

PROFINET
Inbetriebnahmerichtlinie

Guideline
for PROFINET

Version 1.53 – *Date Sept 2022*
Order No.: 8.081

PROFINET_Inbetriebnahme_8081_V153_Sept22.docx

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	Autor	Änderungen/History
1.0	22.05.2010	Niemann	Version zur Veröffentlichung
1.01	25.06.2010	Niemann	Version nach Freigabe Beirat
1.10 und 1.20	---	Niemann	Interne Versionen, nicht veröffentlicht
1.30 bis 1.32	---	Niemann	Interne Versionen, nicht veröffentlicht
1.33	05.08.2014	Niemann	Ergänzungen Abnahme und Diagnose des Netzwerkes Umformatierung auf DIN A4
1.34	18.10.2014	Niemann	Einarbeiten von Änderungsanforderungen
1.35	21.11.2014	Niemann	Konsolidierung der deutschen und englischen Version durch WG Leiter
1.36	30.12.2014	Niemann	Einarbeiten von Review-Kommentaren nach Beirats-Review
1.41	01.11.2018	Niemann	Kapitel Netzwerkdokumentation wurde hinzugefügt
1.42	02.11.2018	Niemann	Normative Referenzen aktualisiert
1.43	10.05.2019	Niemann	Ergänzung: Verwendung Kabeltyp B bei Vibrationen, Kapitel 3.2.1.1 (Kommentar hinterlegt)
1.44	17.09.2019	Niemann	Finale Überarbeitung für Freigabe.

1.45 bis 1.51	11.05.2022	Niemann	Änderungen für APL, Disclaimer aktualisiert, Namenskonvention für Stationsnamen korrigiert. Alle Bilder auf neue PN-Symbole aktualisiert. IO-Controller umbenannt in Controller, IO-Device umbenannt in Device.
1.52	29.07.2022	Niemann	Anpassung Seitenumbrüche de und en Version. Endkontrolle.
1.53	23.09.2022	Niemann	Finalisierung für Freigabe

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
1.1	<i>Vorwort</i>	13
1.2	<i>Sicherheitshinweise</i>	14
1.3	<i>Ausschluss der Haftung</i>	15
1.4	<i>PNO Dokumente</i>	16
1.5	<i>Normative Referenzen</i>	18
1.6	<i>Symbolerklärungen</i>	19
1.6.1	Symbole zur Textstrukturierung	19
1.6.2	Symbole für Komponenten	20
1.6.3	Symbole für PROFINET-Kabel	24
1.6.4	Symbole für Bereiche	25
2	Mess- und Diagnosewerkzeuge	26
2.1	<i>Messung an der Kupferverkabelung</i>	29
2.1.1	Leitungstester	29
2.1.2	Funktionstester	31
2.1.3	Abnahmetester	32
2.1.4	Zusammenfassung	34
2.2	<i>Messung am Lichtwellenleiter</i>	35
2.2.1	Dämpfungsmessung für Lichtwellenleiter	35
2.2.2	OTDR-Messung	38
2.3	<i>Diagnose des PROFINET Netzwerkes</i>	40
2.3.1	Kommunikationsfehler und Peripheriefehler	40
2.3.2	Diagnosefunktionen im Engineering-Tool	41
2.3.3	Diagnose am PROFINET-Gerät	41
2.3.4	Diagnose mittels Analysetool	42

3	Montageabnahme	48
3.1	<i>Durchführung der Montageabnahme</i>	49
3.2	<i>Abnahme der passiven Netzwerkkomponenten</i>	49
3.2.1	Prüfung der PROFINET-Verkabelung.....	50
3.2.2	Prüfung der PROFINET Kupfer-Verkabelung	58
3.2.3	Prüfung der PROFINET-Lichtwellenleiter	62
3.3	<i>Überprüfung der aktiven Netzwerkkomponenten</i>	66
4	Inbetriebnahme PROFINET	67
4.1	<i>Sichtprüfung und Abnahmemessung</i>	69
4.2	<i>Projektierung erstellen / Systemkonfiguration</i>	70
4.2.1	Gerätebeschreibungs-Dateien	70
4.2.2	Adresseinstellungen.....	71
4.3	<i>PROFINET Geräte in Betrieb nehmen</i>	80
4.3.1	Geräte einschalten	80
4.3.2	Gerätenamen zuweisen	81
4.3.3	Projektierung übertragen.....	83
4.3.4	Firmware-Stände prüfen	84
4.4	<i>Projekt sichern</i>	84
5	Abnahme PROFINET	85
5.1	<i>Schritte der PROFINET Abnahme</i>	86
5.2	<i>Prüfung der PROFINET-Kommunikationsüberwachung</i>	87
5.3	<i>Prüfung der Systemreserve bei LWL-Verkabelungen (POF)</i>	88
5.4	<i>Abnahme des PROFINET-Netzwerkes</i>	90
5.4.1	Prüfung der Topologie.....	90
5.4.2	Verworfen Pakete.....	93
5.4.3	Netzlast	94
5.4.4	Broad- und Multicast Aufkommen	97

5.5	<i>Weitere Parameter zur Bewertung des Netzwerkes</i>	100
5.6	<i>Abnahmeprotokoll erstellen</i>	101
6	Tipps zur Fehlersuche	102
6.1	<i>Einführung in die Fehlersuche</i>	103
6.2	<i>PI Competence- und Trainingscenter</i>	104
6.3	<i>Überprüfen der Verkabelungsstruktur</i>	105
6.4	<i>Messung am Lichtwellenleiter</i>	106
6.5	<i>Verbindungsprüfung</i>	107
6.6	<i>Read Record (Diagnosedatensätze)</i>	108
7	Anhang	109
7.1	<i>Checkliste für die visuelle Inspektion von PN-Installationen</i>	110
7.2	<i>Checkliste für die Abnahme der PROFINET-LWL-Verkabelung</i>	112
7.3	<i>Checkliste für die Abnahme der PROFINET-Kupferverkabelung</i>	113
7.4	<i>Abnahmeprotokolle</i>	115
7.5	<i>PROFINET Dokumentation</i>	118
7.5.1	<i>Dokumentationsrelevante Informationen PROFINET</i>	118
7.5.2	<i>Vorschlag einer Vorwärtsdokumentation bei PROFINET</i>	121
7.5.3	<i>Beispiel einer Vorwärtsdokumentation PROFINET</i>	125
7.5.4	<i>Schwierigkeiten der Vorwärtsdokumentation im Produktlebenszyklus</i>	141
7.5.5	<i>Vorschlag einer Rückwärtsdokumentation bei PROFINET</i>	141
7.5.6	<i>Schwierigkeiten einer Rückwärtsdokumentation</i>	142
7.5.7	<i>Anforderungen künftiger Rückwärtsdokumentationen</i>	143
7.6	<i>Begriffserklärungen</i>	144
7.7	<i>Adressen</i>	153
8	Stichwortverzeichnis	154

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Prinzipieller Aufbau eines einfachen Leitungstests.....	29
Abbildung 2-2: Funktionsmessung an der Verkabelung.....	31
Abbildung 2-3: Erweiterte Abnahmemessung an der Verkabelung.....	32
Abbildung 2-4: Prinzip Dämpfungsmessung	35
Abbildung 2-5: Prinzip OTDR-Messung.....	38
Abbildung 2-6: Messbeispiel OTDR-Messung	39
Abbildung 2-7: Faseraufbau OTDR Messung.....	39
Abbildung 2-8: Datenverkehr auslesen mittels Port-Mirroring.....	44
Abbildung 2-9: Datenverkehr auslesen mittels TAP.....	45
Abbildung 3-1: Channel / PROFINET-End-to-end-link.....	51
Abbildung 3-2: PROFINET-End-to-end-link	54
Abbildung 4-1: „Landkarte“ einer Automatisierungsanlage.....	72
Abbildung 4-2: Aufbau Verkabelung Segment A.....	75
Abbildung 4-3: PROFINET Device (Auslieferungszustand)	77
Abbildung 4-4: PROFINET Device (Adressvergabe).....	79
Abbildung 4-5: PROFINET Device („Devicenamensvergabe“)	82
Abbildung 5-1: Beispiel einer maximalen Linientiefe von 9	90
Abbildung 5-2: Linientiefe mit Ethernet-APL Trunk.....	92
Abbildung 5-3: Beispiel einer meist beanspruchten Kommunikationsstrecke.....	93
Abbildung 5-4: Wichtige Punkte zur Bestimmung der Netzlast	94
Abbildung 5-5: Wichtige Punkte zur Bestimmung der Netzlast, Topologie mit Standard-Ethernet Teilnehmern	95
Abbildung 6-1: OTDR-Messung.....	107
Abbildung 7-1: Interessen im Lifecycle einer Anlage.....	121
Abbildung 7-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Deckblatt.....	126
Abbildung 7-3: Beispiel Vorwärtsdokumentation Automatisierung von drei Anlagenteilen.....	129

Abbildung 7-4: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Topologie-Plan (physikalisch)	130
Abbildung 7-5: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Topologie-Plan (logisch)	131
Abbildung 7-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Ringtopologie.....	132
Abbildung 7-7: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Informationen im Fehlerfall	139
Abbildung 7-8: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Beispiel Diagnosezugang	140
Abbildung 7-9: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Bewertung der IT-Security	140

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Symbole zur Textstrukturierung	19
Tabelle 1-2: Symbole für Komponenten	20
Tabelle 1-3: Symbole für PROFINET-Kabel	24
Tabelle 1-4: Symbole für Bereiche	25
Tabelle 2-1: Maximal erlaubte PROFINET-LWL-End-to-End-link-Dämpfung	36
Tabelle 3-1: Checkliste für die visuelle Inspektion von PROFINET Installationen	56
Tabelle 3-2: Checkliste für die Prüfung der PROFINET-Kupfer-Verkabelung	59
Tabelle 3-3: Checkliste für die Abnahme der PROFINET-LWL-Verkabelung	64
Tabelle 4-1: Übersicht der Anzahl der Geräte (Beispielanlage).....	72
Tabelle 4-2: Private IPv4-Adressbereiche.....	73
Tabelle 4-3: IP-Adressvergabe "Beispielanlage"	76
Tabelle 5-1: Grenzwerte der Systemreserve in Lichtwellenleitern	89
Tabelle 5-2: Maximale Linientiefe bei Verwendung von „Store-and-Forward“ Switches	91
Tabelle 5-3: Maximale Linientiefe bei Verwendung von „Cut-Through“ Switches	91
Tabelle 5-4: Grenzwerte für Netzlast der zyklischen Echtzeit-Kommunikation	95
Tabelle 5-5: Vorgehensweise bei ARP-Broadcasts (ARP-Requests)	98
Tabelle 5-6: Grenzwerte für DCP-Multicasts nach Systemhochlauf	99
Tabelle 5-7: Grenzwerte für MRP-Multicasts	100
Tabelle 7-1: Zusätzliche Informationen zu den Geräten in der Topologie.....	124
Tabelle 7-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Vorüberlegung.....	125
Tabelle 7-3: Informationen im Schriftfeld nach [ISO 7200]	127
Tabelle 7-4: Vorschlag für das Schriftfeld nach [ISO 7200]	128
Tabelle 7-5: Beispiel für das Schriftfeld nach [ISO 7200].....	128
Tabelle 7-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Informationen zur Ringtopologie	132
Tabelle 7-7: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET zusätzliche Geräteinformationen.....	134

Tabelle 7-8: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET erweiterte

Geräteinformationen..... 136

Tabelle 7-9: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Kabelliste 138

1 Einleitung

1.1 Vorwort

Diese Richtlinie soll Sie bei der Inbetriebnahme von PROFINET-Systemen unterstützen. Sie hilft Ihnen dabei, die sachgerechte Montage des PROFINET Systems zu überprüfen. Außerdem hilft Ihnen die Inbetriebnahmerichtlinie dabei, eventuelle Fehler zu erkennen und zu lokalisieren. Daher richtet sich diese Richtlinie nicht nur an das Inbetriebnahmepersonal, sondern auch an das Servicepersonal.

Die Darstellung der Informationen wurde möglichst einfach gehalten, um eine gute Verständlichkeit zu erreichen. Für die Durchführung der Inbetriebnahme und der Fehlersuche benötigen Sie aber bereits einige Erfahrungen mit dem PROFINET. Außerdem sollten Sie Erfahrungen in der Projektierung von PROFINET-Systemen haben. Zertifizierte PROFINET Trainings werden durch akkreditierte Training-Center angeboten. Diese PITCs sind weltweit verfügbar und werden für die Schulung des technischen Personals empfohlen, welches sich mit den verschiedenen Aspekten von PROFINET beschäftigt. Auf die Planung und Montage von PROFINET wird in dieser Richtlinie nicht eingegangen. Zu diesem Thema sei an dieser Stelle auf die „PROFINET-Montagerichtlinie“ (Order No.: 8.071) und die PROFINET Planungsrichtlinie (Order No.: 8.061) verwiesen. Die Funktionsweise des PROFINET ist nicht im Fokus dieses Dokuments. Falls Sie dazu Informationen benötigen, nutzen Sie bitte die entsprechenden Quellen der PROFIBUS Nutzerorganisation oder entsprechende Fachliteratur.

Diese Planungsrichtlinie ersetzt kein vorhandenes Dokument. Sie stellt eine anwendungsorientierte Ergänzung dar. Die bisherigen Dokumente der PNO behalten daher weiterhin ihre Gültigkeit.

1.2 Sicherheitshinweise



Die Nutzung der PROFINET Inbetriebnahmerichtlinie kann zum Umgang mit gefährlichen Stoffen oder Werkzeugen beziehungsweise zu gefährlichen Arbeiten führen. Aufgrund der vielen verschiedenen Anwendungen des PROFINET können aber nicht alle Möglichkeiten oder Sicherheitsanforderungen berücksichtigt werden. Jede Anlage stellt andere Anforderungen.

Damit Sie eventuelle Gefahren sachverständig beurteilen können, müssen Sie sich vor Beginn der Arbeiten über die Sicherheitsanforderungen der jeweiligen Anlage informieren. Dabei müssen Sie insbesondere die Gesetze und Regeln des jeweiligen Landes beachten, in dem die Anlage betrieben werden soll. Beachten Sie außerdem allgemeine Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen sowie die Anforderungen des Unternehmens, für das die Anlage gebaut wird.

Berücksichtigen Sie auch die vom Hersteller gelieferten Dokumentationen zu den PROFINET-Komponenten.

1.3 Ausschluss der Haftung

Die PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (im Folgenden in diesem Disclaimer "PNO" genannt) hat bei der Erstellung dieses Dokuments größte Sorgfalt walten lassen und alle Informationen nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Das Dokument basiert auf dem heutigen Wissensstand, hat informativen Charakter und wird unter Ausschluss jeglicher Haftung zur Verfügung gestellt. Dieses Dokument kann in Zukunft ohne ausdrücklichen Hinweis geändert, erweitert oder korrigiert werden.

Dieses Dokument hat keinen normativen Charakter. In bestimmten Betriebsumgebungen, bei bestimmten technischen Konstellationen oder beim Einsatz in bestimmten Ländern kann es sinnvoll sein, von den gegebenen Handlungsempfehlungen abzuweichen. In diesem Fall hat der Monteur und Betreiber der Anlage die Vor- und Nachteile der gegebenen Empfehlungen im konkreten Anwendungsfall abzuwägen und gegebenenfalls über die Umsetzung einer anderen Lösung zu entscheiden, sofern dies sinnvoll erscheint.

Der Anwender darf die Informationen zu keiner Zeit an Dritte weitergeben, vermarkten oder in sonstiger Weise zugänglich machen.

Jegliche Haftung für Sach- und Rechtsmängel der Informationen, insbesondere für deren Richtigkeit, Fehlerfreiheit, Nichtverletzen von Rechtsansprüchen oder Rechten Dritter sowie für deren Vollständigkeit und/oder Zweckmäßigkeit ist ausgeschlossen, es sei denn, es liegt grobe Fahrlässigkeit, Vorsatz oder arglistiges Verschweigen eines Mangels vor. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen, es sei denn, es liegen zwingende gesetzliche Vorschriften vor, z.B. bei Verletzung von Leben, Körper und Gesundheit, bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit oder bei der Verletzung wesentlicher Vertragspflichten.

1.4 PNO Dokumente

[APL2021] Ethernet-APL Engineering Richtlinie

Order No.: 8.122, Version 1.11, Dez. 2021

[APS2021] Ethernet APL Port Profile Specification

Order No.: 2.662, Version 1.0, June 2021

[EMI2021] Funktionspotentialausgleich und Schirmung für PROFIBUS und PROFINET

Order No.: 8.101, Version 3.1, Sept. 2022

[PNO2022] PROFINET-Montagerichtlinie

Order No.: 8.071, Version 2.12, Sept. 2022

[PND2022] PROFINET -Planungsrichtlinie

Order No.: 8.061, Version 1.53, Sept. 2022

[PSD2018] PROFINET System Description - Technology and Application

Order No.: 4.132, Version: November 2018

[PCI2021] PROFINET Cabling and Interconnection Technology

Order No.: 2.252, Version 5.0, May 2021

[PLM2008] Physical Layer Medium Dependent Sublayer on 650 nm Fiber Optics

Order No.: 2.432, Version 1.0, January 2008

1.5 Normative Referenzen

Dieses Dokument bezieht sich auf:

[IEC 61918]:2018

Industrial Communication Networks - Installation of communication networks in industrial premises.

[IEC 61784-5-3]:2018

Industrial communication networks - Profiles - Part 5-3: Installation of fieldbuses - Installation profiles for CPF 3

[ISO / IEC 11801-1]:2017

Information technology - Generic cabling for customer premises – Part 1: General requirements

[IEC 60793-1-40]:2019

Optical fibers - Part 1-40: Measurement methods and test procedures - Attenuation

[IEC 61300-3-4]:2012

Fiber optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-4: Examinations and measurements – Attenuation

[IEEE P802.3cg]: 2019

IEEE Standard for Ethernet Amendment 5: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors

1.6 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.

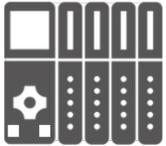
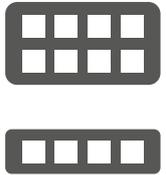
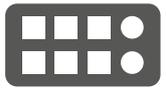
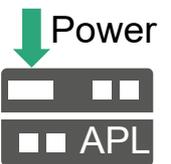
1.6.1 Symbole zur Textstrukturierung

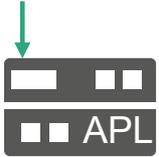
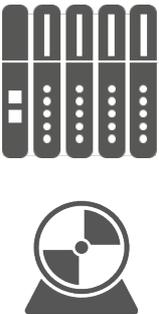
Tabelle 1-1: Symbole zur Textstrukturierung

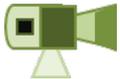
Symbol	Name	Bedeutung
	 Tipp	Wird verwendet zur Angabe einer Empfehlung und / oder Zusammenfassung des aktuellen Sachverhaltes.
	 Wichtig	Wird verwendet für Hinweise, bei deren Nichtbeachtung Störungen im Betriebsfall entstehen können.
	 Handlungs- anweisung	Wird verwendet für direkte Handlungsanweisung.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

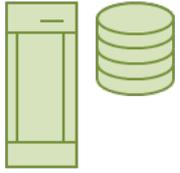
1.6.2 Symbole für Komponenten

Tabelle 1-2: Symbole für Komponenten

Symbol	Name	Bedeutung
	Operator Konsole	Bedien- und Beobachtungsstation (ABK)
	IO-Supervisor	Programmiergerät/PC mit Inbetriebnahme- und Diagnosefunktionen bei PROFINET IO
	Controller	Gerät (typischerweise eine Steuerung), das den IO-Datenverkehr initiiert.
	Switch	Gerät zur Verbindung mehrerer PROFINET-Geräte untereinander. Acht bzw. vier Anschlüsse für Kupferkabel.
	Switch	Gerät zur Zusammenschaltung mehrerer PROFINET-Geräte. Sechs Ports für Kupferkabel plus zwei Ports für Lichtwellenleiter-Kabel.
	APL-Power-Switch	Ethernet-Switch. Setzt Industrial Ethernet auf Ethernet-APL um. Benötigt Hilfsenergie zur Versorgung des untergeordneten APL-Netzwerks. Wird durch einen dicken grünen Pfeil angezeigt.

	<p>APL-Power-Switch mit nicht-gepeistem Trunk</p>	<p>Ethernet-Switch. Setzt Industrial Ethernet auf Ethernet-APL um. Versorgt das untergeordnete APL-Netzwerk nicht mit Strom.</p> <p>Hinweis: Dieses Gerät benötigt möglicherweise eine Hilfsspannung für die interne Versorgung. Dies wird durch einen dünnen grünen Pfeil angezeigt.</p>
	<p>APL-Field-Switch ohne Hilfsenergieversorgung</p>	<p>Dieser Ethernet-APL-Feld-Switch stellt die Verbindung zwischen einem APL-Trunk und den Ethernet-APL-Feldgeräten (Spurs) her und versorgt die an den Switch angeschlossenen APL-Feldgeräte mit Strom. Bezieht die Energie über einen gespeisten Trunk</p>
<p>Power</p> 	<p>APL-Field-Switch mit Hilfsenergieversorgung</p>	<p>Dieser Ethernet-APL-Feld-Switch mit Hilfsenergieversorgung verbindet das Industrial Ethernet mit den Ethernet-APL-Feldgeräten (Spurs) und stellt die Energie für das APL-Feld bereit. Der Switch wird an die Hilfsenergie angeschlossen und erhält weder über den unversorgten APL-Trunk noch über das Industrial Ethernet Energie.</p>
	<p>Device</p>	<p>Dezentral zugeordnetes Feldgerät, dass einem PRO-FINET Controller zugeordnet ist. Dies können z.B. ein Remote IO, ein Antrieb oder ein Panel-Display sein.</p>

		
	APL-Feldgerät	APL-Feldgerät (z.B. Temperaturtransmitter, Drucktransmitter, Durchflusstransmitter, Stellungsregler), mit Ethernet-APL-Schnittstelle. Das Gerät wird mit Energie versorgt und kommuniziert über Ethernet-APL. Messumformer mit zusätzlicher Energieversorgung (Vierdraht-Messumformer) sind möglich, werden aber nicht separat behandelt.
	WLAN Access Point	Gerät, welches einen Übergang von einer kabelgebundenen Übertragung auf eine drahtlose Übertragung ermöglicht.
	Device mit WLAN	Dezentrales Feldgerät mit WLAN
	Medienwandler	Umsetzer von einem physikalischen Medium auf ein anderes.
	TAP	Engl.: „Test Access Point“. Gerät zum rückwirkungsfreien Auslesen von Netzwerkverkehr
	Videokamera	Gerät zur Bildüberwachung.
	Bedienstation	Standard-PC mit Bedienfunktionen.

	Server	Server-Rechner mit z.B. Backup-Aufgaben.
---	---------------	--

1.6.3 Symbole für PROFINET-Kabel

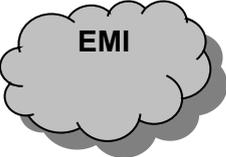
Tabelle 1-3: Symbole für PROFINET-Kabel

Symbol	Name	Bedeutung
	Standard Ethernet	Standard-Ethernet-Verbindung welche ohne PROFINET-Protokoll arbeitet.
	PROFINET-Kupferkabel	PROFINET Industrial Ethernet TP Standard Kabel mit Kupferadern Mantelfarbe: grün Die gestrichene Linie deutet eine Verbindung mit erhöhten Determinismusanforderungen an.
	LWL	Lichtwellenleiter-Innenkabel Mantelfarbe: grün Hinweis: zur besseren Unterscheidung von Kupfer und LWL werden die LWL in dieser Richtlinie orange dargestellt, auch wenn der Mantel des Kabels i.d.R. grün ist. Die gestrichelte Linie deutet auch hier eine Verbindung mit erhöhten Determinismusanforderungen an.
APL 	Ethernet-APL-Kabel	Ethernet-APL-Verbindung ohne Ex-Qualifikation. Die gestrichelte Linie kennzeichnet eine Verbindung mit erhöhten Determinismusanforderungen. Mantelfarbe: nicht festgelegt

<p>APL Ex e</p> 	<p>Ethernet-APL mit erhöhter Sicherheit</p>	<p>Ethernet-APL-Verbindung, die in Bereichen mit explosiver Atmosphäre betrieben werden kann. Erhöhte Sicherheit (Ex e / non incendive).</p> <p>Die gestrichelte Linie zeigt eine inaktive Ringredundanzverbindung für erhöhte Verfügbarkeitsanforderungen an.</p>
<p>Ex i or I.S.</p> 	<p>Ethernet-APL mit Eigensicherheit (Ex i)</p>	<p>Ethernet-APL-Verbindung, die in Bereichen mit explosiver Atmosphäre betrieben werden kann. Zündschutzart Eigensicherheit.</p>
	<p>Leitende Verbindung</p>	<p>Elektrisch leitende Verbindung</p>

1.6.4 Symbole für Bereiche

Tabelle 1-4: Symbole für Bereiche

Symbol	Name	Bedeutung
	<p>EMI</p>	<p>Bereich in dem mit elektromagnetischen Interferenzen (EMI) zu rechnen ist.</p>
	<p>Wetter</p>	<p>Bereich in dem mit Wettereinflüssen zu rechnen ist (Außenbereich), insbesondere bei WLAN.</p>

2 Mess- und Diagnosewerkzeuge



In diesem Kapitel werden Ihnen einige einfache Diagnosewerkzeuge vorgestellt. Mit diesen Werkzeugen können Sie die korrekte Installation und die korrekte Funktion der PROFINET-Kupferkabel und PROFINET Lichtwellenleiterkabel überprüfen. Aber auch die Diagnose des Wireless LANs wird hierbei in Betracht gezogen. Diese Prüfungen sind insbesondere wichtig für die Abnahme der Verkabelung. Die Werkzeuge können Ihnen helfen auch während des Betriebs auftretende Fehler zu finden.

Funktionsmessung an der Kupferverkabelung

Bei der Funktionsmessung an der Kupferverkabelung wird mit Messgeräten eine Überprüfung der Netzwerk-Verkabelung vorgenommen. Die verschiedenen am Markt erhältlichen Tester unterscheiden sich in ihrem Funktionsumfang. So beherrschen einige Tester neben der Überprüfung der Installation und der Kabelparameter auch die Ermittlung der an das Netzwerk angeschlossenen PROFINET-Teilnehmer oder auch die Erkennung von Protokollen. Zur Nutzung muss der Anschluss des Leitungstesters an das PROFINET-Kupferkabel über den RJ45-Steckverbinder möglich sein. Es existieren aber auch weitere Möglichkeiten des Anschlusses dieser Geräte über Adapterkabel um z. B. auch Stecker mit M12-Steckverbinder prüfen zu können.

Messungen am Lichtwellenleiter

Das einfachste Prüfverfahren für Lichtwellenleiter ist die Dämpfungsmessung. Mit ihr kann festgestellt werden, wie groß die Signaldämpfung des Lichtwellenleiters zwischen den zwei Anschlusspunkten ist. Einige Messgeräte stellen weitere Messverfahren zur Verfügung. Diese Messverfahren sind komplexer als die Dämpfungsmessung. Sie stellen dem Nutzer zusätzliche Informationen über das Lichtwellenleiterkabel zur Verfügung. Die Anschlüsse der Messgeräte können wie bei Kupferkabeln variieren.



Entsprechend der IEC 61784-5-3 werden zur Überprüfung der PROFINET-Verkabelung lediglich einfache am Markt erhältliche Standard-Messgeräte benötigt, deren Messverfahren in diesem Dokument kurz erläutert werden.

WLAN-Messung

Die WLAN-Messung hilft bei der Bewertung und bei der Fehlersuche in Anlagen mit WLAN.

Diagnose des PROFINET Netzwerkes

Der Analyse des eigentlichen Netzwerkes kommt bei PROFINET eine große Rolle zu. Es werden verschiedene Verfahren zur Diagnose vorgestellt sowie Empfehlungen zur Abnahme eines solchen PROFINET Netzwerkes gegeben.

Diagnose der Erdung und Verbindungen

Diese Diagnose erlaubt die Beurteilung von Erdungs- und Verbindungselementen in Automatisierungsanlagen.

2.1 Messung an der Kupferverkabelung

Dieses Kapitel zeigt die Testmöglichkeiten für PROFINET-Kupferverkabelung. Außerdem werden einige Messgeräte der verschiedenen Leistungsklassen als Beispiel genannt. Dabei wird unterschieden zwischen:

- **Einfachem Leitungstester (Verification),**
- **Funktionstester (Qualification),**
- **Abnahmetester (Certification).**

2.1.1 Leitungstester

Leitungstester wurden entwickelt, um auf einfache Weise die Ethernet-Installationen überprüfen zu können. Die auf dem Markt erhältlichen Geräte unterscheiden sich in ihren Funktionen und deren Umfang sowie insbesondere in ihrer Bedienung. Aus diesem Grund können die Geräte hier nicht ausführlich beschrieben werden.

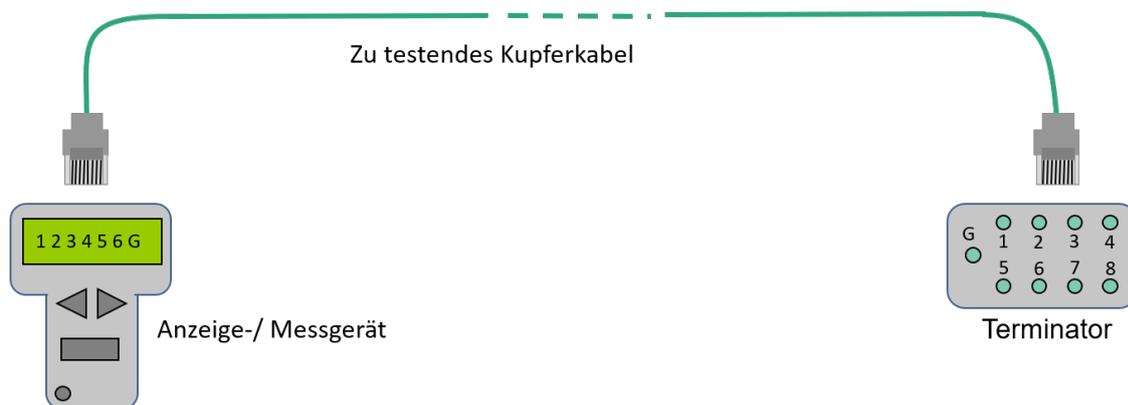


Abbildung 2-1: Prinzipieller Aufbau eines einfachen Leitungstests

Abbildung 2-1 zeigt den prinzipiellen Messaufbau zur einfachen Leitungsprüfung einer PROFINET-Kupferverkabelung. Im Wesentlichen handelt es sich hier um eine elektrische Verbindungsprüfung, d.h. eine Prüfung auf Verbindung bzw. Kurzschluss und unzulässige Paarauftrennung (Split pair). Die Tester überprüfen keine Leitungsparameter und prüfen auch nicht, ob sich Datenpakete über die Leitung übertragen lassen. Diese Tester können bei der Montage verwendet werden, um Leitungen auf Verbindung / Kurzschluss zu prüfen und um die richtige Kontaktbelegung am Steckverbinder zu überprüfen.



