

PROFINET
Montagerichtlinie

Guideline
for PROFINET

Version 2.12 – *Date Sept. 2022*

Order No.: 8.071

File name: PROFINET_Montagerichtlinie_8071_V212_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 986197 0
Fax: +49 721 986197 11
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	31.01.2009	Niemann	Erste Version zur Veröffentlichung
1.1	XXX	Niemann	Änderungen lt. Review Tracking A.B.
1.2	26.08.2014	Niemann	Review Version für AK
1.3 bis 2.4	----	Niemann	Interne Version, nicht veröffentlicht
2.5	09.10.2018	Niemann	Tabellen für Kabelabstände eingefügt, Template der neuesten Version verwendet.
2.6	05.11.2018	Niemann	Normative Referenzen aktualisiert
2.7	06.05.2019	Niemann	Querschnittsänderung in Kapitel 2.3.2
2.8	17.09.2019	Niemann	Einschränkung Kabelabstände ergänzt, Tippfehler korrigiert. Hinweis auf Einsatz flexibler Kabel ergänzt. Referenzen auf PNO Dokumente ergänzt.
2.11	31.07.2022	Niemann	Einarbeiten der Ergänzungen für Ethernet APL
2.12	23.09.2022	Niemann	Finalisierung für Freigabe

Inhaltsverzeichnis

1	PROFINET-KABEL VERLEGEN.....	16
1.1	FÜHRUNG VON PROFINET-KABELN	17
1.1.1	<i>PROFINET-Kupferkabel.....</i>	<i>17</i>
1.1.2	<i>Kabelabstände</i>	<i>18</i>
1.1.3	<i>Kabelführung innerhalb von Schaltschränken</i>	<i>22</i>
1.1.4	<i>Kabelführung innerhalb von Gebäuden</i>	<i>24</i>
1.1.5	<i>Kabelführung außerhalb von Gebäuden.....</i>	<i>26</i>
1.2	MECHANISCHER SCHUTZ VON PROFINET KABELN	28
1.3	DURCHFÜHRUNG DER VERLEGUNG.....	30
1.3.1	<i>Allgemeines.....</i>	<i>30</i>
1.3.2	<i>Lagerung und Transport.....</i>	<i>30</i>
1.3.3	<i>Temperaturen.....</i>	<i>31</i>
1.3.4	<i>Zugfestigkeit.....</i>	<i>32</i>
1.3.5	<i>Einziehhilfe verwenden, Steckverbinder schützen.....</i>	<i>33</i>
1.3.6	<i>Zugentlastung anbringen</i>	<i>33</i>
1.3.7	<i>Druckbelastungen</i>	<i>34</i>
1.3.8	<i>Verdrehen (Torsion)</i>	<i>34</i>
1.3.9	<i>Flexible PROFINET-Kabel</i>	<i>35</i>
1.3.10	<i>Kabel für Girlandenaufhängung</i>	<i>35</i>
1.3.11	<i>Biegeradien einhalten</i>	<i>37</i>
1.3.12	<i>Schlingenbildung vermeiden.....</i>	<i>38</i>
1.3.13	<i>Scharfe Kanten vermeiden.....</i>	<i>39</i>
1.3.14	<i>Nachinstallation.....</i>	<i>39</i>
1.4	PROFINET-KUPFERKABEL	40

