sie für alle Strecken nacheinander prüfen, welche besonderen Anforderungen bestehen. Hilfreich für die Planung ist hierbei z.B. die Übertragung der geplanten Topologie auf einen Grundriss der Anlage. Durch Eintragen der tatsächlichen Streckenverläufe, Segmente und Linien gewinnen Sie eine bessere Übersicht und die Bestimmung von Problemstellen wird erleichtert.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Allgemeine Hinweise zur Kabelführung im Gebäude
- Kabelführung im Schaltschrank und außerhalb von Gebäuden



Für Details zur technischen Durchführung (Biegeradien, mechanischer Schutz, etc.) wird auf die „PROFIBUS Montagerichtlinie“ (Order No.: 8.021) verwiesen.

Allgemeine Hinweise zur Kabelführung im Gebäude



Grundsätzlich sind Kabel für Energieversorgung und Kommunikation nach Möglichkeit getrennt voneinander zu verlegen.

Zunächst sollten Sie prüfen, wo Kabel zur Energieversorgung in der Anlage verlaufen bzw. geplant sind. In der Praxis wird eine vollständig separate Verlegung der Kabel nicht zu realisieren sein. Eine gemeinsame Verlegung im selben Kabelkanal ist unter Berücksichtigung der erforderlichen Mindestabstände zulässig. Verwenden Sie alternativ Kabelkanäle mit entsprechenden Trennstegen.

Die Richtlinien für die Mindestabstände der Kabel basieren auf den folgenden Annahmen:

- Es werden Energiekabel mit maximal 1000 V bei 50/60 Hz verwendet.
- Ein vermaschtes Potentialausgleichssystem ist vorhanden.
- Der Schirm des PROFIBUS-Kabels ist an beiden Enden aufgelegt.

Wenn Ihre Anlage von diesen Annahmen abweicht, empfiehlt es sich, die Kabelabstände zu erhöhen.

Die Spezifikation für PROFIBUS-Kabel gibt keine Schirmdämpfung vor. Typischerweise beträgt die Schirmdämpfung 80 dB für Kabel mit einem kombinierten Geflecht- und Folienschirm. In diesem Fall können Sie die Trennklasse d in Tabelle 3-11 verwenden. Wenn Ihnen die Schirmdämpfung des Kabels nicht bekannt ist, verwenden Sie bitte die Trennklasse b gemäß Tabelle 3-11.

Tabelle 3-11: Mindestabstände S zwischen PROFIBUS-Kabeln und Energiekabeln nach EN 50174-2(2018)

		Für informationstechnische Verkabelung oder Stromversorgungsverkabelung verwendete Kabelkanäle		
Trennklasse	Trennung ohne elektromagnetische Barriere	Offener metallener Kabelkanal a	Lochblech-Kabelkanal b, c	Massiver metallener Kabelkanal d
b	100 mm	75 mm	50 mm	0 mm
d	10 mm	8 mm	5 mm	0 mm
		^a Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) äquivalent zu geschweißtem Stahlmaschenkorb mit der Maschengröße von 50 mm × 100 mm (Leitern ausgenommen). Diese Schirmleistung kann auch erzielt werden mit einer Stahlkabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer geringeren Wanddicke als 1,0 mm und/oder mehr als 20% gleichmäßig gelochter Fläche. ^b Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) äquivalent zu einer Stahlkabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wanddicke von mindestens 1,0 mm und höchstens 20% gleichmäßig gelochter Fläche. Diese Schirmleistung kann auch erzielt werden mit geschirmten Stromleitungen, die nicht die in Fußnote d festgelegten Leistungsmerkmale erfüllen. ^c Die obere Oberfläche der installierten Kabel muss mindestens 10 mm unterhalb der Oberkante der Barriere liegen. ^d Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) äquivalent zu einem Stahl-Installationsrohr mit einer Wanddicke von 1,5 mm. Der angegebene Trennabstand gilt zusätzlich zu der von jeglicher durch Trennsteg/Barrieren gebotenen Trennung.		

Tabelle 3-12: Faktor P für Stromversorgungsverkabelung

Art des elektrischen Stromkreises ^{a, b, c}	Anzahl der Stromkreise	Faktor <i>P</i> für die Stromversorgungsverkabelung <i>P</i>
20 A, 230 V, einphasig	1 bis 3	0,2
	4 bis 6	0,4
	7 bis 9	0,6
	10 bis 12	0,8
	13 bis 15	1,0
	16 bis 30	2
	31 bis 45	3
	46 bis 60	4
	61 bis 75	6
	>75	6
^a Dreiphasige Kabel müssen als 3 einzelne einphasige Kabel behandelt werden. ^b Mehr als 20 A müssen als Vielfaches von 20 A behandelt werden. ^c Stromversorgungskabel für geringere Wechsel- oder Gleichspannung müssen auf Grundlage ihrer Stromstärkebemessung behandelt werden, d. h. ein 100 A / 50 V-Gleichstromkabel entspricht 5 der 20-A-Kabel ($P = 0,4$).		

Im Folgenden finden Sie ein Berechnungsbeispiel für empfohlene Abstände.

Annahme:

- PROFIBUS-Kabel mit einer Schirmdämpfung von 80 dB, Trennklasse d gemäß Tabelle 3-11 verwendet.
- Offener metallener Kabelkanal: gemäß Tabelle 3-11 Mindesttrennabstand $S = 8$ mm
- 20 Versorgungsstromkreise mit je 20 A maximal, gemäß Tabelle 3-12: Faktor $P = 2$

- Empfohlener Abstand ist doppelter Mindestabstand gemäß Abschnitt 11.5.2 der Norm

Daraus ergibt sich:

- $\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot \text{Mindestabstand}$
- $\text{Mindestabstand} = S \cdot P$
- $\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot S \cdot P$
- $\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot 8 \text{ mm} \cdot 2 = 32 \text{ mm}$

Einschränkung:

Die Angaben in Bezug auf die minimalen Kabelabstände beziehen sich auf Installationen, bei denen PROFINET / PROFIBUS-Kabel über längere Strecken parallel zu ungeschirmten Energieleitungen laufen. Die hier gegebenen Werte stellen einen Orientierungsrahmen dar. Bei kürzerer paralleler Leitungsführung, z. B. im Inneren von Maschinen, bei geschirmten Energieleitungen oder bei der Nutzung von Hybridkabeln ist es zulässig die minimalen Abstände zu unterschreiten.

Die applikationsspezifischen reduzierten Abstände sind vom Hersteller der Systemkabel zu benennen. Dieses Vorgehen ist im Rahmen der EN 50174-2 vorgesehen.



Weitere Informationen bezüglich Mindesttrennabständen entnehmen Sie der IEC 61784-5-3 bzw. der EN 50174-2.



Verwenden Sie nach Möglichkeit nur leitfähige Kabelkanäle und planen Sie regelmäßige Verbindungen mit dem Funktionspotentialausgleich ein. Verwenden Sie bei extremer Störbelastung für das Buskabel ein Stahlrohr oder einen geschlossenen Blechkanal. Sehen Sie für beide Varianten regelmäßige Verbindung mit dem Funktionspotentialausgleich und Schutz gegen Korrosion vor.

Kabelführung im Schaltschrank

- Beachten Sie bei der Planung der Kabelführung im Schaltschrank zusätzlich folgende Punkte: Entnehmen Sie den Mindestabstand zwischen zwei Kabeln der Tabelle 3-11.
- Ist kein ausreichender Abstand zwischen Signal- und Energiekabeln möglich, so kann durch die Verlegung der Kabel in metallisch leitenden Kanälen ein geringerer Abstand erreicht werden (siehe Tabelle 3-11). Jeder Kanal soll nur Kabel einer Kategorie aufnehmen. Diese Kanäle können Sie dann unmittelbar nebeneinander anordnen. Achten Sie also bei der Planung auf entsprechende Platzverhältnisse.
- Planen Sie Kreuzungen zwischen Kabeln zur Minimierung gegenseitiger Beeinflussung der Kabel stets rechtwinklig.
- Sofern ein PROFIBUS-Gerät den Kabelschirm nicht mit ausreichend geringer Impedanz kontaktiert, kann in der Nähe des Gerätes, wie in Abbildung 3-32 gezeigt, eine zusätzliche Schirmklemme für eine zusätzliche Auflage des Kabelschirms installiert werden.

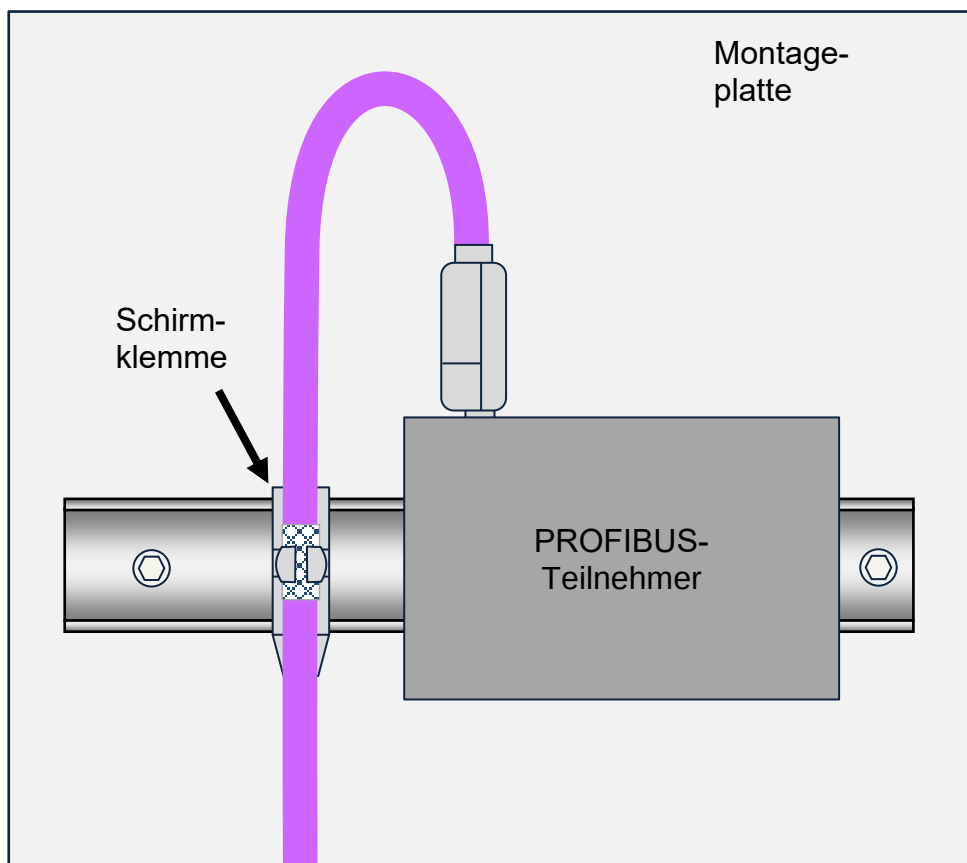


Abbildung 3-32: Zusätzliche Auflage Kabelschirm in der Nähe des Gerätes

Kabelführung außerhalb von Gebäuden

Verwenden Sie für die Kabelführung außerhalb von Gebäuden vorzugsweise Lichtwellenleiter. Sollten Sie sich für die direkte Erdverlegung von Kabeln entschieden haben, müssen diese vom Hersteller für Erdverlegung freigegeben sein. Berücksichtigen Sie bei Installationen im Freien die witterungsbedingten Umwelteinflüsse wie Temperatur, Feuchtigkeit und UV-Strahlung. Lassen Sie sich eine entsprechende Widerstandsfähigkeit vom Kabellieferanten zusichern.

- In jedem Fall sollten Sie zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen der im Erdreich verlegten Kabel eine Verlegung in einem Kunststoffrohr vorsehen.
- Für die Kabelverlegung außerhalb von Gebäuden sind die gleichen Mindestabstände wie in geschlossenen Räumen (Tabelle 3-11) zu berücksichtigen.



Planen Sie zur Realisierung des Übergangs von Außenanlagen zu Innenanlagen einen Zwischenklemmkasten mit ein.

Der Zwischenklemmenkasten gewährleistet den Übergang von Erdverlegungskabel auf Standardkabel und enthält meist die entsprechende Schutzschaltung mit Überspannungsschutz (Blitzschutz). Sehen Sie Blitzschutzbeschaltungen (zumindest den Grobschutz) direkt am Gebäudeeintritt vor.

3.3.2 Planung Funktionspotentialausgleich und Schirmung

Informationen zum Funktionspotentialausgleich und zur Schirmung finden Sie in der Richtlinie Funktionspotentialausgleich und Schirmung von PROFIBUS und PROFINET, Order No.: 8.101.