Bei dem hier vorgestellten Leitungstester handelt es sich um einen Standardtester für Ethernet. Es werden keine speziellen Tester für PROFINET verwendet.



Die physikalische Schicht für Ethernet-APL unterscheidet sich von der 100Base-TX physikalischen Schicht, die typischerweise für PROFINET verwendet wird. Ein Standard-Ethernet-Tester kann nicht zum Testen eines Ethernet-APL-Kabels verwendet werden. Verwenden Sie ein geeignetes Prüfgerät für Ethernet-APL.



Bei Einsatz eines Leitungstesters an PROFINET-Netzwerken, die mit PROFINET-Kupferkabeln aufgebaut wurden (100Base-TX mit 2x2 Adern), zeigt der Leitungstester nur für die Einzelleiter 1, 2, 3, 6 und die Schirmung (G) eine Verbindung. Für PROFINET-Netzwerke nach 1000Base-T müssen alle Adern und die Schirmung korrekt verbunden sein. Beachten Sie, dass bei PROFINET das Crossing der Aderpaare nicht notwendig ist, da die aktiven Netzkomponenten Autocrossing realisieren.

2.1.2 Funktionstester

Während der einfache Leitungstest lediglich einen Test auf korrekte elektrische Verbindung durchführt, prüft der Funktionstester die Verkabelungsstrecke unter dem Gesichtspunkt einer realen Ethernet Datenübertragung.

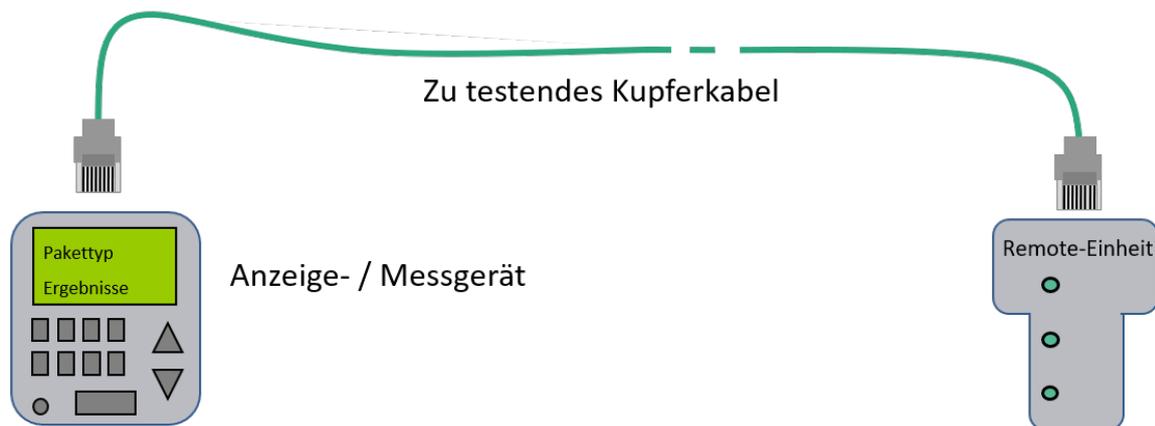


Abbildung 2-2: Funktionsmessung an der Verkabelung

Mit Hilfe dieses Messgeräts werden vordefinierte Datenpakete über die Verkabelung verschickt. Die Remote-Einheit dient dabei als Gegenstück um diese Pakete zu beantworten.

Alternativ existieren Geräte, die direkt die für Fast Ethernet relevanten Übertragungsparameter im Zeitbereich verifizieren und bei Überschreitungen den Fehlerort anzeigen können.

In Abhängigkeit von der Ausführung des Funktionstesters kann dieser jedoch auch andere aktive Geräte, wie z.B. Switches und Netzwerkteilnehmer, auf dem Netzwerk erkennen und dabei die üblichen Diagnose-Netzwerkprotokolle (z.B. ICMP, siehe Kapitel 6.5) anwenden.

Die gelieferten Messdaten erlauben dann eine Aussage, ob sich über die Strecke Ethernet Datenpakete übertragen lassen.

2.1.3 Abnahmetester

In speziellen Fällen ist es erforderlich, neben einer einfachen Funktionsmessung mit dem Funktionstester, eine detaillierte Messung der Verkabelungsparameter (z. B. Länge des Kabels, Dämpfung, Nebensprechen, etc.) durchzuführen. Mit Hilfe einer solchen Messung lassen sich zahlreiche Kabelparameter ermitteln und auch dokumentieren. Dies ist dann hilfreich, wenn nach längerer Betriebsdauer des Kabels Störungen auftreten und die Messwerte aus der Abnahmemessung als Vergleichswerte herangezogen werden können.

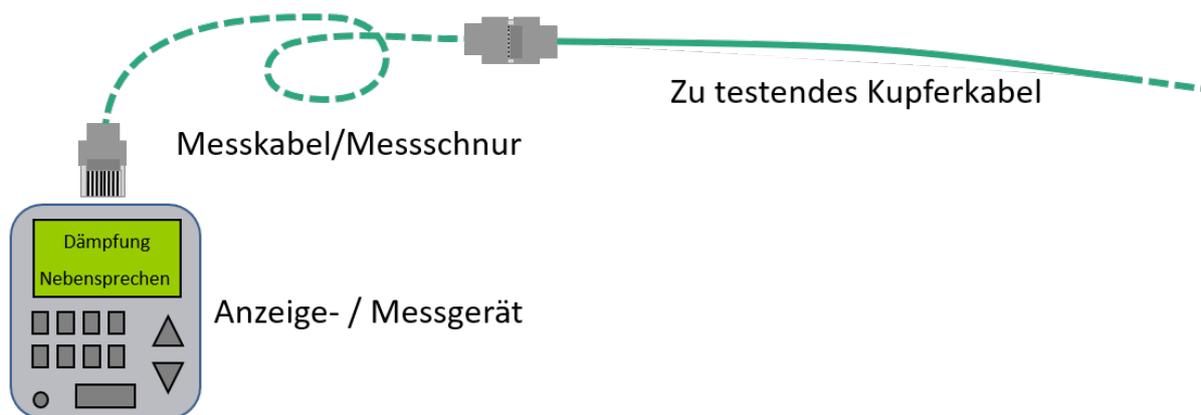


Abbildung 2-3: Erweiterte Abnahmemessung an der Verkabelung

In der Regel wird gemäß den geltenden Normen, der Steckverbinder des Kabels nicht in die Messung mit einbezogen. Bei feldkonfektionierbaren Steckverbindern soll der Steckverbinder und die Kontaktierung in diesem Steckverbinder mit gemessen werden. Aus diesem Grund existieren für PROFINET spezielle Messprofile, die eine Einbeziehung der Steckverbinder in die Messung ermöglichen (End-to-end-Link Messung). Es ist zu beachten, dass bei diesem Messverfahren gegebenenfalls spezielle Mess-Schnüre oder Messadapter verwendet werden müssen, damit diese die Messergebnisse nicht beeinflussen.



Der Komponentenansatz bei PROFINET sieht vor, dass bei der Verwendung von PROFINET-Komponenten mit Herstellererklärung kein zwingender Abnahmetest zur Überprüfung der Verkabelung durchgeführt werden muss. Eine Abnahmemessung kann aber durchgeführt werden, um:

- Die Länge der Kabel zu messen und zu dokumentieren
- Die Dämpfung und andere wesentliche Parameter des Kabels zu messen und zu dokumentieren

- Die Power over Ethernet-Funktionalität zu überprüfen

Damit verfügen Sie über Referenzdaten, auf die Sie bei späteren Prüfungen der Verkabelung zurückgreifen können.



Nicht alle Abnahmetester stellen ein Prüfprofil für PROFINET zur Verfügung. Überprüfen Sie, ob Ihr Messgerät entsprechende PROFINET-Prüfprofile zur Verfügung stellt.



Falls Sie genauere Informationen benötigen, befragen Sie den Hersteller des Messgerätes. Zur Bedienung lesen Sie auf jeden Fall die Herstelleranweisungen.



Falls die Einfügedämpfung einer Strecke bei der gemessenen Frequenz den Wert von 4 dB unterschreitet, hat der Messwert für das Nahnebensprechen (NEXT) lediglich informativen Charakter. Dieser Sachverhalt wird als „4-dB-Regel“ bezeichnet. Gerade bei kurzen Verbindungen wird die Einfügedämpfung kleiner als 4 dB sein.



Ethernet APL definiert ein zweiadriges Kabel zum Anschluss von Sensoren und Aktoren an PROFINET. Bitte beachten Sie, dass sich die Kabelparameter von dem für 100Base-TX verwendeten PROFINET-Kabel mit 2x2 Adern unterscheiden. Weitere Details zur Ethernet-APL-Verkabelung und den Kabelparametern entnehmen Sie bitte der Ethernet-APL-Engineering-Richtlinie [APL2021]. Ein Standard-Ethernet-Tester kann nicht zum Testen eines Ethernet-APL-Kabels verwendet werden. Verwenden Sie ein für Ethernet-APL geeignetes Prüfgerät.

2.1.4 Zusammenfassung



Wichtig ist hierbei zu erwähnen, dass die üblichen Messgeräte, die bei der Überprüfung von Ethernet Netzwerken zum Einsatz kommen, genutzt werden können.



Nutzung von Kabeltestverfahren

Für einfache Anwendungsfälle (z.B. Verbindungsprüfung während der Montage) sind einfache Leitungstester ausreichend. Für Abnahmemessungen müssen höherwertige Geräte eingesetzt werden, die alle spezifischen Parameter (z.B. Dämpfung, Nebensprechen, etc.) einer Verbindung nicht nur messen, sondern auch mit dem jeweils ermittelten Messwert dokumentieren.

Prüfen Sie, welche Messungen Sie selbst durchführen können und welche Messungen Sie ggf. an einen Dienstleister vergeben.

Zunehmend komplexere Messgeräte, Schulungsbedarf und notwendige Erfahrung mit den Messgeräten können ggf. den Einkauf einer externen Dienstleistung rechtfertigen.

2.2 Messung am Lichtwellenleiter

Dieses Kapitel beschreibt Ihnen die Möglichkeiten der Beurteilung Ihrer LWL-Verkabelung. Beachten Sie auch hier, dass der PROFINET-Komponentenansatz, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, gilt.

2.2.1 Dämpfungsmessung für Lichtwellenleiter

Wichtigste zu kontrollierender Größe einer Lichtwellenleiter-Strecke ist deren Dämpfung. Das geschieht am Einfachsten mit Hilfe des Einfügedämpfungsmessverfahrens (Abbildung 2-4). Das Messverfahren erkennt Verluste in der optischen Faser und deren Verbindungen. Licht wird durch einen Sender über die Referenzfaser 2 in ein Ende der LWL-Verkabelung gesendet. Am anderen Ende der zu testenden LWL-Verkabelung wird ein kalibrierter Empfänger über eine weitere Referenzfaser 1 angeschlossen. Der Empfänger misst die empfangene Lichtmenge und wertet die entstandenen Verluste aus. Die Dämpfung oder Einfügedämpfung wird üblicherweise in dB angegeben. Die senderseitige Referenzfaser 2 wird in mehreren Windungen auf einen Wickeldorn mit definiertem Durchmesser gewickelt. Der so entstandene „Modenmischer“ bewirkt eine korrekte Lichtverteilung in der Referenzfaser und verhindert eine Beeinflussung des Messergebnisses durch die Abstrahlcharakteristik des Senders.

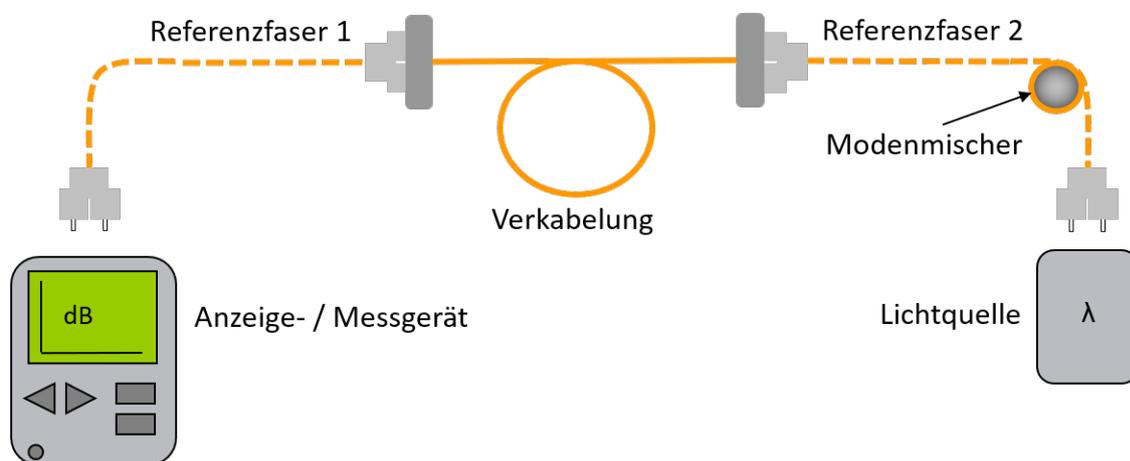


Abbildung 2-4: Prinzip Dämpfungsmessung

Bei der Beurteilung einer Leitung gelten folgende Grundkriterien:

- Welcher Fasertyp wurde verlegt? (Mono-Mode-Faser, Multimode-Faser, Hard Clad-ded Silica, Plastic Optical Fiber)
- Welcher Steckertyp wird verwendet?
- Wie lang ist die verlegte Strecke etwa?

Tabelle 2-1 zeigt die bei PROFINET verwendeten Glasfasertypen und die zulässigen Grenzwerte für die PROFINET-End-to-end-link-Dämpfung in Abhängigkeit von der Betriebswellenlänge.

Tabelle 2-1: Maximal erlaubte PROFINET-LWL-End-to-End-link-Dämpfung

	Singlemode-Glasfaser	Multimode-Glasfaser	PCF-Faser	POF-Faser
Typische Wellenlänge	1310 nm	1300 nm	650 nm	650 nm
Maximal erlaubte End-to-End-link-Dämpfung	10,3 dB	62,5/125 µm: 11,3 dB 50/125 µm: 6,3 dB	4,75 dB	12,5 dB

Die Messung erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt muss der Messaufbau kalibriert werden. Um den Messaufbau zu kalibrieren werden die beiden Referenzfasern, wie im Bild 2-4 dargestellt, direkt miteinander verbunden und eine Referenzmessung wird durchgeführt. Der Empfänger speichert die in dieser Messanordnung empfangene Lichtleistung als Referenzwert für eine ungedämpfte Strecke.

Anschließend werden die beiden Referenzfasern getrennt und die zu prüfende Strecke eingefügt. Bei der nun folgenden eigentlichen Streckenmessung misst der Tester die empfangene Lichtleistung vom Empfänger und vergleicht diese mit dem gespeicherten Referenzwert. Der Unterschied zwischen den beiden Messungen wird als Dämpfung der eingefügten Strecke angezeigt.

Mängel an den Steckern der Referenzfasern zum Prüfling beeinflussen das Messergebnis. Deshalb dürfen als Referenzfasern nur ausgesuchte Konfektionierungen, die einem idealen Stecker nahekommen, eingesetzt werden. Insbesondere muss die Politur der Anschlüsse

besonders hochwertig ausgeführt sein. Es wird empfohlen die Referenzfaser maximal für 500 Referenzmessungen zu nutzen. Anschließend müssen die Anschlüsse neu poliert werden. Bitte die Referenzfaser mit großer Sorgfalt behandeln und die Endflächen der Faser circa alle 20 Messungen auf eventuelle Schäden inspizieren. Nach 2000 Referenzmessungen wird empfohlen die Referenzfaser auszutauschen. Beachten Sie hierzu bitte auch die Herstellerangaben. Weitere Informationen und Erläuterungen entnehmen Sie bitte den IEC Normen 60793-1-40 und 61300-3-4.



Zum Anschluss der zu prüfenden Strecke dürfen nur spezielle Referenzfasern verwendet werden. Diese müssen als solche von Händlern bezogen werden. Es empfiehlt sich die Referenzfasern zu kennzeichnen und die für die Messung verwendete Faser im Prüfprotokoll zu vermerken

Die Messung muss mit einem Messsender und Messempfänger durchgeführt werden, welche die gleiche Wellenlänge verwenden, die später auch im Betrieb eingesetzt werden soll. Sender, Empfänger und Fasertyp sind aufeinander abgestimmt.



Die angegebenen Grenzwerte für die maximal erlaubte End-to-End-link-Dämpfung enthalten eine Dämpfungsreserve. Berücksichtigen Sie jedoch mögliche Messungenauigkeiten und Toleranzen Ihres Messgeräts. Diese sind in den Grenzwert der maximal erlaubten End-to-End-link-Dämpfung mit einzubeziehen.



Beachten Sie, dass die vergleichsweise hohe Dämpfung von POF-Fasern in Verbindung mit mehreren Steckverbindern die maximale Länge der LWL-Verbindung herabsetzt.

Beachten Sie hierzu die Hinweise in der PROFINET-Planungsrichtlinie Order No.: 8.061.

2.2.2 OTDR-Messung

Als Messverfahren für den Lichtwellenleiter steht Ihnen neben dem Dämpfungsmessverfahren (Einfügedämpfungsmessverfahren) noch das OTDR-Messverfahren (OTDR = Optical Time Domain Reflectometer) zur Verfügung. Mit diesem Verfahren können Sie den Ort von fehlerhaften Stellen im Lichtwellenleiter feststellen.

Dazu sendet das OTDR über eine Vorlauffaser ein Signal in den Lichtwellenleiter. Der Strecke nachgeschaltet wird zudem eine Nachlauffaser. Für OTDR-Messungen sind Vor- und Nachlauffasern entsprechend der Messleitung zu verwenden um Messfehler zu minimieren.

An Anschlussstellen im Verlauf der LWL-Messleitung oder an Störstellen werden Teile des Signals reflektiert. Das OTDR misst nun, Amplitude und Laufzeit des reflektierten Signals. Die Amplitude des reflektierten Signals zeigt die Schwere der Störung, aus der Laufzeit bestimmt das OTDR Gerät den Ort der Störung.

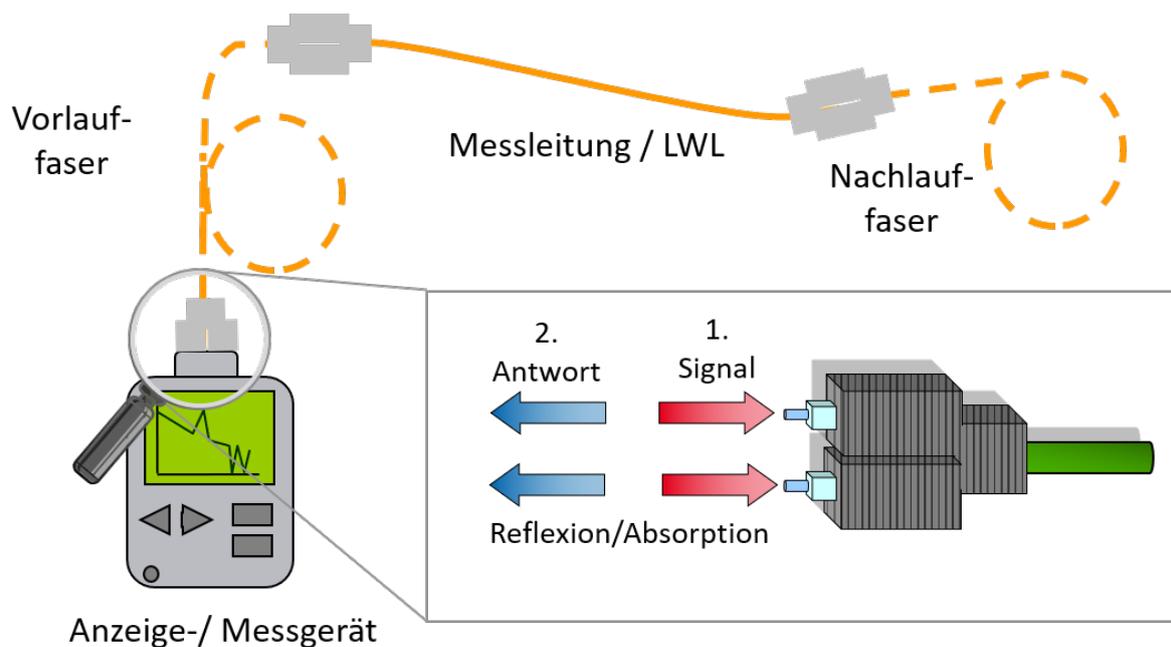


Abbildung 2-5: Prinzip OTDR-Messung

Die Beurteilung der Messergebnisse erfordert eine entsprechende Erfahrung, da die Ergebnisse nicht im Klartext angezeigt werden. Die Anzeige der Messergebnisse geschieht normalerweise durch eine grafische Darstellung. Abbildung 2-6 zeigt Ihnen ein Beispiel für die zu interpretierenden Messergebnisse.

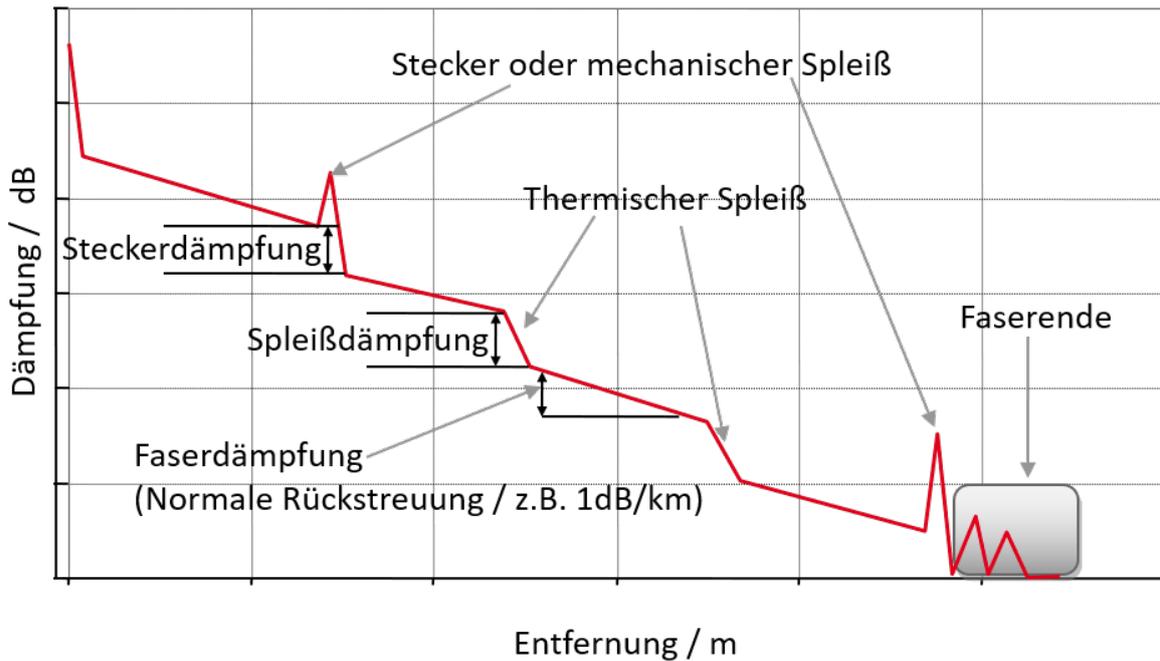


Abbildung 2-6: Messbeispiel OTDR-Messung

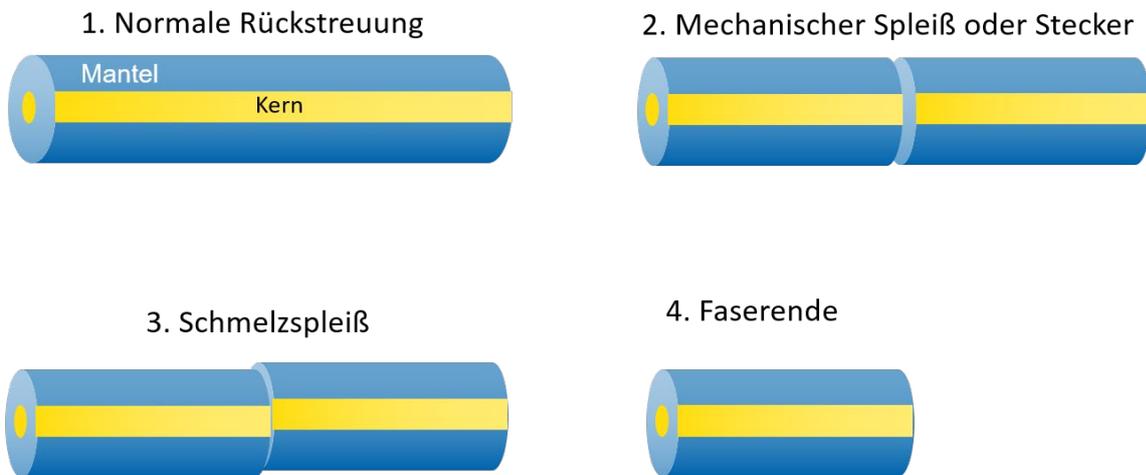


Abbildung 2-7: Faseraufbau OTDR Messung

Abbildung 2-7 zeigt typische Verbindungen zwischen Fasern sowie ein Faserende. Diese typischen Faserverbindungen sind durch unterschiedliche Beeinträchtigungen geprägt, die das Übertragungsverhalten wesentlich beeinflussen. Diese Beeinträchtigungen verursachen Rückstreuungen und zusätzliche Dämpfungen. Zu nennen sind die verschiedenen Spleißverbindungen, und darüber hinaus die unmittelbaren Beeinträchtigungen der Faser selbst durch starke Biegungen, Brüche oder Risse. Jede der erwähnten Beeinträchtigungen wirkt sich in einer eigenen typischen Reflexionscharakteristik aus und kann daher in der OTDR-Messung direkt erkannt und analysiert werden.

2.3 Diagnose des PROFINET Netzwerkes

Im Vergleich zu klassischen Feldbussen ermöglicht PROFINET größere Netzwerke und flexiblere Topologien. Daher kommt der Diagnose und Überwachung der eigentlichen Netzwerk-Infrastruktur eine größere Bedeutung zu.

Zusätzlich zu den vorhandenen Ethernet-Diagnosefunktionen bietet PROFINET eine Reihe zusätzlicher, standardisierter Netzwerk-Diagnosen an. Diese sind z.B. über das Engineering-Tool oder über einen, häufig direkt in die Komponenten integrierten, Webserver abrufbar.

2.3.1 Kommunikationsfehler und Peripheriefehler

Es ist sinnvoll bei PROFINET-Systemen zwischen Fehlern in der PROFINET-Kommunikation und Fehlern in der Peripherie zu unterscheiden.

Kommunikationsfehler betreffen das Netzwerk und können z. B. durch fehlerhafte Verkabelung oder fehlerhafte Steckverbinder, Eindringen von Wasser, unzulässige Topologien oder falsch zugeordnete Gerätenamen, falsch zu geordnete IP-Adressen oder übergroße Netzwerklast entstehen.

Peripheriefehler betreffen die Ein- und Ausgänge der Devices (Sensoren und Aktoren). Peripheriefehler können durch eine fehlerhafte Sensor- oder Aktor-Verkabelung, den Verlust elektrischer Hilfsenergie aber auch durch mechanische Probleme (z. B. feststehendes Ventil) auftreten. Diese Fehler beeinträchtigen jedoch nicht die Kommunikation.

PROFINET bietet eine umfassende und standardisierte Diagnose um Peripheriefehler zu erkennen und zu lokalisieren. Peripheriefehler werden in der Regel durch ein PROFINET Device erkannt und über PROFINET Alarme kommuniziert.

Kommunikationsfehler werden ebenfalls von den PROFINET Devices erkannt und angezeigt. Darüber hinaus können auch managed Switches und andere Netzwerkkomponenten Kommunikationsfehler erkennen und melden.

2.3.2 Diagnosefunktionen im Engineering-Tool

Viele Engineering-Tools bieten die Möglichkeit bestimmte Werte zu überprüfen.

Die können beispielsweise sein:

- Berechnen der zyklischen PROFINET-Netzlast.
- Prüfung der Topologie (Erreichbarkeit der Teilnehmer, Belegung der Ports, Übereinstimmung von geplanter mit vorhandener Topologie)
- Firmware-Stand und Betriebszustand von Komponenten.



Es ist in der Regel möglich über das Engineering Tool Diagnoseinformation und Performedaten des Systems zu ermitteln.

2.3.3 Diagnose am PROFINET-Gerät

PROFINET bietet, auch ohne die Verwendung zusätzlicher Tools, ein umfassendes Diagnose-Konzept. So signalisieren Geräte selbstständig Fehler oder wichtige Ereignisse mittels Alarmmeldungen.

Neben den Standard-Diagnoseinformationen von PROFINET (Alarmmeldungen), können zusätzlich Diagnoseinformationen über Standardmechanismen (SNMP, PDev) aus den Geräten ausgelesen werden. Dies kann beispielsweise mit Hilfe des Engineering-Tools erfolgen.

Oftmals bieten die Hersteller auch einen Webserver zur direkten Abfrage von Daten über einen handelsüblichen Browser an. Der Webserver eines Gerätes ist üblicherweise über die IP-Adresse des Gerätes erreichbar.

Beispiel: Um den Webbrowser eines Gerätes mit der IP-Adresse 192.168.0.2 zu erreichen, muss im in der Adresszeile des Webbrowsers „192.168.0.2“ oder „http://192.168.0.2“ eingegeben werden. Hierzu kann jeder Web-Browser verwendet werden.

Für die Abnahme und Instandhaltung von PROFINET Netzwerken sind insbesondere Statistiken in Switches, auch von in Geräte integrierten, von Interesse. Üblicherweise ausgelesen werden können:

- die Menge der übertragenen Daten
- die Anzahl der verworfenen Pakete
- den Betriebszustand von Switch-Ports (Übertragungsgeschwindigkeit, Voll-/Halb-Duplex)

Solche Informationen können bei der Diagnose von Übertragungsproblemen helfen.



PROFINET Geräte bieten standardmäßig bereits Diagnoseinformationen, die oft direkt über einen Webbrowser durch Eingabe der IP-Adresse ausgelesen werden können.

2.3.4 Diagnose mittels Analysetool

Analysetools können weitergehende Funktionalitäten im Vergleich zu den in die Geräte integrierten Diagnosemöglichkeiten bieten.

Mögliche Funktionen sind:

- Bestimmung der Netzlast
- Bestimmung der Zusammensetzung der Netzlast (Echtzeit, Nicht-Echtzeit, usw.)
- Zeitlich fein aufgelöste Analyse des PROFINET-Kommunikationszyklus
- Statistische Auswertung des Datenverkehrs
- Aufzeichnen des Datenverkehrs
- Erfassung und Bewertung von Kommunikationsanomalien
- Konfigurations- und Zustandsanalyse



Diagnosetools wie spezielle Software oder Hardware ermöglichen eine tiefergehende Analyse des Netzwerkes.

Es muss dabei grundsätzlich zwischen passiven und aktiven Diagnoseverfahren unterschieden werden, die auch kombiniert eingesetzt werden können.