1.5	PROFINET-LICHTWELLENLEITERKABEL.....	40
1.5.1	<i>Verlegung von PROFINET-Lichtwellenleiterkabeln</i>	<i>41</i>
1.5.2	<i>Steckverbinder vor Verschmutzung schützen.....</i>	<i>41</i>
1.5.3	<i>EMV-Beeinflussungen.....</i>	<i>42</i>
1.5.4	<i>Verlegung im Erdreich / Verbindung von Gebäuden</i>	<i>42</i>
2	KONFEKTIONIERUNG VON PROFINET-KABELN	44
2.1	KONFEKTIONIERUNG VON PROFINET-KABELN.....	45
2.1.1	<i>Allgemeine Montagehinweise für Steckverbinder</i>	<i>50</i>
2.1.2	<i>RJ45-Schneidklemmtechnik.....</i>	<i>52</i>
2.1.3	<i>Konfektionierung M12 Steckverbinder</i>	<i>54</i>
2.1.4	<i>M12-Schraubklemmentchnik.....</i>	<i>54</i>
2.1.5	<i>M12-Schneidklemmtechnik</i>	<i>57</i>
2.1.6	<i>Hybridsteckverbinder</i>	<i>60</i>
2.2	KONFEKTIONIERUNG LICHTWELLENLEITERKABEL	61
2.2.1	<i>Hinweise für das Arbeiten mit Lichtwellenleitern.....</i>	<i>61</i>
2.2.2	<i>Schutz der Steckverbinder gegen Verschmutzung und Beschädigung.....</i>	<i>61</i>
2.2.3	<i>Inspektion der optischen Oberfläche.....</i>	<i>62</i>
2.2.4	<i>Reinigung optischer Oberflächen.....</i>	<i>64</i>
2.2.5	<i>Lichtwellenleiterkabel</i>	<i>64</i>
2.2.6	<i>Montage und Sicherheitshinweise</i>	<i>66</i>
2.2.7	<i>Steckverbinder SC-RJ.....</i>	<i>68</i>
2.2.8	<i>M12-Hybrid-Steckverbinder</i>	<i>72</i>
2.2.9	<i>Sonstige LWL-Steckverbinder.....</i>	<i>75</i>
2.3	FUNKTIONSPOTENTIALAUSGLEICH UND SCHIRMUNG	76
3	ANSCHLUSS VON PROFINET-TEILNEHMERN	77
3.1	STATISCHE ELEKTRIZITÄT (ESD).....	78

3.2	ANSCHLUSS PROFINET-TEILNEHMER ÜBER STECKVERBINDUNGEN.....	79
4	BEGRIFFE / DEFINITIONEN.....	81
5	STICHWORTVERZEICHNIS	87
	<i>Adressen</i>	<i>90</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kabelabstände	18
Abbildung 2: Kabelverlegung außerhalb von Gebäuden	43
Abbildung 3: Pin-Belegung RJ45 und M12 Steckverbinder	45
Abbildung 4: Steckverbinder – Übersicht	46
Abbildung 5: Aufbau des 2-paarigen PROFINET-Kabels	47
Abbildung 6: Aufbau des 4-paarigen PROIFNET-Kabels	49
Abbildung 7: Hybridsteckverbinder	60
Abbildung 8: Qualität optischer Oberflächen	63
Abbildung 9: SC-RJ und SC-RJ-Push-Pull Steckverbinder	68
Abbildung 10: M12-Steckverbinder für Glasfaser	72
Abbildung 11: BFOC (ST) Stecker	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Symbole zur Textstrukturierung	15
Tabelle 2: Nutzung von Begriffen	15
Tabelle 3: Mindestabstände für Kabel nach EN 50174-2:2018	19
Tabelle 4: Faktor P für Stromversorgungsverkabelung	20
Tabelle 5: Kabeltypen für PROFINET	32
Tabelle 6: Maximale Längen Lichtwellenleiter	40
Tabelle 7: Kennzeichnung der Aderpaare	46
Tabelle 8: Kontaktbelegung 4polige Steckverbinder	48
Tabelle 9: Kontaktbelegung 8-polige Steckverbinder	49
Tabelle 10: Kunststoff-Lichtwellenleiter-Kabel	65
Tabelle 11: Glas-Lichtwellenleiter-Kabel	66

Vorwort

Die PROFINET-Montagerichtlinie soll, wie der Name schon sagt, Sie als Monteur von PROFINET-Verkabelungen bei ihrer Arbeit unterstützen und eine sachgerechte Installation ermöglichen.

Die Darstellung der Informationen wurde möglichst einfach gehalten. Dementsprechend sind keine Vorkenntnisse über die PROFINET-Montage erforderlich. Elektrotechnische Grundkenntnisse sowie Grundkenntnisse in der optischen Datenübertragung sind jedoch wünschenswert. Gerade die Arbeiten an optischen Übertragungsmedien erfordern besondere Kenntnisse und sollten nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden.

Auf die Funktionsweise des PROFINET wird in der PROFINET-Montagerichtlinie nicht eingegangen. Falls Sie dazu Informationen benötigen nutzen Sie bitte die entsprechenden Dokumente z.B. "PROFINET Cabling and Interconnection Technology" (Order No: 2.252) der PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. oder entsprechende Fachliteratur.

Die Planung, Installation und Inbetriebnahme von Ethernet-APL-Netzwerken wird in der Ethernet-APL-Engineering-Richtlinie [APL2021] beschrieben. Daher wird Ethernet-APL in diesem Dokument nicht behandelt.

Dieses Dokument ersetzt kein vorhandenes Dokument. Die bisherigen Dokumente der PNO haben daher weiterhin Gültigkeit.