3.4 Planung der Lichtwellenleiterverkabelung

In diesem Kapitel wird der Einsatz von Lichtwellenleitern (LWL) geplant. Hierzu werden Ihnen die zu verwendenden Komponenten vorgestellt und auf besondere Punkte eingegangen, bei der Planung von LWL-Technik zu berücksichtigen sind.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Besonderheiten bei LWL
- Optische Verbindungstechnik
- Faserauswahl
- Kabelauswahl
- Bestimmung der Anschlüsse
- Bestimmung der Faser-Faser-Kopplungen
- Überprüfung der LWL-Strecken

3.4.1 Besonderheiten bei LWL-Technik

In diesem Kapitel wird auf Besonderheiten und Begriffe zum Thema LWL-Technik eingegangen. Da sich LWL-Technik stark von der üblichen Kupferkabeltechnik unterscheidet, wird in diesem Kapitel neben Aspekten, die bei der Planung zu berücksichtigen sind, auf einige Punkte zum besseren Verständnis der Technik im Allgemeinen eingegangen.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- LWL-Anwendungsgebiete
- Potentialtrennung und Blitzschutz
- Optische Übertragungsdistanz
- Funktionsprinzip der Lichtwellenleiter
- Elektro-optische Wandler bzw. OLM (Optical Link Modul)

LWL-Anwendungsgebiete

In Anlagebereichen, in denen mit großen elektromagnetischen Störfeldern oder hohen Potentialunterschieden zu rechnen ist, sollten Sie bei der Planung der PROFIBUS-Verkabelung für die Verbindung von Anlagenteilen, LWL-Technik verwenden.

Vorteile einer Datenübertragung mittels LWL-Technik sind:

- Eine Überbrückung von großen Entfernungen ist möglich
- Vollständige Potentialtrennung zwischen den mit LWL-Kabeln gekoppelten Segmenten
- Unempfindlichkeit der Kabel gegenüber elektromagnetischen Störungen (EMI)

Anwendungsgebiete für den Einsatz von LWL-Technik sind auf nachfolgenden Abbildungen schematisch dargestellt. OLMs dienen dabei der Umsetzung von elektrischer auf optische Datenübertragung (OLMs siehe Kapitel 3.4.1.1).

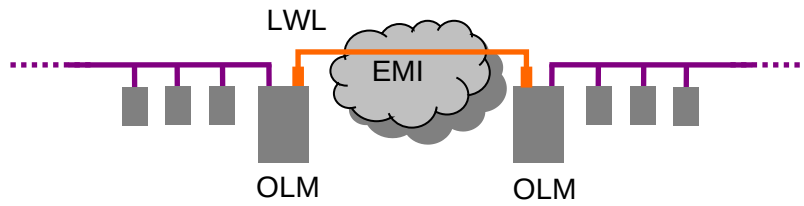


Abbildung 3-33: Anwendung LWL-Technik bei EMI

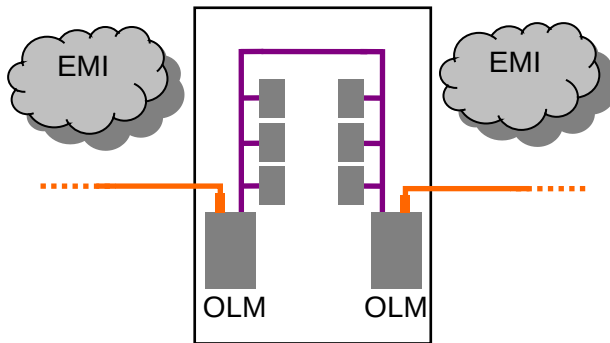


Abbildung 3-34: Anwendung LWL-Technik zur Schrank-Ankopplung bei EMI

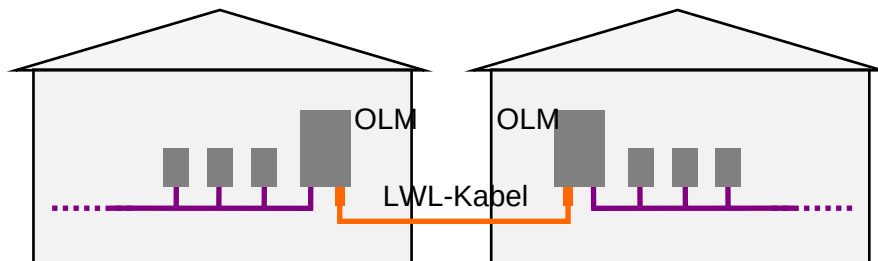


Abbildung 3-35: Anwendung LWL-Technik zur Gebäudeverbindung

Potentialtrennung und Blitzschutz



Sende- und Empfangsstelle sind bei Verwendung von LWL-Kabeln durch die isolierende Faser verbunden und können sich daher auf unterschiedlichem elektrischem Potential befinden, ohne dass es zu Störungen kommt.

Verwenden Sie zur Verbindung von Gebäuden und Betriebsgeländen nach Möglichkeit LWL-Kabel.

Für die Verkabelung von Stockwerk zu Stockwerk sind nach Möglichkeit LWL-Kabel zu verwenden.

Optische Übertragungsstrecke

Eine optische Übertragungsstrecke setzt sich zusammen aus:

- Einem elektro-optischen Wandler als Sender, der ein elektrisches Signal in ein optisches Signal umsetzt.
- Einer passiven optischen Strecke, die durch einen Lichtwellenleiter und die zugehörigen Steckverbinder gebildet wird, welche die Amplitude des optischen Signals dämpfen.
- Einem opto-elektrischen Wandler als Empfänger, der das empfangene optische Signal in ein elektrisches Signal umsetzt.

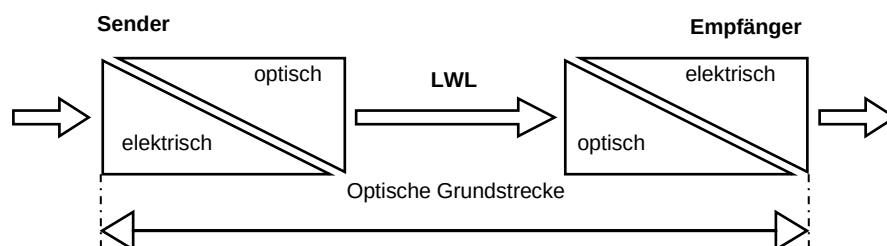


Abbildung 3-36: Optische Grundstrecke

Die Realisierbarkeit einer optischen Übertragungsstrecke ist abhängig vom Dämpfungsverhalten der verwendeten Komponenten, sowie der Sendeleistung des Senders und der Eingangsempfindlichkeit des Empfängers. Führen Sie daher nach der Auswahl der Komponenten eine Überprüfung des Dämpfungsbudgets dieser Komponenten durch. Dabei wird ermittelt, ob das von der optischen Übertragungsdistanz gedämpfte Signal am Empfänger korrekt interpretiert werden kann (Kapitel 3.4.7).

Beachten Sie, dass für die Verbindung zweier Komponenten stets zwei Glasfasern notwendig sind. Üblicherweise sind diese zwei Fasern in einem so genannten Duplexkabel zusammengefasst.

Funktionsprinzip der Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter bestehen aus einem optisch transparenten Kern und Mantel. Die Datenübertragung mittels Lichtwellenleiter beruht auf dem Prinzip der Totalreflektion von eingestrahlttem Licht zwischen Kern und Mantel. Eine Totalreflektion ist dabei nur möglich, wenn sich Mantel und Kern im Brechungsindex geringfügig voneinander unterscheiden. Weitere Schichten verschiedener Materialien schützen die Fasern.

Bei LWL-Kabeln unterscheidet man grundsätzlich zwischen Glasfaser-Kabeln (Single- und Multi-Mode) und Kunststofffaser-Kabeln (POF). HCS ist eine Hybridfaser mit einem Kern aus Glas und einem Mantel aus Kunststoff. Folgende Fasertypen werden im Allgemeinen für LWL-Kabel verwendet (siehe Kapitel 3.4.3):

- Glasfaser (Singlemode)
- Glasfaser (Multimode)
- HCS (Hard Cladded Silica)
- Kunststofffaser POF (Plastic Optical Fibre)

3.4.1.1 Elektro-Optische Wandler

Bindeglieder zwischen dem elektrischen Teil und dem optischen Teil des Netzwerkes sind elektro-optische Wandler (OLM). Ein OLM setzt elektrische Signale in optische um und speist diese in den angeschlossenen Lichtwellenleiter ein. Umgekehrt setzt ein entsprechender OLM die empfangenen optischen Signale wiederum in elektrische um. Mit OLMs können Sie, wie nachfolgend beschrieben, verschiedene Topologien realisieren.



Ein OLM ist ein aktives Element und bedarf einer Versorgungsspannung. Sehen Sie bei der Planung eine entsprechende Energieversorgung vor.

Linientopologie

Eine Linientopologie wird durch paarweise Verbindung der einzelnen OLMs durch Duplex-Kabel gebildet (Duplex-Kabel siehe Kapitel 3.4.4). Dazu genügen am Anfang und am Ende eines Segments OLMs mit einem optischen Kanal, dazwischen OLMs mit zwei optischen Kanälen. An jedem OLM sind einzelne Teilnehmer oder vollständige Segmente in RS485-Übertragungstechnik anschließbar (Abbildung 3-33).

Ringtopologie

Eine Ringtopologie wird durch paarweise Verbindung der einzelnen OLMs durch Duplex-Kabel gebildet. Im Gegensatz zur Linientopologie kommen dabei OLMs mit zwei optischen Kanälen zum Einsatz.

An jedem OLM sind wiederum einzelne Teilnehmer oder vollständige Segmente in RS485-Übertragungstechnik anschließbar.

Sterntopologie

Durch Verbindung einer Reihe von Sternkopplern (OLM) kann eine Sterntopologie realisiert werden.

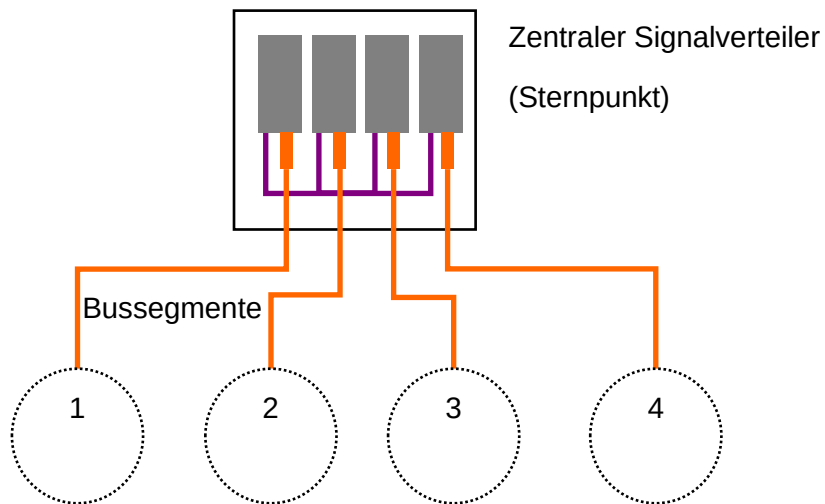


Abbildung 3-37: Sterntopologie mit OLMs

3.4.2 Optische Verbindungstechnik

Für LWL-Kabel stehen mehrere Steckverbindertypen zur Verfügung. In diesem Kapitel werden LWL-Steckverbinder vorgestellt. Auf die Möglichkeiten zur Steckermontage wird in Kapitel 3.4.5 eingegangen.

Zusätzlich werden Ihnen Patchfelder und Spleißboxen als Komponenten zur strukturierten LWL-Verkabelung vorgestellt.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Empfehlung für Steckverbinder
- BFOC-Steckverbinder



Für Steckverbinder werden in den Herstellerangaben typische Dämpfungswerte angegeben. Die tatsächliche Dämpfung ist aber nicht nur von der Qualität des Steckverbinders abhängig, sondern im hohen Maße vom optischen Übergang zwischen den zu verbindenden Faserenden, also von der Qualität der Steckerkonfektionierung.

3.4.2.1 Empfehlung für Steckverbinder

Glasfaser-LWL

Für Glas-LWL (Singlemode E 9/125 bzw. E 10/125, Multimode G 50/125 bzw. G 62.5/125) sind Steckverbinder vom Typ BFOC/2.5 gemäß IEC 60874-10 zu verwenden.

Kunststofffaser/Hybridfaser-LWL POF und HCS

Für POF und HCS wird ebenfalls die Verwendung von BFOC/2.5 Steckverbindern empfohlen. Darüber hinaus findet man zahlreiche herstellereigenspezifische Steckverbinder an PROFIBUS-Geräten mit POF/PCF-Schnittstellen.



Die Auswahl des Steckverbinders richtet sich nach den anzuschließenden Geräten (im Wesentlichen OLM). Informieren Sie sich im Handbuch des Herstellers, welche Steckverbinder vorgesehen sind. Standard sind BFOC/2.5-Verbindungssysteme.