Während bei passiven Diagnoseverfahren der aufgezeichnete Datenverkehr rückwirkungsfrei mitgeschnitten und ausgewertet wird, wird bei den aktiven Diagnoseverfahren das Netzwerk durch Auslesen der PROFINET-Geräte und Netzwerkkomponenten analysiert. Eine aktive Diagnose hat einen potentiell höheren Funktionsumfang, wobei die möglichen Auswirkungen auf die Kommunikation beachtet werden müssen. Beachten Sie die Erläuterungen in den folgenden Kapiteln 2.3.4.1 und 2.3.4.2.

In beiden Fällen kann neben einer temporären Diagnose des Netzwerkes, beispielsweise zur Abnahme oder Fehlersuche, auch die Möglichkeit einer dauerhaften Überwachung in Betracht gezogen werden.



Eine dauerhafte Überwachung ermöglicht das frühzeitige Erkennen von Problemen der Kommunikation und Konfiguration und kann helfen Stillstände zu vermeiden.

2.3.4.1 Passive Diagnose

Zur passiven Diagnose müssen im Netzwerk übertragene Datenströme an geeigneter Stelle erfasst werden ohne die Kommunikation zu beeinflussen. Es bieten sich hierfür zwei Möglichkeiten:

- Port-Mirroring
- Auslesen mittels Test Access Point (TAP)

Beim **Port-Mirroring** spiegelt der Switch die Datenströme eines ausgewählten Ports (monitored Port) auf einen Ausgabe-Port (Monitoring-Port). So kann der Datenstrom des ausgewählten Ports mittels einem am Monitoring-Port angeschlossenen Messgerät analysiert werden, wie in Abbildung 2-8 dargestellt.

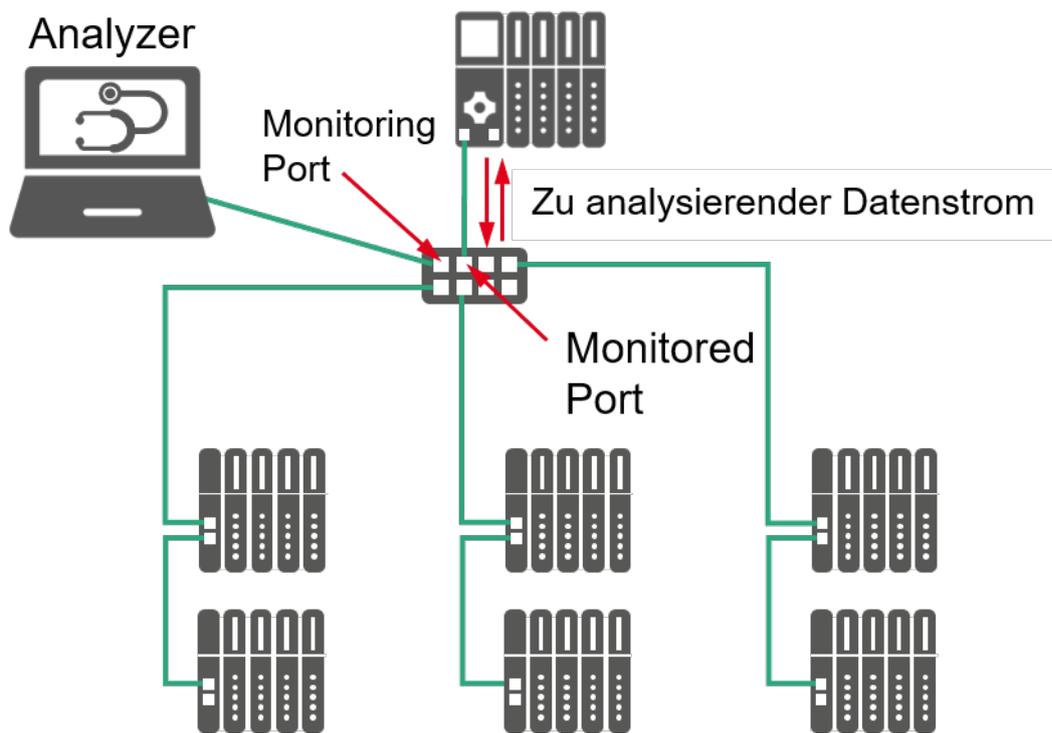


Abbildung 2-8: Datenverkehr auslesen mittels Port-Mirroring

Der verwendete Switch muss hierzu Port-Mirroring unterstützen. Die gesendeten und empfangenen Daten des zu überwachenden Ports (monitored Port) werden auf den Monitoring-Port übertragen. Die Datenrate des Monitoring-Ports begrenzt dabei die zu analysierende Datenmenge. Die Summe der ein- und ausgehenden Daten auf dem monitored Port darf die Datenrate des Monitoring-Ports nicht übersteigen.



Port-Mirroring bietet eine einfache Methode, Datenströme auszulesen.

Der verwendete Switch muss Port Mirroring unterstützen und es muss ein freier Port am Switch zur Verfügung stehen.

Es können nur Daten erfasst werden, die den Switch durchlaufen. Von dem Einbauort des Switches hängt daher ab, welche Datenströme erfasst werden können.

Die am Monitoring-Port ausgegebenen Pakete können sich von den ursprünglichen Paketen in Bezug auf ihren Aufbau (VLAN-Tag) sowie die zeitliche Zuordnung unterscheiden.



Die physikalische Schicht von Ethernet-APL unterscheidet sich von der 100Base-TX physikalischen Schicht, die für PROFINET verwendet wird. Daher ist es nicht möglich, einen Laptop mit einem Diagnosetool direkt an einen Ethernet-APL-Port anzuschließen. Der Diagnose-PC muss stattdessen an einen 100Base-TX-Port innerhalb der Verbindung zwischen dem APL-Field-Switch und dem Controller angeschlossen sein.

Ein **TAP** (engl.: „Test Access Point“) koppelt den zu analysierenden Datenstrom ohne die Beschränkungen des Port-Mirroring in Bezug auf Datenrate und Veränderung von Paketinhalten aus. Der TAP wird, wie in Abbildung 2-9 dargestellt, direkt in eine Netzwerkverbindung eingefügt.

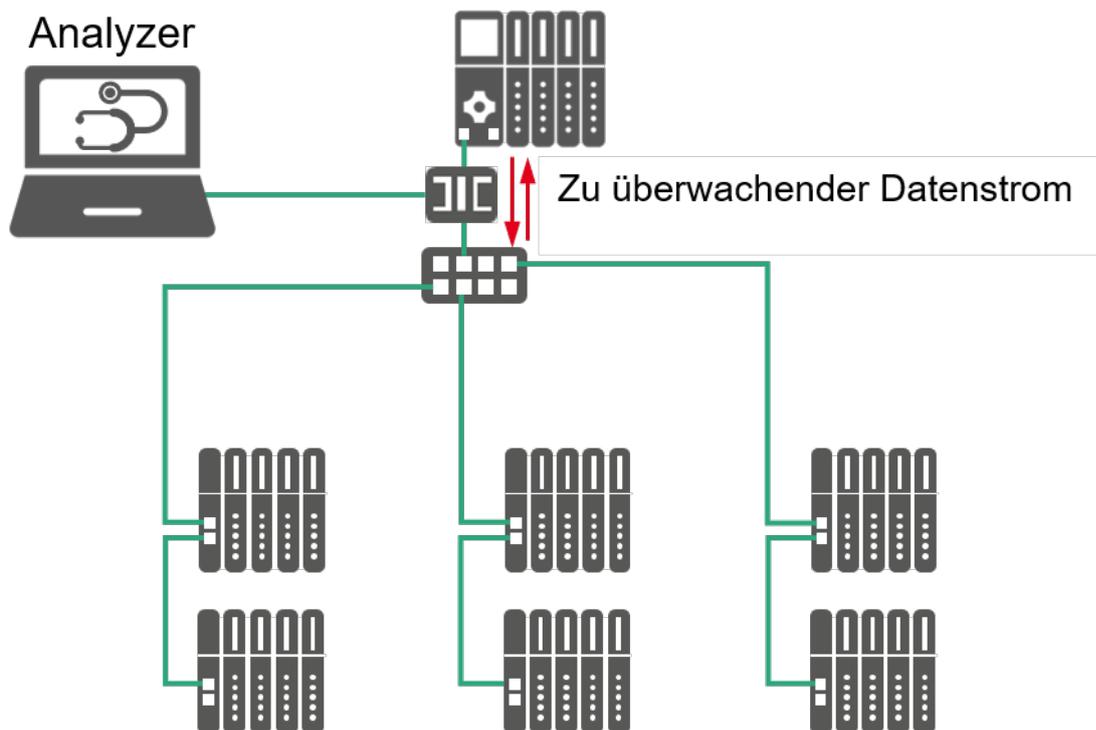


Abbildung 2-9: Datenverkehr auslesen mittels TAP



Mittels TAP können Datenströme ohne die Limitierungen des Port-Mirroring im Bezug auf Datenrate und Veränderung von Paketinhalten ausgelesen werden.

Das Einsetzen und Entfernen des TAPs erfordert ein Auftrennen der Netzwerkverbindung.

Es kann nur der durch den TAP „fließende“ Datenstrom ausgewertet werden.

Es sollten passive TAPs bevorzugt werden, da ein Ausfall eines passiven TAPs nicht zu einem Ausfall der Kommunikationsstrecke führt.

Ein Verbleiben des TAPs im Netzwerk ermöglicht eine spätere Diagnose, ohne dass die Netzwerkverbindung erneut aufgetrennt werden muss.



Die physikalische Schicht für Ethernet-APL unterscheidet sich von der für PROFINET verwendeten physikalischen Schicht 100Base-TX. Daher ist es nicht möglich, einen für ein 100Base-TX-Signal ausgelegten TAP in ein Ethernet-APL-Kabel einzufügen. Der TAP muss stattdessen an einen 100Base-TX-Port in der Verbindung zwischen dem APL-Feld-Switch und dem Controller angeschlossen werden.

2.3.4.2 Aktive Diagnose

Zum Auswerten von Diagnoseinformationen und Statistiken in PROFINET-Geräten, ist eine aktive Abfrage dieser Komponenten nötig.

Beispiele hierfür sind:

- Statistiken in Switches (siehe Kapitel 2.3.3)
- Nachbarschaftsinformationen zur Topologie-Bestimmung
- Abfrage von Statusinformationen (Fehlerspeicher, Firmware-Stand, etc.)

Beim aktiven Auslesen von Komponenten wird jedoch zusätzlicher Netzwerkverkehr generiert.

Eine solche aktive Abfrage ist nicht zur zeitlich fein aufgelösten Analyse von Datenströmen geeignet. Hierfür sollte auf die im voran gegangenen Kapitel beschriebenen Möglichkeiten zur Analyse von Datenströmen zurückgegriffen werden (Erfassen mittels TAP).



Aktive Diagnoseverfahren von Engineering-Systemen und Tools ermöglichen eine umfassende Analyse des Netzwerkes.

Bei der aktiven Abfrage von Komponenten wird zusätzliche Netzlast generiert.



Bitte achten Sie besonders darauf, wenn Sie aktives Polling in Kombination mit Ethernet-APL verwenden. Aufgrund der Datenrate von 10 Mbit/s ist die Belastung durch die zusätzlich erzeugte Netzwerklast höher.

3 Montageabnahme

3.1 Durchführung der Montageabnahme

Die Montageabnahme findet nach der Fertigstellung der Montage statt. Durch diese Abnahme kann der Monteur dokumentieren, dass die Montage entsprechend der Planung und den Vorschriften durchgeführt wurde. Protokollieren Sie deshalb die Ergebnisse der Montageabnahme. Das Protokoll kann dann an das Inbetriebnahmepersonal übergeben werden.

An dieser Stelle wird Ihnen gezeigt, wie Sie bei der Montageabnahme vorgehen und wie Sie die Ergebnisse dokumentieren. Führen Sie die Prüfung und die Dokumentation für jedes PROFINET-Segment einzeln durch. Vorlagen für die Dokumentation finden Sie im Anhang.



Es sollte beachtet werden, dass bei der PROFINET-Montageabnahme die Umgebungsbedingungen der Anlage mitberücksichtigt werden.

3.2 Abnahme der passiven Netzwerkkomponenten

Dieser Abschnitt bezieht sich auf die Abnahme der passiven Netzwerkkomponenten. Unter den passiven Netzwerkkomponenten versteht man jene, die zwar grundlegend an der Struktur des Netzwerkes, hier dem PROFINET, beteiligt sind, jedoch keine Auswertung oder Verarbeitung der Daten vornehmen, die auf diesem Netzwerk übertragen werden.

Zu diesem Kapitel gehören unter anderem:

- Erdungsvorrichtung und Potentialausgleich
- Medien wie:
 - Lichtwellenleiter
 - Kupferverkabelung
- Steckverbinder
- Beschriftung der Kabel und Steckverbinder



Es ist erforderlich die Netzwerkkomponenten mit einer einfachen aber eindeutigen Beschriftung zu versehen.

Überprüfen Sie dies, da Ihnen eine gute Beschriftung bei der späteren Fehlersuche die Arbeit erleichtert.

Die folgenden Seiten beschreiben neben der Überprüfung der Erdung und der Definition des PROFINET-End-to-end-link die messtechnische Überprüfung der PROFINET-Kupfer- und LWL-Verkabelung.

3.2.1 Prüfung der PROFINET-Verkabelung

Dieser Abschnitt erläutert Ihnen die ersten Schritte zur Überprüfung der PROFINET-Verkabelung. Dabei wird zunächst auf die Definition des PROFINET-End-to-end-link eingegangen, gefolgt von der Sichtkontrolle der PROFINET Verkabelung.



Der Planungs-, Installations- und Inbetriebnahmeprozess von Ethernet-APL ist in der Ethernet-APL-Engineering-Richtlinie [APL2021] beschrieben. Weitere Informationen zur APL-Inbetriebnahme entnehmen Sie bitte aus diesem Dokument.

3.2.1.1 PROFINET-End-to-end-link

Der PROFINET-End-to-end-link definiert eine feste Übertragungsstrecke zwischen zwei Geräten (Netzwerkkomponente oder Automatisierungsgerät). Dabei handelt es sich um eine Verbindung zwischen zwei aktiven PROFINET-Komponenten. Der End-to-end-link selbst besteht dabei nur aus den rein passiven Komponenten. Abbildung 3-1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des End-to-end-links.

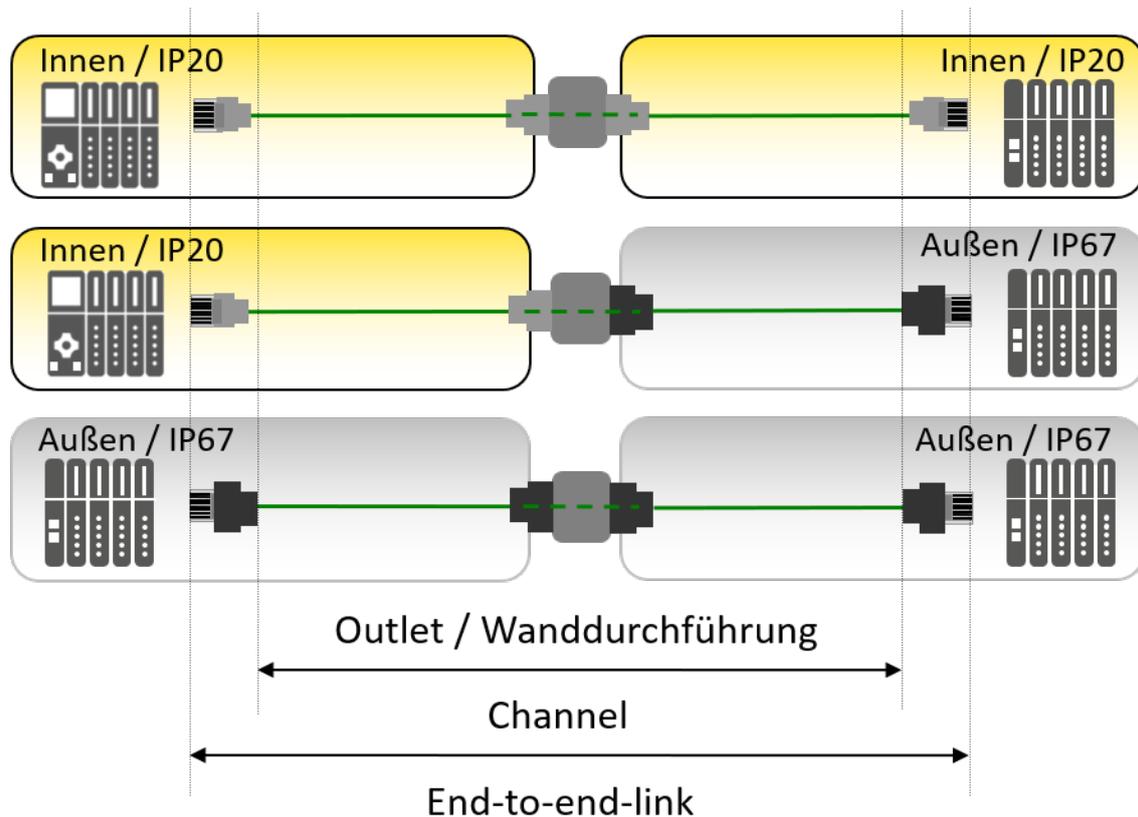


Abbildung 3-1: Channel / PROFINET-End-to-end-link

Bei der Verwendung von passiven Netzwerkkomponenten gemäß dem PROFINET-Komponentenansatz wird gewährleistet, dass diese Verbindungsstrecke die Voraussetzung für eine datentechnisch ordnungsgemäße Funktion erfüllt. Passive PROFINET-Komponenten sind vom mechanischen und übertragungstechnischen Aufbau optimal auf die Anforderungen in der Industrie und speziell für PROFINET konzipiert. Das wird durch die PROFINET-Herstellerklärung dokumentiert.



Der PROFINET-Channel ist Teil der Übertragungsstrecke, die als End-to-end-link definiert ist. Der End-to-end-link beinhaltet dabei, neben dem Channel auch sämtliche Steckverbinder und Übergänge der Strecke

Der Channel kann dabei aus unterschiedlichen Übertragungsmedien wie Kupfer oder Lichtwellenleitern bestehen.

Der PROFINET Komponentenansatz berücksichtigt alle Steckverbinderübergänge in der Übertragungsstrecke (PROFINET-End-to-end-link).

Der Komponentenansatz hat folgende Regeln zum Aufbau einer PROFINET Kupferverkabelung (PROFINET-End-to-end-link):

- Es werden ausschließlich PROFINET-Netzwerkkomponenten eingesetzt
- Es dürfen maximal 4 Steckverbinderpaare in einer Übertragungsstrecke vorhanden sein. Dies beinhaltet auch den ersten und letzten Steckverbinder der Strecke.
- Die Länge des End-to-end-link darf maximal 100 m betragen

Unter Einhaltung dieser Regeln ist sichergestellt, dass die datentechnischen Anforderungen an den PROFINET-End-to-end-link erfüllt werden. Eine Abnahmemessung des End-to-end-link bzw. der PROFINET-Verkabelung ist bei Nutzung des PROFINET-Komponentenansatzes nicht vorgeschrieben. Dies gilt jedoch nur dann, wenn bei der Installation ausschließlich PROFINET-Komponenten eingesetzt worden sind.



Wanddurchführungen und Kupplungen mit zwei Steckstellen werden generell als zwei Steckverbinderpaare gezählt. Ausgenommen sind Wanddurchführungen und Kupplungen, für die der Hersteller in der Herstellererklärung erklärt hat, dass diese die Performance einer einzelnen Steckstelle haben.

Eine zusätzliche Abnahmemessung ist darüber hinaus sinnvoll, wenn eine solche für eine PROFINET-Verkabelung zu Dokumentationszwecken gewünscht ist. Die Abnahme ist dann wie in diesem Dokument beschrieben durchzuführen.

Auch mit Durchführung der Abnahmemessung sind die Anforderungen entsprechend des PROFINET-Komponentenansatzes weiterhin zu erfüllen. Dies gilt vor allem deswegen, um während des Gesamtlebenszyklus der Automatisierungsanlage, z.B. beim Austausch einzelner PROFINET-Komponenten, die Funktionsfähigkeit der gesamten Anlage weiterhin sicher zu stellen.

Bei auftretenden Vibrationen ist als Kabeltyp das PROFINET-Kabel **Typ B** zu verwenden. Durch die geringe Vibrationsanfälligkeit ist dieses Kabel besonders für flexible Verlegungen geeignet.

Durchzuführende Abnahmemessungen

PROFINET verzichtet auf den Einsatz von Patchkabeln. Dadurch kann der PROFINET-End-To-end-link flexibel an die Applikation angepasst werden.

Messgeräte für die Abnahmemessung müssen folgende Grundkriterien erfüllen:

- Sie müssen zum einen die üblichen Anforderungen der Verkabelungsnormen erfüllen (Class D nach IEC 11801). Zusätzlich muss der strengere Delay skew (20 ns pro Kanal) zwischen den Aderpaaren entsprechend PROFINET gemessen werden.
- Sie müssen für die Messung einer 2-paarigen Verkabelung geeignet sein und die dabei erforderliche Messgenauigkeit für eine 100 m lange Leitung erfüllen.
- Zur Aufnahme eines PROFINET-Steckverbinders geeignet sein

Um diese spezielle Messung durchführen zu können, benötigen Sie einen Abnahmeprüfer (Certification), wie er in Kapitel 2.1.3 vorgestellt wird

Bei den Messverfahren zur Verifizierung des PROFINET-End-to-end-link gibt es zwei Messansätze.

1. Der erste Ansatz beschreibt die der Normung entsprechende Messung des „End-to-end-link“. Hierbei wird der erste und letzte Steckverbinder des End-to-end-links mit speziellen Rechenverfahren im Messgerät ausgeblendet und parallel zur End-to-End-link Messung separat die Performance des ersten und letzten Steckverbinders bewertet. In diesem Fall wird das PROFINET-Kabel direkt an das Messgerät angeschlossen.
2. Der zweite Ansatz beschreibt die Messung des PROFINET-End-to-end-link bei dem mit speziellen Messschnüren/Adaptern der erste und letzte Steckverbinder mit in die Funktionsprüfung einbezogen wird. In diesem Fall werden zusätzliche Messfasern verwendet.

Das Prinzip wird in Abbildung 3-2 dargestellt.

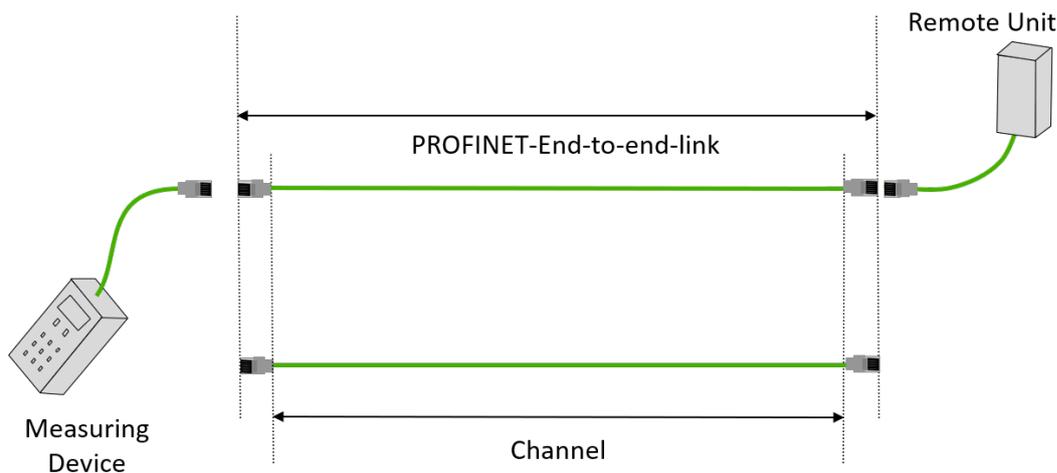


Abbildung 3-2: PROFINET-End-to-end-link

Beim zweiten Verfahren wird bewusst eine etwas erhöhte Anforderung in Kauf genommen um den PROFINET-End-to-end-link prüfen zu können.



Beachten Sie, dass nicht alle Messgeräte die Abnahmemessung des PROFINET End-to-End-links unterstützen.



Wie erwähnt kann es, notwendig sein (abhängig vom eingesetzten Messgerät), spezielle Messadapter oder Mess-Schnüre einzusetzen. Bitte informieren Sie sich hierzu beim Messgerätehersteller.



Achten Sie bei der Installation von Komponenten weiterhin auf eine Herstellererklärung, die Ihnen die Einhaltung des PROFINET-Komponentenansatzes sichert. Eine Auflistung dieser Komponenten ist auf der Internetseite der PNO zu ersehen.

www.profinet.com



Beachten Sie, dass die allgemeine Definition des End-to-End-links auch für die LWL-Verkabelung gilt, auch wenn hier andere Bedingungen gelten. Hier

ist die End-to-End-link Performance in erster Linie über die maximal zulässige End-to-End-link-Dämpfung zu erfüllen.

Bedingt ist dies aufgrund der elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Lichtwellenleiter.

Die messtechnischen Unterschiede werden in den folgenden Kapiteln näher beleuchtet.

3.2.1.2 Sichtkontrolle der Verkabelung

Die Sichtkontrolle sollte immer vor anderen Prüfungen stattfinden. Die Sichtprüfung ermöglicht Ihnen den Nachweis, dass die Installation entsprechend den Installationsrichtlinien durchgeführt wurde. So können in dieser Phase Fehler wie:

- mechanisch beschädigte PROFINET-Kabel
- Kabel mit Biegeradien die kleiner sind, als für das Kabel zulässig
- nicht eingehaltene Mindestabstände
- defekte Steckverbindungen
- fehlende Beschriftung von Steckverbindern und Leitungen
- und eventuelle weitere Fehler

erkannt werden.

Tabelle 3-1 listet Ihnen eine Reihe von Punkten auf, die während einer Sichtkontrolle geprüft werden sollten. Diese Prüfpunkte sind anzuwenden auf:

- PROFINET Twisted-Pair und
- PROFINET Lichtwellenleiter

Tabelle 3-1: Checkliste für die visuelle Inspektion von PROFINET Installationen

Schritt	Maßnahme
1.	Kabel gemäß Plan verlegt?
2.	Kabel-Typ entspricht der Planung?
3.	Maximal 100 m eingehalten? (z.B. durch auf dem Kabel aufgedruckte Meterangabe, sonst Prüfung über Abnahmemessung)
4.	Maximale Anzahl an Steckverbinderpaaren im End-to-End-link eingehalten?
5.	Steckverbinder entsprechend der Planung verwendet (RJ45, M12,...)?
6.	Minimale Kabelabstände eingehalten oder ggf. metallische Trennstege eingefügt?
7.	PROFINET-Kabel unbeschädigt?
8.	Biegeradien eingehalten?
9.	Kabelkreuzungen rechtwinkelig ausgeführt?
10.	Scharfe Kanten an der Kabelbahn entfernt oder abgedeckt?
11.	Keine Knicke in den Leitungen?
12.	Vorkehrungen gegen mechanische Beschädigungen an kritischen Punkten getroffen? (z.B. Wanddurchführungen)
13.	Zugentlastungen eingebaut und angezogen?
14.	Kabelparameter überprüft?
15.	Schutzkappen für Stecker und Verbindungen vorhanden?
16.	Potentialausgleich gemäß den gültigen Vorschriften hergestellt?
17.	Kabelschirm an den PROFINET-Stationen aufgelegt und mit dem Potentialausgleich verbunden?
18.	Kabelschirm am Schrankeintritt mit dem Potentialausgleich verbunden?
19.	Kabelbahnen mit dem Potentialausgleich verbunden?

20.	Topologie eingehalten?
21.	Beschriftungen und Markierungen an den Leitungen durchgeführt?
22.	Freier Ethernet-Anschluss für den Anschluss zur Diagnose vorhanden?
23.	Wurde der Unterverteiler in Übereinstimmung mit dem Strukturplan verdrahtet? (Korrekte Zuordnung von 24 V / 230 V und ggf. anderen Versorgungsspannungen)
Zusätzlich beim Einsatz von PROFIsafe Installationen	
24	Sind alle Geräte am Bus nach IEC 61010 zertifiziert (in der EU: CE-Zeichen)?
25	Besitzen alle PROFIsafe-Geräte am Bus eine PROFINET- und PROFIsafe Zertifizierung?

Die Schritte 3, 6, 9, 16 und 17 können für Lichtwellenleiterstrecken übersprungen werden.

Die Schritte 24 und 25 sind in Anlagen mit PROFIsafe-Anforderungen auszuführen. Im Anhang wird Ihnen eine Checkliste zur Verfügung gestellt, die Sie für die Sichtprüfung verwenden können.

3.2.2 Prüfung der PROFINET Kupfer-Verkabelung

Dieser Teil der Montageabnahme ist die Überprüfung der elektrischen Funktionen des PROFINET-Kupferkabels. Benutzen Sie dafür einen standardisierten Leitungstester, vorzugsweise mit automatischer Dokumentation der Messergebnisse durch das Gerät.

Dokumentieren Sie, wie bei der Sichtprüfung, die Ergebnisse der Messungen, sofern das Gerät über keine automatische Dokumentationsfunktion verfügt. Als Vorlage steht Ihnen im Anhang ein Montageabnahmeprotokoll zur Verfügung. Das Montageabnahmeprotokoll können Sie dann an das Inbetriebnahmepersonal übergeben.



Bitte beachten Sie bei vorkonfektionierten PROFINET-Kupferkabeln, dass eine Abnahmemessung nicht zwingend erforderlich ist. Zur Vollständigkeit der Abnahmemessung und zur Dokumentation sollten diese aber in die Abnahme mit einbezogen werden, da diese bei späterer Fehlersuche und Diagnose am Netzwerk hilfreich sein könnten.

Einige Hersteller der Leitungstester bieten zu ihren Geräten auch eine Software an, mit der Sie aus den Messergebnissen mit Hilfe eines PCs automatisch ein Protokoll erstellen können. Falls Ihnen diese Möglichkeit zur Verfügung steht, erleichtert Ihnen dies die Arbeit wesentlich.

Tabelle 3-2 stellt Ihnen eine Checkliste zur Verfügung, in der die durchzuführenden Messungen beschrieben sind.



Die Leitungstester sind im Allgemeinen nicht für den Gebrauch in explosionsgefährdeten Anlagen geeignet.

Tabelle 3-2: Checkliste für die Prüfung der PROFINET-Kupfer-Verkabelung

1.	Sichtprüfung der Verkabelung
	<ul style="list-style-type: none">- Wie in Kapitel 3.2.1.2 beschrieben.- Maximale Anzahl der Steckverbinder eingehalten?- etc.
2.	Leitungsprüfung für die Kupferverkabelung
	<p>Verwenden Sie hierzu eine einfachen Leitungstester wie in Kapitel 2.1 beschrieben!</p> <p>Die Hauptkriterien zur Beurteilung der Verkabelung sind:</p> <ul style="list-style-type: none">- Liegt kein Kurzschluss zwischen Adern vor?- Besteht kein Kurzschluss zwischen einzelnen Adern und Schirm?- Liegt keine Aderunterbrechung vor?- Ist der Schirm durchgängig verbunden?- Ist keine Paarauftrennung erfolgt?