Sicherheitshinweis



Die Nutzung der PROFINET-Montagerichtlinie 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.

PROFINET Herstellererklärung

Verwenden Sie nur Kabel und Steckverbinder, für die der Hersteller eine PROFINET Herstellererklärung abgegeben hat.

Spannungsfreiheit bei der Montage

Sorgen Sie bei der Montage von elektrischen Komponenten für die Spannungsfreiheit aller Kabel und Geräte.



Das Berühren von abisolierten Adern oder Komponenten, die unter Netzspannung stehen, kann zu schweren Verletzungen oder sogar zum Tod führen.

Außerdem kann ein Kurzschluss schwere und teure Schäden an den Baugruppen verursachen.

Kabelbeschädigung

Beschädigte Kabel sollten grundsätzlich ausgetauscht werden.

Ausschluss der Haftung

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

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

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

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

Normative Referenzen

[EN 50174-2] (2018)

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

[EN 50174-3] 2013 + A1:2017

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

[IEC 60364-5-54]: 2011 + AMD1:2021 CSV

Low-voltage electrical installations - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment
- Earthing arrangements and protective conductors

[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

[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.

PNO Dokumente

[APL2021] Ethernet-APL Engineering Richtlinie

Order No.: 8.121, Version 1.11, Dez. 2021

[APS2021] Ethernet APL Port Profile Specification

Order No.: 2.662, Version 1.0, June 2021

[EMC2022] Funktionspotentialausgleich und Schirmung für PROFIBUS und PROFINET

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

[PNC2022] PROFINET-Inbetriebnahmerichtlinie

Order No.: 8.081, Version 1.53, Sept. 2022

[PND2022] PROFINET-Planungsrichtlinie

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

Symbolerklärungen

Das Dokument enthält sehr viele Grafiken. Sie sollen dem Leser beim Verstehen des Textes helfen. Die Grafiken wurden im Allgemeinen in schwarz-weiß dargestellt. Lediglich zur Hervorhebung der wichtigen Details wurde ein grüner Farbton gewählt. Das nachfolgende Feld zeigt ihnen die verwendete Farbe.



Für die Darstellung von Potentialausgleich und Erdungskabel wurde die folgende Linienform verwendet.



Des Weiteren wurde für den Anschluss der Funktionserde das folgende Symbol verwendet.



Hinweis: Die Funktionserde darf nicht als Schutzterde verwendet werden.

Die Schutzterde wird durch folgendes Symbol gekennzeichnet:



Die Schutzterde wird primär dazu eingesetzt um Menschen vor elektrischen Schlägen zu schützen. Die Schutzterde schützt darüber hinaus Geräte und sorgt dafür, dass ein Fehlerstrom in die Erde abgeleitet wird. Der Strom wird dabei für einen kurzen Moment so groß, dass die Sicherung der Anlage ausgelöst wird und die Anlage damit spannungsfrei geschaltet wird.

Außerdem wurden die folgenden Symbole benutzt. Die Symbole geben ihnen einen Hinweis auf besonders wichtige Textstellen.

Tabelle 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!

Tabelle 2: Nutzung von Begriffen

„muss“	Die Nutzung dieses Wortes beschreibt eine zwingende Maßnahme
„soll“, „sollte“, „kann“	Die Verwendung des Wortes "sollte" in diesem Dokument zeigt die Flexibilität der Wahl bei einer stark bevorzugten Umsetzung.

1 PROFINET-Kabel verlegen

1.1 Führung von PROFINET-Kabeln

Die Planung, Installation und Inbetriebnahme von Ethernet-APL-Netzwerken wird in der Ethernet-APL-Engineering-Richtlinie [APL2021] beschrieben. Daher wird Ethernet-APL in diesem Abschnitt nicht behandelt.

1.1.1 PROFINET-Kupferkabel

Um einen störungsfreien Betrieb des PROFINET-Systems sicherzustellen, sind bestimmte Vorgaben für die Kabelführung zu beachten. Eine sehr wirkungsvolle Störunterdrückungsmaßnahme besteht darin, einen möglichst großen Abstand zwischen den PROFINET-Kabeln und anderen Kabeln herzustellen und parallele Leitungsführung auf ein Minimum zu begrenzen.

Beachten Sie vor allem die für Kupferkabel gültigen Biegeradien und Zugfestigkeiten.



Beachten Sie bei der Installation zusätzlich nationale Sicherheits- und Verlegerichtlinien für Daten- und Energiekabel. Die in dieser Richtlinie gegebenen Angaben richten sich nach geltenden IEC-Normen.