3.4.2.2 BFOC-Steckverbinder

Dieser Steckverbinder wird in der PROFIBUS-Norm als Standard-Steckverbinder empfohlen. Ausführungen für alle LWL-Typen (Singlemode, Multimode, PCF, POF) sind am Markt verbreitet.

Als Verschluss dient eine Bajonett-Halterung, durch einen Metallstift wird dieser Stecker am Verdrehen gehindert.



Abbildung 3-38: BFOC (ST) Stecker

3.4.3 Faserauswahl

Für den Einsatz von Lichtwellenleitern (LWL) sind verschiedene Fasertypen erhältlich. Die Auswahl eines Fasertyps muss unter Berücksichtigung der durch das Automatisierungsvorhaben gestellten Anforderungen erfolgen.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Eigenschaften der Fasertypen
 - Maximale Übertragungsstrecke
 - Dämpfung und Wellenlänge
- Auswahlhilfen zur Bestimmung der Faser
 - Allgemeine Hinweise
 - Faserauswahl bei vorhandenen Geräten
 - Faserauswahl ohne vorhandene Geräte

3.4.3.1 Eigenschaften der Fasertypen

Maximale Übertragungsstrecke

Mit jedem Fasertyp lässt sich bedingt durch jeweilige Dämpfung und die verwendete Betriebswellenlänge nur eine begrenzte Übertragungsstrecke erreichen.

Tabelle 3-13: Erreichbare Übertragungsstrecke der Fasertypen

Fasertyp	Übertragungsstrecke
Singlemode-Glasfaser (9 / 125 µm)	bis 15 km
Multimode- Glasfaser (50-62,5 / 125 µm)	bis 3 km
PCF oder HCS-Faser* (200 / 230 µm)	bis 500 m
Kunststofffaser (980 / 1 000 µm)	bis 100 m
* PCF und HCS sind Markenbezeichnungen	



Tabelle 3-13 gibt nur typische Grenzen der mit den unterschiedlichen Fasertypen erreichbaren Übertragungsstrecken an. Durch Einsatz sogenannter OLM-Langstreckenversionen können diese noch gesteigert werden.

Dämpfung und Wellenlänge

Die Dämpfung einer Faser steht in direktem Zusammenhang zur verwendeten Betriebswellenlänge.

Tabelle 3-14: Erreichbare Übertragungsstrecke der Fasertypen

Fasertyp	Wellenlänge in nm	Dämpfung in dB/km
Singlemode-Glasfaser (9 / 125 µm)	1 320	≤ 1.0
Multimode- Glasfaser (50-62,5 / 125 µm)	850	≤ 2.7-3.5
PCF oder HCS-Faser* (200 / 230 µm)	660	≤ 10
Kunststofffaser (980 / 1 000 µm)	860	≤ 230
* PCF und HCS sind Markenbezeichnungen		



Die in Tabelle 3-14 aufgeführten Dämpfungen sind nur typische Grenzwerte. Viele Kabelhersteller stellen auch Fasern mit deutlich niedrigeren Dämpfungswerten her, wodurch sich die in Tabelle 3-13 aufgeführten Übertragungstrecken erhöhen. In jedem Fall sind die Angaben der Faserhersteller bzw. Kabelhersteller zu beachten.

3.4.3.2 Auswahlhilfen zur Bestimmung der Faser

Allgemeine Hinweise

Der Einsatz unterschiedlicher Fasertypen innerhalb einer Anlage ist zwar möglich, wird aber nicht empfohlen. Durch Verwendung unterschiedlicher Fasertypen entstehen oft Kosten, die durch zusätzliche Materialien, Werkzeuge oder Geräte verursacht werden.

- Wenn in einer Anlage fast alle Verbindungen mit Kunststofffasern realisiert werden können und nur eine Strecke Glasfasern erfordert ist der Einsatz unterschiedlicher Fasern sinnvoll.
- Wenn ein Großteil der Anlage mit Glasfasern ausgelegt ist und nur wenige Strecken den Einsatz von Kunststofffasern erlauben könnte es durch die zusätzlichen Werkzeuge zur Bearbeitung der Kunststofffaser zu höheren Kosten kommen.

Faserauswahl bei vorhandenen Geräten

Besitzen Sie bereits Geräte, die für den Anschluss an eine bestimmte Faser ausgelegt sind, müssen zunächst die mit diesen Geräten bzw. diesen Fasern zu erreichenden Übertragungstrecken ermittelt werden.

Überprüfen Sie die Geräte auf folgende Merkmale:

- Ausgangsleistung des Senders
- Benötigte Empfangsleistung am Empfänger (Empfängergrenzwert)
- Unterstützter Fasertyp

Mit Hilfe dieser Gerätespezifikationen (Merkmale) ist es möglich, die mit einem Fasertypen maximal zu überbrückenden Strecken zu ermitteln. Berechnen Sie zunächst die mit ihren Geräten zulässigen Dämpfungsverluste.

Zulässige Dämpfungsverluste:

$$A_{zul} = P_S - P_E$$

A_{zul} : Zulässige Dämpfungsverluste in dB

P_S : Ausgangsleistung des Senders in dBm

P_E : Benötigte Empfangsleistung des Empfängers in dBm

Um für die entlang der Strecke noch auftretenden Kopplungsstellen eine gewisse Reserve zu haben, sollten von dem Ergebnis ca. 20% abgezogen werden.

Anschließend erfolgt die Berechnung der mit der Faser zu erreichenden Übertragungsstrecke. Die Dämpfung der jeweiligen Faser kann hierzu der Tabelle 3-14 entnommen werden.

Maximal zu erreichende Übertragungsstrecke:

$$L = \frac{A_{zul}}{a_{Leiter}}$$

L : Mögliche zu überbrückende Strecke in km

A_{zul} : Ermittelte zulässige Dämpfungsverluste in dB

a_{Leiter} : Dämpfung der Faser in dB/km



Verwenden Sie mit einem Gerät nur die in der Gerätespezifikation vorgeschriebenen Fasertypen.



Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die in

aufgeführten Dämpfungen nur typische Grenzwerte sind. Sobald ein konkreter Kabeltyp vorliegt, müssen die Herstellerangaben bezüglich der Faserdämpfung überprüft werden.

Wenn die mit diesen Geräten maximal zu erreichende Übertragungsstrecke nicht ausreicht, bestehen die folgenden Möglichkeiten:

- Segmentierung der Strecke und Einsatz eines zusätzlichen OLM als optischen Repeater.
- Wechsel auf einen anderen Fasertyp, der eine größere Streckenlänge zulässt (z.B. PCF statt Kunststofffaser, Glas-LWL statt PCF, Singlemode statt Multimode-LWL). Prüfen Sie, ob der Wechsel zu einem anderen Fasertyp eine andere optische Schnittstelle und damit einen Wechsel des Gerätetyps erfordert.

Faserauswahl ohne vorhandene Geräte

Sind noch keine Geräte vorhanden, ist der Fasertyp nach der zu überwindenden Übertragungsstrecke zu wählen. Hierzu können die in Tabelle 3-13 aufgeführten Werte herangezogen werden. Beim Kauf der Geräte ist darauf zu achten, dass die Geräte für den Anschluss mit dem jeweiligen Fasertyp ausgelegt sind.



Bestimmen Sie mit den in diesem Kapitel gemachten Angaben die für ihre Übertragungsstrecken benötigten Fasertypen. Tragen Sie diese in die bereits angelegten Segment-Strukturpläne ein.

3.4.4 Kabelauswahl

Für den PROFIBUS werden keine speziellen LWL-Kabel vorgeschrieben. Dementsprechend ist die Auswahl an unterschiedlichen Kabelausführungen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften groß. Dennoch werden in der Regel für PROFIBUS nur bestimmte LWL-Kabel eingesetzt. Dieses Kapitel bezieht sich nur auf diese Kabelausführungen. Für besondere oder spezielle Anforderungen an die LWL-Kabel müssen Sie sich gegebenenfalls direkt bei den Kabelherstellern informieren.

Das Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Eigenschaften von LWL-Kabeln
 - Optische Eigenschaften
 - Mechanische Eigenschaften
 - Chemische Eigenschaften
- Ausführungsformen von LWL-Kabeln
 - Kabelausführungen mit Glasfasern
 - Kabelausführungen mit Kunststofffasern

3.4.4.1 Eigenschaften von LWL-Kabeln

Die in diesem Kapitel gemachten Angaben dienen zunächst einer allgemeinen Einführung in die verschiedenen und besonders zu beachtenden Eigenschaften von LWL-Kabeln. Die konkrete Auswahl der für Ihre Übertragungsstrecke benötigten Kabel findet erst in Kapitel 3.4.4.2 statt.

Optische Eigenschaften

Die optischen Eigenschaften eines LWL-Kabels sind größtenteils von dem verwendeten Fasertyp abhängig (siehe Kapitel 3.4.3.1).

Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Kabeleigenschaften geben Aufschluss über die Einsatzbereiche und Verlegungsmöglichkeiten der Kabel. Um diesbezüglich einen Überblick zu erhalten, sind in Tabelle 3-15 konkrete Werte für typische mechanische Eigenschaften des Kabels aufgeführt. Diese Werte stammen aus der IEC 61784-5-3.

Tabelle 3-15: Mechanische Eigenschaften LWL-Kabel (gemäß IEC 61784-5-3)

	Glasfaser-Kabel	PCF oder HCS-Faser-Kabel	Kunststofffaser-Kabel
Minimaler Biegeradius	50...200 mm	75...200 mm	30...100 mm
Zugfestigkeit	500...800 N	100...800 N	50...100 N
Permanente Zugkraft	500...800 N	≤100 N	nicht erlaubt
Querdruckfestigkeit	300...500 N/cm	≤75...300 N/cm	50...100 N/cm

Die Kabeleigenschaften in der obigen Tabelle decken die Anforderungen gängiger Industrieanwendungen ab. Spezielle Anwendungen wie Schleppketten, Girlandenaufhängung oder Torsionsbewegungen erfordern abgestimmte Kabelkonstruktionen mit darüber hinausgehenden Eigenschaften.

Chemische Eigenschaften

LWL-Kabel besitzen, genau wie die bereits behandelten Kupferkabel (siehe Kapitel 3.1.1.1 und 3.2.6.1) unterschiedliche Mantelmaterialien, durch welche sie für verschiedene Einsatzgebiete anwendbar werden.

Typische Eigenschaften hierzu sind:

- UV-Beständigkeit
- Silikonfreiheit
- Beständigkeit gegen Mineralöle und Fette
- Zulässige Temperaturen

Auch bei LWL-Kabeln muss ein besonderes Augenmerk auf das Brandverhalten des Kabels gelegt werden. Die hierzu von den Herstellern gemachten Angaben sind:

- Halogenfreiheit
- Flammwidrigkeit
- Rauchgasdichte



In Bereichen, in denen im Falle eines Brandes Menschenleben durch toxische Gase und Rauchgasentwicklung gefährdet sind, ist ausschließlich halogenfreies und flammwidriges Kabel einzusetzen.

3.4.4.2 Ausführungsformen von LWL-Kabeln

Das folgende Kapitel beschreibt die am Markt erhältlichen LWL-Kabeltypen.

Kabelauführungen mit Glasfasern

Die für den PROFIBUS gängigsten Kabelauführungen, mit ihren Einsatzfällen, sind in Tabelle 3-16 aufgeführt.

Tabelle 3-16: Ausführungsformen von LWL-Kabeln

Kabelauführung	Einsatzfall
Duplex-Kabel	Für eine einfache Punkt zu Punkt Verbindungen zwischen zwei Geräten
Break-Out-Kabel	Für parallel laufende LWL-Strecken mit der Möglichkeit einer Kabelkonfektionierung
Universalkabel mit Bündelader Konstruktion	Für parallel laufende LWL-Strecken, die Patchfelder oder Spleißboxen miteinander verbinden



Wenn Sie mehrere LWL-Strecken parallel führen, wird empfohlen ein mehraderiges Kabel zu verwenden um die Kosten zu reduzieren. Planen Sie Reservefasern ein.

Duplex-Kabel

Duplex-Kabel bestehen aus zwei parallel laufenden Adern. Bestimmte Hersteller verbinden die beiden Fasern/Adern durch einen dünnen Kunststoffsteg. Hierdurch können die Adern gut voneinander getrennt und konfektioniert werden. Es sind auch Duplex-Kabel mit einem Außenmantel erhältlich, der beide Fasern umschließt.

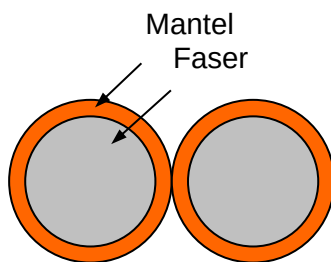


Abbildung 3-39: Duplex-Kabel



Verwenden sie diese Kabel nur bei geringen mechanischen Beanspruchungen.