3.	Abnahmemessung für Kupferverkabelung 100 Mbit/s Ethernet (optional)
	<p>Verwenden Sie hierzu einen Abnahmetester wie in Kapitel 2.1 beschrieben!</p> <p>Für diese Messung werden Messgeräte mit erweitertem Funktionsumfang benötigt, die in der Regel nicht durch „einfache“ Leitungstester oder Funktionstester zur Verfügung gestellt werden. Hierbei kann es sich zum Beispiel um die Beurteilung von:</p> <ul style="list-style-type: none">- Kabellänge (liegt diese unter 100 m)- Nah- und Fernnebensprechen- zulässigen Dämpfungswerten?- Evtl. Reflexionen auf der Verbindung <p>handeln.</p>
4..	Abnahmemessung für Kupferverkabelung 10 Mbit/s Ethernet APL (optional)
	<p>Für diese Messung werden Messgeräte für die Messung der Ethernet-APL-Verkabelung benötigt. Die zu Gendel liegenden Kabelparameter finden sich in der Ethernet Port Profile Spezifikation [APS2021]</p> <ul style="list-style-type: none">- Kabellänge für Spurs ≤ 200 m für Kabelkategorie IV. Bei anderen Kabelkategorien geringer- Die Kabellänge für einen gespeisten Trunk ist abhängig von der Anzahl der Komponenten auf dem APL-Segment und deren Leistungsaufnahme sowie vom Kabelquerschnitt Siehe [APL2021].- Weitere Messungen gemäß der Kabelparameter in [APS2021]

Beschreibung der Schritte:

1. Sichtprüfung der Verkabelung

Hierbei handelt es sich in erster Linie um die in Kapitel 3.2.1.2 aufgeführten Punkte zur ersten Beurteilung einer bereits durchgeführten Montage von Kupfer- und Lichtwellenleitern. Diese geben ein erstes Indiz auf ein korrektes Funktionieren der PROFINET-Verkabelungsstruktur.

2. Einfache Leitungsprüfung für Kupferverkabelung

Die Tests beschränken sich auf einfache Messungen die die physikalische Struktur der Adern, Mantel und Schirmung betreffen.

In der Regel werden diese Tests mit einfachen Leitungstestern durchgeführt. Die Funktionen dieser Geräte beschränken sich dabei auf die bereits in Kapitel 2.1 vorgestellten Prüfverfahren. Vorteil dieser Messung ist, dass erste mögliche Fehlerquellen, mit preiswerten Mitteln, ausgeschlossen werden können.

3. Erweiterte Abnahmemessungen für Kupferverkabelung

Diese Messung gilt als Erweiterung der einfachen Leitungsprüfung der PROFINET-Verkabelung. Bei diesen Überprüfungen handelt es sich zumeist um komplexe Messaufgaben, die von einfachen Leitungstestern nicht durchgeführt werden können. Zum Beispiel handelt es sich um Auswertung von Reflexionen oder Dämpfung.



Spezielle Eigenschaften der Kupferverkabelung, wie Flammwidrigkeit oder die Möglichkeit der Vorort-Montage können die maximale Kabellänge einer Kupferverbindung herabsetzen.

Prüfen Sie hierzu die Herstellerangaben der verwendeten Verkabelung.

3.2.3 Prüfung der PROFINET-Lichtwellenleiter

Dass über eine Lichtwellenleiterstrecke gesendete Signal wird durch Steckverbinder, Verbindungsstellen aber auch durch den Lichtwellenleiter selbst abgeschwächt. Man spricht hier von der Signaldämpfung. Wie stark das Signal gedämpft wird, lässt sich durch eine Messung nach der Fertigstellung der Signalübertragungsstrecke feststellen. Außerdem können Sie dadurch feststellen, ob der Lichtwellenleiter bei der Verlegung beschädigt wurde. Als Messverfahren kommen hier die in Kapitel 2 beschriebenen Verfahren der Dämpfungsmessung zum Einsatz.

Die richtige Bedienung der dafür notwendigen Geräte und die Bewertung der Messergebnisse erfordern ein spezielles Fachwissen. Wenn Sie nur selten mit Lichtwellenleiter arbeiten, sollten Sie deshalb ein Fachunternehmen mit einer entsprechenden Qualifikation mit den Messungen beauftragen. Falls Sie doch beabsichtigen entsprechende Messgeräte zu beschaffen, lassen Sie sich bitte von den Herstellern der Messgeräte über die notwendige Ausstattung beraten.

3.2.3.1 Messergebnisse Dämpfungsmessung

Hat ein Fachunternehmen die Messungen für Sie durchgeführt, werden Sie von dem Fachunternehmen ein Messprotokoll erhalten. Im Messprotokoll werden Sie einen Messwert finden, der Ihnen zeigt, wie groß die Signaldämpfung der Übertragungsstrecke ist. Die Angabe erfolgt in der Einheit dB. Der angegebene Messwert muss auf jeden Fall kleiner sein, als die maximal zulässige Dämpfung des End-to-End-links, wie in Kapitel 2.2.1 Dämpfungsmessung für Lichtwellenleiter beschrieben.

3.2.3.2 Messergebnisse OTDR-Messung

Das Diagramm einer OTDR-Messung erlaubt, wie bereits in Kapitel 2.2.2 erläutert, neben der Darstellung der Gesamtdämpfung einer Strecke eine Beurteilung der Dämpfungsbeiträge der einzelnen Komponenten wie Faser Stecker und Spleiße. Diese Detaillierung erleichtert die Fehlersuche. Es empfiehlt sich, das OTDR-Diagramm der Abnahmemessung zu archivieren. So lassen sich bei späteren Nachmessungen durch einfachen Vergleich Veränderungen feststellen und lokalisieren.



Die gemessene Streckendämpfung darf die maximal erlaubte PROFINET-LWL-End-to-end-link-Dämpfung nach Tabelle 2-1 nicht überschreiten.

3.2.3.3 Vorgehen bei der Messung von Lichtwellenleitern

Ähnlich der Abnahme der Kupferverkabelung listet dieses Kapitel Ihnen nochmals die wichtigsten Kriterien zur Beurteilung der Messergebnisse auf.

Die Ergebnisse der Messungen, sollten Sie dokumentieren, da diese zu späteren Zeitpunkten bei der Fehlersuche als Referenzquelle dienen können. Auch hier kann das im Anhang befindliche Montageabnahmeprotokoll genutzt werden, welches im Anschluss an das Inbetriebnahmepersonal übergeben werden sollte.



Auch hier gilt, dass bei vorkonfektionierten Lichtwellenleitern für PROFINET eine Abnahmemessung nicht zwingend erforderlich ist. Für die Dokumentation der Verkabelungsstruktur ist sie aber von Vorteil, da hier von vornherein mögliche Fehlerquellen ausgeschlossen werden können und Referenzwerte für spätere Vergleichsmessungen bestehen.

Tabelle 3-3 stellt Ihnen eine Checkliste zur Verfügung, in der die durchzuführenden Messungen beschrieben sind.

Tabelle 3-3: Checkliste für die Abnahme der PROFINET-LWL-Verkabelung

1.	Sichtprüfung der Verkabelung
	<ul style="list-style-type: none">- Wie in Kapitel 3.2.1.2 beschrieben.
2.	Dämpfungsmessung für Lichtwellenleiter
	<p>Verwenden Sie hierzu ein einfaches Messgerät zur Bestimmung der Einfügedämpfung wie in Kapitel 2.2.1 beschrieben.</p> <p>Die gemessene Streckendämpfung darf die maximal erlaubte PROFINET LWL-End-to-End-link-Dämpfung nach Tabelle 2-1 nicht überschreiten.</p>
3.	Erweiterte Funktionsmessung für Lichtwellenleiter (optional)
	<p>Wenn auch nicht zwingend erforderlich ist die Aufnahme weiterer Werte bei der Abnahme der PROFINET-Lichtwellenleiter-Verbindung sinnvoll:</p> <p>Daten, die hierbei aufgenommen werden sollten sind:</p> <ul style="list-style-type: none">- Leiterlänge- Entfernung der Übergänge (Stecker/Spleiße)- Dämpfungsbeiträge der Streckenabschnitte und Übergänge (LWL, Stecker/Spleiße)- etc.

Bei **Schritt 1** handelt es sich hier um die bereits erläuterte Sichtprüfung. Hier liegt das Augenmerk auf der sichtbaren Beschädigung der LWL-Verbindung.

Schritt 2 stellt hier die einfache empfohlene Dämpfungsmessung dar, die Sie mit relativ preiswerten Dämpfungsmessgeräten oder dem OTDR durchführen können.

Schritt 3 wiederum ist eine Erweiterung, die ein OTDR erfordert. Dieser Schritt sollte vor allem dann durchgeführt werden, wenn gegenüber Schritt 2 eine detailliertere Streckenanalyse benötigt wird. Die Dämpfung die durch die verschiedenen PROFINET Lichtwellenleiter hängt vom verwendeten Fasertyp ab. Tabelle 2-1 zeigt die bei PROFINET verwendeten Fasertypen und die zulässigen Grenzwerte für die PROFINET-End-to-end-link-Dämpfung in Abhängigkeit von der Betriebswellenlänge.



Welche Dämpfung die von Ihnen verwendete Faser hat entnehmen Sie bitte den Herstellerangaben.



Die Dämpfung einer LWL-Steckverbindung kann je nach Qualität der Stecker montage variieren. Bedenken Sie, dass jeder Steckverbinder auf Grund seiner unvermeidlichen Dämpfung die maximal zulässige Länge einer LWL-Verbindung herabsetzt.



Bitte beachten Sie die die vergleichsweise hohe Dämpfung von POF-Fasern. In Kombination mit mehreren Steckverbindern setzt dies die maximal überbrückbare Entfernung herab. Berücksichtigen Sie dies bei der Abnahme.

3.3 Überprüfung der aktiven Netzwerkkomponenten

Dieser Abschnitt bezieht sich auf die Abnahme der aktiven Netzkomponenten. Aktive Netzwerkkomponenten sind jene, die in die Struktur des Netzwerkes integriert sind. Diese nehmen Auswertungen oder Verarbeitungen des aufkommenden Datenverkehrs vor. In erster Linie betrifft dies Geräte wie Router, Switches aber auch die Operator Konsole oder den Controller.

Beachten Sie bei der Durchführung der Sichtprüfung der aktiven Netzkomponenten folgende Punkte:

- Sind Diagnosemöglichkeit an den jeweiligen aktiven Netzwerkkomponenten (Switch, Router und Medienwandler) vorhanden?
- Verfügen die Geräte über die von Ihnen geplanten Funktionalitäten?
- Sind die Installationen der Geräte entsprechend der Richtlinien durchgeführt worden?
- Aktive Netzwerkkomponenten benötigen eine Spannungsversorgung. Stehen den Einbauorten entsprechende Spannungsversorgungen zur Verfügung?
- Sind alle benötigten Protokolle auf der aktiven Komponente aktiviert (z.B. LLDP (Link Layer Discovery Protokoll zur Nachbarschaftskommunikation in Linientopologien)?



Darüber hinaus sind nur PROFIsafe-Geräte zu verwenden, die über eine PROFIsafe- und PROFINET-Zertifizierung verfügen.

4 Inbetriebnahme PROFINET

Nach der Montageabnahme gemäß Kapitel 3, kann das PROFINET Netzwerk nun in Betrieb genommen werden.



Zur Durchführung der Inbetriebnahme, muss eine Montageabnahme gemäß Kapitel 3 durchgeführt worden sein.

Entsprechende Unterlagen bzw. Protokolle sollten Ihnen nun vorliegen.



Der Planungs-, Installations- und Inbetriebnahmeprozess von Ethernet-APL ist in der Ethernet-APL-Engineering-Richtlinie [APL2021] beschrieben. Weitere Informationen zur APL-Inbetriebnahme finden Sie in diesem Dokument.

4.1 Sichtprüfung und Abnahmemessung

Nach Abschluss der Montageabnahme sollten Ihnen die Abnahmeprotokolle zur Verfügung stehen. Stellen Sie vor der Inbetriebnahme mit Hilfe der Abnahmeprotokolle sicher, dass die Montage entsprechend den PROFINET-Richtlinien durchgeführt worden ist.

In der Regel sollten Ihnen diese Daten nach durchgeführter Abnahmemessung entsprechend des Kapitels 3 vorliegen.



Wurden von Ihnen Installationsfehler entdeckt oder sind Ihre Unterlagen zur Abnahme nicht vollständig, setzen Sie sich mit dem Montagepersonal in Verbindung. Dies hilft im Zweifelsfall Fehlerquellen bei der Inbetriebnahme des PROFINET-Netzwerkes zu minimieren.

4.2 Projektierung erstellen / Systemkonfiguration

Die Konfiguration von PROFINET-Geräten erfordert ein Engineering-Tool. Auf die Erstellung der Systemkonfiguration wird hier nicht näher eingegangen, da die Bedienung des Engineering-Tools bei den verschiedenen Herstellern unterschiedlich ist. An dieser Stelle werden lediglich grundlegende Punkte erläutert.

4.2.1 Gerätebeschreibungs-Dateien

PROFINET-Teilnehmer werden über Gerätebeschreibungs-Dateien in ein Projekt eingebunden. Dabei handelt es sich um eine standardisierte Dateiart, in der die Eigenschaften der PROFINET-I/O-Devices beschrieben werden. Die Gerätebeschreibungs-Datei für PROFINET wird im Allgemeinen mit „GSD-Datei“ abgekürzt, die mit der Sprache GSDML beschrieben wird. GSD steht dabei für „General Station Description“, die Erweiterung ML (Markup Language) deutet auf die Nutzung von XML hin.

Die GSD-Datei für ein Gerät enthält standardisierte Informationen über dessen Eigenschaften.

Es ist wichtig, dass die richtigen GSD-Dateien in Ihrem PROFINET-System verwendet werden. Jedes PROFINET-Gerät hat eine individuelle Geräteerkennung (ID). Die Geräteerkennung wird vom Hersteller vergeben und ist zusammen mit der von der PROFIBUS Nutzerorganisation vergebenen Hersteller-ID weltweit einmalig für jeden Gerätetyp. Die GSD-Datei muss zur Geräteerkennung (Device-Ident-Number) des konfigurierten Gerätes passen. Die Device-Ident-Number ist 16 Bit breit. Diese Information kann aus der GSD-Datei ausgelesen werden. Das Namensschema einer GSD-Datei besteht aus mehreren Teilen z.B. Name des Geräteherstellers, Name der Gerätefamilie und Ausgabedatum.

Zum Beispiel:

„GSD-V2.2–Siemens–ET200S–20040720.xml“

Wenn Geräte verschiedener Hersteller verwendet werden, müssen die entsprechenden GSD-Dateien in das Engineering-Tool importiert werden.



Bitte beachten Sie die Anleitung zu Ihrem Engineering-Tool hinsichtlich des Importes der GSD-Dateien.

Die GSD-Dateien der verwendeten PROFINET-Teilnehmer sind von den Herstellern erhältlich.



Achten Sie bei der Verwendung der GSD-Dateien besonders darauf, dass die verwendete GSD-Datei-Version zur Version des PROFINET-Teilnehmers passt. Ansonsten ist es möglich, dass Ihnen einige Funktionalitäten nicht zur Verfügung stehen.

4.2.2 Adresseinstellungen

Dieser Abschnitt zeigt Ihnen welche Adressfestlegung Sie vornehmen müssen und was Sie dabei beachten sollten. Im folgenden Abschnitt wird die Adress- und Namensvergabe an einem Beispiel näher erläutert.



Die in der PROFINET-Planungsrichtlinie erläuterte Adressvergabe in PROFINET-Netzwerken wird hier nochmals zum besseren Verständnis aufgegriffen.

4.2.2.1 Namens- und IP-Adressvergabe in einer Automatisierungsanlage

In diesem Kapitel wird die IP-Adress-Vergabe einer PROFINET-Automatisierungsanlage beispielhaft erläutert. Als konkretes Beispiel dient hierzu die Automatisierungsanlage mit Ihren drei PROFINET-Segmenten, wie in der PROFINET-Planungsrichtlinie beschrieben. Während der Auslegung ist die Topologie und die Anzahl der PROFINET Devices für jedes Segment festgelegt worden. Das Ergebnis dieser Planung wurde folgendermaßen angenommen:

- **PROFINET Segment A**
 - Anzahl PROFINET Devices: 6; Baumtopologie; 3 Anlagenteile
- **PROFINET Segment B**
 - Anzahl PROFINET Devices: 6; Linientopologie, Anwendung: Förderband
- **PROFINET Segment C**
 - Anzahl PROFINET Devices: 6; Baumtopologie, 3 Anlagenteile

- Leitstation
 - Anzahl PROFINET Devices: 1 (PC); Sterntopologie

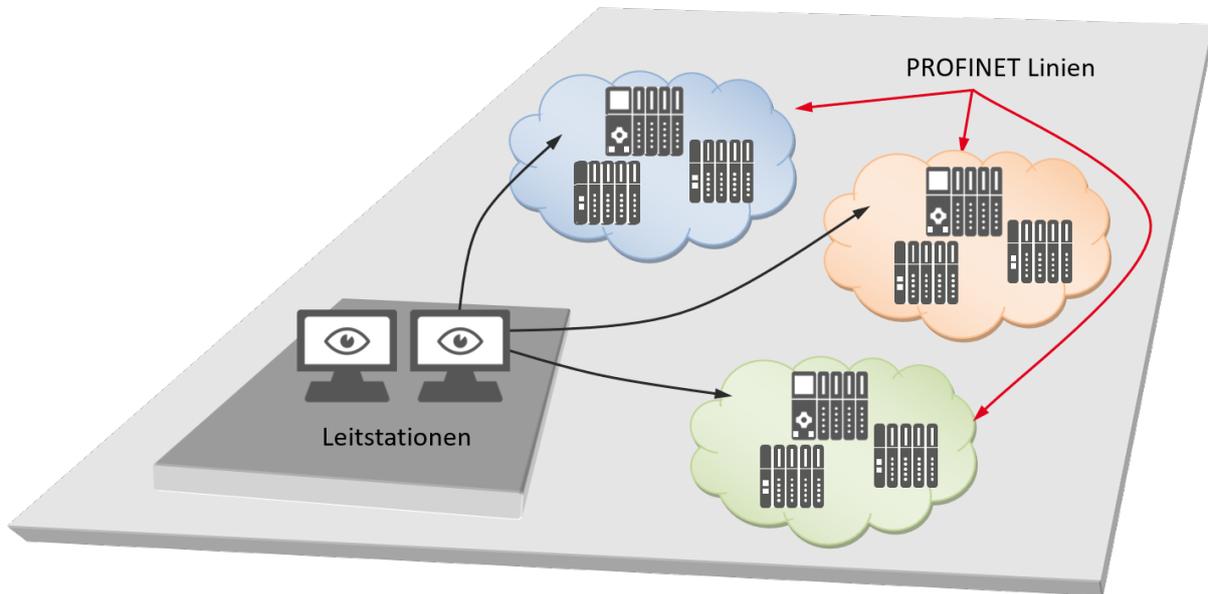


Abbildung 4-1: „Landkarte“ einer Automatisierungsanlage

Nach Zusammenfassung der Anforderungen ergibt sich folgende Anzahl für die erforderliche Anzahl an IP-Adressen je Segment.

Tabelle 4-1: Übersicht der Anzahl der Geräte (Beispielanlage)

Automatisierungsanlage „Beispiel“				
PROFINET Linie A				
Anzahl Switches	4	Anzahl Devices	6	Controller 1
PROFINET Linie B				
Anzahl Switches	0 (Linienstruktur)	Anzahl Devices	6	Controller 1
PROFINET Linie C				
Anzahl Switches	4	Anzahl Devices	6	Controller 1
Leitstation				
Anzahl Switches	1	Anzahl Devices	1	Controller 0

Wenn Sie eine große Anlage in Betrieb nehmen, sollten Sie eine Adress-Tabelle anlegen, in der die wichtigsten Informationen der PROFINET-Teilnehmer eingetragen werden. Damit

können Sie auch zu späteren Zeitpunkten gezielt fehlerhafte oder auszutauschende PROFINET-Teilnehmer finden.

Die Notation der in PROFINET-Netzwerken genutzten IPv4-Adresse besteht aus vier Dezimalzahlen, die jeweils zwischen 0 und 255 liegen und mit einem Punkt getrennt werden, wie zum Beispiel 192.168.2.10.

Mit Hilfe dieser Adresse dem Device-Namen und der unveränderlichen MAC-Adresse ist ein Netzwerkteilnehmer eindeutig zuzuordnen. Neben den IP-Adressen, die in öffentlichen Netzwerken genutzt werden, wie z.B. dem Internet, sind für die private bzw. den nicht öffentlichen Bereich fest definierte Adressbereiche reserviert. Die jeweils grüne Zahl der Adresse leitet sich aus der Anzahl der verfügbaren Netze ab, während die rote Zahl durch die Anzahl der Netzteilnehmer bestimmt wird (siehe folgende Tabelle).

Tabelle 4-2: Private IPv4-Adressbereiche

Anzahl Netze	Klasse	Adressbereich	Netzmaske	Anzahl der Adressen
1	Class A	10.0.0.0 bis 10.255.255.255	255.0.0.0	1 · 16,8 Millionen
16	Class B	172.16.0.0 bis 172.31.255.255	255.255.0.0	16 · 65534
256	Class C	192.168.0.0 bis 192.168.255.255	255.255.255.0	256 · 254

Neben der IP-Adresse benötigt ein PROFINET Device eine Netzmaske um im PROFINET kommunizieren zu können. Die Notation dieser sogenannten Netzmaske entspricht der der IP-Adresse. Mit Hilfe diese Netzmaske, oder auch Subnetzmaske, wird ein Netzwerk in einzelne Bereiche aufgeteilt. Die gängigsten Subnetzmasken entsprechen den Netzmasken, wie in Tabelle 4-2 dargestellt.

Ein weiteres Verfahren um Netzwerke in kleinere logische Segmente zu unterteilen ermöglicht das „Subnetting“, bei dem die Netzmaske nach einem speziellen Verfahren geändert wird. Hiermit wird erreicht, dass innerhalb eines Netzwerkes keine direkte Kommunikation zwischen Netzwerkteilnehmern mehr möglich ist, solange diese nicht Teilnehmer desselben

„Subnetzes“ sind. Dies setzt folglich auch die Anzahl der Netzwerkteilnehmer in einem „Subnetz“ herab. Bei Bedarf kann durch Änderung der Subnetzmaske die Netzwerkgröße auch vergrößert werden.



In den meisten Fällen ist eine Adressierung mit Hilfe des privaten Class C Adressbereiches ausreichend. Für Fälle, in denen ein größerer Adressraum, als in Class C angebotenen, benötigt wird, kann durch Anpassung der Subnetzmaske die maximale Anzahl der Netzwerkteilnehmer vergrößert werden. Dieses sollte nur in Abstimmung mit dem Planungsverantwortlichen durchgeführt werden.



Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, können Sie einzelne Anlagenteile in unterschiedliche IP-Adressbereiche unterteilen.



Beachten Sie außerdem, dass in größeren Firmen die IP-Adressen meist bei der für die Firmennetzwerke zuständigen Abteilung des Unternehmens vergeben werden.

Mit Hilfe dieser Adressen kann eine Adressierung der einzelnen Anlagenteile vorgenommen werden. Für spätere Erweiterungen sollte eine Adressreserve mit eingeplant werden. Für die oben genannte Anlage könnte das Adressierungsschema wie folgt aussehen.

1. Jedes Segment erhält einen Adressbereich

Leitstation:	192.168.1.xxx
Segment A:	192.168.2.xxx
Segment B:	192.168.3.xxx usw.

2. Die einzelnen Gerätetypen eines Segments werden in verschiedene Adressräume gelegt:

PN Controller / „Segment A“:	192.168.2.1	bis	192.168.2.19
Switches:	192.168.2.20	bis	192.168.2.49
PN Devices:	192.168.2.50	bis	192.168.2.199
Diagnose:	192.168.2.200	bis	192.168.2.254

Die Netzmaske entspricht hierbei dem Standard Class C Adressbereich. Mit Hilfe dieser Notation bietet sich beispielhaft für das PROFINET Segment A aus der oben genannten Beispielanlage folgende Adressvergabe an:

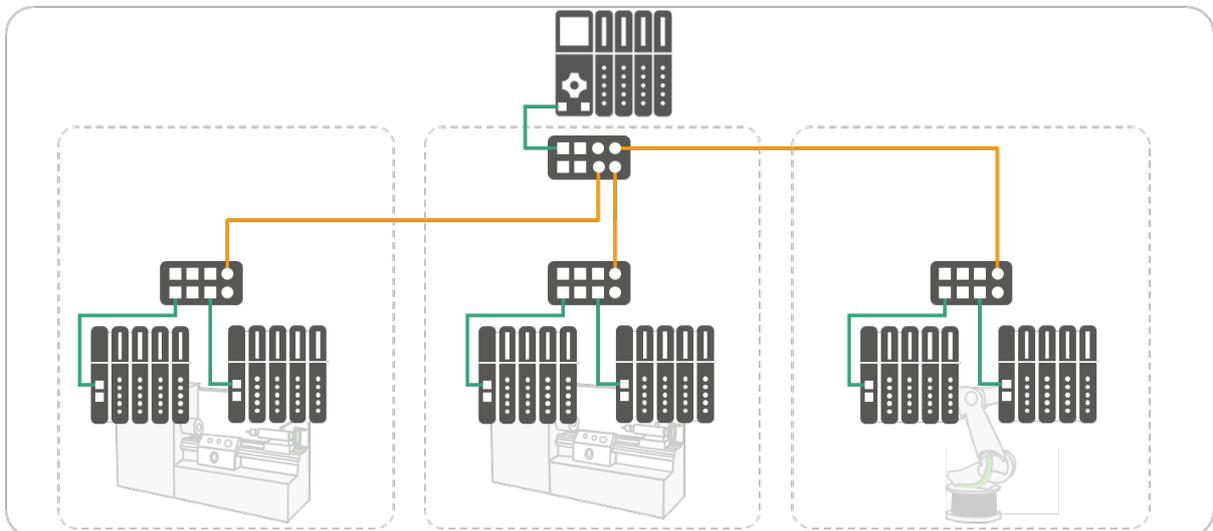


Abbildung 4-2: Aufbau Verkabelung Segment A

Tabelle 4-3: IP-Adressvergabe "Beispielanlage"

Typ	Bezeichnung	MAC-Adresse	Name	IP-Adresse
PN Controller	CPU.123.AB	08-B2-3C-D4-E5-6F	CONTROLLER1	192.168.2.1
Switch	Switch.AB1	08-13-AB-3D-A1-E7	SWITCH1	192.168.2.2 0
Switch	Switch.CD2	08-CC-AA-33-FF-D1	SWITCH2	192.168.2.2 1
Switch	Switch.EF3	08-57-AF-9C-A1-44	SWITCH3	192.168.2.2 2
Switch	Switch.GH3	08-28-EA-33-DF-21	SWITCH4	192.168.2.2 3
PN Device	EA.Gerät.V3	08-D7-66-6D-A6-4B	SEG1.DEV1	192.168.2.5 0
PN Device	Eco.IO.V3	08-A1-F4-D4-E5-6F	SEG1.DEV2	192.168.2.5 1
PN Device	K5.700.S	08-AA-33-3D-A6-A4	SEG1.DEV3	192.168.2.6 0
PN Device	EA.Gerät.V6	08-D7-69-6D-C2-4B	SEG1.DEV4	192.168.2.6 1
PN Device	EA.Gerät.98	08-A1-F5-A8-E5-56	SEG1.DEV5	192.168.2.7 0
PN Device	K5.750.SE	08-AA-33-3D-A1-F4	SEG1.DEV6	192.168.2.7 1

Eine Tabelle dient der Verbesserung der Übersicht über die Anlage, erleichtert Arbeiten und spart Zeit. Es ist Ihnen natürlich freigestellt, wie bzw. ob Sie eine Tabelle anlegen.



In diesem Beispiel erhielten die Switches, wie es bei den PROFINET Devices auch der Fall ist, eine IP-Adresse und einen PROFINET Device-Namen. Dies ist der Fall, falls der Switch zusätzlich in der Struktur des PROFINET projektiert wird.

Ebenso gibt es Switches, die keine IP-Adresse oder Device-Namen erhalten.

4.2.2.2 Gerätenamen

Bevor ein PROFINET Device von einem PROFINET Controller angesprochen werden kann, muss es einen Gerätenamen erhalten.

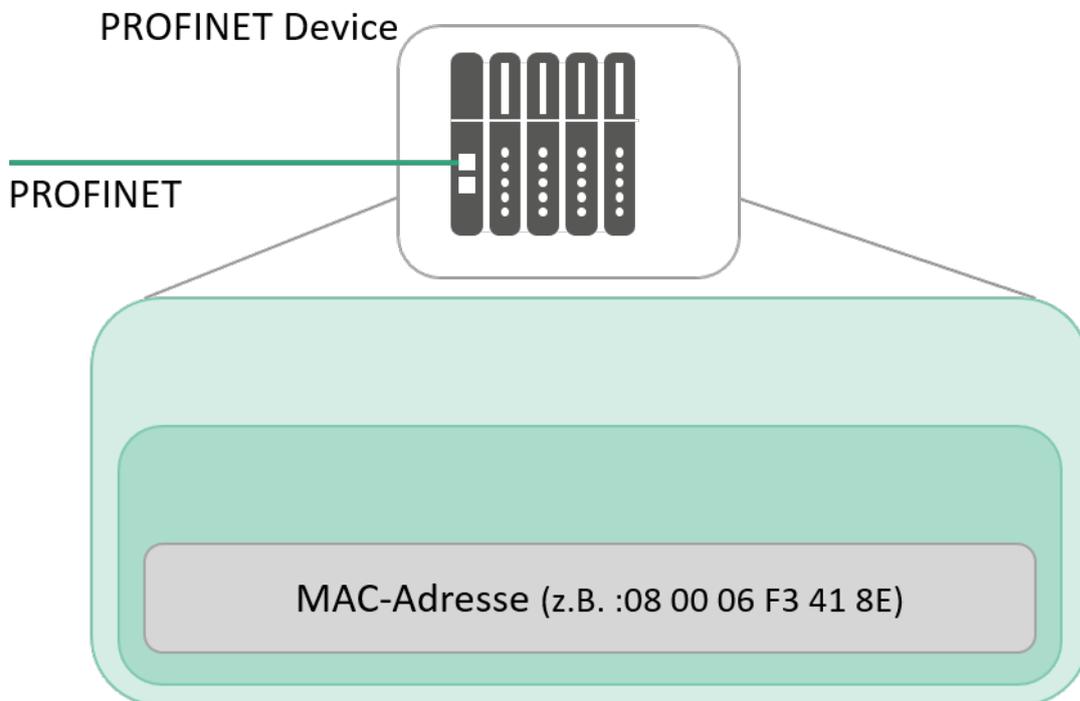


Abbildung 4-3: PROFINET Device (Auslieferungszustand)

Bei PROFINET ist diese Vorgehensweise gewählt worden, da Namen einfacher zu handhaben sind als die komplexeren IP-Adressen. Im Auslieferungszustand hat ein PROFINET Device keinen Gerätenamen, sondern verfügt nur über eine MAC-Adresse. Diese ist fest im Gerät gespeichert, weltweit eindeutig und kann in der Regel nicht verändert werden. Einige Hersteller verfügen über proprietäre Werkzeuge, um im Austauschfall dennoch eine MAC-Adresse ändern zu können. Bei vielen PROFINET-Geräten ist die MAC-Adresse auf dem Gehäuse oder dem Typschild vermerkt.