1.1.2 Kabelabstände

Tabelle 3 zeigt Ihnen welche minimalen Abstände Sie nach IEC 61918 zwischen PROFINET-Kabeln (geschirmtes Datenkabel) und anderen Kabeln einhalten müssen. In der Tabelle werden Ihnen auch zwei Varianten mit einem metallenen Trennsteg genannt, mit dem Datenkabel von Energiekabeln getrennt werden können.

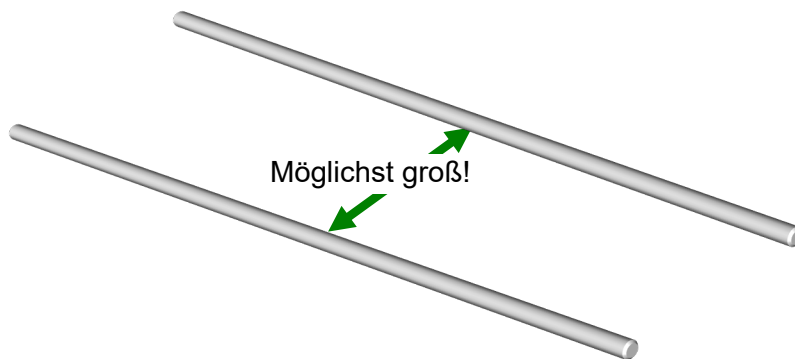


Abbildung 1: Kabelabstände



Generell ist die Gefahr von Störungen (Übersprechen) umso geringer, je größer der Abstand zwischen den Kabeln ist und je kürzer die Strecken sind, in denen Kabel parallel laufen.

Tabelle 3: Mindestabstände für Kabel nach EN 50174-2:2018

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

Tabelle 4: Faktor P für Stromversorgungsverkabelung

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

Im Folgenden finden Sie ein Berechnungsbeispiel für empfohlene Abstände.

Annahmen:

- Offener metallener Kabelkanal: gemäß Tabelle 3 Mindesttrennabstand $S = 8$ mm
- 20 Versorgungsstromkreise mit je 20 A maximal, gemäß Tabelle 4: Faktor $P = 2$
- Empfohlener Abstand ist doppelter Mindestabstand gemäß Abschnitt 11.5.2 der Norm

Daraus ergibt sich:

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

Einschränkung:

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

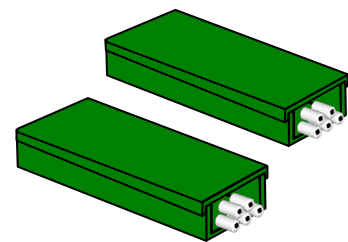
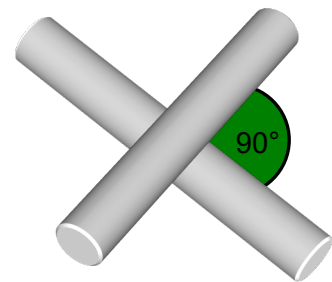
Die applikationsspezifischen reduzierten Abstände sind vom Hersteller der Systemkabel zu benennen. Dieses Vorgehen ist im Rahmen der EN 50174-2 vorgesehen.



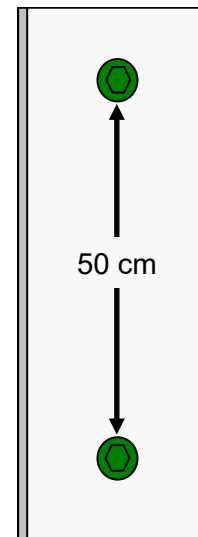
Weitere Informationen bezüglich Mindesttrennabständen entnehmen Sie der IEC 61784-5-3 bzw. der EN 50174-2.

1.1.3 Kabelführung innerhalb von Schaltschränken

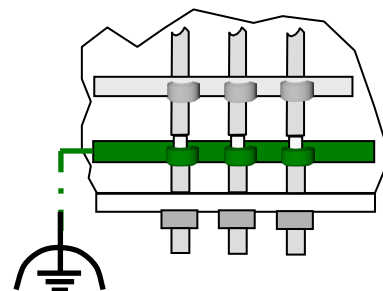
- Entnehmen Sie den Mindestabstand zwischen zwei Kabeln unterschiedlicher Kategorie der Tabelle 3. Generell ist die Gefahr von Störungen durch Übersprechen umso geringer, je größer der Abstand zwischen den Kabeln ist.
- Falls in Ihrer Anlage Kreuzungen von Kabeln unterschiedlicher Kategorien erforderlich sind, sollten diese rechtwinklig ausgeführt werden. Vermeiden Sie die parallele Führung von Kabeln unterschiedlicher Kategorie.
- Ist nicht genügend Platz vorhanden, um den entsprechenden Abstand zwischen den einzelnen Kategorien einzuhalten, so müssen die Kabel, in getrennten, metallisch leitenden Kanälen verlegt werden. Jeder Kanal soll nur Kabel einer Kategorie aufnehmen. Diese Kanäle können Sie dann unmittelbar nebeneinander anordnen.