Break-Out-Kabel

In Break-Out-Kabeln sind mehrere Fasern in einer Ummantelung zusammengefasst. Dadurch, dass jede Faser in einer separat laufenden Ader enthalten ist, können diese direkt mit Steckverbindern konfektioniert werden. PROFIBUS-LWL-Kabel enthalten üblicherweise 2 Fasern. Auf dem Markt sind Break-Out-Kabel mit höherer Faseranzahl (z.B. von 2... 48) erhältlich.

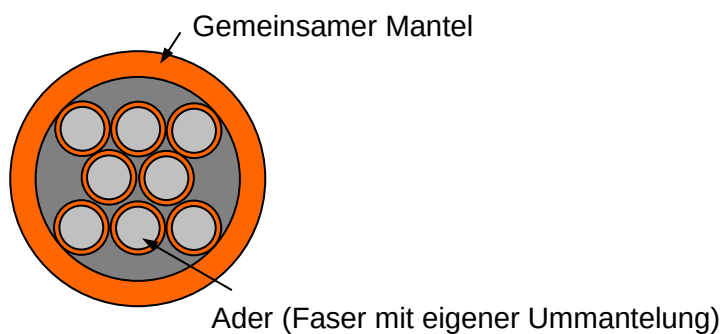
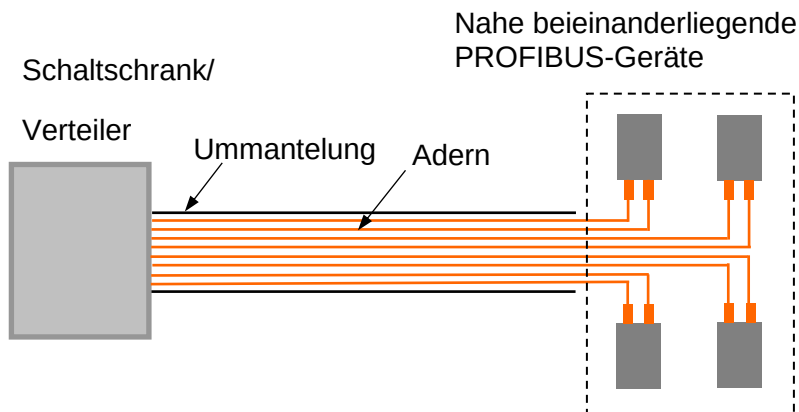


Abbildung 3-40: Break-Out-Kabel

Da keine einzelne Ader aus dem Kabel herausgeführt werden kann, sollten die Anschlusspunkte der Steckverbinder an dem jeweiligen Endpunkt des Kabels nicht zu weit auseinanderliegen. Der Mantel des Kabels muss von der ersten abzweigenden Ader an abisoliert werden. Abbildung 3-41 verdeutlicht diese Problematik.

Sinnvoller Einsatz von vieladrigen Break-Out-Kabel



Nicht sinnvoller Einsatz von Break-Out-Kabel

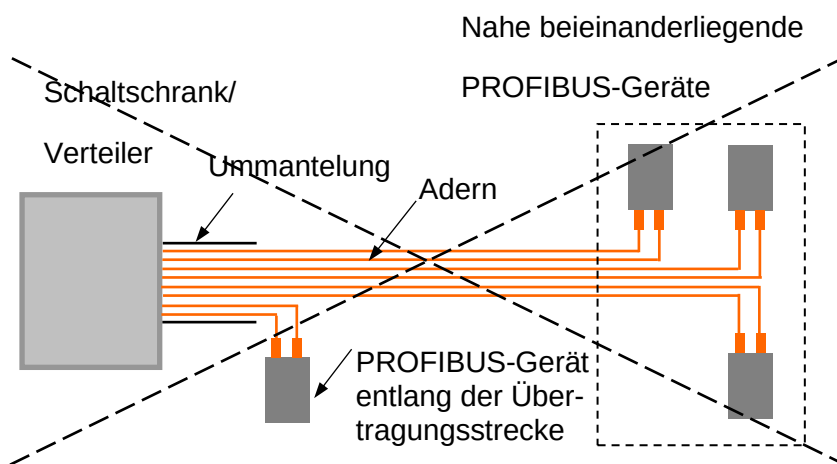


Abbildung 3-41: Problematik bei Abisolierung von Break-Out-Kabel



Verwenden Sie diese Kabel nur, wenn an beiden Endpunkten des Kabels die Fasern über Steckverbinder angeschlossen werden sollen und die Anschlusspunkte für die Steckverbinder nahe beieinander liegen.

Universalkabel mit Bündelader Konstruktion

Im Gegensatz zum Breakout-Kabel sind die einzelnen LWL-Fasern nicht von einem schützenden Mantel umgeben. Sie können deshalb nicht direkt mit Steckverbindern konfektioniert werden. Die Fasern liegen als Bündel in einem oder mehreren Kunststoffröhrchen. Dieser Kabeltyp ist üblicherweise mit Faserzahlen von 2...48 erhältlich.

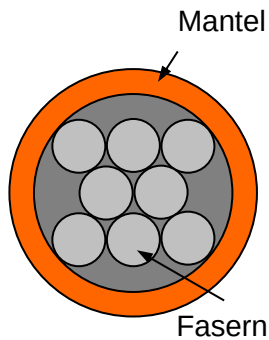


Abbildung 3-42: Universalkabel mit Bündelader Konstruktion



Verwenden sie dieses Kabel nur zum direkten Verbinden von Spleißboxen oder Patchfeldern.

Kabelauführungen mit Kunststofffasern

Bei Kunststofffasern finden auf Grund der relativ kurzen Übertragungsstrecken meist nur die folgenden Kabel Anwendung:

Duplex-Kabel (s.

Abbildung 3-39)

- Break-Out-Kabel mit zwei Fasern



Bestimmen Sie die für die LWL-Strecken benötigten Kabel. Dieses sollte mit Hilfe der Kabel- und Anschlussübersicht und den Segment-Strukturplänen für jede Linie einzeln durchgeführt werden.

Legen sie eine Materialliste an.

3.4.5 Bestimmung der Anschlüsse

Für die Verbindung zwischen Busteilnehmern bzw. Komponenten und den LWL-Kabeln haben sich am Markt verschiedene Anschlussarten etabliert. Das folgende Kapitel beschreibt die Vor- und Nachteile der einzelnen Anschlussarten.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Anschluss durch Steckverbinder bei Glasfaserkabeln
 - Feldkonfektionierung der Kabel
 - Anspleißen von Pigtails
 - Benutzung vorkonfektionierter Kabel
- Anschluss durch Steckverbinder bei Kunststofffaserkabeln
 - Feldkonfektionierung der Kabel
 - Benutzung vorkonfektionierter Kabel
- Anschluss durch direktes Klemmen



Die Anschlussart wird vom vorhandenen Anschluss der Komponente vorgegeben.

3.4.5.1 Anschluss durch Steckverbinder bei Glasfaserkabeln

Bei Glasfaserkabeln schreibt die PROFIBUS-Norm Steckverbinder des Typs BFOC/2,5 für den Geräteanschluss vor. Dieser Steckverbinder ist genormt und wird von vielen Herstellern auch unter dem Produktnamen „ST-Stecker“ angeboten. Die nachfolgend betrachteten Konfektionierungsmöglichkeiten der Kabel beziehen sich dabei nur auf diesen Steckverbindertyp.

Feldkonfektionierung der Kabel

Zum Anbringen von Glasfaser-Steckverbindern wird meist eine Klebetechnik benutzt. Diese Technik ist für eine Feldkonfektionierung bei normalen Umgebungsbedingungen geeignet, kann jedoch einen hohen Zeitaufwand benötigen. Zur Konfektionierung werden zusätzliche, speziell auf den Fasertyp und den Steckverbinder abgestimmte Spezialwerkzeuge benötigt, die von verschiedenen Steckverbinderherstellern in sogenannten „Konfektionierungskoffern“ angeboten werden.



Beachten Sie, dass der Steckverbinder vom Typ BFOC/2,5 für unterschiedliche Fasertypen erhältlich ist. Prüfen Sie die Herstellerangaben um zu prüfen ob Steckverbinder und Faser zueinander passen.



Die Feldkonfektionierung von Glasfaserkabeln erfordert Spezialwerkzeuge und geschultes Personal.

Anspleißen von Pigtails

Pigtails sind kurze, einseitig mit einem Steckverbinder vorkonfektionierte Kabel, die durch anspleißen mit verlegten LWL-Kabel gekoppelt werden. Diese Konfektionierungsart ist mit Hilfe feldtauglicher Spleißgeräte gut für eine Feldkonfektionierung geeignet. Die Konfektionierung durch Einsatz von Pigtails bietet folgende Vor- und Nachteile.

Vorteile:

- exakte Zentrierung des Faserkerns im Stecker
- geringerer Zeit- /Kostenaufwand beim Konfektionieren
- gut geeignet für eine Feldkonfektionierung (je nach Spleißgerät auch bei ungünstigen Umgebungsbedingungen)

Nachteile:

- für die Konfektionierung wird ein Spleißgerät und geschultes Personal benötigt
- zusätzlicher Schutz der Spleißstelle erforderlich



Sofern kein Spezialist zum Anspleißen verfügbar ist, sollten Sie den Einsatz eines Dienstleisters erwägen.

Benutzung vorkonfektionierte Kabel

Die meisten Kabelhersteller bieten vorkonfektionierte Kabel in unterschiedlichen Kabelführungen und Längen an. Einige Hersteller übernehmen sogar die Konfektionierung von speziell auf die Bedürfnisse des Käufers zugeschnittenen Kabeln. Vorkonfektionierte Kabel haben folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- Geringere Gesamtkosten als Spleißlösungen oder Feldkonfektionierung.
- Kurze Installationszeit, da das Handling einfach und sicher ist.
- Qualitätsprüfung der Steckermontage bereits im Herstellerwerk.

Nachteile:

- Steckverbinder sind beim Einziehen in Kabelkanäle mechanisch gefährdet.
- Kabellänge muss bei der Bestellung bekannt sein.



Der Einsatz von vorkonfektionierten Glasfaserkabeln ist in folgenden Fällen sinnvoll:

- Es sind nur wenige Kabel zu konfektionieren.
- Ihr Unternehmen verfügt über keine Geräte zum Anbringen der Steckverbinder.
- Ihr Unternehmen verfügt über kein Spezialwissen bezüglich der Konfektionierung von LWL-Kabeln.

3.4.5.2 Anschluss durch Steckverbinder bei Kunststofffaserkabeln

Bei Kunststofffaserkabeln wird der Einsatz von Steckverbinder des Typs BFOC/2,5 empfohlen. Dennoch ist am Markt eine Vielzahl von Geräten erhältlich, die andere Steckertypen aufweisen, wie z.B. der FSMA-Stecker oder firmenspezifische Steckverbinder. Da sich die Konfektionierung von Kunststofffaserkabeln mit diesen verschiedenen Steckverbindertypen ähnelt, wird in diesem Kapitel nur auf die allgemeinen Möglichkeiten zur Konfektionierung der Kabel eingegangen.

Feldkonfektionierung der Kabel

Das Anbringen von Steckverbindern an Kunststofffaserkabeln ist einfach und sehr gut für eine Feldkonfektionierung geeignet. Die meisten Steckverbinderhersteller bieten speziell für die Konfektionierung von Kunststofffasern zusammengestellte Konfektionierungs-Sets an.



Die Konfektionierung von Kunststofffaserkabeln ist gegenüber Glasfasern einfacher erlernbar und erfordert weniger Aufwand an Konfektionierungswerkzeugen.

Benutzung vorkonfektionierte Kabel

Viele Kabelhersteller bieten auch Kunststofffaserkabel in einer vorkonfektionierten Ausführung an. Bei diesen weisen die angebrachten Steckverbinder in aller Regel eine höhere Qualität auf.



Der Einsatz von vorkonfektionierten Kunststofffaserkabeln ist für folgende Fälle sinnvoll:

- Es sind nur wenige Kabel zu konfektionieren.
- Es liegt kein geeignetes Werkzeug zur Konfektionierung vor.
- Die benötigten Kabellängen sind vorab bekannt.

3.4.5.3 Anschluss durch direktes Klemmen

Einige Geräte besitzen eine Anschlussmöglichkeit, bei denen die Faser direkt zum Sender bzw. Empfänger ins Gehäuse geführt wird. Die Fixierung der Faser erfolgt durch eine Klemmvorrichtung. In der Regel existieren solche Geräte nur mit Anschlussmöglichkeiten für Kunststofffaserkabel.



Bei einem Anschluss durch direktes Klemmen sind die Angaben der Gerätehersteller zu beachten. Zum Anschluss dürfen ausschließlich die vom Hersteller zugelassenen Fasertypen kommen. Zudem sind teilweise spezielle Werkzeuge für eine Stirnflächenbehandlung notwendig.