Erst nach der Zuweisung eines Gerätenamens ist ein PROFINET Device für einen PROFINET Controller adressierbar, zumeist für die azyklische Übertragung der Projektierungsdaten (u. a. die IP-Adresse) oder im Anlauf des PROFINET Device. Der zyklische Nutzdatenaustausch erfolgt lediglich durch die Adressierung per MAC-Adresse, wenn die Steuerung (Controller) und das Device im selben Subnetz sind.

Der Geräteiname muss vom Device nichtflüchtig gespeichert werden. Der Geräteiname kann alternativ, sofern vom PROFINET Device unterstützt, direkt auf ein Speichermedium geschrieben werden. Das Speichermedium wird dann in das PROFINET Device eingesetzt. Anschließend wird der Device-Name vom Speichermedium in das PROFINET Device kopiert.

Die Vergabe von Namen verschafft Ihnen einen besseren Überblick über die in Betrieb zunehmende Anlage. Verwenden Sie deshalb sinnvolle Namen für die einzelnen PROFINET Devices, die einen Rückschluss auf den Anlagenteil zulassen.

Die Übergabe des Gerätenamens an das PROFINET Device erfolgt bei der Inbetriebnahme der PROFINET Geräte.



Beachten sie, dass PROFINET nicht den kompletten Zeichensatz bei der Namensvergabe unterstützt. Dies gilt insbesondere bei Sonderzeichen.

4.2.2.3 Vergabe von IP-Adressen

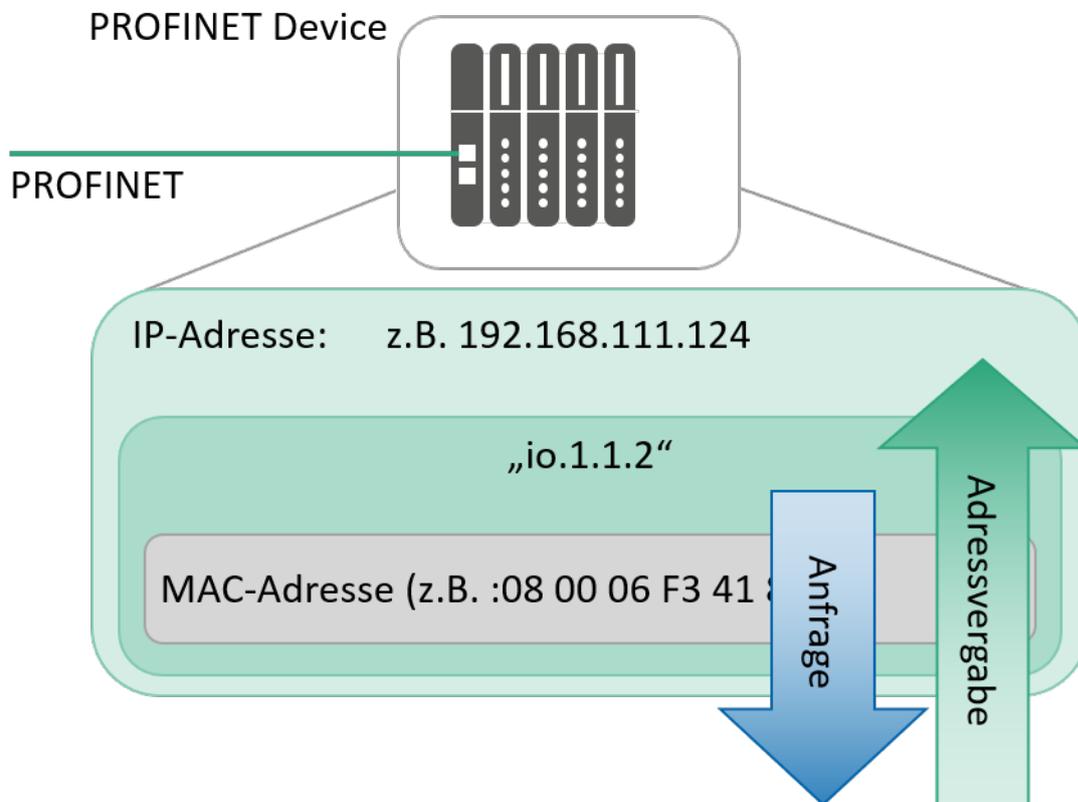


Abbildung 4-4: PROFINET Device (Adressvergabe)

Die IP-Adresse wird in der Konfiguration des PROFINET-Projektes eingestellt. In der Regel geschieht das automatisch. Dabei werden die IP-Adressen von einer Startadresse aufsteigend in der Reihenfolge des Einfügens der Geräte vergeben. Die IP-Adresse kann in der Regel jedoch auch durch die Projektierung der Anlage im Engineering-Tool fest vorgegeben werden. Die so festgelegte Adresse wird dann beim Start des PROFINET Controllers auf das PROFINET Device übertragen. Diese kann nicht flüchtig gespeichert werden.

Die Adressierung eines PROFINET DEVICE beinhaltet demnach insgesamt:

- **MAC-Adresse**, die im Gerät vorgegeben ist und in der Regel nicht veränderbar ist.
- **Device-Namen** der variabel gewählt werden kann, jedoch der Übersichtlichkeit entsprechend dem jeweiligen Anlagenteil entsprechen sollte.
- **IP-Adresse**, die ebenso variabel ist, jedoch einem festen Schema folgt und ähnlich dem Device-Namen entsprechen der zugeordneten Anlage gewählt werden sollte.



Doppelt vergebene Adressen führen zu Funktionsstörungen im PROFINET. Dabei sind in den meisten Fällen zwar Diagnosemöglichkeiten weiterhin möglich, aber es findet keine Datenkommunikation statt. Dieser Fehler wird in der Regel von Online-Engineering Oberflächen angezeigt.



Einige Systemansätze erlauben zudem den Austausch von MAC-Adressen in PROFINET Devices. Hier gilt derselbe Ansatz bezüglich der IP-Adressen. Stellen Sie die Einmaligkeit einer Adressierung sicher.

4.3 PROFINET Geräte in Betrieb nehmen

4.3.1 Geräte einschalten

Nachdem Sie den PROFINET Controller mit den PROFINET Devices konfiguriert haben, können Sie das PROFINET-Netzwerk in Betrieb nehmen.



In der Praxis ist es üblich getrennte Spannungsversorgungen für die PROFINET-Teilnehmer und deren Signalausgänge zu verwenden. Hierdurch wird ermöglicht, das PROFINET-Netzwerk in Betrieb zu nehmen ohne die Geräte, die an die Ausgänge angeschlossen sind, einzuschalten. Aus Sicherheitsgründen sollte die Spannungsversorgung für die Leistungsausgänge getrennt oder ausgeschaltet sein, wenn das PROFINET-Netzwerk in Betrieb genommen wird um, so ein ungewolltes Aktivieren von Aktuatoren zu verhindern.

Überprüfen Sie als erstes, ob alle PROFINET-Teilnehmer mit Spannung versorgt werden. Welche Versorgungsspannung der jeweilige PROFINET-Teilnehmer benötigt, entnehmen Sie bitte der Herstellerbeschreibung.



In diesem Zusammenhang sollten Sie auch eventuell vorhandene Anzeigen (z.B. LEDs) prüfen. Informationen zur Bedeutung der Anzeigen finden sie in der Herstellerbeschreibung des Geräts. Diese Anzeigen erlauben eine Prüfung, ob das Gerät betriebsbereit ist und eine Anbindung an das PROFINET-Netzwerk besteht.

Im nächsten Schritt wird nun das Engineering-Tool verwendet um zu überprüfen, ob alle PROFINET-Geräte über das PROFINET-Netzwerk erreichbar sind. Das Engineering-Tool muss über einen freien Port an einem Switch an das PROFINET-Netzwerk angeschlossen sein.

In der Regel bietet das Engineering-Tool eine entsprechende Möglichkeit in Form einer „Live list“ oder in Form einer Topologiedarstellung. Hier werden alle an das Netzwerk angeschlossenen PROFINET-Geräte angezeigt. Da die PROFINET-Geräte zu diesem Punkt noch keinen Gerätenamen und keine IP-Adresse zugewiesen bekommen haben, werden Ihnen zu diesem Zeitpunkt auch nur die MAC-Adresse und der Gerätetyp zum jeweiligen PROFINET-Gerät angezeigt.



In diesem Zusammenhang sollten Sie auch überprüfen, dass die benötigten Protokolle aktiviert sind. Dies gilt zum Beispiel für das in Linienstrukturen benötigte Link Layer Discovery Protokoll (LLDP).

4.3.2 Gerätenamen zuweisen

Als nächstes erfolgt die Zuweisung der Gerätenamen an die PROFINET Devices. Die Übergabe des Gerätenamens kann auf zwei Wegen erfolgen. Die Namensvergabe kann mittels eines Engineering-Tools durchgeführt werden, welches an das PROFINET-Netzwerk angeschlossen ist. Dazu wählen Sie das zu benennende PROFINET Device anhand der MAC-Adresse aus und übertragen anschließend den Gerätenamen vom PC an das PROFINET Device. Dies ist nur innerhalb eines Subnetzes möglich.

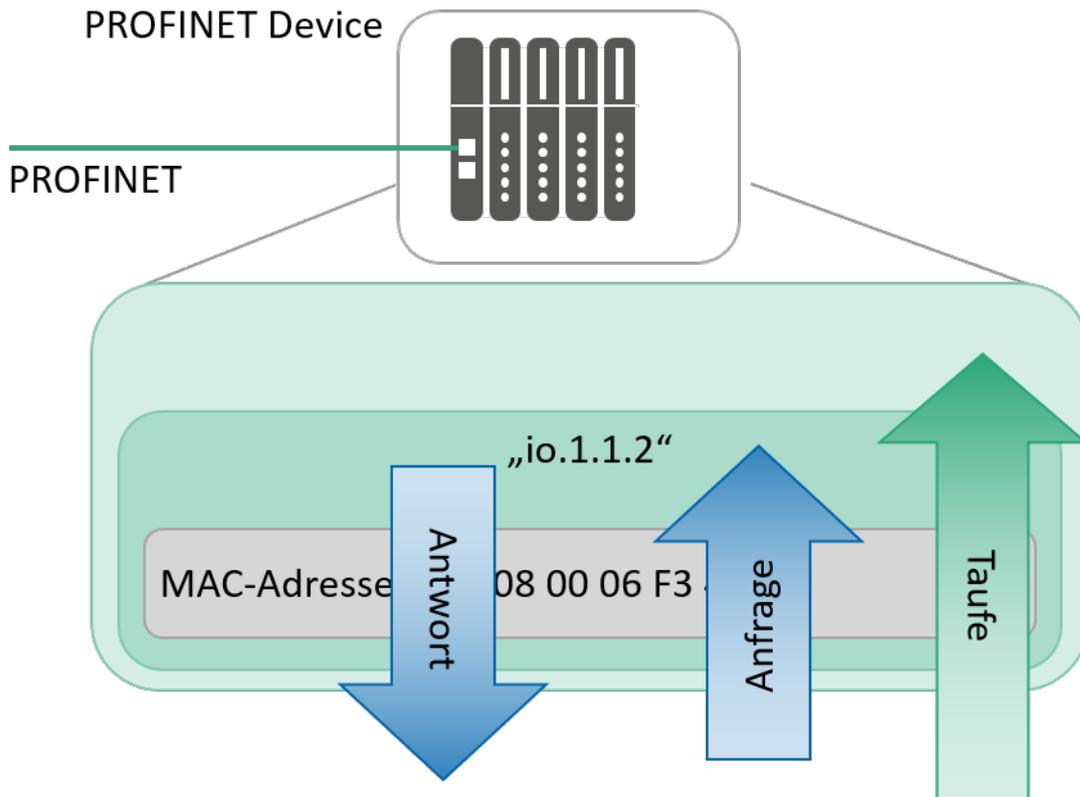


Abbildung 4-5: PROFINET Device („Devicenamensvergabe“)

Der Gerätename muss fest im Gerät gespeichert werden. Beim Austausch eines defekten Gerätes ist die Namensvergabe mit dem neuen Gerät erneut durchzuführen. Um diesen Arbeitsschritt einzusparen, bieten Hersteller Geräte mit einem Wechselmedium an. Hier sind die Geräteparameter auf einem austauschbaren Speichermodul gespeichert. Bei Austausch einer defekten Baugruppe wird das Speichermedium in die Ersatzbaugruppe gesteckt, und ist damit sofort wieder einsatzbereit.



Für den Fall des Gerätetauschs gibt es verschiedene Möglichkeiten der Aktualisierung der Adresdaten eines PROFINET Devices.

Nachdem die PROFINET-Geräte nun einen Namen erhalten haben prüfen Sie bitte erneut, zum Beispiel mit der Live list, ob alle PROFINET-Geräte erreichbar sind. Die Live list sollte nun neben der MAC-Adresse auch den Gerätenamen enthalten.



Mit dem Engineering-Tool können Sie die „Live list“ aktualisieren. Die „Live list“ sollte Ihnen nun alle erreichbaren PROFINET Devices mit Ihren Adressen und den zugeordneten Gerätenamen anzeigen.

Eine Vergabe des Gerätenamens an den PROFINET Controller ist im Regelfall nicht notwendig. Dieser erhält seinen Gerätenamen in der Regel direkt aus der Konfiguration.



Bestimmte Automatisierungssysteme unterstützen auch eine Topologie-basierte Namens- und Adressvergabe. In diesem Fall ist eine manuelle Konfiguration nicht erforderlich. Im Falle eines Gerätetausches erfolgt dann auch automatisch die Namens- und Adressvergabe des Ersatzgerätes.

4.3.3 Projektierung übertragen

Übertragen Sie nun die Projektierung mit Hilfe der Projektierungssoftware vom Engineering-Tool in den Controller. PROFINET Controller haben in der Regel verschiedene Betriebsmodi, z.B. **STOP** und **RUN**.



Hier gibt es herstellerspezifische Unterschiede zwischen den einzelnen Controllern. Lesen Sie deshalb unbedingt die Herstelleranweisung.

Nach der Initialisierung signalisieren die fehlerfreien PROFINET Devices Betriebsbereitschaft. Den Betriebszustand können Sie mit Hilfe des Engineering-Tools auslesen. Bei einigen PROFINET-Teilnehmern können Sie anhand von z.B. LEDs deren Zustand erkennen. Wenn der Controller sich im **RUN**-Modus befindet, sollten die PROFINET-Teilnehmer keine Kommunikationsfehler mehr anzeigen.

Falls Stationen in diesem Zustand Kommunikationsfehler anzeigen, sollten weitere Überprüfungen vorgenommen werden, z.B.:

- Device-Typ richtig eingestellt?
- Device Konfiguration OK / Device-Name richtig eingestellt?



Die Bedeutung der Anzeigen an den PROFINET-Teilnehmern entnehmen Sie bitte in der Beschreibung des Herstellers.

4.3.4 Firmware-Stände prüfen

Während der Planung ist für jeden Gerätetyp ein Firmware-Stand festgelegt worden. Die vorhandenen PROFINET-Geräte sollen nun auf die Ihre Firmware-Version hin überprüft werden.



Prüfen Sie die Firmware-Stände der PROFINET-Geräte dokumentieren Sie diese.

Bei Abweichungen zur Planung halten Sie Rücksprache mit dem Planungs-Verantwortlichen zur Bewertung der Abweichungen.

4.4 Projekt sichern

Sichern Sie die Projektierung nach der Fertigstellung auf einem passenden Datenträger (USB-Stick, CD-ROM, externe Festplatte, Speicherkarte o. ä.) und übergeben Sie eine Kopie des Datenträgers bei der Abnahme an den Kunden. Zusätzlich sollte eine Sicherungskopie an einem sicheren Ort aufbewahren. So stehen die Informationen auch in Zukunft, zum Beispiel bei Störungen oder der Wartung noch zur Verfügung.

5 Abnahme PROFINET

5.1 Schritte der PROFINET Abnahme

Die Abnahme ist in 4 Schritte unterteilt, wobei Schritt 1 und 2 Teil der Montageabnahme und Schritt 3 die Inbetriebnahme ist. Zu diesem Zeitpunkt sollten Schritte 1 bis 3 bereits abgeschlossen sein.

1. Sichtprüfung

Dies ist während der Montageabnahme gemäß Kapitel 3 durchgeführt worden. Kontrollieren Sie hier nochmals, dass keine Anlagenteile ausgelassen wurden.

2. Abnahmemessung der Verkabelung

Sind im Rahmen der Montageabnahme (Kapitel 3) Abnahmemessungen durchgeführt worden, sollten Ihnen die Messprotokolle vorliegen. Kontrollieren Sie in diesem Fall die Protokolle auf Vollständigkeit. Ist keine Abnahmemessung durchgeführt worden, dokumentieren Sie diesen Umstand.

3. Inbetriebnahme des PROFINET Netzwerkes

Während der Inbetriebnahme gemäß Kapitel 4 sind die PROFINET-Geräte parametrisiert und in Betrieb genommen worden. Ihnen sollten Informationen vorliegen betreffend:

- Vergebene Gerätenamen
- Vergebene IP-Adressen
- Firmware-Stände

4. Abnahme des Netzwerkes durchführen

Die Geräte sind in Betrieb genommen. Nun kann das Netzwerk auf korrekte Funktion hin überprüft werden. Im Rahmen dieser Abnahme sollte ein Abnahmeprotokoll erstellt werden.



Der Planungs-, Installations- und Inbetriebnahmeprozess von Ethernet-APL ist in der Ethernet-APL-Engineering-Richtlinie [APL2021] beschrieben. Weitere Informationen zur APL-Inbetriebnahme erhalten Sie in diesem Dokument.

5.2 Prüfung der PROFINET-Kommunikationsüberwachung

Die PROFINET-Kommunikationsüberwachung dient der Erkennung von Fehlern in der Kommunikation. In der Planung ist ein Wert für die Kommunikationsüberwachung definiert worden. Üblicherweise sollte diese auf Ihrem Standard-Wert von drei Kommunikationszyklen ohne gültige Daten als Auslöseschwelle belassen werden. (Beim dritten Kommunikationszyklus **ohne** gültige Daten wird ein Fehler in der Kommunikation angenommen).



Liegen Ihnen seitens der Planung keine expliziten Festlegungen zur PROFINET-Kommunikationsüberwachung vor, gehen Sie vom Standard-Wert von drei Kommunikationszyklen ohne gültige Daten als Auslöseschwelle aus.



Die Einstellung der Kommunikationsüberwachung kann je nach Hersteller unterschiedlich benannt sein. Beispielsweise:

- „Anzahl akzeptierter Aktualisierungszyklen mit fehlenden IO-Daten“
- „Anzahl Aktualisierungszyklen ohne IO-Daten“
- „Fehlerhafte Telegramme bis zum Verbindungsabbruch“



Prüfen Sie, beispielsweise im Engineering-Werkzeug, die Einstellung der PROFINET-Kommunikationsüberwachung in den Geräten und dokumentieren Sie die Ergebnisse.

Bei Abweichungen zur Planung halten Sie Rücksprache mit dem Planungs-Verantwortlichen zur Bewertung der Abweichungen.

5.3 Prüfung der Systemreserve bei LWL-Verkabelungen (POF)

Beim Einsatz von Polymerfaser (POF) kann die optische Systemreserve (Power-Budget) jeder einzelnen Verbindung ermittelt werden. Sie ist ein Maß für die auf der Strecke zwischen Sender und Empfänger verfügbare Lichtleistungsreserve zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebes und kann als Diagnosewert normalerweise ausgelesen werden. Der Wert der Systemreserve wird u.a. beeinflusst durch die Kabellänge, die Steckverbindungen sowie die Sende- und Empfangsleistung der Geräte.



Der gültige Messbereich für die Systemreserve liegt zwischen 0 und 6 dB.

Bei Werten unter 2,0 dB erfolgt die Ausgabe eines Diagnosealarms („Maintenance required“) durch das entsprechende Gerät.

Bei 0 dB erfolgt der Diagnosealarm „Maintenance demanded“

Die Kabellänge zwischen zwei Geräten kann bei POF-Verkabelung ebenfalls durch das Auslesen von Diagnosewerten ermittelt werden. Die maximal zulässige Länge für ein Verbindungskabel zwischen zwei Geräten (end-to-end link) beträgt 50 Meter. Bei dieser Kabellänge muss noch eine Systemreserve von mindestens 2 dB vorliegen.

Liegen Ihnen seitens der Planung keine expliziten Festlegungen als Vorgabe zur Systemreserve vor, gehen Sie von den Grenzwerten in Tabelle 5-1 aus.

Tabelle 5-1: Grenzwerte der Systemreserve in Lichtwellenleitern

Systemreserve	Bewertung
> 6 dB	<p>Der Wert liegt oberhalb des Messbereiches.</p> <p>Keine Handlung erforderlich.</p>
>2 dB bis 6 dB	<p>Der Wert liegt im gültigen Messbereich.</p> <p>Störungsfreie Kommunikation ist sichergestellt.</p> <p>Typische Werte für eine Verkabelung ohne weitere Steckverbindungen:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ 5 dB bei Kabellängen bis 30 m▪ 3,5 dB bei Kabellängen zwischen 30 m und 40 m▪ 2,5 dB bei Kabellängen zwischen 40 m und 50 m <p>Bei einer Abweichung von den genannten Wertebereichen wird eine Überprüfung der Kabel empfohlen (Prüfung auf zusätzliche Steckverbinder, Prüfung der Dämpfung).</p>

5.4 Abnahme des PROFINET-Netzwerkes

Nachdem alle Geräte in Betrieb genommen wurden, soll nun das PROFINET-Netzwerk auf seine Funktion hin überprüft werden.



Voraussetzung für die Abnahme des PROFINET-Netzwerkes ist die Montageabnahme, gemäß Kapitel 3, und Inbetriebnahme der PROFINET-Geräte gemäß Kapitel 4.3.

Entsprechende Unterlagen sollten Ihnen zu diesem Zeitpunkt vorliegen.

Die Abnahme teilt sich in mehrere Schritte, die im Folgenden erläutert sind.

5.4.1 Prüfung der Topologie

Die in der Planung getroffenen Festlegungen bezüglich der Topologie sollen nun auf Ihre korrekte Umsetzung hin überprüft werden.

Besonders die Einhaltung der maximalen Linientiefe sollte überprüft werden. Die Linientiefe ist die Anzahl aller **durchleitenden Geräte einer Kommunikationsstrecke**. Das sind z. B. Switches oder auch Devices mit integrierten Switches. Abbildung 5-1 zeigt ein Beispiel einer maximalen Linientiefe von 9.

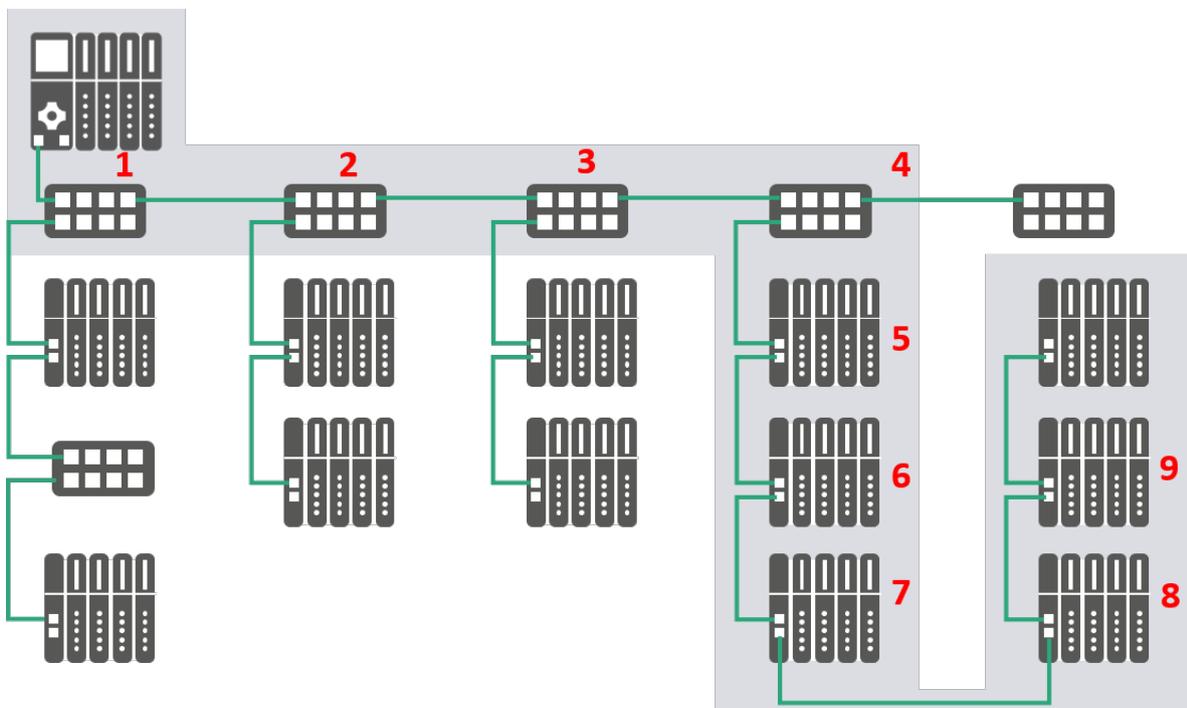


Abbildung 5-1: Beispiel einer maximalen Linientiefe von 9

Bei der Verwendung von „Store-and-Forward“ Switches, gelten die in Tabelle 5-2 angegebenen maximalen Linientiefen.

Tabelle 5-2: Maximale Linientiefe bei Verwendung von „Store-and-Forward“ Switches

Aktualisierungsrate	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms
Maximale Linientiefe	7	14	28	58

Für diese Linientiefen erreicht die Durchleitezeit durch die Linien-Topologie bei einer Worst-Case-Betrachtung die Größenordnung der Aktualisierungszeit.

Bei Der Verwendung von „Cut-Through“ Switches, gelten die in Tabelle 5-3 angegebenen maximalen Linientiefen.

Tabelle 5-3: Maximale Linientiefe bei Verwendung von „Cut-Through“ Switches

Aktualisierungsrate	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms
Maximale Linientiefe	64	100	100	100



Auch aus Gründen der Verfügbarkeit und Diagnostizierbarkeit wird empfohlen, Linientiefen von maximal 45 zu planen.

Dies stellt auch eine spätere Erweiterbarkeit unter Verwendung von Medienredundanz (MRP) sicher.



Gemischte Anordnungen aus „Store-and-Forward“ und „Cut-Through“ Switches sind möglich. In diesem Fall sollte von den Grenzwerten für „Store-and-Forward“ Switches ausgegangen werden.



Vergleichen Sie die vorhandene Topologie mit der geplanten Topologie. Prüfen Sie auch die Einhaltung der Grenzwerte der maximalen Linientiefe, gemäß Tabelle 5-2 und Tabelle 5-3.

Sofern Sie das Switching-Verfahren der verwendeten Switches nicht kennen, gehen sie von Store-and-Forward Switches aus.

Bei Abweichungen zur Planung oder Überschreitung der Grenzwerte, dokumentieren Sie diese und halten Rücksprache mit dem Planungs-Verantwortlichen zur Bewertung der Abweichungen.

Für Ethernet-APL ist eine zusätzliche Berechnung der Leitungstiefe erforderlich.

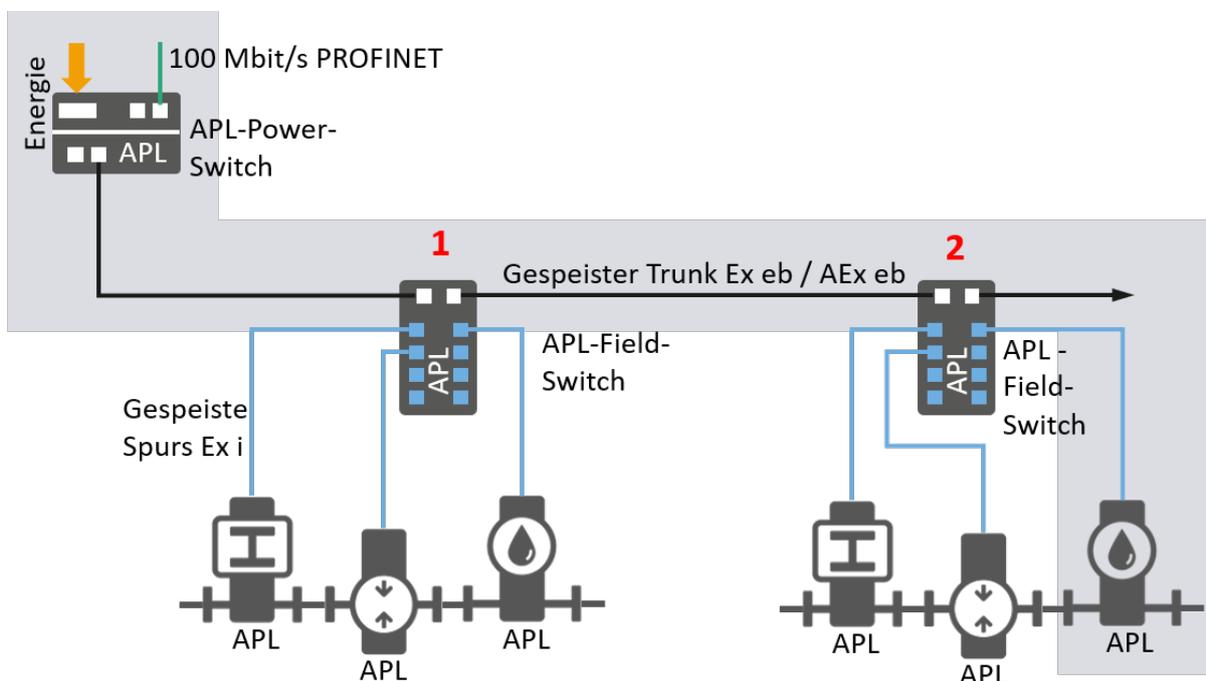


Abbildung 5-2: Linientiefe mit Ethernet-APL Trunk

Abbildung 5-2 zeigt eine gespeiste APL-Leitung. Für APL-Trunks muss die Leitungstiefe separat berechnet werden. Die Linientiefe für APL-Trunks wird berechnet, indem die Anzahl der Field-Switches zwischen dem am weitesten entfernten APL-Feldgerät und dem APL-Power-Switch gezählt wird. In diesem Beispiel beträgt die Linientiefe zwei.



Für PROFINET Installationen beträgt die maximale Linientiefe für gespeiste APL-Trunks eins. Dies ist eine vorläufige Angabe. Dieser Wert kann sich in Zukunft ändern.

5.4.2 Verworfen Pakete

Pakete können beispielsweise auf Grund von Störungen, Übertragungsfehlern oder durch Überlauf von Warteschlangen in den Switches vom Switch verworfen werden.

Es können Rückschlüsse gezogen werden aus:

- Der Anzahl verworfener Pakete im Betrachtungszeitraum
- einer Häufung von verworfenen Paketen in Teilen des Netzwerkes bzw. in einzelnen PROFINET-Geräten.

Im besten Fall sollten Sie alle Switch-Komponenten, auch die ggf. in die PROFINET-Geräte integrierten Switches, auslesen. Zumindest überprüft werden sollten Geräte auf voraussichtlich stark beanspruchten Kommunikationsstrecken. Abbildung 5-3 zeigt ein Beispiel für solch eine Kommunikationsstrecke.