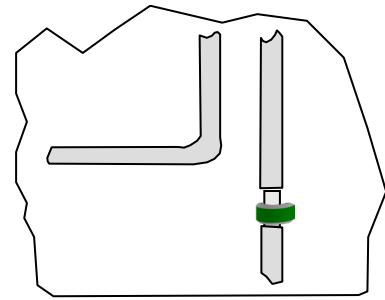
- Verschrauben Sie einen metallisch leitenden Kabelkanal ca. alle 50 cm mit den Holmen des Rahmens oder den Schrankwänden. Achten Sie dabei darauf, dass zwischen Holm und Kabelkanal eine gut leitende und flächige Verbindung entsteht. Bei beschichteten Schaltschränken kann dies zum Beispiel durch die Verwendung von Zahnscheiben erreicht werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Entfernung der Beschichtung oder Lackierung. Allerdings müssen alle Metallteile ausreichend gegen Korrosion geschützt sein.



- Verbinden Sie die Schirme aller Kabel, die in den Schrank führen, am Schrankeintritt mit dem Potentialausgleich. Verbinden Sie hierzu die Schirme großflächig und gut leitend mit der Betriebserde. Hierfür ist spezielles Montagmaterial von verschiedenen Herstellern erhältlich. Fangen Sie die Kabel oberhalb der Erdungsschelle mechanisch ab, um Beschädigungen durch Bewegungen des Kabels zu vermeiden.

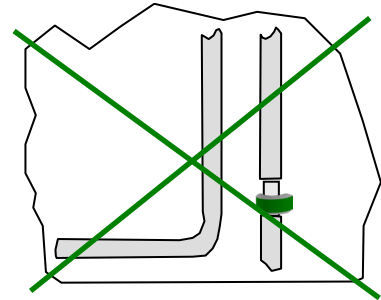


- Verwenden Sie zur Einführung des Kabels in den Schaltschrank passende Kabeleinführungen, zum Beispiel Kabelverschraubungen.



OK

- Vermeiden Sie die parallele Verlegung von den von außen ankommenden Kabeln mit schrankinternen PROFINET-Kabeln zwischen dem Schrankeintritt und der Schirmauflage. Dies gilt auch bei Kabeln gleicher Kategorie!



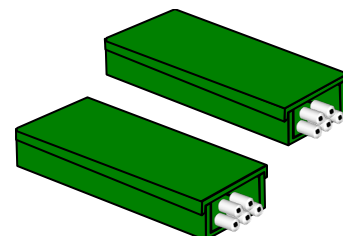
Nein

1.1.4 Kabelführung innerhalb von Gebäuden

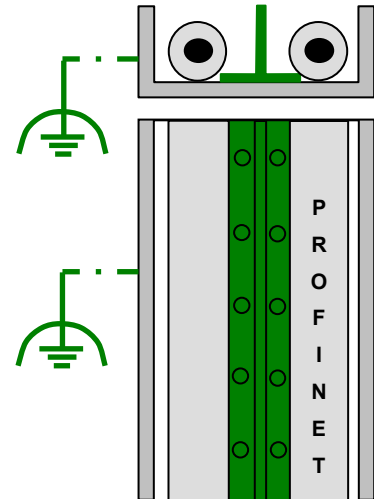
Bei der Kabelführung außerhalb von Schaltschränken und innerhalb von Gebäuden ist folgendes zu beachten:

Entnehmen Sie den Mindestabstand zwischen zwei Kabeln der Tabelle 3. Generell ist die Gefahr von Störungen durch Übersprechen umso geringer, je größer der Abstand zwischen den Kabeln ist.

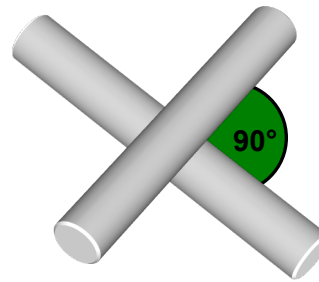
Werden die Kabel in metallischen Kabelkanälen verlegt, so können die Kanäle direkt nebeneinander angeordnet werden.