Bestimmen bzw. überprüfen Sie die Anschlüsse der in den Segmenten enthaltenen LWL-Komponenten. Benutzen Sie hierzu die bereits angelegten Kabel- und Anschlussübersicht.

Legen Sie eine eigene Materialliste für jede benötigte Steckverbinder- oder Pigtail Ausführung an.

3.4.6 Bestimmung der Faser-Faser-Kopplungen

Für eine mit Lichtwellenleitern ausgelegte Übertragungsstrecke ist es unter gewissen Umständen notwendig, zwei Kabel bzw. zwei Fasern miteinander zu verbinden. Die direkte Verbindung von zwei Fasern wird auch als Faser-Faser-Kopplung bezeichnet und muss für die unterschiedlichen Fasertypen separat betrachtet werden.

Das Kapitel umfasst die folgenden Punkte:

- Faser-Faser Kopplung von Glasfasern
- Faser-Faser Kopplung von Kunststofffasern



Achten Sie bei einer Faser-Faser-Kopplung darauf, dass beide Fasern vom gleichen Fasertyp mit gleichem Kerndurchmesser sind. Bei ungleichen Fasern wären die bei der Kopplung entstehende Verluste unzulässig hoch.

3.4.6.1 Faser-Faser Kopplung von Glasfasern

Faser-Faser Kopplungen von zwei Glasfasern muss für folgende Fälle eingeplant werden:

- Zur Verbindung eines Pigtails mit dem verlegten LWL-Kabel
- Zur Realisierung einer langen Übertragungsstrecke, für die mehrere LWL-Kabel benötigen werden
- Bei sehr hohen Anforderungen hinsichtlich der Verlegung (Wenn ein Kabel beispielsweise durch mehrere Kabelkanäle gezogen werden muss, ist es einfacher, das Einziehen für mehrere Kabelstücke einzeln durchzuführen. Diese Kabelstücke können später durch eine Faser-Faser-Kopplung miteinander verbunden werden)
- Für eventuelle Reparaturzwecke

Faser-Faser-Kopplung durch Spleißen

Gemeint ist das thermische Spleißen, bei dem die Faserenden durch einen Lichtbogen miteinander verschmolzen werden. Beachten Sie, dass hierzu besondere Werkzeuge erforderlich sind.



Thermisches Spleißen liefert geringe Dämpfungsverluste ($< 0,2$ dB) und ermöglicht eine dauerhafte und hochwertige Kopplung der Fasern. Beachten Sie, dass die Spleißstelle geschützt werden muss. Hierzu sind spezielle Spleißschutz-Sets erhältlich.

Faser-Faser-Kopplung durch Stecken

Eine Faser-Faser-Kopplung von Glasfaser kann auch durch das Zusammenstecken von zwei an den Fasern angebrachten Steckverbindern durchgeführt werden.



Die Faser-Faser-Kopplungen von Glasfasern durch das Zusammenstecken zweier Steckverbinder ist eine gute Alternative zum Spleißen. Aufgrund der größeren Dämpfungsverluste sollte diese Methode jedoch nur herangezogen werden, wenn kein Spleißgerät vorhanden ist.

Faser-Faser-Kopplung durch Klemmen

Bei dieser Art der Faser-Faser Kopplung werden die Stirnflächen der beiden Fasern durch mechanisches Klemmen zusammengeführt (mechanisches Spleißen). Am Markt sind unterschiedliche Produkte erhältlich, welche die Justierung und die Verbindung der Fasern realisieren. Die Dämpfungsverluste sind höher als beim thermischen Spleiß.

Für eine dauerhafte Verbindung ist thermisches Spleißen die zu bevorzugende Verbindungsmethode.



Verwenden sie diese Art der Kopplung nach Möglichkeit nur zu Reparatur- oder Testzwecken. Bei Einsatz von Singlemode-Glasfasern sollte auf den Einsatz von Klemmverbindungen ganz verzichtet werden. Die unterschiedlichen Varianten dieser Produkte sind am Markt unter dem Begriff „Mechanische Spleiße“ erhältlich.

3.4.6.2 Faser-Faser Kopplung von Kunststofffasern

Aufgrund der mechanischen Eigenschaften von Kunststofffasern kann eine Faser-Faser Kopplung nur durch Klemmen oder durch kuppeln von zwei Steckern erfolgen. Da dieser Fasertyp jedoch nur für relativ kurze Strecken zum Einsatz kommt, sollte wegen der Dämpfungsverluste auf Faser-Faser Kopplungen verzichtet werden.

Faser-Faser Kopplungen sollten für Kunststofffasern nur in Ausnahmefällen zum Einsatz kommen wie beispielsweise bei einer mechanischen Beschädigung des Kabels. In diesem Fall ist durch eine spezielle Klemmvorrichtung die Reparatur des Kabels (der Fasern) möglich. Beachten Sie, dass eine Kopplung durch Klemmen hohe Dämpfungsverluste mit sich bringt und hierdurch eine Neuberechnung des Dämpfungsbudgets (siehe Kapitel 3.4.7) erfordert.

Verschiedene Hersteller bieten solche Klemmvorrichtungen als spezielle Reparatursets an.



Überprüfen Sie die LWL-Strecken auf eventuelle Faser-Faser Kopplungsstellen und dokumentieren Sie diese in den Segment-Strukturplänen.

3.4.7 Überprüfung der LWL-Strecken

In diesem Kapitel werden die LWL-Strecken in Hinsicht auf ihre Dämpfung überprüft.

Hierzu ist das Kapitel wie folgt gegliedert:

- Begriffe zur Dämpfungsbudgetrechnung
- Dämpfungsbudget



Die Berechnung und ggf. graphische Darstellung des Dämpfungsbudgets zeigt, ob die geplante LWL-Strecke die übertragungstechnischen Anforderungen erfüllt.



Führen Sie daher für Ihre geplanten LWL-Strecken eine Überprüfung gemäß dem aufgeführten Beispiel durch.

Begriffe zur Budgetrechnung

- Die Ausgangsleistung ist die in die Faser einkoppelbare Leistung des Senders.
- Die Empfängergrenzwerte kennzeichnen den verarbeitbaren Bereich des Empfängers (Dynamikbereich). Dabei kennzeichnet die „Übersteuerung“ den höchsten und die „Empfindlichkeit“ den niedrigsten Pegel.
- Das Pegelbudget ist der sich ergebende Dynamikbereich der Sender-/Empfängerkombination (Differenz von Ausgangsleistung und Empfindlichkeit).
- Die Gesamtdämpfung setzt sich zusammen aus:
 - Der Faserdämpfung des LWL-Kabels
 - Koppelverlusten der Steckverbinder und ggf. Spleiße
 - Einer Systemreserve
- Die Systemreserve berücksichtigt den Leistungsverlust des Sendeelements durch Alterung.
- Die Faserdämpfung bezeichnet die Dämpfung des LWL-Kabels.
- Die spezifische Faserdämpfung ist die Dämpfung eines LWL-Kabels bezogen auf die Länge.
- Die Kabellänge ergibt sich am Ende der Rechnung als Quotient des in der Gesamtdämpfung enthaltenen Anteils für die Faserdämpfung und der spezifischen Faserdämpfung.

Dämpfungsbudget

Zur Berechnung des Dämpfungsbudgets benötigen Sie folgende (Hersteller-) Angaben:

- **Sender:** In die Faser einkoppelbare Ausgangsleistung in dBm
- **Empfänger:** Empfängerempfindlichkeit in dBm
- **LWL-Kabel:** spezifische Faserdämpfung in dB/km
- **Länge** des LWL-Kabels
- Anzahl der Spleißstellen

Anzahl der Steckverbindungen.

Die folgende Berechnung überprüft die Anforderungen an die LWL-Strecke.

Sendeleistung - Gesamtdämpfung $\geq$ Empfängerempfindlichkeit

Die Gesamtdämpfung (Faserdämpfung, Koppelverluste und Systemreserve) ist für die nachfolgende Berechnung und wird maßgeblich durch die Kabellänge bestimmt.

Ausgehend von der Zusammenstellung der Komponenten der optischen Grundstrecke berechnen Sie das Dämpfungsbudget wie folgt (Angegebene Werte sind auch von der Montagequalität abhängig und sind daher als praxisorientierte Beispielwerte zu betrachten):

- Von der minimal einkoppelbaren Senderleistung in dBm (Sendeleistung bezogen auf 1 mW) wird abgezogen:
- Die Faserdämpfung der gesamten Strecke (spezifischen Faserdämpfung α in dB/km multipliziert mit der LWL-Kabellänge in km)
- Die Spleißstellen, multipliziert mit der typischen Spleißdämpfung von ca. 0,2 dB
- Die Anzahl der BFOC-Steckverbindungen, multipliziert mit einer maximalen Koppeldämpfung von:
 - POF/HCS 1,5 dB
 - Multimode 0,75 dB
 - Singlemode 0,75 dB
- eine eingeplante Systemreserve von ca. 3 dB.

Ist das Ergebnis größer als die Empfängerempfindlichkeit in dBm (ebenfalls bezogen auf 1 mW), so ist die optische Grundstrecke realisierbar. Andernfalls ist z.B. ein zusätzlicher Repeater, ein anderer Sender oder eine Überprüfung der tatsächlich benötigten Kabellänge vorzusehen.

In Tabelle 3-17 sind Beispielrechnungen folgender Fasertypen aufgeführt:

- SM Singlemode Glasfaser 9 / 125 µm (Stufenindexprofil)
- MM Multimode Glasfaser 62.5 / 125 µm (Gradientenindexprofil)
- HCS HCS Faser 200 / 230 µm (Stufenindexprofil)
- POF Kunststofffaser 980 / 1 000 µm (Stufenindexprofil)

Tabelle 3-17: Beispiele für die Pegelbudgetrechnung verschiedener LWL-Fasern

	SM	MM	HCS	POF	Einheit
+ Ausgangsleistung	-20	-15	-16	-6	dBm
- Empfängerempfindlichkeit	-27	-24	-22	-20	dBm
Pegelbudget (Differenz)	7	9	6	14	dB
= Gesamtdämpfung	7	9	6	14	dB
(max.) Kabellänge	8 000	1 700	300	44	m
Spez. Faserdämpfung	0,5	3,5	10	250	dB/km
Faserdämpfung	4	6	3	11	dB
Systemreserve	3	3	3	3	dB

4 Abnahme der Anlage planen

Die Abnahme und Inbetriebnahme einer PROFIBUS-Anlage ist ein mehrstufiger Prozess. Die einzelnen Schritte einer Abnahme und Inbetriebnahme bauen dabei aufeinander auf. Im Rahmen dieser Schriftenreihe existiert ein eigenes Band, die „PROFIBUS Inbetriebnahmerichtlinie“ (Order No.: 8.031), das den Abnahme- und Inbetriebnahmeprozess erläutert.

Neben einer detaillierten Beschreibung zur Durchführung der einzelnen Schritte sind für die durchzuführenden Messungen Protokoll-Vorlagen in der „PROFIBUS Inbetriebnahmerichtlinie“ abgedruckt.

Die in diesem Kapitel gemachten Angaben sollen dem Planer ermöglichen, den zeitlichen Aufwand für eine Abnahme abzuschätzen und in der Projektplanung zu berücksichtigen.

Die Abnahme der Profibusanlage erfolgt in den folgenden Schritten:

- Schritt 1: Sichtprüfung:

Die verlegten PROFIBUS-Kabel werden durch Sichtprüfung auf Unversehrtheit, Einhaltung von Biegeradien, Einhaltung der Abstände und korrekte Verlegung überprüft.

- Schritt 2: Abnahmemessungen:

Die elektrischen Eigenschaften der PROFIBUS Kupferkabel werden mit einem Leitungstester auf Einhaltung der Leitungsparameter überprüft. Prüfung auf Kabelbruch, Kurzschluss, Einhaltung der maximal zulässigen Länge. Lichtwellenleiterkabel werden nach der Montage der Steckverbinder einer Dämpfungsmessung unterzogen.

- Schritt 3: Projektierung erstellen:

Für die Inbetriebnahme der angeschlossenen PROFIBUS-Geräte wird der Master insoweit projektiert, dass Ein- und Ausgänge der angeschlossenen PROFIBUS-Geräte für die Prüfung gelesen und geschrieben werden können.

- Schritt 4: Adresseinstellung PROFIBUS-Teilnehmer überprüfen:

Sofern die angeschlossenen PROFIBUS Geräte nicht mit voreingestellten Adresseinstellungen geliefert wurden, sind die Adressen an den Geräten entsprechend einzustellen.

- Schritt 5: Master und Slaves in Betrieb nehmen

Prüfung unter Verwendung des Klasse-1-Masters ob alle PROFIBUS-Geräte erreichbar sind und ob die Fehlerstation der Geräte keine Fehler anzeigen

- Schritt 6: Signaleingänge prüfen:

Prüfung ob alle Signaleingänge der angeschlossenen PROFIBUS-Geräte korrekt gelesen werden können.