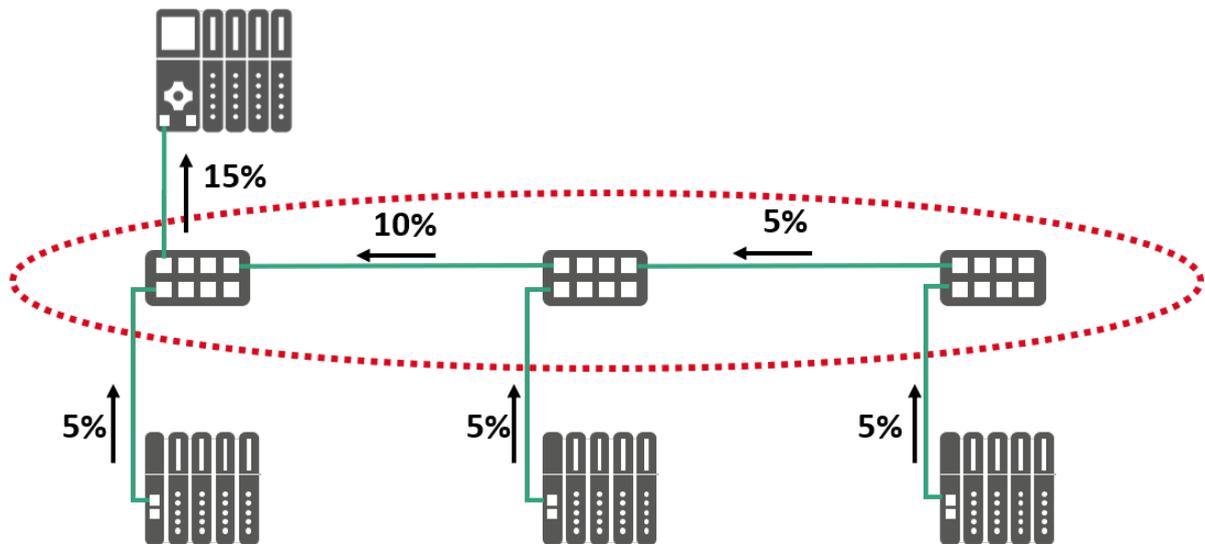


Abbildung 5-3: Beispiel einer meist beanspruchten Kommunikationsstrecke

In diesem Beispiel sollten zumindest die drei Switches (roter Kreis) ausgewertet werden.



Die Anzahl verworfener Pakete sind üblicherweise aus managed Switches bzw. aus PROFINET-Geräten auslesbar. Methoden hierzu sind in Kapitel 2.3 beschrieben.



Bestimmen Sie die Anzahl verworfener Pakete im Netzwerk. Der Betrachtungszeitraum sollte **60 Sekunden** betragen.

In dieser Zeit sollten **keine verlorenen Pakete** auftreten. Diese Angabe bezieht sich auf Übertragung mittels Kupferkabel oder Lichtwellenleiter.

Dokumentieren Sie die Ergebnisse und halten Sie bei Auffälligkeiten Rücksprache mit dem Planungs-Verantwortlichen zur Bewertung.

5.4.3 Netzlast

Abschließend soll die Netzlast im Betrieb des Netzwerkes festgestellt werden.

Diese ist an wichtigen Punkten des Netzwerkes zu bestimmen. Als wichtig gelten Kommunikationsknotenpunkte, bei der eine Konzentration der Datenströme zu erwarten ist. Üblicherweise ist dies die Netzwerkverbindung zum Controller, wie in Abbildung 5-4 beispielhaft dargestellt ist.

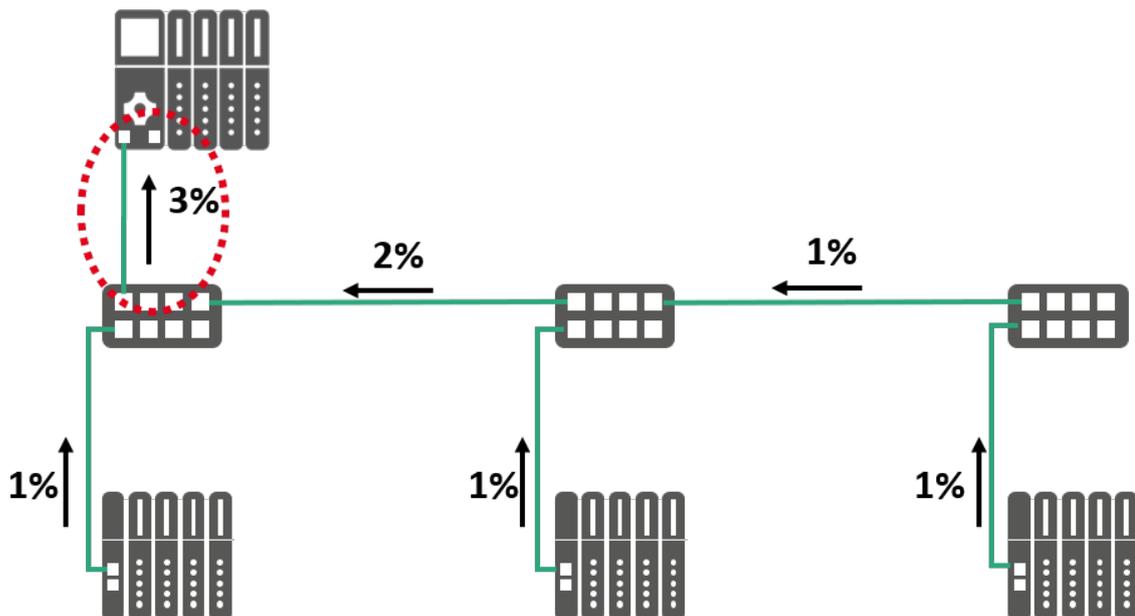


Abbildung 5-4: Wichtige Punkte zur Bestimmung der Netzlast

Bei Multi-Controller Anwendungen sollte vor jedem Controller gemessen werden.

Dokumentiert werden sollte mindestens der Maximalwert der Netzlast.

Tabelle 5-4 gibt Grenzwerte für die zyklische Echtzeitkommunikation an. Diese entsprechen den Vorgaben in der PROFINET Planungsrichtlinie.

Tabelle 5-4: Grenzwerte für Netzlast der zyklischen Echtzeit-Kommunikation

Netzlast	Empfehlung
<20%:	Keine Handlung erforderlich.
20...50%:	Es wird eine Überprüfung der geplanten Netzlast empfohlen.
>50%:	Es müssen Maßnahmen zur Verminderung der Netzlast ergriffen werden.

Im Gegensatz zur, in der Planungsrichtlinie vorgegebenen, maximalen RT-Netzlast kann nun die kombinierte Netzlast betrachtet werden. Es kann also auch Nicht-Echtzeit-Verkehr (NRT) mit einbezogen werden. Dazu muss auch eine eventuelle Kommunikation zwischen Standard-Ethernet-Teilnehmern berücksichtigt werden und weitere wichtige Punkte bestimmt werden. Dies ist beispielhaft in Abbildung 5-5 dargestellt. Aus Gründen der Vereinfachung wird nur eine Datenrichtung betrachtet.

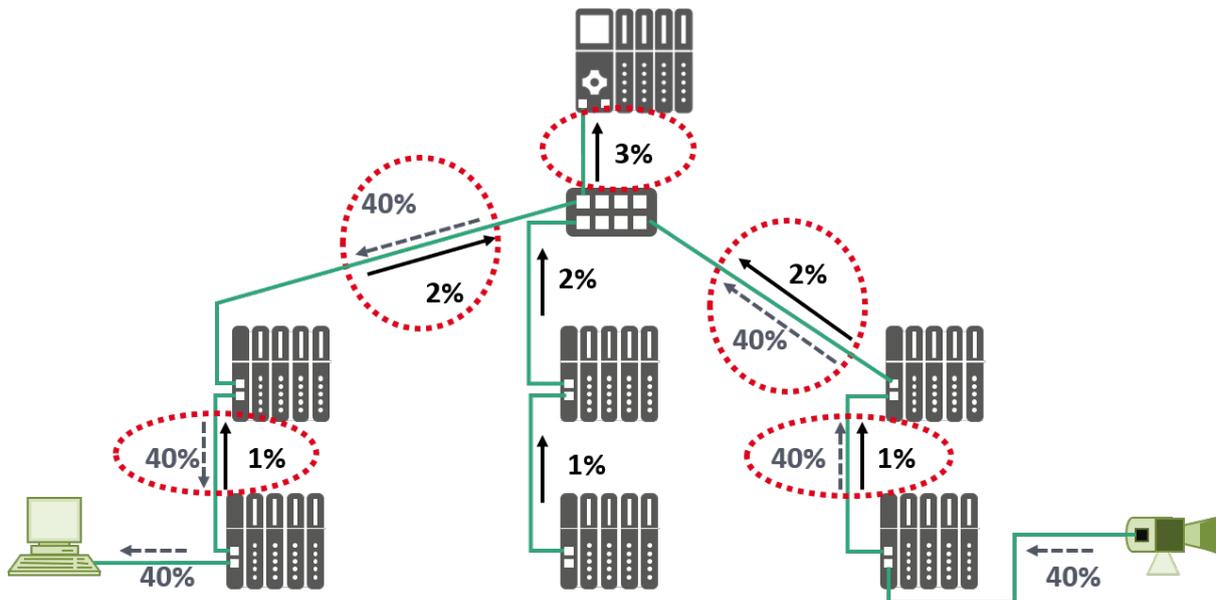


Abbildung 5-5: Wichtige Punkte zur Bestimmung der Netzlast, Topologie mit Standard-Ethernet Teilnehmern

Von besonderem Interesse sind dabei die Kommunikationsstrecken, auf denen RT- und zusätzlicher NRT-Verkehr kombiniert stattfindet.

Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten und auch selten auftretende Netzlastspitzen zu erfassen, sollte der Zeitraum der Analyse ausreichend groß gewählt werden und bei

laufender Kommunikation stattfinden. Die Messdauer sollte so groß gewählt werden, dass möglichst alle während z.B. eines Produktionszyklus zu erwartende Ereignisse erfasst werden.



Weicht die kombinierte Netzlast erheblich von der zyklischen Echtzeit-Netzlast ab, muss die Ursache dafür ermittelt und bewertet werden.



Die Netzlast kann mittels eines Diagnoseverfahrens, beschrieben in Kapitel 2.3.4, bestimmt werden. Ebenso kann diese Information aus vielen managed Switches direkt ausgelesen werden. Bitte beachten Sie, dass Informationen für Sende- und Empfangsrichtung zur Verfügung stehen. Diese sind getrennt zu bewerten.



Für Ethernet-APL-Netzwerke gelten die gleichen Überlegungen zur Netzwerklast, wie in diesem Kapitel beschrieben, jedoch angepasst an die 10 Mbit/s Datenrate des Ethernet-APL-Netzwerks. Eine detaillierte Beschreibung der Netzlastberechnung für Ethernet-APL-Netzwerke ist in der Ethernet-APL-Engineering-Richtlinie [APL2021] zu finden.



Bestimmen und dokumentieren Sie die maximale zyklische Echtzeit-Netzlast an wichtigen Punkten des Netzwerkes. Beachten Sie dabei die Grenzwerte aus Tabelle 5-4.

Halten Sie bei einer Überschreitung der Grenzwerte Rücksprache mit dem Planungs-Verantwortlichen zur Bewertung der Überschreitung.

Berücksichtigen Sie auch die kombinierte Netzlast und halten Sie bei einer erheblichen Abweichung zur zyklischen Echtzeit-Netzlast Rücksprache mit dem Planungs-Verantwortlichen zur Bewertung.

5.4.4 Broad- und Multicast Aufkommen

Broadcast- und Multicast-Netzlasten können unter bestimmten Umständen während der Inbetriebnahme und im Betrieb eines Netzwerkes auftreten. Dabei handelt es sich um Ethernet-Pakete, die an alle Netzwerkteilnehmer eines geschichteten Netzwerkes (Broadcast-Domäne) gesendet werden. Typische Anwendungsfälle sind z.B. Suchanfragen nach Netzteilnehmern. Derartige Suchanfragen können zu verschiedenen Zwecken und von unterschiedlichsten Netzwerkteilnehmern ausgeführt werden.

Typische Beispiele sind

- ARP-Broadcast, z.B. beim IP-Scan von ganzen IP-Adressbereichen, zur Ermittlung der vorhandenen Netzteilnehmer (z.B. durch Engineering-Systeme, Service-Tools, Diagnose-Tools, IT-Systeme),
- DCP-Multicast, z.B. beim Hochlauf des PROFINET-Controllers zur Suche nach den projektierten PROFINET-Geräten,
- MRP-Multicast, Test-Pakete zur Prüfung des 'Datenflusses', z.B. bei Ringredundanz.

Den beschriebenen Suchanfragen ist gemeinsam, dass alle Geräte innerhalb einer Broadcast-Domäne unabhängig von ihrem Ort oder der Topologie die entsprechenden Ethernet-Pakete zunächst empfangen und auswerten müssen – ganz unabhängig davon, ob sie ggf. auch darauf antworten müssen. Hierdurch entsteht für alle Geräte im Netz eine zusätzliche Kommunikationslast, die je nach Anfragehäufigkeit erheblich sein kann. Zusatzlasten durch Broadcast- und Multicast-Anfragen sind daher zu minimieren. Einzelheiten hierzu sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.



Da die zu prüfenden Broadcast- und Multicast-Anfragen von den Netzwerkschichten an alle Ports verschickt werden, können sie an jeder Stelle des Netzwerkes und auch an allen freien Ports eines Switch oder eines Gerätes erfasst werden (kein Monitoring-Port oder TAP erforderlich)



Broadcasts und Multicasts sind kritisch, wenn Ethernet-APL mit einer Datenrate von 10 Mbit/s verwendet wird. In diesem Fall sollte ein besonderes Augenmerk auf die maximale Anzahl von Broadcasts und Multicasts gelegt werden. Weitere Informationen zu gemischten Link-Geschwindigkeiten in

PROFINET-Netzwerken finden Sie in der PROFINET-Planungsrichtlinie 8PND2022].

5.4.4.1 ARP-Broadcasts

Der ARP-Request ist eine Standardfunktion des IP-Netzwerkprotokolls und wird von Netzwerkteilnehmern zur Vorbereitung der IP-Kommunikation eingesetzt, um die MAC-Adresse eines IP-Teilnehmers zu ermitteln. Ein ARP-Request wird daher als Broadcast an alle Netzwerkteilnehmer geschickt. In einem Netzwerk treten dem entsprechend immer wieder einzelne ARP-Broadcasts auf. Hierbei handelt es sich um einen normalen Betriebszustand.

Auf Basis des gleichen Mechanismus ist jedoch auch die Suche nach den erreichbaren IP-Teilnehmern eines Netzwerkes möglich. Hierbei werden die ARP-Requests üblicherweise in dichter Folge/Sequenz an die IP-Adressen des relevanten Netzes geschickt (IP-Scan). Derartige IP-Scans werden z.B. für Suchfunktionen verwendet und von Engineering-Systemen, Netzwerkmanagementsystemen, Service-Tools und Diagnose-Tools eingesetzt.

Bei der Abnahme ist daher zu prüfen, ob nur die wirklich notwendigen Funktionen und Dienste zum Einsatz kommen.

Die folgende Tabelle beschreibt die empfohlene Vorgehensweise.

Tabelle 5-5: Vorgehensweise bei ARP-Broadcasts (ARP-Requests)

Anzahl ARP-Requests	Bemerkung
0	Keine Handlung erforderlich
>0	Überprüfung, ob nach einzelnen Teilnehmern gesucht wird oder zyklisch ganze IP-Bereiche gescannt werden. Bei Suchanfragen an einzelne Teilnehmer: <ul style="list-style-type: none">Keine Handlung erforderlich, wenn Ursache bekannt ist Bei Scan von ganzen IP-Bereichen: <ul style="list-style-type: none">Halten Sie Rücksprache mit der für die Planung verantwortlichen Person für eine Bewertung der Ursache.

5.4.4.2 DCP-Multicasts

DCP-Requests haben eine zentrale Bedeutung bei der Identifikation und Parametrierung von PROFINET-Geräten. Sie werden beim Hochlauf des Controllers zur Suche nach den projektierten PROFINET-Geräten verwendet und zyklisch solange wiederholt, bis das entsprechende Gerät antwortet. Nach Abschluss des Hochlaufs treten in einem PROFINET-Netzwerk daher üblicherweise keine vom Controller ausgehenden DCP-Multicasts mehr auf. Mögliche Ausnahmen sind Konfigurationen, bei denen Geräte temporär nicht erreichbar sind, z.B. durch Werkzeugwechsel oder wireless Verbindungen. Hier ist im Einzelfall zu entscheiden, durch welche Maßnahmen (z.B. temporäre Abmeldung der Teilnehmer) die Anzahl der DCP-Multicasts minimiert werden kann.



Der Absender eines DCP-Multicasts kann an Hand der Absender-Adresse des Paketes identifiziert werden.

Die folgende Tabelle beschreibt die empfohlene Vorgehensweise

Tabelle 5-6: Grenzwerte für DCP-Multicasts nach Systemhochlauf

Anzahl durch den Controller gesuchter Teilnehmer nach Systemhochlauf	Bemerkung
0	Keine Handlung erforderlich
1...10	Keine Handlung erforderlich, wenn Ursache bekannt und unabänderlich (z.B. durch Werkzeugwechsel, temporäre Teilnehmer)
11...20	Hohe Multicast-Last. Halten Sie Rücksprache mit dem Planungs-Verantwortlichen für eine Bewertung und mögliche Reduzierung.
>20	Die Multicast-Last ist zu hoch. Ein störungsfreier Betrieb kann nicht sichergestellt werden

5.4.4.3 MRP-Multicasts

Bei Netzwerkinstallationen mit Ringtopologien, die auf Basis von MRP arbeiten, werden von den Ringmanagern MRP-Testframes verschickt, um zu prüfen, ob der Ring geschlossen ist.

Es handelt sich hierbei um Multicasts, die bei korrekter Konfiguration nur an den Geräte-Ports auftreten, die unmittelbar zum Ring gehören.

Bei Fehlkonfigurationen der beteiligten Geräte ist es jedoch möglich, dass MRP-Multicast Testpakete an alle Geräte geschickt werden. MRP-Telegramme treten dann auch außerhalb des Rings auf. Da es sich um Multicasts handelt, können sie dann an allen freien Ports eines Switch oder eines Gerätes erfasst werden. In diesen Fällen muss die Konfiguration entsprechend geprüft und korrigiert werden.

Tabelle 5-7: Grenzwerte für MRP-Multicasts

Anzahl MRP-Pakete außerhalb des Rings	Bemerkung
0	Keine Handlung erforderlich
>0	Überprüfen Sie die Gerätekonfiguration oder halten Sie Rücksprache mit dem Planungsverantwortlichen für eine Bewertung.

5.5 Weitere Parameter zur Bewertung des Netzwerkes

Neben den vorgestellten, erforderlichen Kriterien zur Abnahme eines PROFINET-Netzwerkes, können auch weitere Parameter Rückschluss auf das Verhalten des Netzwerkes und der angeschlossenen Geräte geben.

Dies kann beispielsweise sein:

- **Jitter**

Bezogen auf die PROFINET-Kommunikation beschreibt der Jitter die Schwankung des zeitlichen Abstandes von PROFINET-Paketen. Werden manche Pakete stärker verzögert als andere, steigt der Jitter.

Ein gewisser Jitter ist, besonders bei Linientopologien, systembedingt. Er entsteht durch eine, je nach aktueller Netzlast unterschiedliche, Durchlaufzeit von Paketen durch Switch-Linien.

Steigt der Jitter dauerhaft, kann dies ein Indiz für beispielsweise Störungen, eine geänderte Lastsituation, Topologie-Änderungen oder Gerätetausch sein.

5.6 Abnahmeprotokoll erstellen

Erstellen Sie als letzten Schritt ein Abnahmeprotokoll. Damit können Sie dokumentieren, dass die Abnahme erfolgreich war.



Vorlagen für Inbetriebnahme- und Abnahmeprotokolle finden Sie im Anhang.

6 Tipps zur Fehlersuche

6.1 Einführung in die Fehlersuche

Das Kapitel Fehlersuche soll Ihnen beim Auffinden von Fehlern in der PROFINET-Verkabelung aber auch der Konfiguration helfen. Die ersten Schritte wurden Ihnen bereits im Kapitel 3 dargestellt. Hier werden Ihnen nun weitere Möglichkeiten gezeigt, die bei der detaillierten Analyse des PROFINET-Netzwerkes benötigt werden, die über die einfache Analyse der Vernetzung hinaus gehen.



Weitergehende Informationen und Schulungsangebote der PNO zum Thema Fehlersuche finden Sie unter:

www.profinet.com

Es bietet sich folgende Vorgehensweise an:

- Überprüfung der Verkabelungsstruktur (Leitungstester)
- Messungen der Lichtwellenleiterperformance
- Read Record Diagnose am Controller / Live list aufrufen
- Verbindungstest mittels ICMP Telegrammen (z.B. Ping)

Neben den PROFINET-spezifischen Netzwerk-Diagnosemöglichkeiten sollte ebenso eine strukturierte Fehlersuche in Betracht gezogen werden. Wie und in welcher Art sich die Netzanalyse und Fehlersuche gestaltet, hängt zu großen Teilen vom Hersteller ihrer PROFINET-Lösung ab. Die Hersteller veröffentlichen daher in vielen Fällen kostenlose Tutorials und Dokumentation zur Analyse der Automatisierungsanlage im Internet.

Grundsätzlich gilt: Bevor Sie mit der Fehlersuche beginnen, sollten Sie sich einen Überblick über die beteiligten Komponenten und Protokolle verschaffen. So fällt es Ihnen leichter, einen Fehler einzugrenzen.

Dabei sollten folgende Punkte stets beachtet werden:

- Jeweils nur eine Modifikation durchführen
 - Es wird Ihnen schwer fallen die Auswirkungen mehrere Modifikationen zusammen zu beurteilen.
- Dokumentation der Auswirkung dieser Modifikation

- Nachträgliche Fehlersuche wird dadurch erschwert und kann in späteren Fällen auch zu Ausfällen führen.
- Daher gilt auch, dass Sie die Modifikation sofort rückgängig machen, wenn sie den Fehler nicht behebt oder keine Auswirkungen hat. Diese ist ebenfalls zu dokumentieren.



Fehlersuche in Netzwerken ist Übungssache und kann eine längere Zeitdauer in Anspruch nehmen. Jedoch ist nur so die sichere und fehlerfreie Funktion der Anlage zu gewährleisten.

Die Fehlersuche erfordert viel Detailwissen. Vertiefende Kenntnisse ergeben sich immer aus der Praxis.

6.2 PI Competence- und Trainingscenter

PI-Competence-Center (PICCs) bieten Expertenunterstützung bei der Fehlersuche in PROFINET Systemen an. PI Training Center bieten zusätzlich akkreditierte Trainings für die Inbetriebnahme und das Troubleshooting an. Derartige Trainings weisen einen hohen Praxisanteil auf und umfassen auch praktische Übungen an PROFINET-Systemen. Die zertifizierten Trainings werden allen Personen empfohlen, die sich mit der Installation und Inbetriebnahme von PROFINET befassen.

6.3 Überprüfen der Verkabelungsstruktur

Eine Überprüfung der Verkabelungsstruktur sollte einer ihrer ersten Schritte in der Fehlersuche sein. Hier können sich zum Beispiel Fehler einschleichen, wenn beim Aufbau der Anlage die Führung des PROFINET-Kupfer-Kabels verändert wurde. Es kann in diesem Zusammenhang leicht zu Überschreitungen der maximalen Segmentlängen kommen. Diese beträgt bei PROFINET-Kupferkabeln **100 m**.



Wurden Änderungen oder Erweiterungen durchgeführt sollten in jedem Fall wieder die in Kapitel 3, 4 und 5 erläuterten Schritte durchgeführt werden.

Denn auch diese Vorgehensweise entspricht einer detaillierten Fehlersuche.

Überprüfen Sie die Verkabelungsstruktur. Folgende Punkte geben Ihnen dabei eine grobe Richtung bei der Überprüfung von Erweiterungen und bei der Fehlersuche:

- Wurden bei der Planung die zulässigen Verkabelungsstrukturen eingehalten?
- Wurden bei der Planung die maximal zulässigen Segmentlängen (**max. 100 m für Kupferkabel**) eingehalten?
- Wurde das PROFINET-Netzwerk entsprechend der Planung installiert?
- Wurden eventuelle Änderungen der Installation gegenüber der Planung dokumentiert?

Im Falle von Anlagenänderungen:

- Wurden an einer bestehenden Anlage Änderungen vorgenommen?
- Wurde bei den Änderungen die Verkabelungsstruktur eingehalten?
- Wurde bei den Änderungen die maximal zulässige Segmentlänge eingehalten?
- Wurden die Änderungen dokumentiert?

Neben der Prüfung der Verkabelung sollten auch die Schirmung, die Erdung und der Potentialausgleich geprüft werden. Fehler im Potentialausgleich und/oder der Schirmung können zu einer unzuverlässigen Kommunikation führen.



Da Fehler im Potentialausgleich sehr schwer zu finden sind, sollten Sie alle Potentialausgleichsverbindungen überprüfen.



Überprüfen Sie in diesem Fall ebenso die korrekte Spannungsversorgung neu hinzugefügter Geräte, denn auch an dieser Stelle kann eine mögliche Fehlerquelle nicht ausgeschlossen werden, zum Beispiel durch Überlast.

6.4 Messung am Lichtwellenleiter

In Kapitel 2 wurden Ihnen zwei Verfahren der Lichtwellenleitermessung vorgestellt. Das Einfügedämpfungsmessverfahren zeigt Ihnen ob die gesamte Dämpfung einer LWL-Strecke den PROFINET-Anforderungen genügt. Darüber hinaus ist das OTDR-Messverfahren (OTDR = Optical Time Domain Reflectometer) besonders interessant für die Fehlersuche. Hier kann anhand der Messergebnisse nicht nur das Vorhandensein eines Fehlers festgestellt werden, sondern auch die exakte Position des Fehlers und der Fehlertyp.

Dazu sendet das Gerät ein Signal in den Lichtwellenleiter. An Anschlussstellen oder Störstellen werden Teile des Signals reflektiert oder absorbiert. Das Messgerät erfasst daraufhin, wie stark das gesendete Signal reflektiert oder absorbiert wurde und außerdem die Zeitdifferenz zwischen Senden und Empfangen des Signals. Aus diesen Messergebnissen lassen sich dann Störstellen und Fehlerort ablesen. Spleiße, Stecker oder Verbindungen zeigen dabei unterschiedliche Charakteristika im Diagramm.



Vergleichen Sie hierzu das einleitende Kapitel 2.2 welches sich mit den verschiedenen Messverfahren zur Bewertung von Lichtwellenleitern befasst.

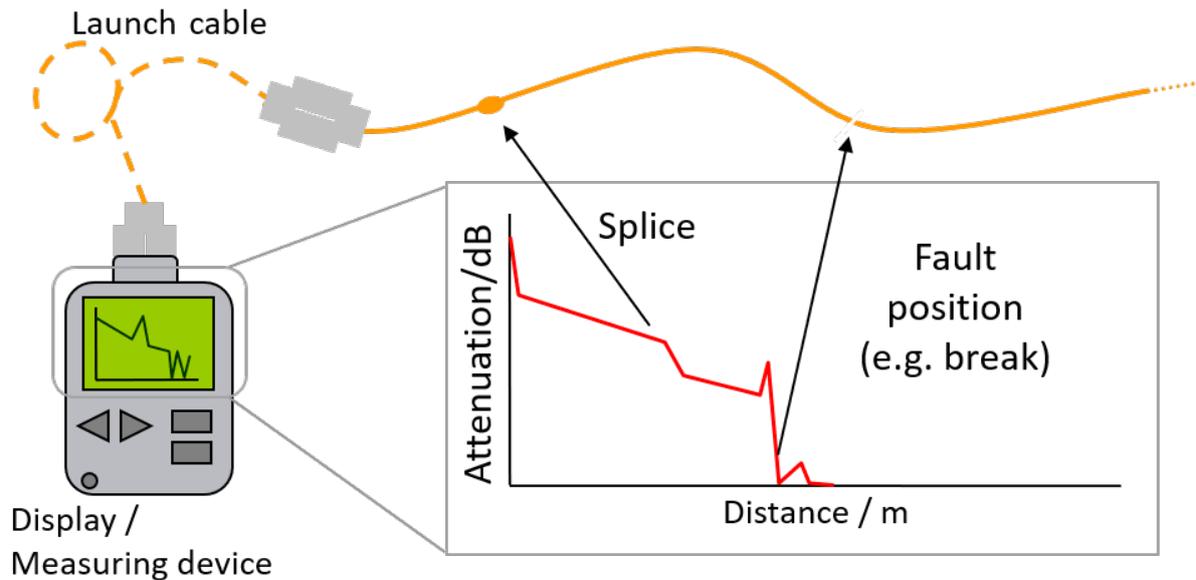


Abbildung 6-1: OTDR-Messung

Beim OTDR-Verfahren werden die Ergebnisse in einer Grafik dargestellt, die vom Bediener interpretiert werden muss.

6.5 Verbindungsprüfung

Ist es Ihnen bis hierhin nicht gelungen die Fehlerquelle zu lokalisieren bietet sich nun ein Blick auf die Aktivität der PROFINET Devices auf dem Netzwerk an. Hierfür bieten die Hersteller der PROFINET Controller meistens ein Interface zur Überwachung der Aktivität auf dem kontrollierten Netzwerk. Beachten Sie hierzu Kapitel 2.3.

Ein weiterer einfacher Test zur Feststellung einer aufgebauten Verbindung ist der Test mittels ICMP-Telegrammen (Internet Control Message Protocol). Das ICMP Protokoll wird standardmäßig von allen PROFINET-Geräten unterstützt. Hierbei wird je nach Betriebssystem ein Programm zur Absendung dieser Telegramme („ping“) genutzt, auf welches das angesprochene Gerät unmittelbar nach Erhalt antwortet.



Auf Basis dieses Tests können Sie weitere Eingrenzungen der Fehler vornehmen, was die weitere Suche auf Protokollebene erleichtert. Der Ping sollte im lokalen Netz durchgeführt werden.

6.6 Read Record (Diagnosedatensätze)

Potentielle Fehler sind nicht nur auf das PROFINET-Netzwerk beschränkt. So können z.B. Netzteile, IO-Verkabelung oder Sensor- oder Aktorfehler auftreten. PROFINET verfügt über weitreichende Diagnosefunktionen um möglicherweise auftretende Fehler einzugrenzen. Die PROFINET Device-Diagnoseinformation wird dem PROFINET Controller mitgeteilt. Auf diese Art und Weise verfügt der PROFINET Controller über aktuelle Diagnoseinformationen aus den einzelnen PROFINET Devices.

Die Diagnoseinformation eines PROFINET Devices besteht aus modul- und kanalspezifischen Diagnosedaten.

Zusätzlich können auch PROFINET Device-spezifische Diagnoseinformationen an den Controller gemeldet werden.