Steht für alle Kategorien nur ein gemeinsamer metallischer Kabelkanal zur Verfügung, so sind die Abstände gemäß Tabelle 3 einzuhalten. Falls dieses aus Platzgründen nicht möglich ist, müssen die verschiedenen Kabelkategorien durch metallische Abtrennungen getrennt werden. Die Abtrennungen müssen großflächig und gut leitend mit dem Kanal verbunden sein.

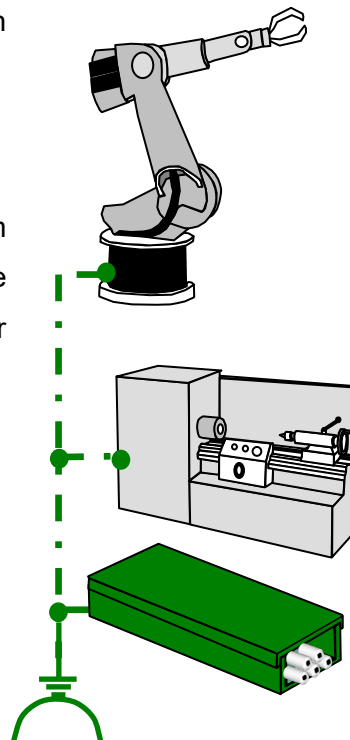


Falls sich Kabel unterschiedlicher Kategorien kreuzen, sollte die Kreuzung rechtwinklig ausgeführt werden. Führen Sie Kabel unterschiedlicher Kategorien nicht über längere Entfernungen parallel.



Verbinden Sie metallisch leitende Kabelbahnen mit dem Potentialausgleich des Gebäudes.

Beachten Sie hierzu die Hinweise zum Potentialausgleich in der Richtlinie Funktionspotentialausgleich und Schirmung für PROFIBUS und PROFINET [EMC2022].



1.1.5 Kabelführung außerhalb von Gebäuden



Für PROFINET-Verbindungen außerhalb von Gebäuden wird die Verwendung von Lichtwellenleiterkabel empfohlen. Lichtwellenleiterkabel haben die folgenden Vorteile gegenüber einer Kupferverkabelung:

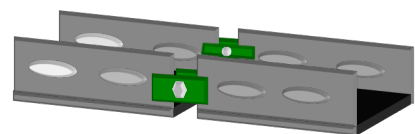
- a.) Völlige Immunität gegen elektromagnetische Störungen. Daher können Lichtwellenleiterkabel ohne Probleme auch parallel zu Energieversorgungsleitungen verlegt werden.
- b.) Elektrische Isolierung zwischen den beiden Kabelenden. Deswegen ist kein Potentialausgleich zwischen den beiden Enden des Kabels erforderlich.
- c.) Es können längere Entfernungen überbrückt werden, als bei Kupferkabeln.



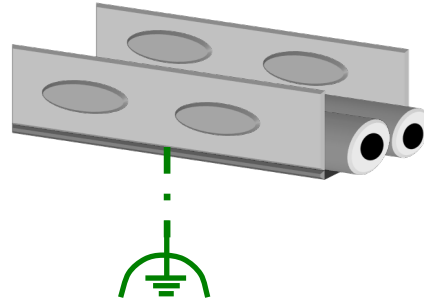
Verwenden Sie für die Verlegung außerhalb von Gebäuden nur dafür zugelassene Kabel. Dies gilt insbesondere für die Verlegung im Erdboden.

Für eine störsichere Führung von PROFINET-Kabeln außerhalb von Gebäuden sind dieselben Regeln einzuhalten, wie bei der Kabelführung innerhalb von Gebäuden. Zusätzlich gilt:

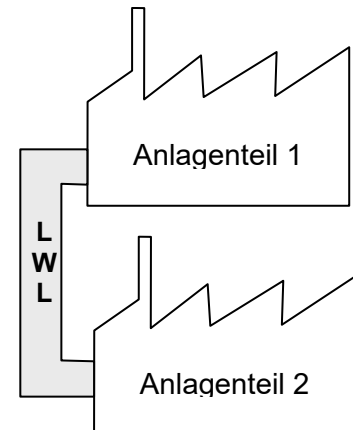
- Verlegen Sie die Kabel auf metallischen gut leitenden Kabelbahnen.
- Verbinden Sie die Stoßstellen der Kabelbahnen großflächig und gut leitend miteinander. Achten Sie darauf, dass die Verbindung aus dem gleichen Material besteht wie die Kabelbahn (Materialmix vermeiden, um Kontaktkorrosion zu verhindern).