- Schritt 7: Signalausgänge prüfen:

Prüfung ob alle Signalausgänge der angeschlossenen PROFIBUS-Geräte korrekt geschrieben werden können.

- Schritt 8: Abnahmeprotokoll erstellen:

Dokumentation der Ergebnisse.

5 Anhang

5.1 PROFIBUS Dokumentation

Dieses Kapitel macht einen Vorschlag für die Dokumentation von PROFINET Netzwerken. Die Hinweise sind als Empfehlungen anzusehen. Abhängig von den Gegebenheiten in der Anlage bzw. im Unternehmen kann von den Vorgaben abgewichen werden.

5.1.1 Dokumentationsrelevante Informationen PROFIBUS

Vor Beginn der Dokumentation sollten die folgenden Aspekte geklärt werden:

- Verantwortlichkeiten
 - Für Erstellung der Netzwerkdokumentation
 - Für Verwaltung der Netzwerkdokumentation
 - Gibt es Anlagenverantwortliche? Gibt es Verantwortlichkeiten für einzelne Anlagenteile?
- Wie und wo soll die Dokumentation verteilt werden?

Das Deckblatt soll alle identifizierenden Informationen enthalten:

- Identifikation der Dokumentation
 - Art des Dokumentes (hier: Netzwerkdokumentation)
 - Identifikationsnummer / -name
 - Ausgabedatum
 - Revisionsindex oder Versionsstand
 - Revisionsdatum
 - Status des Dokumentes (Ist das Dokument ein Entwurf oder eine finale Version?)
 - Spezifische Daten (Kundenname, Anlagenname)
- Informationen zum Ersteller
 - Name der Firma
 - Adresse der Firma
 - Verantwortlicher Autor

Die Netzwerkdokumentation soll vom Überblick des Netzwerkes der Gesamtanlage, über Detailansichten der Netzwerke von Teilanlagen, hin zu gerätespezifischen Angaben erfolgen. Die Übersicht über die Topologie eignet sich aufgrund der visuellen Darstellung für den ersten Einstieg.

- An R&I-Diagramm oder Architektur angelehnt
- Einzeichnen der Busteilnehmer
 - Automatisierungsgeräte

- Businfrastruktur
 - Verkabelung
 - Verdrahtungsreihenfolge muss richtig dargestellt sein
- Anlagen-Verantwortliche notieren
- Bezeichnung / Benennung der Geräte muss enthalten sein
 - Typ / Art des Gerätes (SPS, Repeater, ...)
 - Klare Zuordnung zu Örtlichkeiten schaffen
 - Gebäude(teil) benennen
 - Räumlichkeit benennen
 - Höhenangabe notieren, vereinfacht das Finden der Geräte (z.B. im Hochregallager)
 - Schaltschrank notieren
- Verbindungsklemme der Geräte (Ports) muss bezeichnet sein
- Segmentierungsplan
- Informationen zum Kabel
 - Kabellänge zwischen zwei Teilnehmer
 - Kabel-Typ des verwendeten Kabels (in Kabelliste vorhanden?)
 - Medium muss notiert sein

Weiterführende Informationen sollten aus Gründen der Übersichtlichkeit separat im Anhang zur Topologie aufbewahrt werden.

- Informationen über Produkte
 - Hersteller
 - Laufende Nummer der Geräte
 - Modell- / Typbezeichnung
 - Ersatzteile
 - Seriennummer
 - Bestellnummer
 - Versionsnummer
 - (alternative) Bezugsquelle
 - Referenzbild
 - Datenblätter aufbewahren
 - Funktion des Gerätes beschreiben
 - Zertifikate
 - Genutzte Software- bzw. Firmware-Stände dokumentieren
- Referenzmessung des Netzwerkes dokumentieren
 - Netzwerkauslastung im Normalbetrieb messen und dokumentieren
 - Stellen mit zu erwartenden EMV-Störungen markieren
 - Validierungsreport Physical-Layer (Wie sind die physikalischen Größen bei Inbetriebnahme?)
 - Validierungsreport Communication-Layer (Wie sieht die Daten-Modulierung aus?)

- Validierungsreport Ex-Bereich (Welche Geräte sind im Ex-Bereich eingesetzt? Sind diese zertifiziert?)
 - Gibt es Verzögerungszeiten? Wie lange dauert die Verzögerung?
- Informationen für den Fehlerfall
 - Liste zur Fehlerlokalisierung
 - Beschreibung der eingebauten Diagnosesysteme
 - Zeichnungen und Diagramme
 - Kontaktdaten zur weiteren Hilfe (Hotline / Support)
 - Wer hat die Verantwortlichkeit für die Anlage(nteile)?

Für PROFIBUS-Netzwerke folgende Informationen notwendig:

- Wo sind Abschlusswiderstände eingeschaltet?
- Wo befinden sich Diagnosestecker?
- Geräte-Adressen müssen im Plan an den Teilnehmern notiert sein
- Datenrate (Mbit/s) der Segmente notieren
- Welches Protokoll wird verwendet?
- GSD-Files gesichert? Welche GSD-Files sind verwendet?

5.1.2 Vorschlag einer Vorwärtsdokumentation bei PROFIBUS

Dieses Kapitel soll zur Unterstützung der kompakten Informationen aus dem Kapitel 5.1.1 dienen. Dazu werden die einzelnen Schritte einer Vorwärtsdokumentation textuell erörtert und die Schwierigkeiten beschrieben.

Eine Netzwerkdokumentation besitzt häufig mehr als eine Zielgruppe (Montage, Revision, Betreiber, Fehlersuche, Auditierung). Jedoch kann vereinfacht in zwei Interessensbereiche getrennt werden (vergleiche Abbildung 5-1).

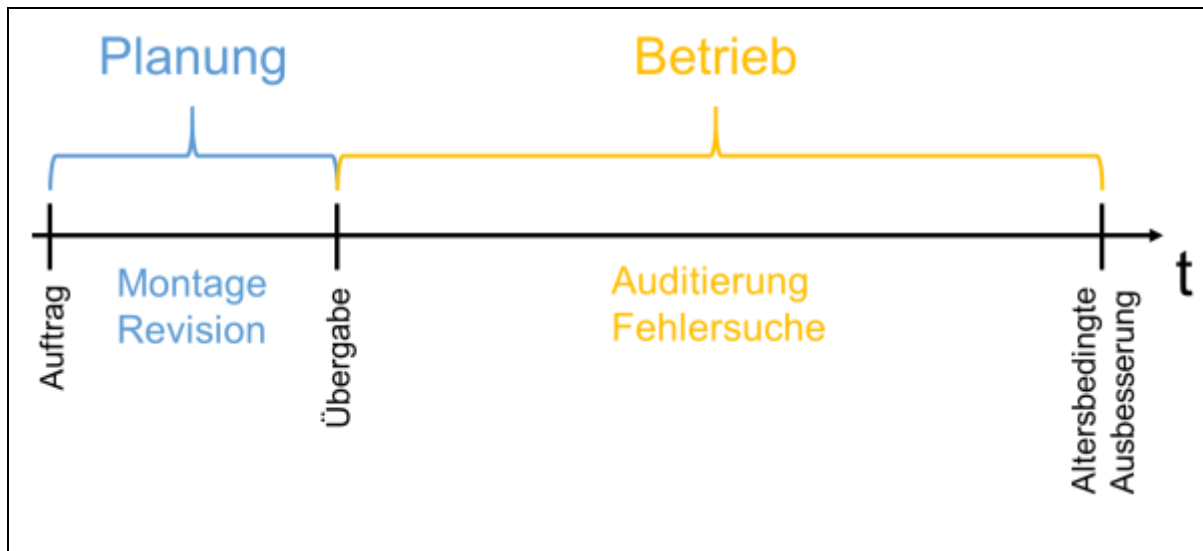


Abbildung 5-1: Interessen im Lifecycle einer Anlage

Da die Montage sowie die Revision meist Stromlaufpläne zur Hilfe nehmen, ist die hauptsächliche Zielgruppe der Netzwerkdokumentation der Betreiber einer Anlage.

Der nächste Schritt legt fest in welchem Format die Netzwerkdokumentation erstellt wird. Es muss klargestellt sein, ob gedruckte Pläne ausgelegt oder die Dokumentation digital erfolgen soll. Bedenken Sie dabei den Zugriffsschutz auf sensible Daten. Digitale Pläne müssen in ein Datei-Format abgespeichert werden, bei dem der Zugriff (lesend und schreibend) und die Lesbarkeit sowie die Integrität der Daten gewährleistet wird. Bitte beachten Sie die Aufbewahrungsdauer. Über diese Zeit muss die Dokumentation zur Verfügung stehen.

Weiterhin müssen die Verantwortlichkeiten für die Erstellung sowie für die Verwaltung der Dokumentation im Betrieb festgesetzt sein. Bei größeren Unternehmen oder Anlagen ist es erforderlich die Verantwortlichen für die betroffene Anlage oder Anlagenteile einzuholen.

Der Anfang einer Vorwärtsdokumentation bildet das Deckblatt. Dieses sollte alle identifizierenden Informationen (Anlage, Ersteller, Verantwortlichkeit) bereitstellen. Die Information zur Revision (Index, Datum) ermöglichen mit dem Versionsstand die eindeutige Bestimmung der Aktualität. Darüber hinaus ist es sinnvoll den Status aufzuführen. Der Ersteller der Dokumentation muss für Rückfragen eindeutig identifizierbar sein.

Es ist ein Inhaltsverzeichnis zu erstellen. Dieses sollte nach dem Deckblatt folgen. Je genauer das Inhaltsverzeichnis gestaltet ist, desto gezielter kann auf die Informationen zugegriffen werden.

Beginnen Sie mit dem Topologie-Plan. Eine Vorlage der Architektur oder eines R&I-Diagramms ist hilfreich. Hier sind alle notwendigen Netzwerkteilnehmer einzuzeichnen und fortlaufend zu nummerieren. Vergeben Sie einen eindeutigen Gerätenamen. Der Name setzt sich

aus dem Typ oder der Funktion des Teilnehmers zusammen und sollte durch einen Hinweis der Lokalisierung (Gebäude / -teil, Räumlichkeit) ergänzt werden. Eine Höhenangabe ist bei hohen Hallen sinnvoll (z. B. Hochregallager). Neben dem Gerätenamen müssen die Geräte-Adresse sowie der Zustand des Abschlusswiderstandes (ein oder aus) eines jeden Gerätes eingetragen sein. Zu jedem Segment ist die Übertragungsgeschwindigkeit (kbit/s oder Mbit/s) zu dokumentieren.

Es folgt die Verbindung aller Netzwerkteilnehmer. Zeichnen Sie alle Verbindungen in der richtigen Reihenfolge ein. Die Steckverbindung am Gerät ist durch Angabe des Ports des Teilnehmers eindeutig im Plan einzutragen. Es ist sinnvoll jede Verbindung eindeutig zu benennen (Kabelliste vorhanden?) und die verlegte Kabellänge (Ist-Länge) zu notieren.

Alle weiterführenden Informationen sollten sich im Anhang zu der Übersicht befinden, damit die Übersicht bleibt, was sie ist, und zwar übersichtlich. Es bietet sich eine tabellarische Auflistung aller Informationen im Anhang geordnet nach Kategorien (Produkte, Kabel) an.

Jeder Netzwerkteilnehmer sollte durch die in Tabelle 5-1 aufgeführten Informationen näher spezifiziert werden. Darüber hinaus ist es erforderlich die genutzten GSD-Dateien abzuspeichern. Zusätzlich sind alle Datenblätter und Zertifikate aufzubewahren. Es ist hilfreich eine Funktionsbeschreibung des Gerätes abzulegen. Defekte Geräte können durch eine exakte Auflistung der Informationen schnell ausgetauscht werden. Es empfiehlt sich neben den Informationen aus Tabelle 5-1 die Seriennummer, (alternative) Bezugsquellen und ein jeweiliges Bild des Teilnehmers in der Dokumentation aufzubewahren.

Erweitern Sie die Netzwerkdokumentation um die Kalkulation der Netzwerkauslastung sowie die Messung dieser in den einzelnen Segmenten. Darüber hinaus sind Verzögerungszeiten in der Datenkommunikation während der Inbetriebnahme zu notieren. Ebenfalls sind EMV-gefährdete Bereiche zu markieren. Hilfreich ist je ein Validierungsreport zum Physical-Layer und Communication-Layer. Aus diesen soll hervorgehen, ob und in wie weit die physikalischen (Strom, Spannung) und kommunikationstechnischen (Flankenanstiegszeit, Flankenabfallzeit) Vorgaben zum PROFIBUS von der Anlage ursprünglich eingehalten wurden. Bei Bedarf ist ein Validierungsreport zum Ex-Bereich oder entsprechende Zertifikate anzufertigen.