Bei PROFINET besteht die Möglichkeit, per „Read Record“ die aktuellen Diagnosen direkt aus den Devices als Datensatz auszulesen. Oftmals bieten die Engineering-Tools eine Möglichkeit zum Auslesen der Diagnosedatensätze (Onlinediagnose). Diese zeigen die Diagnoseinformationen zum Teil im Klartext dar.

Das Auslesen der Datensätze kann aber auch über spezielle Tools oder zum Teil auch durch Controllerfunktionen erfolgen. In diesen Fällen ist jedoch eine manuelle Auswertung notwendig. Die Kodierung der Datensätze finden Sie zum Beispiel in der IEC 61158-6-10. Einige Hersteller bieten die notwendigen Informationen auch als Handbücher an.

7 Anhang

7.1 Checkliste für die visuelle Inspektion von PN-Installationen

Schritt	Maßnahme	
1.	Kabel gemäß Plan verlegt?	<input type="radio"/>
2.	Kabel-Typ entspricht der Planung?	<input type="radio"/>
3.	Maximal 100 m eingehalten (z.B. durch auf dem Kabel aufgedruckte Meterangabe, sonst Prüfung über Abnahmemessung)?	<input type="radio"/>
4.	Maximale Anzahl an Steckverbindern im End-to-End-link eingehalten?	<input type="radio"/>
5.	Steckverbinder entsprechend der Planung verwendet (RJ45, M12,...)?	<input type="radio"/>
6.	Minimale Kabelabstände eingehalten oder ggf. metallische Trennstege eingefügt?	<input type="radio"/>
7.	PROFINET-Kabel unbeschädigt?	<input type="radio"/>
8.	Biegeradien eingehalten?	<input type="radio"/>
9.	Kabelkreuzungen rechtwinkelig ausgeführt?	<input type="radio"/>
10.	Scharfe Kanten an der Kabelbahn entfernt oder abgedeckt?	<input type="radio"/>
11.	Keine Knicke in den Leitungen?	<input type="radio"/>
12.	Vorkehrungen gegen mechanische Beschädigungen an kritischen Punkten getroffen? (z.B. Wanddurchführungen)	<input type="radio"/>
13.	Zugentlastungen eingebaut?	<input type="radio"/>
14.	Kabelparameter überprüft?	<input type="radio"/>
15.	Schutzkappen für Stecker und Verbindungen vorhanden?	<input type="radio"/>
16.	Potentialausgleich gemäß den gültigen Vorschriften hergestellt?	<input type="radio"/>
17.	Kabelschirm an den PROFINET-Stationen aufgelegt und mit dem Potentialausgleich verbunden?	<input type="radio"/>
18.	Kabelschirm am Schrankeintritt mit dem Potentialausgleich verbunden?	<input type="radio"/>

19.	Kabelbahnen mit dem Potentialausgleich verbunden?	<input type="radio"/>
20.	Topologie eingehalten?	<input type="radio"/>
21.	Beschriftungen und Markierungen an den Leitungen durchgeführt?	<input type="radio"/>
22.	Freier Ethernet-Anschluss für den Anschluss zur Diagnose vorhanden?	<input type="radio"/>
23.	Wurde der Unterverteiler in Übereinstimmung mit dem Strukturplan verdrahtet? (Korrekte Zuordnung von 24 V / 230 V oder anderer Versorgungsspannung)	<input type="radio"/>
24.	Sind alle Geräte am Bus nach IEC 61010 zertifiziert (in der EU: CE-Zeichen)?	<input type="radio"/>
25.	Besitzen alle PROFIsafe-Geräte am Bus eine PROFINET- und PROFIsafe Zertifizierung?	<input type="radio"/>

7.2 Checkliste für die Abnahme der PROFINET-LWL-Verkabelung

1.	Sichtprüfung der Verkabelung
	- Wie in Kapitel 3.2.1.2 beschrieben-
2.	Dämpfungsmessung für Lichtwellenleiter
	<p>Verwenden Sie hierzu ein Messgerät zur Bestimmung der Einfügedämpfung wie in Kapitel 2.2.1 beschrieben.</p> <p>Die gemessene Streckendämpfung darf die maximal erlaubte PROFINET LWL-End-to-End-link-Dämpfung nach Tabelle 2-1 nicht überschreiten</p>
3.	Erweiterte Messung für Lichtwellenleiter
	<p>Wenn auch nicht zwingend erforderlich ist die Aufnahme weiterer Werte bei der Abnahme der PROFINET-Lichtwellenleiter-Verbindung sinnvoll:</p> <p>Daten die hierbei aufgenommen werden sollten sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leiterlänge - Entfernung der Übergänge (Stecker/Spleiße) - Dämpfungsbeiträge der Streckenabschnitte und Übergänge (LWL, Stecker/Spleiße) - etc.

7.3 Checkliste für die Abnahme der PROFINET-Kupferverkabelung

1.	Sichtprüfung der Verkabelung
	<ul style="list-style-type: none"> - Wie in Kapitel 3.2.1.2 beschrieben. - Maximale Anzahl der Steckverbinder eingehalten? - etc.
2.	Einfache Funktionsmessung für Kupferverkabelung
	<p>Verwenden Sie hierzu eine einfachen Leitungstester wie in Kapitel 2.1 beschrieben!</p> <p>Die Hauptkriterien zur Beurteilung der Verkabelung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Besteht kein Kurzschluss zwischen Adern? - Besteht kein Kurzschluss zwischen einzelnen Adern und Schirm? - Sind die Adern intakt? - Ist der Schirm korrekt aufgelegt worden? - Sind die Performancewerte eingehalten worden? - etc.
3.	Erweiterte Funktionsmessung für Kupferverkabelung mit 100 Mbit/s oder höher (optional)
	<p>Für diese Messung werden Messgeräte mit erweitertem Funktionsumfang benötigt, die in der Regel nicht durch „einfache“ Leitungstester zur Verfügung gestellt werden. Hierbei kann es sich zum Beispiel um die Beurteilung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kabellänge (liegt diese unter 100 m?), - Nah- und Fernnebensprechen, - zulässigen Dämpfungswerten, - evtl. Reflexionen auf der Verbindung <p>handeln.</p>

4..	Abnahmemessung für Kupferverkabelung 10 Mbit/s Ethernet APL (optional)
	<p>Für diese Messung werden Messgeräte für die Messung der Ethernet-APL-Verkabelung benötigt. Die zu Gundel liegenden Kabelparameter finden sich in der Ethernet Port Profile Spezifikation [APS2021]</p> <ul style="list-style-type: none">- Kabellänge für Spurs ≤ 200 m für Kabelkategorie IV. Bei anderen Kabelkategorien geringer- Die Kabellänge für einen gespeisten Trunk ist abhängig von der Anzahl der Komponenten auf dem APL-Segment und deren Leistungsaufnahme sowie vom Kabelquerschnitt Siehe [APL2021]. <p>Weitere Messungen gemäß der Kabelparameter in [APS2021]</p>

7.4 Abnahmeprotokolle

Im Folgenden finden Sie Vorschläge für Inbetriebnahme- bzw. Abnahmeprotokolle für PROFINET Netzwerke.

PROFINET-Abnahmeprotokoll Teil 1: Sichtprüfung		
Beschreibung		Kommentar
Vorliegende Unterlagen aktuell?	<input type="radio"/>	
Abnahme Montage abgeschlossen?	<input type="radio"/>	
Abnahmeprotokolle für Montage vorhanden?	<input type="radio"/>	
Spannungsversorgung korrekt?	<input type="radio"/>	
Projektierung erstellt?	<input type="radio"/>	
Projektierung auf Datenträger gesichert?	<input type="radio"/>	
Alle PROFINET Controller in Betrieb genommen (<u>aktuelle</u> Projektierung übertragen)?	<input type="radio"/>	

Alle PN Devices in Betrieb genommen?	<input type="radio"/>	
Alle PROFINET-Teilnehmer signalisieren Betriebsbereitschaft?	<input type="radio"/>	
PROFINET-Abnahmeprotokoll Teil 2: Diagnose		
Beschreibung		Kommentar
Topologie laut Anforderungen? (z.B. max. Linientiefe eingehalten)	<input type="radio"/>	
Alle PROFINET-Teilnehmer erreichbar?	<input type="radio"/>	
IP-Adressen gemäß Planung vergeben?	<input type="radio"/>	
Gerätenamen gemäß Planung?	<input type="radio"/>	
Firmware-Stände gemäß Planung?	<input type="radio"/>	
Aktualisierungszeiten gemäß Planung?	<input type="radio"/>	

Kommunikationsüberwachung gemäß Planung?	<input type="radio"/>	Wert: _____
Grenzwerte für Systemreserve bei Lichtwellenleitern eingehalten?	<input type="radio"/>	
Beschreibung		Kommentar
Grenzwerte für verworfene Pakete eingehalten?	<input type="radio"/>	
Netzlaster-Grenzwerte eingehalten?	<input type="radio"/>	
Grenzwerte für ARP-Broadcasts eingehalten?	<input type="radio"/>	
Grenzwerte für DCP-Multicasts eingehalten?	<input type="radio"/>	
Grenzwerte für MRP-Multicasts eingehalten?	<input type="radio"/>	

7.5 PROFINET 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.

7.5.1 Dokumentationsrelevante Informationen PROFINET

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, Anlagenstruktur oder Architektur der Räumlichkeit angelehnt
- Einzeichnen der Assets
 - Automatisierungsgeräte
 - Netzinfrastruktur
 - Verkabelung inklusive Patch-Felder
 - Verdrahtungsreihenfolge muss richtig dargestellt sein

- Ringtopologien sind zu vermerken
 - Anlagen-Verantwortliche notieren
- Bezeichnung / Benennung der Geräte muss enthalten sein
 - Typ / Art des Gerätes (SPS, Switch, Repeater, ...)
 - Klare Zuordnung zu Örtlichkeiten schaffen
 - Gebäude(teil) benennen
 - Räumlichkeit benennen
 - Höhenangabe notieren, vereinfacht das Finden der Geräte (z.B. im Hochregallager)
 - Schaltschrank notieren
- Verbindungsklemmen der Geräte (Ports) müssen bezeichnet sein
- Segmentierungsplan
- Informationen zum Kabel
 - Kabellänge zwischen zwei Teilnehmer
 - Kabel-Typ des verwendeten Kabels (in Kabelliste vorhanden?)
 - Medium (Kupfer, LWL) muss notiert sein
 - Wo sind OLMs verwendet?

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
 - Typnummer
 - 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 PROFINET-Netzwerke sind weitere Informationen zu dokumentieren.

- Devicename im Topologie-Plan dokumentieren
- IP-Adresse im Topologie-Plan am Gerät notieren
- Subnetzmaske im Topologie-Plan am Gerät notieren
- MAC-Adressen der Geräte auflisten
- GSD gesichert? Welche GSD sind verwendet?
- Welche Protokolle werden genutzt? Welche Dienste werden unterstützt?
- Ringtopologie und zugehörige Umschaltzeiten

Folgende besondere Merkmale der Dokumentation sind für ein IT-Security-Audit aufzuführen:

- Bei Verwendung von Firewalls
 - Ist die Firewall durch Passwörter geschützt?
 - Einbauort (physikalisch und logisch) kennzeichnen
 - Regelwerk der Firewalls dokumentieren
- Virens Scanner
 - Vorhanden?
 - Wie oft wird dieser aktualisiert?
 - Wie oft wird das Segment gescannt?
- Welche Ports / Dienste sind aktiv?
- Weisen die aktuellen Firmware-Stände Sicherheitslücken auf?
- VLANs vorhanden?
- Passwörter
 - Vorhanden?
 - Geändert, falls Standardpasswort vorhanden war?
 - Zugriffsberechtigung zu den Passwörtern geregelt?
- Zugangsberechtigungen zu sensiblen Räumlichkeiten geregelt? (F&E)
- Dokumentation von Mitarbeiterschulung
- Notfallhandbuch vorhanden?
 - Wie ist das Verhalten im Angriffsfall geregelt?

7.5.2 Vorschlag einer Vorwärtsdokumentation bei PROFINET

Dieses Kapitel soll zur Unterstützung der kompakten Informationen aus dem Kapitel 7.5.1 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 7-1).

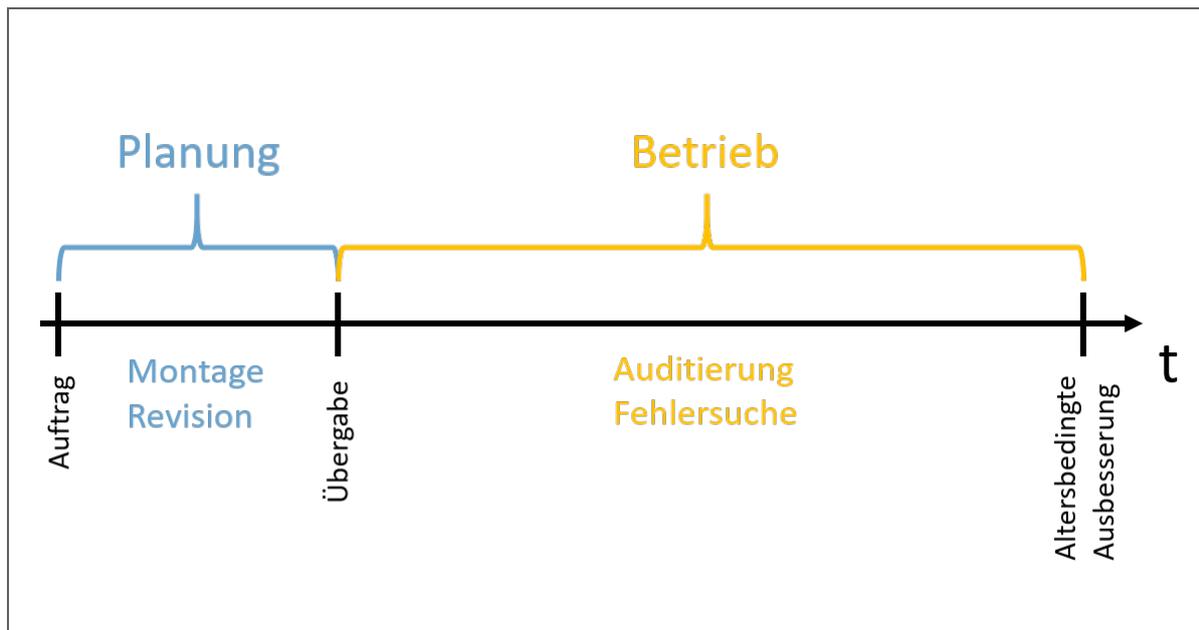


Abbildung 7-1: Interessen im Lifecycle einer Anlage

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 klar 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. Dabei ist es hilfreich mit der Vorlage der Architektur oder eines R&I-Diagramms zu arbeiten. Hier sind alle notwendigen Netzwerkteilnehmer einzuzeichnen und fortlaufend zu nummerieren. Vergeben Sie eindeutige Gerätenamen (Device-name). Der Name sollte sich aus dem Typ oder der Funktion des Teilnehmers zusammensetzen und einen Hinweis zur Lokalisierung (Gebäude / -teil, Räumlichkeit) geben. Die Lokalisierung kann dabei durch eine Höhenangabe ergänzt werden. Ergänzen Sie die Topologie um die IP-Adresse und Subnetzmaske eines jeden Gerätes. Die verschiedenen Verantwortlichkeiten der Segmente oder Gebäudeteile müssen im Plan klar zu erkennen sein.

Dokumentieren Sie jedes Kabel und jede Steckverbindung in der korrekten Reihenfolge. Die Steckverbindung am Gerät ist durch Angabe des Ports des Teilnehmers eindeutig im Plan einzutragen. Es ist besonders auf Patch-Felder zu achten. Ringtopologien sind ausdrücklich zu kennzeichnen. Es ist sinnvoll jede Verbindung eindeutig zu benennen (Kabelliste vorhanden?) und die verlegte Kabellänge zu notieren. Sollten unterschiedliche Medien (Kupfer, LWL, Drahtlos) Verwendung finden, sind diese unterschiedlich zu zeichnen.

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 (Produkt, Kabel) an.

Tabelle 7-1 umfasst die weiterführenden Informationen. Notieren Sie die genutzten Protokolle und Dienste der einzelnen Geräte. Zusätzlich sind alle Datenblätter und Zertifikate aufzubewahren. Es empfiehlt sich neben den Informationen aus Tabelle 7-1 die Typnummer, (alternative) Bezugsquellen und ein jeweiliges Bild des Teilnehmers in der Dokumentation aufzubewahren.

Erweitern Sie die Dokumentation um die Kalkulation der Netzwerkauslastung sowie die Messung dieser in den einzelnen Segmenten. Notieren Sie weiterhin die Verzögerungszeiten in der Datenkommunikation während der Inbetriebnahme. 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 wieweit die physikalischen (Strom, Spannung) und kommunikationstechnischen (Flankenanstiegszeit, Flankenabfallzeit) Vorgaben zum PROFINET von der Anlage ursprünglich eingehalten wurden.

Markieren Sie alle eingebauten Diagnosesysteme und notieren Sie die Kontaktdaten zur weiteren Hilfe wie Fachverantwortliche, -berater oder Hotline und Support.

Tabelle 7-1: Zusätzliche Informationen zu den Geräten in der Topologie

Nr.	Devicename	Hersteller	Modell / Typ	MAC-Adresse	HW-Version	Firmware	Seriennummer
1	Sw.HA1.1	Hersteller 1	Switch 12	12-34-56-78-9A-BC	1.3	1.3.1	ABC-12345
2	SPS.HA1.1	Hersteller 2	SPS 5	13-24-56-11-90-01	2.0	2.2	1920-1812-8212-0

Bei IT-Security Audits müssen weitere Informationen vorgehalten werden. Für die Bewertung der IT-Sicherheit sind die Verwendungsstellen von Firewalls in der Topologie zu kennzeichnen. Dokumentieren Sie das Regelwerk jeder Firewall. Dokumentieren Sie weiterhin, ob Standardpasswörter geändert sind. Eine Passwortliste ist zu empfehlen, um den Verlust des Wissens durch Erkrankung, Unfall, Tod oder Arbeitsplatzwechsel zu vermeiden. Achten Sie auf den Zugriffsschutz. Darüber hinaus sollten Sie die Mitarbeiterschulung zur IT-Sicherheit dokumentieren und ein Notfallhandbuch mit Verhaltensregeln im Angriffsfall vorweisen können. Unter Verwendung eines Virens scanners dokumentieren Sie die Häufigkeit der Aktualisierung und die Häufigkeit der Scan-Vorgänge. Dokumentieren Sie weiterhin vorhandene VLANs.

7.5.3 Beispiel einer Vorwärtsdokumentation PROFINET

Tabelle 7-2 zeigt die Vorüberlegungen.

Tabelle 7-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET 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 2-1 zeigt beispielhaft ein mögliches Deckblatt.

<h1>Netzwerkdokumentation PROFINET</h1>					
Anlage:	Rollenförderer in Halle 1	Revision:			
ID-Nr.:	2508	Index	Datum	Bearb.	Geprüft
Ausgabedatum:	16.09.2016	1			
Status:	Freigabe	2			
		3			
		4			
Kunde:	Kunde GmbH Kundengasse 2 56723 Mühlhausen				
Erstellt von:	Musterfirma Musterstraße 12 123456 Musterstadt	Verantwortlicher Autor: Hr. M. Mustermann			

Abbildung 7-2: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET 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 7-3 fasst die 15 wichtigsten Informationen tabellarisch zusammen. Tabelle 7-4 zeigt den Aufbau des Schriftfeldes nach [ISO 7200] und Tabelle 7-5 zeigt ein Beispiel für das Schriftfeld, wie es im Folgenden auf den Seiten unten rechts durch einen grauen Kasten angedeutet wird.

Tabelle 7-3: 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 7-4: 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)

Tabelle 7-5: 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 PROFINET Anlagenteile Halle 1		2508		
				Änd. A	Ausgabedatum 25.08.2016	Spr. De

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.

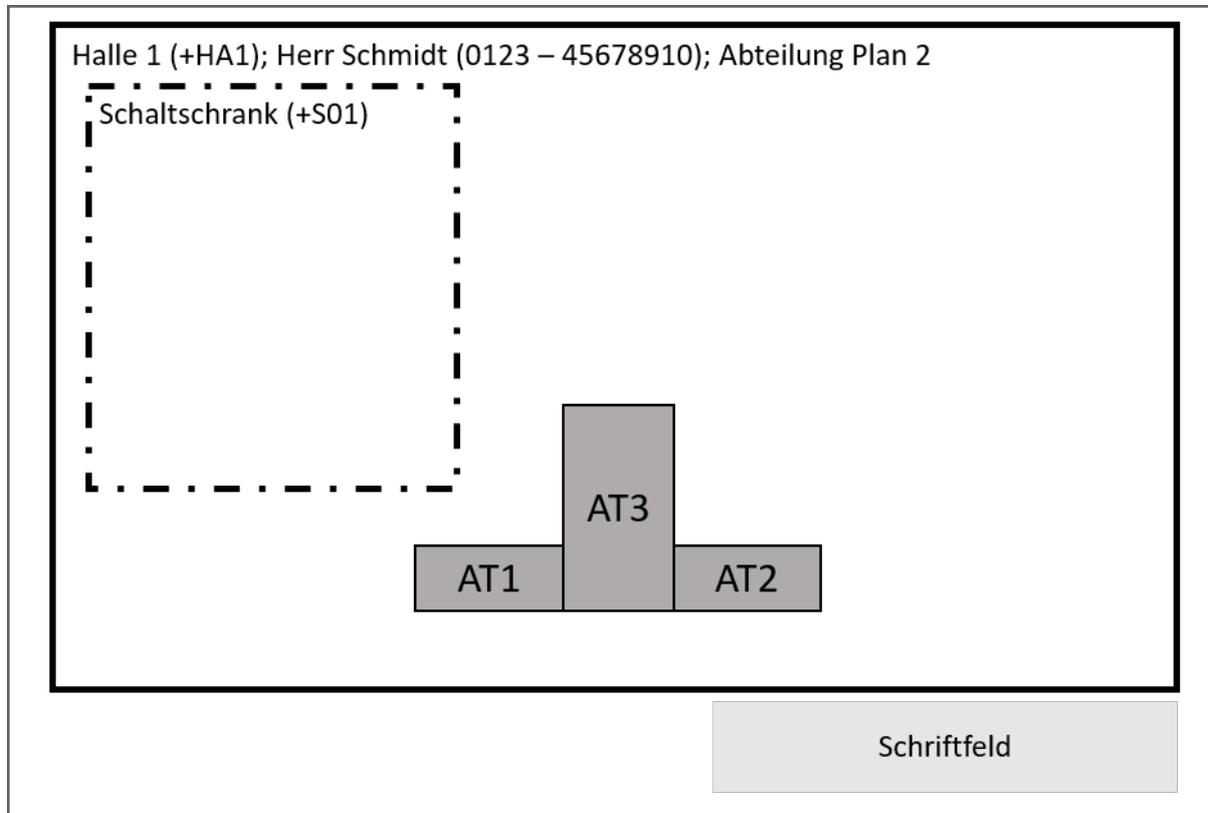


Abbildung 7-3: Beispiel Vorwärtsdokumentation Automatisierung von drei Anlagenteilen

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. Der logische Topologie-Plan ist in dargestellt.

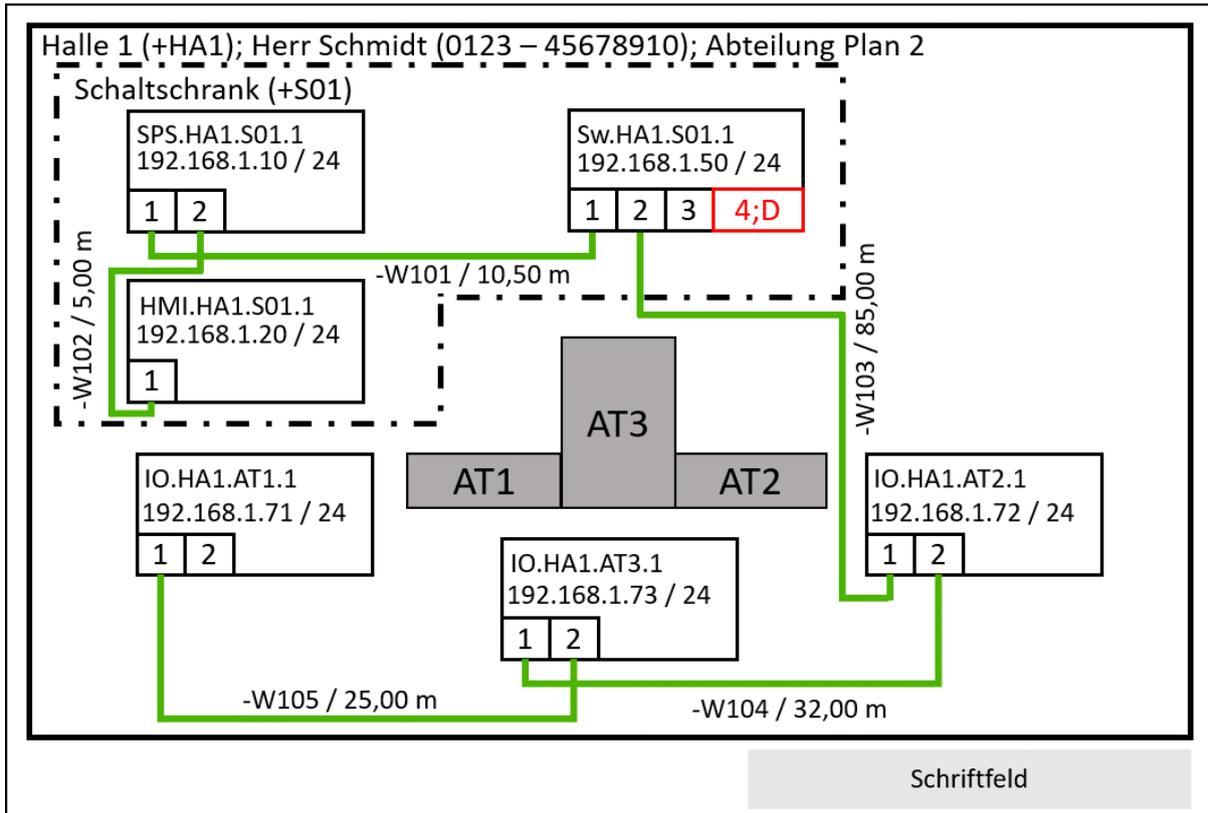


Abbildung 7-4: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Topologie-Plan (physikalisch)

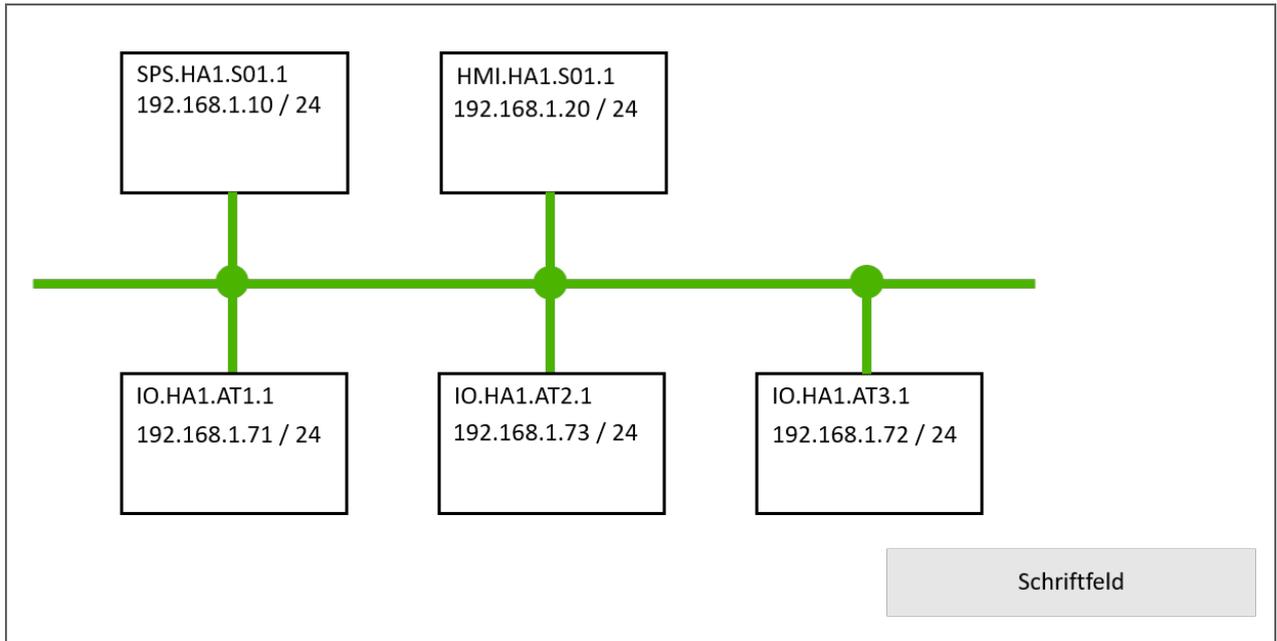


Abbildung 7-5: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Topologie-Plan (logisch)

zeigt den Topologie-Plan einer Ringtopologie. Der Switch (Sw.HA1.S01.1) organisiert den Ring. Dazu ist dieser mit einem „Ring“ mit einer Ziffer (1) gekennzeichnet. Der Ring ist exakt zwischen den beiden Ports, die den Ring aufspannen, eingetragen.

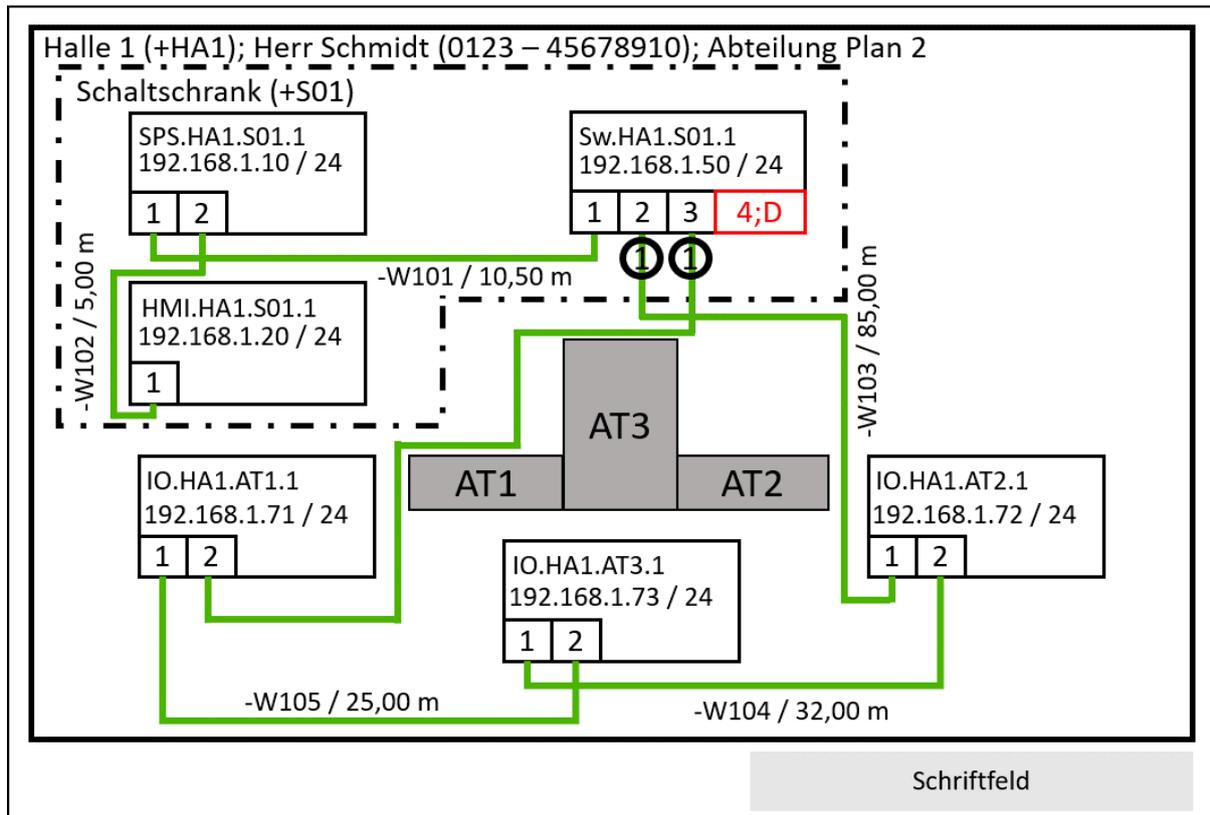


Abbildung 7-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Ringtopologie

Tabelle 7-6 ergänzt den Topologie-Plan (siehe) um zusätzliche Informationen. Das Gerät an erster Stelle verwaltet den Ring und ist daher farblich hervorgehoben.