- Erden Sie die Kabelbahnen.



- Für die Verbindung zwischen verschiedenen Gebäuden oder Gebäudeteilen werden LWL-Kabel empfohlen. Da LWL-Kabel nicht leiten, entfällt das Verlegen eines Potentialausgleichs parallel zum Kabel.



- Sie benötigen für den Übergang zwischen LWL-Kabeln und PROFINET-Kupfer-Kabeln (z.B. zwischen Außen- und Innenanlagen) einen Medienkonverter oder Switch.

1.2 Mechanischer Schutz von PROFINET Kabeln

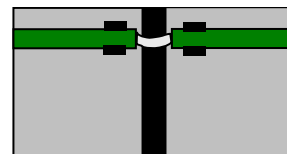
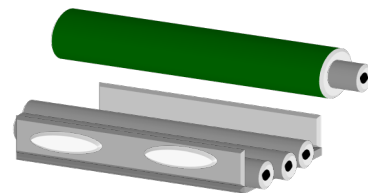
Mechanische Schutzmaßnahmen sollen PROFINET-Kabel vor Unterbrechung oder Kurzschluss der Adern beziehungsweise mechanischer Beschädigung von Mantel und Schirm schützen.



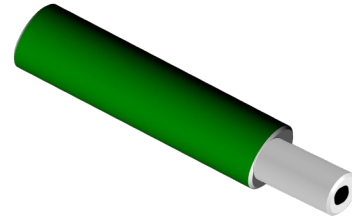
Hinweis:

Die hier beschriebenen Maßnahmen zur mechanischen Sicherheit gelten gleichermaßen für elektrische und für optische Kabel!

- Verlegen Sie das PROFINET-Kabel in einem Schutzrohr aus Kunststoff, wenn Sie das PROFINET-Kabel abseits von Kabelbahnen verlegen.
- Verlegen Sie in Bereichen mit starker mechanischer Beanspruchung PROFINET-Kabel in Metall-Panzerrohren. In Bereichen mit leichteren mechanischen Beanspruchungen können Sie auch Kunststoff-Panzerrohre verwenden.
- Bei 90° Bögen und bei Gebäudefugen (z.B. Dehnfugen) müssen Sie das Schutzrohr unterbrechen. Dabei muss eine Unterschreitung des minimal zulässigen Biegeradius vermieden werden (kein Knicken). Darüber hinaus muss die Beschädigung des PROFINET-Kabels, zum Beispiel durch herabfallende Teile, ausgeschlossen sein.



- Verlegen Sie in Trittbereichen begehrter Gebäude- und Maschinenteile sowie im Bereich von Transportwegen die PROFINET-Kabel in metallischen Panzerrohren oder Kabelbahnen aus Metall.



Hinweis:

Auf Grund der maximalen Länge von etwa 100 m für PROFINET-Kupferkabel, aus Gründen der Potentialtrennung und für einen besseren Schutz gegen elektromagnetische Störungen ist es sinnvoll, Verbindungen zwischen Gebäuden über LWL-Kabel zu realisieren.

1.3 Durchführung der Verlegung

1.3.1 Allgemeines

Beachten Sie bei der Verlegung, dass PROFINET-Kabel nur bedingt mechanisch belastbar sind. Die Kabel können insbesondere durch zu starken Zug oder Druck beschädigt oder zerstört werden. Den gleichen Effekt kann auch das Verdrehen oder das zu starke Biegen (Knicken) des PROFINET-Kabels haben. Die folgenden Hinweise helfen Ihnen, Schäden beim Verlegen von PROFINET-Kabel zu vermeiden.

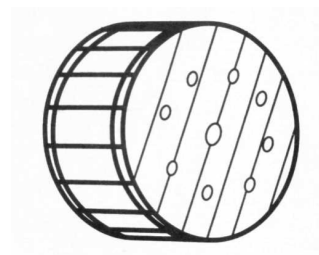
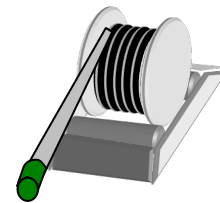


Hinweis:

Tauschen Sie PROFINET-Kabel aus, die bei der Verlegung überbeansprucht oder beschädigt wurden.