Dokumentieren Sie die eingebauten Diagnosesysteme (Diagnosestecker) und die Kontaktdaten zur weiteren Hilfe wie Fachverantwortliche, -berater oder Hotline und Support.

Tabelle 5-1: Zusätzliche Informationen zu den Geräten in der Topologie

Nr.	Gerätename	Hersteller	Modell / Typ	HW-Version	Firmware	Seriennummer
1	HMI+HA1_1	Hersteller 1	HMI 17	1.3	1.3.1	ABC-12345
2	SPS+HA1_1	Hersteller 2	SPS 5	2.0	2.2	1920-1812-8212-0

5.1.3 Beispiel einer Vorwärtsdokumentation PROFIBUS

Tabelle 5-2 zeigt die Vorüberlegungen.

Tabelle 5-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Vorüberlegung

Zielgruppe	Betreiber, Fachkenntnisse vorhanden, Fachsprache ok	
Zielland / Zielsprache	Deutschland / deutsch	
Art der Ausgabe	Print, Pläne zentral verwalten, Zugriff nur durch Gegenzeichnen	
Anzahl der Ausgaben	3 (1 Planung, 1 Betreiber, 1 Sicherung extern)	
Zeitraum der Verfügbarkeit	12 Jahre, durch drei gedruckte Pläne an verschiedenen Orten sichergestellt	
Verantwortlichkeiten	Erstellung	Firma A, Herr Mustermann
	Verwaltung	Firma Betreiber, Frau Musterfrau
	Anlage	Frau Meier (Verwaltung) Herr Schmidt (Halle 1) Frau Schulze (Halle 2)

Abbildung 5-2 zeigt beispielhaft ein mögliches Deckblatt.

Netzwerkdokumentation PROFIBUS																							
Anlage: Anlagenteile ID-Nr.: 2508 Ausgabedatum: 25.08.2016 Status: Freigabe	Revision: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Index</th> <th style="width: 20%;">Datum</th> <th style="width: 20%;">Bearb.</th> <th style="width: 20%;">Geprüft</th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Index	Datum	Bearb.	Geprüft	1				2				3				4					
Index	Datum	Bearb.	Geprüft																				
1																							
2																							
3																							
4																							
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Kunde:</td> <td colspan="3">Kunde GmbH Kundengasse 2 56723 Mühlhausen</td> </tr> </table>				Kunde:	Kunde GmbH Kundengasse 2 56723 Mühlhausen																		
Kunde:	Kunde GmbH Kundengasse 2 56723 Mühlhausen																						
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Erstellt von:</td> <td style="width: 35%;">Musterfirma Musterstraße 12 123456 Musterstadt</td> <td style="width: 35%;">Verantwortlicher Autor: Hr. M. Mustermann</td> </tr> </table>				Erstellt von:	Musterfirma Musterstraße 12 123456 Musterstadt	Verantwortlicher Autor: Hr. M. Mustermann																	
Erstellt von:	Musterfirma Musterstraße 12 123456 Musterstadt	Verantwortlicher Autor: Hr. M. Mustermann																					

Abbildung 5-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Deckblatt

Die Informationen des Deckblattes sollen auf allen weiteren Seiten ebenfalls vorhanden sein. Dazu eignet sich ein Schriftfeld auf jeder Seite. Dieses ist unten rechts anzubringen und beinhaltet alle relevanten Informationen über das Dokument. Tabelle 5-3 fasst die 15 wichtigsten Informationen tabellarisch zusammen. Tabelle 5-4 zeigt den Aufbau des Schriftfeldes nach [ISO 7200] und

Tabelle 5-5 zeigt ein Beispiel für das Schriftfeld, wie es im Folgenden auf den Seiten unten rechts durch einen grauen Kasten angedeutet wird.

Tabelle 5-3: Informationen im Schriftfeld nach [ISO 7200]

Nummer	Datenfeld
1	Gesetzlicher Eigentümer des Dokumentes
2	Titel
3	Zusätzlicher Titel
4	Referenznummer
5	Änderungsindex
6	Ausgabedatum der ersten Ausgabe des Dokumentes
7	Sprache
8	Seiten- / Blattzahl
9	Dokumentenart
10	Status des Dokumentes
11	Verantwortliche Abteilung
12	Technische Referenz (Ansprechpartner mit nötigen Kenntnissen)
13	Name des Erstellers
14	Name der genehmigenden Person
15	Klassifikation / Schlüsselwörter

Tabelle 5-4: Vorschlag für das Schriftfeld nach [ISO 7200]

Verantwortl. Abtlg. (11)	Technische Referenz (12)	Erstellt durch (13)	Genehmigt von (14)				(15)
(1)		Dokumentenart (9)		Dokumentenstatus (10)			
		Titel, Zusätzlicher Titel (2), (3)		(4)			
				Änd. (5)	Ausgabedatum (6)	Spr. (7)	Blatt (8)

Tabelle 5-5: Beispiel für das Schriftfeld nach [ISO 7200]

Verantwortl. Abtlg. Plan 2	Technische Referenz Fr. N. Meier	Erstellt durch Hr. M. Mustermann	Genehmigt von Hr. K. Schmidt				
Musterfirma		Dokumentenart Netzwerkdokumentation		Dokumentenstatus Freigegeben			
		Titel, Zusätzlicher Titel PROFIBUS Anlagenteile Halle 1		2508			
				Änd. A	Ausgabedatum 25.08.2016	Spr. De	Blatt 1/5

Abbildung 5-3 zeigt die zu automatisierende Anlage. Sie besteht aus drei Anlagenteilen in Halle 1 (Verantwortung: Herr Schmidt) eines Unternehmens. In der Halle ist bereits ein Schaltschrank eingeplant, sodass dieser auf der Zeichnung durch eine Punkt-Strich-Linie zu erkennen ist.

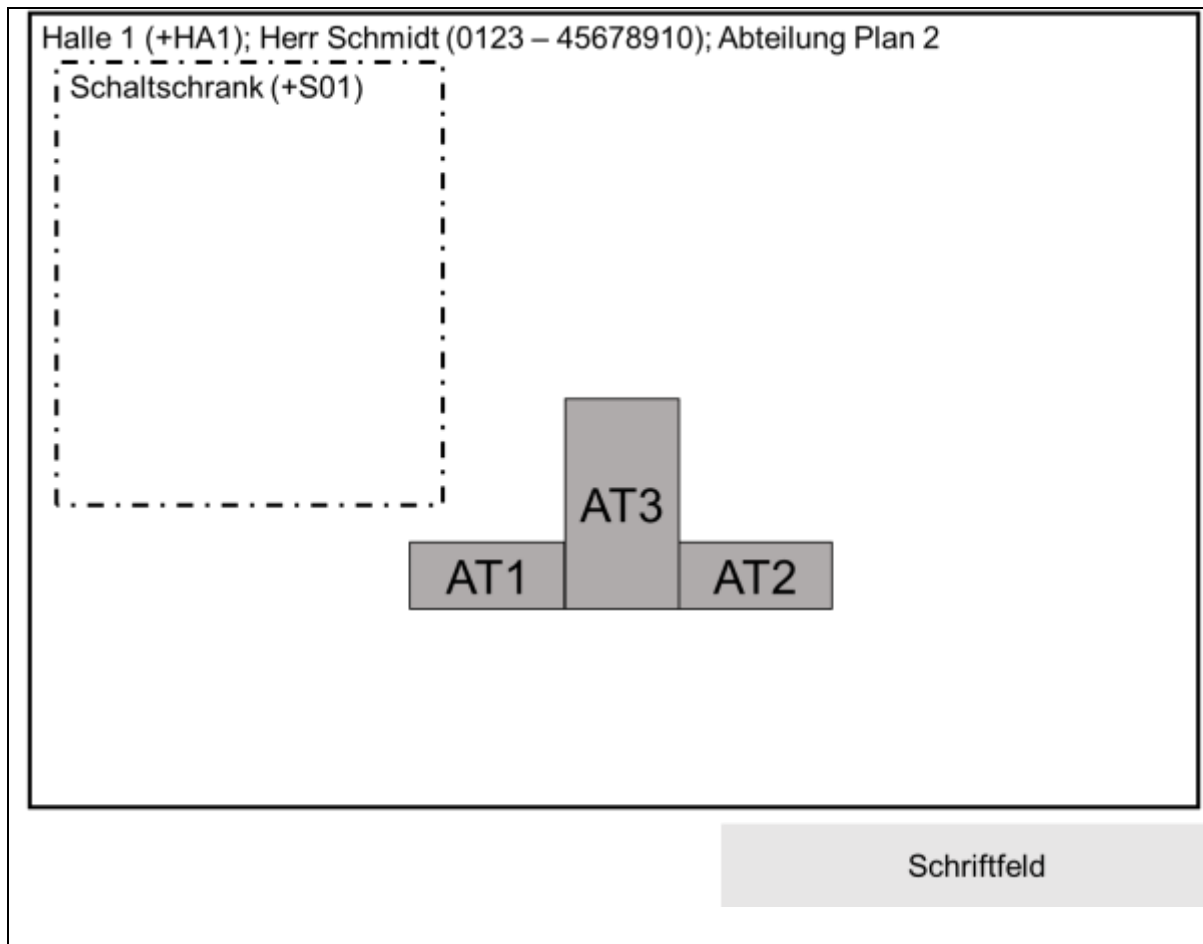


Abbildung 5-3: Beispiel Vorwärtsdokumentation Automatisierung von drei Anlagenteilen

Abbildung 5-4 zeigt die gesetzten Automatisierungsgeräte sowie die benötigte Netzwerkinfrastruktur. Neben einer SPS und drei Remote-IOs sind ebenfalls ein Switch zum Verbinden der Netzwerkteilnehmer sowie ein HMI (Human Machine Interface) zum Visualisieren des Prozesses verbaut.

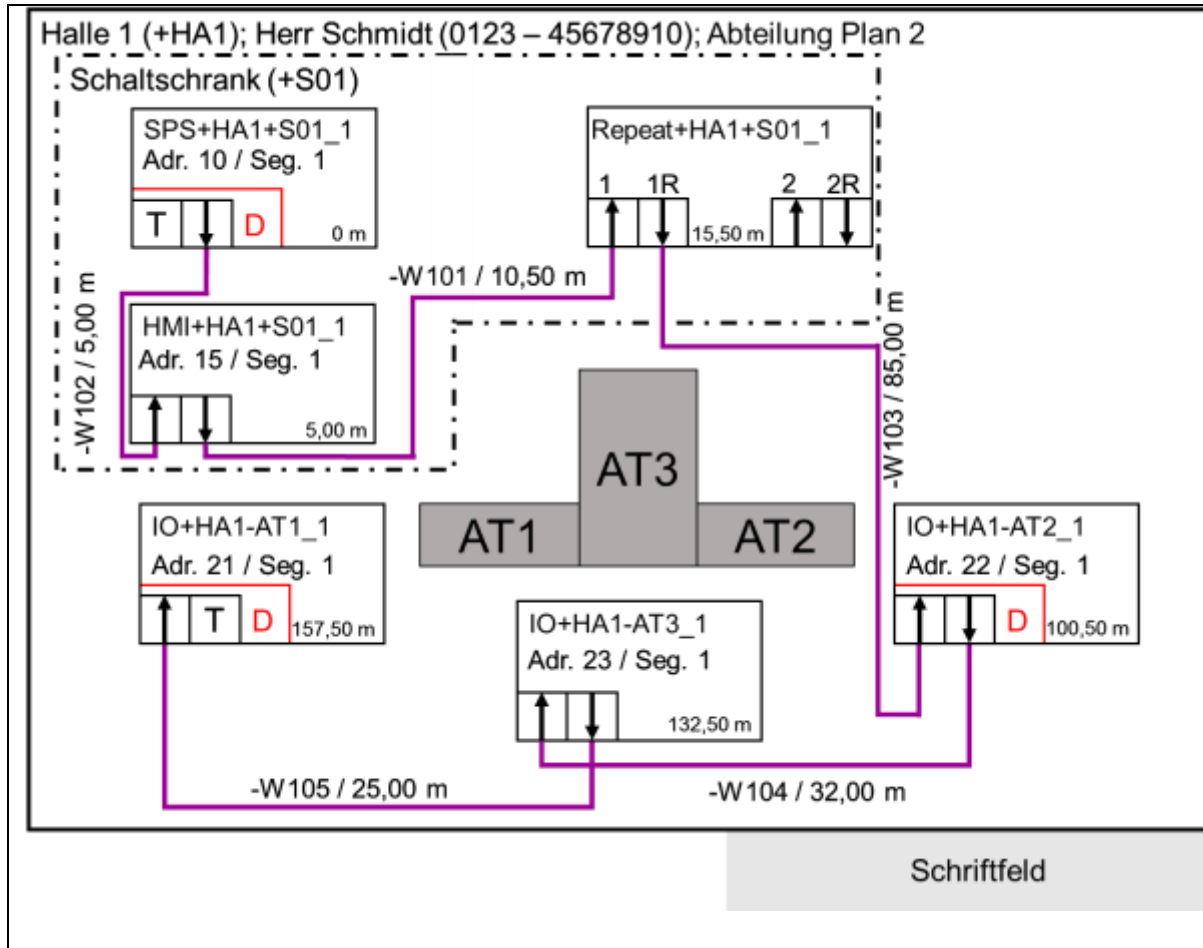


Abbildung 5-4: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Topologie-Plan (physikalisch)

Tabelle 5-6 fasst die weiterführenden Informationen zu den Automatisierungsgeräten und weiteren Netzwerkteilnehmern auf. Tabelle 5-7 ist eine Erweiterung um Informationen für die Wiederbeschaffung. Tabelle 5-8 fasst die wichtigsten Informationen über die Kabel zusammen. Eine Erweiterung der Kabelliste ist in Tabelle 5-9 dargestellt.