Tabelle 7-6: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Informationen zur Ringtopologie

Nr	Devicename	Port	nächstes Gerät		Port	nächstes Gerät		Manager
			Nr.	Devicename		Nr.	Devicename	
1	Sw.HA1.S01.1	2	2	IO.HA1.AT2.1	3	4	IO.HA1.AT1.1	x
2	IO.HA1.AT2.1	1	1	Sw.HA1.S01.1	2	3	IO.HA1.AT3.1	
3	IO.HA1.AT3.1	1	2	IO.HA1.AT2.1	2	4	IO.HA1.AT1.1	
4	IO.HA1.AT1.1	1	3	IO.HA1.AT3.1	2	1	Sw.HA1.S01.1	

Tabelle 7-7 fasst die weiterführenden Informationen zu den Automatisierungsgeräten und weiteren Netzwerkteilnehmern auf. Tabelle 7-8 ist eine Erweiterung um Informationen für die Wiederbeschaffung.

Tabelle 7-7: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET zusätzliche Geräteinformationen

Nr.	Devicename	IP-Adresse	Subnetzmaske	Protokolle	Port: Dienst	PW geän- dert		MAC-Adresse	Firm- ware	GSD gesichert? (Version und Abl- geort)
						ja	nein			
1	SPS.HA1.S01.1	192.168.1.10	255.255.255.0	PNIO + TCP/IP	80: HTTP	x		13-24-56-11-90-01	2.2	10.5 Server am 31.08.2016
2	HMI.HA1.S01.1	192.168.1.20	255.255.255.0	PNIO + TCP/IP	80: HTTP		x	13-24-56-12-55-21	2.1	8.4 Server am 02.09.2016
3	Sw.HA1.S01.1	192.168.1.50	255.255.255.0	PNIO				12-34-56-78-9A-BC	1.3.1	1.1 Server am 02.09.2016

4	IO.HA1.AT1.1	192.168.1.71	255.255.255.0	PNIO				00-0E-8C-24-C5-51	2.5	1.3 Server am 02.09.2016
5	IO.HA1.AT2.1	192.168.1.72	255.255.255.0	PNIO				00-0E-8C-24-C5-4E	2.5	1.3 Server am 02.09.2016
6	IO.HA1.AT3.1	192.168.1.73	255.255.255.0	PNIO				00-0E-8C-24-C6-12	2.5	1.3 Server am 02.09.2016

Tabelle 7-8: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET erweiterte Geräteinformationen

Nr.	Devicename	Port	Kabel	Gerät	Hersteller	Modell	HW- / FW-Version	Seriennummer	(alternative) Bezugsquelle Bestellnum- mer
1	SPS.HA1.S01.1	1	-W101	Sw.HA1.S01.1	Hersteller 1	SPS 5	2.0 / 2.1.1	1920-1812-8212-0	Anbieter x 7815182
		2	-W102	HMI.HA1.S01.1					
2	HMI.HA1.S01.1	1	-W102	SPS.HA1.S01.1	Hersteller 1	HMI 17	2.5 / 2.6	1231-3017-0111-5	Anbieter x 4825561
		-	-	-					
3	Sw.HA1.S01.1	1	-W101	SPS.HA1.S01.1	Hersteller 2	Switch 12	1.3 / 1.3.2	ABC-12345	Anbieter x 1541527
		2	-W103	IO.HA1.AT2.1					
		3	-	-					
		4	-	-					
4	IO.HA1.AT1.1	1	-W105	IO.HA1.AT3.1	Hersteller 3	IO S2	2.0 / 2.2	14-93-15	Anbieter x 4510965
		2	-	-					
5	IO.HA1.AT2.1	1	-W103	Sw.HA1.S01.1	Hersteller 3	IO S2	2.0 / 2.2	14-93-15	Anbieter x

Anhang

		2	-W104	IO.HA1.AT3.1					4510965
6	IO.HA1.AT3.1	1	-W104	IO.HA1.AT2.1	Hersteller 3	IO S2	2.0 / 2.2	14-93-15	Anbieter x
		2	-W105	IO.HA1.AT1.1					4510965

Tabelle 7-9: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Kabelliste

Name	Anschluss 1			Anschluss 2			Ist-Länge in Meter (m)	Medium	Typ / Art
	Gerät	Port	Verbindung	Gerät	Port	Verbindung			
-W101	SPS.HA1.S01.1	1	RJ45	Sw.HA1.S01.1	1	RJ45	10,50	Cu	A
-W102	SPS.HA1.S01.1	2	RJ45	HMI.HA1.S01.1	1	RJ45	5,00	Cu	A
-W103	Sw.HA1.S01.1	2	RJ45	IO.HA1.AT2.1	1	M12	85,00	Cu	A
-W104	IO.HA1.AT2.1	2	M12	IO.HA1.AT3.1	1	M12	32,00	Cu	A
-W105	IO.HA1.AT3.1	2	M12	IO.HA1.AT1.1	1	M12	25,00	Cu	A

Notieren Sie übersichtlich den Normalbetrieb der Anlage (vergleiche).

zeigt eine mögliche Markierung des Diagnosezugangs.

Segment: 192.168.1.0 – 192.168.1.255 / 24	
Messstelle	_____
Netzwerkauslastung	_____ % (< 20 % in Ordnung; 20 .. 50 % Überprüfung empfohlen; > 50 % Handlungsbedarf!)
Anzahl ARP-Broadcasts	_____ (0 in Ordnung; > 0 Überprüfung empfohlen)
Anzahl DCP-Multicasts	_____ (0 in Ordnung; 1 .. 10 wenn Ursache bekannt und unabänderlich; 11 .. 20 Rücksprache mit Planung; > 20 Überprüfung empfohlen)
Anzahl MRP-Multicasts	_____ (0 in Ordnung; > 0 Überprüfung empfohlen)
EMV-Störungen zu erwarten?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Ja, wo: _____
LWL vorhanden?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Ja, Dämpfung: _____ dB
Verzögerungen in der Kommunikation?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Ja:
<input type="text" value="Schriftfeld"/>	

Abbildung 7-7: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Informationen im Fehlerfall

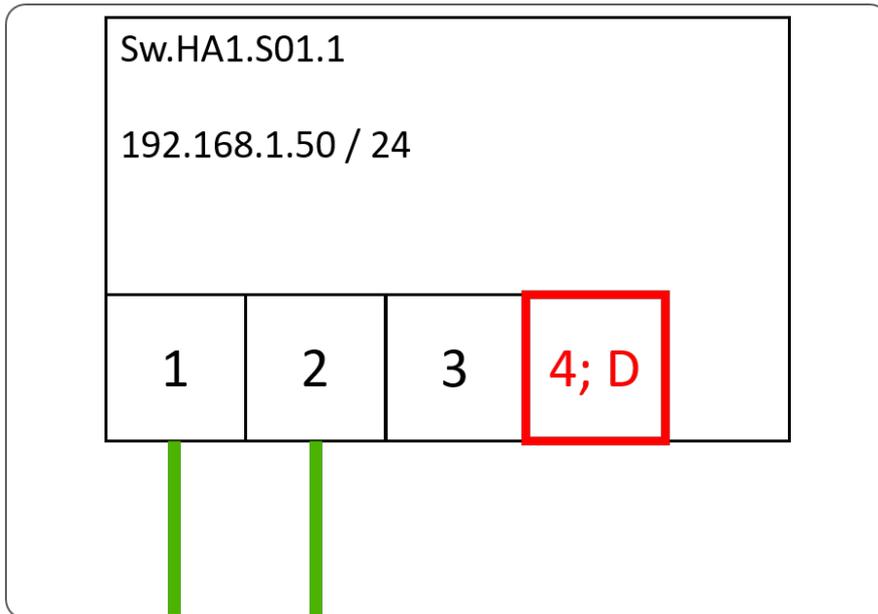


Abbildung 7-8: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Beispiel Diagnosezugang

Die Verwendung von Firewalls sollte in der Topologie ersichtlich sein. Die weiterführenden Informationen für den Zugriff sowie die Regeleinstellungen müssen in einer separaten Liste aufgeführt sein. zeigt eine Bewertung der IT-Security.

Bewertung IT-Security für Anlage: Anlagenteile in Halle 1 (ID-Nr. 2508)
Security-Beauftragter: Herr Michael Müller

Mitarbeiterschulung IT-Security
 Erste Durchführung: 16.09.2016 Intervall der Durchführung: Jährlich (12 Monate)

Nächste Überprüfung IT-Security: 16.03.2017

Anbindung an weitere Netze?: nein Ja, wo:

Virens Scanner im Einsatz?: nein Ja, wo:
 Intervall Scan: _____ Intervall Aktualisierung: _____

Notfallhandbuch vorhanden?: nein Ja, wo:

Zugangskontrolle zu sensiblen Daten?: nein Ja, wie: Zugang durch persönlichen Transponder

Freie Geräteports:

Devicename	Port	Frei?
Sw.HA1.S01.1	1	Nein
	2	Nein
	3	Ja
	4	Ja, Diagnose

Gibt es WLAN-Access-Points?: nein Ja, wo:

Schriftfeld

Abbildung 7-9: Beispiel Vorwärtsdokumentation PROFINET Bewertung der IT-Security

Bewahren Sie alle Datenblätter und Handbücher der verwendeten Geräte auf. Ergänzen Sie Ihre Dokumentation um eine eigene Funktionsbeschreibung der Anlage.

7.5.4 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.

7.5.5 Vorschlag einer Rückwärtsdokumentation bei PROFINET

Die Anforderungen an eine Rückwärtsdokumentation sind auf ein Minimum zu beschränken, da es sich um eine automatisiert generierte Dokumentation handelt. Die Rückwärtsdokumentation soll jedoch ebenfalls von der Übersicht ins Detail gestaltet sein. Das Deckblatt beinhaltet alle identifizierenden Informationen:

- 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, Anlagename)
- Informationen zum Ersteller
 - Name der Firma
 - Adresse der Firma
 - Verantwortlicher Autor

Die Topologie muss übersichtlich gestaltet sein und alle zusätzlichen Informationen (Device-name, IP-Adresse, Subnetzmaske, Portbelegung, Kabellänge) beinhalten. Weitere Informationen (Kabeltyp, Kabelmedium) können tabellarisch angefügt sein. Über die Portbelegung sind freie Zugänge zur Anlage ersichtlich. Ergänzend sollen Firewalls dargestellt sein. Die Informationen über einen vorhandenen Passwortschutz können in der Topologie an der Firewall notiert oder farblich markiert sein (grün = Passwortgeschützt, rot = fehlender Passwortschutz).

Das Auslesen der verwendeten Netzwerkteilnehmer soll Informationen für mögliche Ersatzteile bereitstellen. Dazu gehören:

- Hersteller
- Modell- / Typbezeichnung
- MAC-Adresse
- Verwendete Protokolle
 - Genutzte Ports und Dienste
- Seriennummer
- Versionsnummer
- Referenzbild
- Genutzte Software- bzw. Firmware-Stände dokumentieren
- Kontaktdaten zur Hotline oder Technical Support
- Passwortsicherheit: Sind standardisierte Passwörter im Einsatz?

Alle Informationen, die nicht durch die Rückwärtsdokumentation zu ermitteln sind, sind durch Mitarbeiter bereitzustellen.

Bereits heute existieren Tools zur Netzwerkanalyse von PROFINET-Netzwerken. Es gibt verschiedene Anbieter, die Werkzeuge zur Rückwärtsdokumentation anbieten. Dabei können fast alle Kriterien eingehalten werden.

Die ermittelten Informationen durch die marktüblichen Tools genügen nicht den Anforderungen eines IT-Security Audits.

7.5.6 Schwierigkeiten einer Rückwärtsdokumentation

Eine Topologie kann durch die Werkzeuge nur dann ausgelesen und visualisiert werden, wenn alle Teilnehmer LLDP (Link Layer Discovery Protocol) beherrschen. Dies stellt eine Hürde zur Rückwärtsdokumentation dar, da oftmals günstige Alternativen im Netzwerk eingesetzt werden, die LLDP nicht unterstützen.

Darüber hinaus fordern passive Netzwerkteilnehmer verschiedene Messmechanismen und führen oftmals zu unvollständigen Netzwerkdokumentationen, da die passiven Netzwerkteilnehmer nicht korrekt erkannt werden können.

7.5.7 Anforderungen künftiger Rückwärtsdokumentationen

Eine Rückwärtsdokumentation soll mit einem Topologie-Plan beginnen. Hierbei sind zusätzliche Informationen am Gerät darzustellen. Dazu gehören Devicename, IP-Adresse, Subnetzmaske, die Portbelegung, die Gerätefunktion (wenn nicht im Devicename klar zu erkennen) sowie ein Referenzbild des Gerätes. Alle weiterführenden Informationen sollen tabellarisch aufgeführt werden. Eine Übersicht aller Informationen ist in Kapitel 7.5.1 zu finden.

Informationen zur IT-Sicherheit können auf die grundsätzliche Netzwerkdokumentation aufbauen. Dazu sind sämtliche Dienste offenzulegen. Dazu sollten Hersteller von Geräten die standardmäßigen Ports / Dienste ihrer Geräte bekanntgeben.

Um eine erfolgreiche Rückwärtsdokumentation zu ermöglichen müssen Anlagenhersteller und Betreiber geeignete Komponenten auswählen. Des Weiteren müssen Produkthersteller weitere Daten zu den Produkten bekanntgeben. Der Umsetzungsprozess dauert noch an.

7.6 Begriffserklärungen

10Base-T

Standard Ethernet welches über zwei verdrehte Aderpaare, wobei durch die niedrigere Übertragungsrate auch niedrigere Anforderungen an die Übertragungsleitungen bestehen.

100Base-TX

Benutzt wie 10Base-T zwei verdrehte Aderpaare, benötigt allerdings Cat 5 Kabel. Mit 100 Mbit/s ist 100Base-TX heute die Standard-Ethernet-Implementierung.

Absorption / Reflexion

Vorgang in der Übertragungstechnik, bei der Teile der Übertragung vom Medium aufgenommen (absorbiert) oder zurückgestrahlt werden (reflektiert).

Access Point

dt. Zugangspunkt. Übliche Bezeichnung für einen Netzwerkteilnehmer, der den Übergang von der drahtgebundenen Technik auf die drahtlose Technik ermöglicht.

Advanced Physical Layer (APL)

Der Advanced Physical Layer (APL, Ethernet-APL) basiert auf dem 10BASE-T1L Physical Layer, der in [IEEE 802.3cg] spezifiziert ist. Zusätzliche Spezifikationen für den Einsatz in der Prozessindustrie sind in der APL-Dokumentation enthalten, wie z. B. die Ethernet-APL-Port-Profil-Spezifikation [APS2021].

Daten

IEC-Vokabeln: Rückinterpretierbare Darstellung von Informationen in einer formalen Art, geeignet für Kommunikation, Interpretation oder automatisierte Prozesse.

Dämpfung

Ein Effekt der bei der Übertragung von Daten über Leitungen zu Verschlechterungen der Signale/Datenqualität führt.

Diagnose

Erkennung und Bestimmung der Ursache einer fehlerhaften oder unerwarteten Reaktion von einem PROFINET Device. PROFINET stellt Hilfsmittel zur Verfügung, um digitale Informationen in vom Menschen nutzbare Informationen mit hilfreichen Anweisungstexten oder Grafiken umzuwandeln.

DIN

Deutsches Institut für Normung (www.din.de)

EMI

Elektromagnetische Interferenzen die zumeist durch starke Energieleitungen oder starke Funkanlagen erzeugt werden. Auch starke Motoren oder Transformatoren erzeugen diese Interferenzen.

EN (Europäische Norm)

Europäischer Standard/Norm anerkannt und angewandt von allen Europäischen Ländern. Viele der IEC-Standards wurden als EN-Norm übernommen.

Ethernet-APL

Siehe Advanced Physical Layer

Gefährdung

IEC 61508-4: Potentielle Gefahrenquellen. Der Begriff umfasst Gefahren für Personen, die innerhalb einer kurzen Zeit entstehen (z. B. Feuer und Explosionen) und außerdem solche, die einen Langzeiteffekt auf die Gesundheit einer Person haben (z. B. Abfälle von einer giftigen Substanz).

Glasfaser / Lichtwellenleiter

Übertragungsleitung aus Glas oder Kunststoff zur Führung von Lichtwellen. Lichtwellenleiter sind anders als elektrische Leitungen unempfindlich gegen elektromagnetische Beeinflussungen und erlauben größere Streckenlängen.

Herstellerkennung

Die PNO bietet eine Referenzliste im Internet an, die die Herstellerkennung, den dazugehörigen Firmennamen und weitere nützliche Informationen enthält. Diese Liste ist teilweise koordiniert mit der Referenzliste der HART-Association.

ICMP

(engl. Internet Control Message Protocol) Protokoll, das zur Verbindungsprüfung genutzt wird. Im engen Zusammenhang steht der Begriff bzw. das Programm „Ping“. Bei diesem Programm werden zyklisch Pakete zu einem Netzwerkteilnehmer geschickt, welches darauf mit einer sofortigen Antwort reagiert, dem „Pong“.

IEC

Internationale Elektrotechnische Kommission (Sitz in Genf, CH)

Inbetriebnahme

Der systematische Prozess um ein PROFINET-Netzwerk, die angeschlossenen Geräte und die dazugehörigen Teile einer Maschine oder Anlage in Betrieb zu setzen. Die Schritte enthalten die Konfiguration, Parametrierung, Programmierung, Fehlersuche auf verschiedenen Systemstufen, wie PROFINET-Diagnosen, Systemdiagnosen, Programmbeobachtung usw.

Die Projektierungssysteme führen zu diesen Schritten. Die Inbetriebnahme ist beendet, wenn das System entsprechend der Planung und den Anforderungen des Kunden arbeitet und wenn die Systemdokumentation fertig gestellt ist.

IO

Kurz für Input Output

IP-Adresse

Eine IP-Adresse (Internet-Protokoll-Adresse) ist eine Nummer, die die Adressierung von Rechnern und anderen Geräten in einem IP-Netzwerk erlaubt. Technisch gesehen ist die Nummer beim bisherigen Standard IPv4 eine 32-stellige Binärzahl. Mit der Freigabe der Standardversion IPv6 wurde die Länge der IP-Adresse auf 128 Bit erhöht.

ISO

Internationale Organisation für Normung – engl. International Organization for Standardization.

Kommunikation

Im Fall von PROFINET der elektronische Transfer von digitalen Daten von einem Netzwerkteilnehmer zu einem anderen.

LAN

Kurzbezeichnung für ein lokales Netzwerk über welchem PCs, aber auch Ethernet basierende Feldbusse Daten übertragen (Local Area Network).

MAC-Adresse

Die MAC-Adresse (*Medium Access Control-Adresse*) ist die Hardware-Adresse jeder einzelnen Netzwerkkarte, die zur eindeutigen Identifikation des Geräts im Netzwerk dient. Die MAC-Adresse wird der Sicherungsschicht, Schicht 2 des OSI-Modells, zugeordnet.

MAC-Adressen sind sechs Byte lang, die man mit einer zwölfstelligen hexadezimalen Zahl darstellt. Sie sind in zwei Bereiche aufgeteilt. An den ersten sechs Zeichen von links erkennt man den Hersteller der Netzwerkkarte. Die restlichen Zeichen sind eine fortlaufende Seriennummer. Die Netzwerkkartenhersteller lassen für sich bestimmte Bereiche reservieren. Dadurch sind die MAC-Adressen weltweit eindeutig.

Nebensprechen

Effekt, der entsteht, wenn elektrisch übertragene Daten über Nachrichten- bzw. Datenkabel durch elektromagnetische Vorgänge unbeabsichtigt Einfluss auf die Übertragung auf parallel verlaufenden Leitungen nehmen.

Operator Konsole

Bedienkonsole eines PROFINET Netzwerkes

PROFIBUS/PROFINET-Nutzerorganisation e.V. (PNO)

PROFIBUS & PROFINET International hat die PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO Germany) damit beauftragt Komitees (C), Arbeitsgruppen (WG) und Projektgruppen (PG) einzurichten, um den offenen und herstellerunabhängigen Standard PROFIBUS/PROFINET zu definieren und zu pflegen. Die PNO wurde 1989 gegründet. Die PNO ist eine nicht nach Gewinn strebende Organisation mit dem Hauptsitz in Karlsruhe, Deutschland. Mitglieder von PROFIBUS & PROFINET International haben die Berechtigung sich an den Technischen Komitees und den Arbeitsgruppen der PNO zu beteiligen. Ein Mitglied kann eine aktive Rolle in der Pflege und der Weiterentwicklung des PROFIBUS/PROFINET übernehmen. Dies garantiert die Offenheit und Herstellerunabhängigkeit der PROFIBUS/PROFINET-Technologie. Weitere Informationen finden sie unter <http://www.profibus.com/pi-organization>

PROFINET

(kurz. PN) Ist ein Standard für ein industrielles Ethernet in der Automatisierungstechnik.

PROFINET-End-to-end link

Der PROFINET-End-to-end-link definiert eine Verbindung von zwei aktiven PROFINET Netzwerkteilnehmern und schließt alle Steckverbinderübergänge ein. Dieser kann in Kupfer- als auch Lichtwellenleitern ausgeführt sein.

PROFINET Controller

Ein PROFINET Controller ist für das definierte Hochfahren eines Subnetzes und den zyklischen und azyklischen Datenaustausch verantwortlich. Der Controller tauscht Signale zwischen zugewiesenen Devices aus und macht die Signale für das Engineering-Tool zugänglich. Controller sind direkt an das Ethernet angeschlossen.

PROFINET Device

Ein Device ist ein Feldgerät, das von einem PROFINET Controller kontrolliert und gesteuert wird. Ein Device besteht aus mehreren Modulen und Submodulen.

PROFINET Supervisor

Bezeichnung für den Projektierungs-Arbeitsplatz (Programmiergerät)

PROFINET-Kabel

Medium zur digitalen Datenübertragung, ausgeführt als Kupferkabel oder Lichtwellenleiterkabel

PROFINET-Komponenten

Bezeichnet alle Komponenten, aus denen ein PROFINET-Netzwerk besteht (z. B. Kabel, Steckverbinder, PN IO-Controller/Device, Switches etc.)

PROFINET-Teilnehmer

Feldgerät, das über PROFINET-Kommunikationsmechanismen mit anderen Geräten kommuniziert (PROFINET Controller, PROFINET Device, PROFINET Supervisor)

Programmiergerät / Supervisor / Engineering-Arbeitsstation

Passend zur Größe der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) gibt es viele Arten von Programmiergeräten und / oder Software, die vom Hersteller vertrieben wird.

Einzelbefehl-Programmiergeräte: Dieses Programmiergerät ist nützlich für kleine Änderungen in einem bestehenden Programm

Spezifische Computerhardware und -software vom Hersteller für spezielle Programmiersprachen, wie „Ladder Logik“, enthalten spezielle Funktionen für die Automatisierungsapplikationen oder für die industrielle Umgebung. Diese Programmiergeräte werden zu Projektierungswerkzeugen erweitert und ermöglichen daher alle Inbetriebnahmeschritte.

PC-kompatible Software, um einen normalen Standard-PC oder ein Notebook als Programmiergerät nutzen zu können. Um dieses System zu einem Projektierungswerkzeug zu komplettieren wird spezielle Hardware benötigt, zum Beispiel ein PROFINET-Interface.

Proprietäre Software

Herstellerspezifische Software die meist auf ein bestimmtes Produkt dieses Herstellers zugeschnitten ist.

Protokoll-Analyser

Software, mit der Analyse der einzelnen Datenpakete auf einem Netzwerk durchgeführt werden kann.

Schnittstelle

Genereller Begriff für jede Verbindung und Interaktion zwischen Hardware, Software und dem Benutzer, aber auch zwischen Hard- und Software selbst.

SNMP

(engl. Simple Network Management Protocol, zu Deutsch einfaches Netzwerk Management Protokoll) Protokoll zur einfachen Überwachung und Kontrolle eines IP-basierten Netzwerkes.

Spleiß

Verfahren zur Herstellung einer Verbindung von Glasfaserverbindungen (LWL) bei der ohne Stecker ein direkter Übergang zwischen Einzelfasern hergestellt wird.

Switch

Aktive Netzwerkkomponente die als Vermittlungsstelle in einem Netzwerk fungiert.

Subnetzmaske

Eine Subnetzmaske dient in Zusammenwirken mit der IP-Adresse als Merkmal eines IP-Netzwerkes, welche die Anzahl an Hosts und Teilnetzwerken eines Netzwerkes festlegt.

Systembus

Ein Netzwerk das dem Feldbus (hier PROFINET) übergeordnet ist und die Vernetzung von Automatisierungsanlagen übernimmt.

TAP

(engl. für Test Access Port -Abzweigung/Abgriff) Mit Hilfe eines TAPs kann ein Datenverkehr „mitgehört“ werden ohne Einfluss auf den Datenverkehr zu nehmen. Hierbei wird eine direkte Zuleitung „getrennt“ und über eine spezielle Hardware geleitet, die den Datenverkehr

aufzeichnet. Anschließend werden die Daten über einen anderen Anschluss dieser Hardware wieder auf die eigentliche Leitung weitergeleitet.

Twisted Pair

Als Twisted-Pair-Kabel bzw. verdrehtes Kabel werden in der Computertechnik Kabel-Typen bezeichnet, bei denen die beiden Adern eines Adernpaares miteinander verdreht (auch *verdrillt*, *verseilt* oder *verdreht*) sind. Durch die Verdrehung jeweils des Sende- und Empfangsleiter einer Stromschleife (das Adernpaar) ist die Datenübertragung weniger störanfällig.

WEB-Interface

Bedienoberfläche einer Netzwerkkomponente, die über einen Browser erreicht wird.

Wellenlänge

Das Licht hat verschiedene Ausprägungen, die sich in seiner Wellenlänge angeben lassen. Angefangen von der Infrarotstrahlung über das sichtbare Licht zum ultravioletten Licht.

WLAN

Drahtlose Übertragungstechnik zur Erweiterung oder Aufbau eines Lokal Area Networks (LAN). Dabei kann dieses Netzwerk über eine Fläche verteilt werden (siehe Access Point) oder auch gerichtet um Distanzen zu überbrücken (Richtfunk).

Maßgabe für die Empfangsqualität bei diesem drahtlosen Übertragungssystem ist die Signalstärke, die entweder in dBm oder % angegeben wird.

7.7 Adressen

PROFINET Competence Center

Die PI Competence Center (PICC) sind Ansprechpartner bei Problemen mit dem PROFINET. In den PROFINET Competence Centern sitzen Spezialisten, die Ihnen bei Problemen mit dem PROFINET weiterhelfen. Außerdem führen die PROFINET Competence Center Schulungen durch und entwickeln neue Komponenten für den PROFINET. PROFINET Competence Center finden Sie in vielen Ländern der Welt.



Die aktuellen Adressen der PI Competence Center finden Sie im Internet unter www.profinet.com

im Bereich Institutions & Support.

8 Stichwortverzeichnis

Abnahmeprotokoll	101	Elektromagnetische Interferenzen (EMI)	25
Adressierungsschema	74	Erweiterter Funktionstester	32
Aktive Netzwerkkomponenten	66	Ethernet-APL 16, 20, 21, 22, 24, 25, 30, 33, 45, 46, 47, 50, 68, 86, 92, 96, 97, 144, 145	
APL-Field-Switch mit Hilfsenergieversorgung	21	Ethernet-APL, erhöhte Sicherheit	25
APL-Field-Switch ohne Hilfsenergieversorgung	21	Ethernet-APL-Kabel	24
APL-Power-Switch	20	Ethernet-APL-Port	45
APL-Power-Switch mit nicht-gespeistem Trunk	21	Fehleranalyse	102
ARP	98	Funktionsmessung der Verkabelung	50
Bedienstation	22	Gerätenamen	77
Broadcasts	97	GSD / GSDML	70
Checkliste für die Abnahme der PN-Kupfer- Verkabelung	60	IO-Device mit WLAN	22
Checkliste für die Abnahme der PN-LWL- Verkabelung	64	IP-Adresse	73
Checkliste visuelle Inspektion PN- Installationen	57	IP-Adressen	78
Dämpfungsmessung	35	Jitter	100
DCP	99	Kabel	
Diagnose	40	PROFINET-Kupferkabel	24
Diagnosewerkzeuge	27	Kabeltestverfahren	34
Einfügedämpfungsmessung	35	Kommunikationsüberwachung	87
		Leitungstest	29
		Leitungstester	29
		MAC-Adresse	78
		Medienwandler	22

Stichwortverzeichnis

Messung am Lichtwellenleiter	35	PROFINET IO-Supervisor	20
Messung an der Kupferverkabelung	29	PROFINET-LWL-Kabel	24
Montageabnahme	49	Rückwärtsdokumentation	141
MRP	100	Sichtkontrolle	55
Multicasts	97	Strukturierte Fehlersuche	103
Namens- u. IP-Addressvergabe (Beispiel)	71	Switch	20
Netzlast	94	Symbole	19
Netzmaske	73	Systemreserve	88
Normative Referenzen	18	TAP	45
Operator Konsole	20	Topologie	90
OTDR-Messverfahren	38, 106	Verbindungsprüfung	107
Passive Netzwerkkomponenten	49	Verkabelungsstruktur	105
Port-Mirroring	43	Verworfen Pakete	93
PROFINET Controller	20	Vorwärtsdokumentation	121
PROFINET Device	21	Wettereinfluss	25
PROFINET Dokumentation	118	WLAN Access Point	22

© Copyright by:

PROFIBUS Nutzerorganisation e. V. (PNO)
PROFIBUS & PROFINET International (PI)
Haid-und-Neu-Str. 7 • 76131 Karlsruhe • Germany
Phone +49 721 986197 0 • Fax +49 721 986197 11
E-mail info@profibus.com
www.profibus.com • www.profinet.com

KHN