Tabelle 5-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS zusätzliche Geräteinformationen

Nr.	Gerätename	Adresse	Segment	Firmware	GSD gesichert?	Port	Kabel	Gerät
1	SPS+HA1+S01_1	10	1	2.2	10.5, Server am 31.08.2016	IN	T	-
						OUT	-W102	HMI+HA1+S01_1
2	HMI+HA1+S01_1	15	1	2.1	8.4, Server am 02.09.2016	IN	-W102	SPS+HA1+S01_1
						OUT	-W101	Repeat+HA1+S01_1
3	Repeat+HA1+S01_1		1	1.3.1	1.1, Server am 02.09.2016	1 IN	-W101	HMI+HA1+S01_1
						1R OUT	-W103	IO+HA1-AT2_1
						2 IN	-	-
						2R OUT	-	-
4	IO+HA1-AT1_1	21	1	2.5	1.3, Server am 02.09.2016	IN	-W105	IO+HA1-AT3_1
						OUT	T	-
5	IO+HA1-AT2_1	22	1	2.5	1.3, Server am 02.09.2016	IN	-W103	Repeat+HA1+S01_1
						OUT	-W104	IO+HA1-AT3_1

6	IO+HA1-AT3_1	23	1	2.5	1.3, Server am 02.09.2016	IN	-W104	IO+HA1-AT2_1
						OUT	-W105	IO+HA1-AT1_1

Tabelle 5-7: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS erweiterte Geräteinformationen

Nr.	Gerätename	Hersteller	Modell	HW- / FW-Version	Seriennummer	(alternative) Bezugsquelle Bestellnummer
1	SPS+HA1+S01_1	Hersteller 1	SPS 5	2.0 / 2.1	1920-1812-8212-0	Anbieter x 1855215
2	HMI+HA1+S01_1	Hersteller 1	HMI 17	2.5 / 2.5.1	1231-3017-0111-5	Anbieter x 6532978
3	Repeat+HA1+S01_1	Hersteller 2	Repeater 2	1.3 / 1.3	ABC-12345	Anbieter x 1582649
4	IO+HA1-AT1_1	Hersteller 3	IO S2	2.0 / 2.2	14-93-15	Anbieter x 4561286

5	IO+HA1-AT2_1	Hersteller 3	IO S2	2.0 / 2.2	14-93-15	Anbieter x 4561286
6	IO+HA1-AT3_1	Hersteller 3	IO S2	2.0 / 2.2	14-93-15	Anbieter x 4561286

Tabelle 5-8: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Kabelliste

Name	Verbindung	Anschluss 1		Anschluss 2		Ist-Länge / m	Medium	Typ / Art
		Gerät	Port	Gerät	Port			
-W101	Sub-D	HMI+HA1+S01_1	OUT	Repeat+HA1+S01_1	1 IN	10,50	Cu	A
-W102	Sub-D	SPS+HA1+S01_1	OUT	HMI+HA1+S01_1	IN	5,00	Cu	A
-W103	Sub-D	Repeat+HA1+S01_1	1R OUT	IO+HA1-AT2	IN	85,00	Cu	A
-W104	M12	IO+HA1-AT2_1	OUT	IO+HA1-AT3	IN	32,00	Cu	A
-W105	M12	IO+HA1-AT3_1	OUT	IO+HA1-AT1	IN	25,00	Cu	A

Tabelle 5-9: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Erweiterung der Kabelliste

Name	Leitung		Steckverbindung	
	Hersteller	Bestellnummer	Hersteller	Bestellnummer
-W101	Hersteller A	PBK1050A	Hersteller A	PBS3
-W102	Hersteller A	PBK1050A	Hersteller A	PBS3
-W103	Hersteller A	PBK1050A	Hersteller A	PBS3
-W104	Hersteller A	PBK1050A	Hersteller B	M12PB5
-W105	Hersteller A	PBK1050A	Hersteller B	M12PB5

Notieren Sie übersichtlich den Normalbetrieb der Anlage (vergleiche Abbildung 5-5). Ausführliche Checklisten zur Sichtprüfung, Montageabnahmemessung und Inbetriebnahme sind in der PROFIBUS-Inbetriebnahmeanleitung [PBI2015] im Anhang aufgeführt.

Abbildung 5-6 zeigt eine mögliche Markierung des Diagnosezugangs auf.

Segment: ____	
Protokoll: DP-V____	
Eingestellte Übertragungsgeschwindigkeit: _____ kbit/s	
EMV-Störungen zu erwarten?	☐ nein ☐ Ja, wo: _____
Verzögerungen in der Kommunikation?	☐ nein ☐ Ja:
Sichtprüfung?	☐ i. O. ☐ n. i. O.
Abnahmemessung?	☐ i. O. ☐ n. i. O.
Projektierung?	☐ i. O. ☐ n. i. O.
Adresseinstellung?	☐ i. O. ☐ n. i. O.
Prüfung Signaleingänge	☐ i. O. ☐ n. i. O.
Prüfung Signalausgänge	☐ i. O. ☐ n. i. O.
Schriftfeld	

Abbildung 5-5: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Informationen im Fehlerfall

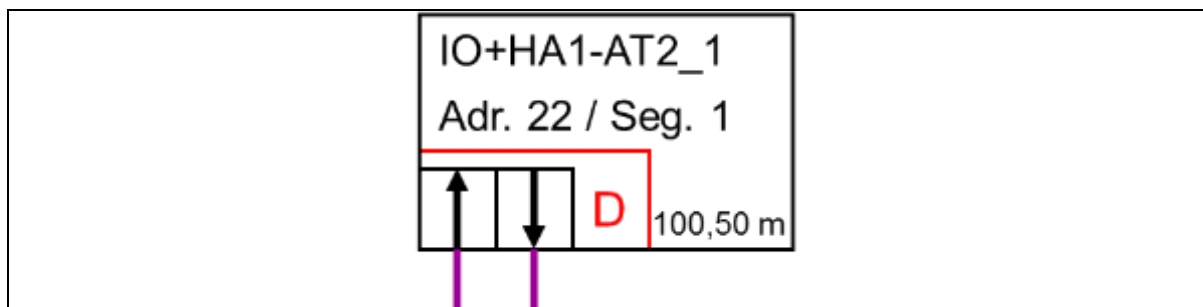


Abbildung 5-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFIBUS Beispiel Diagnosezugang

Bewahren Sie alle Datenblätter und Handbücher der verwendeten Geräte auf. Erstellen Sie darüber hinaus eine eigene Funktionsbeschreibung der Anlage, um ein schnelles Einarbeiten zu gewährleisten.

5.1.4 Schwierigkeiten der Vorwärtsdokumentation im Produktlebenszyklus

Bereits bei der Montage oder Inbetriebnahme treten häufig Abweichungen auf. Diese sollten in einer Revision beseitigt werden. Durch die vielen manuellen Eingriffe durch verschiedene Mitarbeiter entsteht jedoch ein hohes Fehlerrisiko. Nach der Übergabe an den Betreiber verschwinden meist die Verantwortung und das Wissen einer guten Netzwerkdokumentation. Mitarbeiter versuchen im Fehlerfall die Fehler selbst zu beheben. Dabei gehen kleinste Änderungen der Anlage jedoch verloren, da sie häufig im Affekt geschehen.

Eine Vorwärtsdokumentation weist im Lebenszyklus einer Anlage viele Eintragungen auf. Diese verringern die Qualität der Netzwerkdokumentation. Die Netzwerkdokumentation wird unübersichtlich, schwer verständlich oder fehlerhaft. Oftmals fehlt es an aktuellen Netzwerkdokumentationen, der Zugang ist verwehrt oder die Dokumentationen fehlen.

Aufgrund dieser Nachteile ist im Betrieb von einer Vorwärtsdokumentation abzusehen. Es ist für den Einsatz der Fehlersuche sinnvoller eine aktuelle Netzwerkdokumentation vor Ort zu erstellen. Die zeitlichen Kapazitäten können dadurch durch eine standardisierte Rückwärtsdokumentation minimiert werden.

6 Stichwortverzeichnis

- 1-Meter-Regel 94
- 7/8 Zoll-Steckverbinder 119, 120
- Abnahme und Inbetriebnahme 171
- Ankopplung PROFIBUS DP-IS 90
- Anschlussstechnik 80
- Anzahl Busteilnehmer pro Segment 36
- Automatisierungsanlage 31
- Automatisierungseinheit 32
- Azyklischer Datenaustausch 50
- Bestimmung der Anschlüsse 157
- Bestimmung der Faser 147
- BFOC Stecker 143, 144
- Blitzschutz 139
- Break-Out-Kabel 154
- Bündelader 156
- Busabschlüsse 88, 89, 127
- Buszykluszeit 52
- Dämpfung 146
- Dämpfungsbudget 168
- Datenübertragungsrate 46
- Direkter Kabelanschluss 87
- DP/PA-Übergänge 107
- Duplex-Kabel 154
- eigensichere Segment 104
- Elektro-Optische Wandler 141
- Erdverlegungskabel 77
- Faserauswahl 145
- Faser-Faser Kopplungen 163
- Fasertypen 146
- Feldbusbarrieren 106, 124
- Feldbuskoppler 90
- FISCO 106
- Funktionspotentialausgleich und Schirmung 136
- Halogenfreie Standardkabel 75
- High-Power Trunk 106, 126
- Hybridkabel 79
- Hybridsteckverbinder 87
- Kabel mit PE-Mantel 76
- Kabel zur Girlandenaufhängung 78
- Kabelanschluss 117, 121
- Kabelausführungen 74, 114
- Kabelauswahl 70, 112, 150
- Kabelführung außerhalb von Gebäuden 135
- Kabelführung für Kupferkabel 129
- Kommunikationsprotokoll 49
- Leistungsparameter 71
- Lichtwellenleiter 136, 137
- Lichtwellenleitern 41
- Linie 34
- linienrelevanten Daten 45
- Linientopologie des PROFIBUS DP 39
- Link 110

Long Distance Kabel	116	Schaltschrank	134
LWL-Eigenschaften	151	Schleppleitung	78
M 12-Steckverbinder	86, 119	Segment	34
M12-Steckverbinder	120	Slave Querverkehr	50
MBP (PA)-Buskoppler	111	Speisegerät	109
Minimale Kabellänge	94	Standardkabel	75, 115
Montagesets	74	Standardkabel für PROFIBUS DP-IS	76
Optische Eigenschaften	151	Steckverbinder	80, 118, 144
Optische Übertragungsstrecke	139	Sternkoppler	141
Optische Verbindungstechnik	143	Streckenverlängerung	93
Pigtails	159	Sub-D Steckverbinder	82
Potentialtrennung	139	Symbolerklärungen	19
PROFIBUS DP	35, 36	Topologien des PROFIBUS DP	39
PROFIBUS DP-IS	65	Topologien des PROFIBUS-MBP (PA)	43
PROFIBUS Version	50	Überprüfung der LWL-Strecken	166
PROFIBUS-Ausprägungen	35	Übertragungsstrecke	46
PROFIBUS-Linien	32	Umsetzer	109
PROFIBUS-MBP (PA)	35, 36, 95, 113	Verkabelungsplanung	69
Redundanz	67	Verteilungstechnik	122
Repeater	40, 93	Wellenlänge	146
Reservekabel	68	Zündschutzart "Eigensicher" (Ex i)	63
Safety	66	Zyklischer Datenaustausch	50

© Copyright by:

PROFIBUS Nutzerorganisation e. V. (PNO)
PROFIBUS & PROFINET International (PI)
Haid-und-Neu-Str. 7 • 76131 Karlsruhe • Germany
Phone +49 721 96 58 590 • Fax +49 721 96 58 589
E-mail info@profibus.com
www.profibus.com • www.profinet.com