1.3.2 Lagerung und Transport

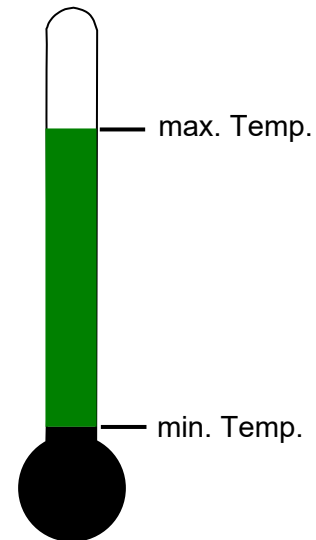
- Während des Transports, der Lagerung und der Verlegung muss das PROFINET-Kabel beidseitig mit einer Schrumpfkappe verschlossen sein. Dadurch wird die Oxidation der einzelnen Adern und eine Ansammlung von Feuchtigkeit und Schmutz am PROFINET-Kabel vermieden.
- Lagern und transportieren Sie die Kabeltrommel so wie nebenstehend gezeigt, so dass sich das aufgewickelte Kabel nicht verschlingen kann.



1.3.3 Temperaturen

Für die Verlegung, Betrieb und Lagerung des PROFINET-Kabels legt der Kabelhersteller üblicherweise Minimal- und Maximaltemperaturen für Betrieb und Lagerung fest. Außerhalb dieser Temperaturgrenzen ist das Kabel mechanisch deutlich geringer belastbar.

- Die Temperaturangaben finden Sie in den Datenblättern des jeweiligen Herstellers. Einige Hersteller drucken Temperaturangaben auch auf den Kabelmantel.



- Typischerweise liegt der Temperaturbereich für installierte, nicht bewegte PROFINET-Kabel zwischen -20°C und $+70^{\circ}\text{C}$. Achtung: Bei einigen PROFINET-Kabeltypen weichen die Temperaturgrenzen ab.
- Sobald Kabel mechanischer Belastung durch Bewegung ausgesetzt sind, zum Beispiel während der Installation oder bei Schleppkettenbetrieb, ist der Temperaturbereich deutlich eingeschränkt. Beachten Sie die Hinweise der Hersteller.

1.3.4 Zugfestigkeit



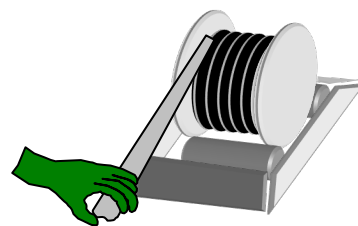
Für jeden Kabeltyp hat der Hersteller eine maximale Zugfestigkeit festgelegt. Eine Überschreitung der maximalen Zugfestigkeit kann das PROFINET-Kabel beschädigen oder zerstören. Dies ist durch die hohe mechanische Belastung besonders bei Schleppketten und bei Girlandenaufhängung wichtig, oder auch durch Zuginwirkung bei der Verlegung des Kabels. Bitte wählen Sie den für die jeweilige Anwendung geeigneten Kabeltyp aus der Tabelle aus:

Tabelle 5: Kabeltypen für PROFINET

PROFINET-Kabel	Geeignet für
Nicht flexibel (massive Adern)	Stationären Einsatz ohne spätere Bewegung
Flexibel	Gelegentliche Bewegungen oder Vibrationen
Dauerhaft bewegte Anwendung	Spezielle Anwendungen, z.B. permanente Bewegung, Vibrationen oder hoch flexibel

Hinweis: Da in Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau oft mit Vibrationen zu rechnen ist, sollte bevorzugt Kabeltyp B (flexibel) zur Anwendung kommen.

- Ziehen Sie das PROFINET-Kabel nur mit der Hand von der Kabeltrommel.

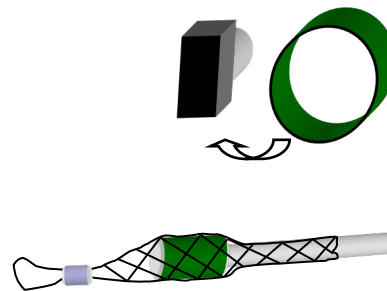


- Ziehen Sie nicht mit Gewalt.



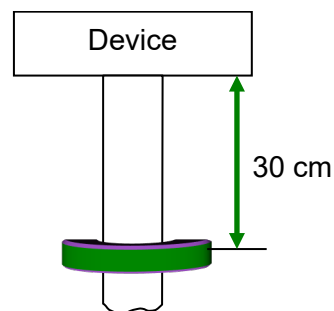
1.3.5 Einziehhilfe verwenden, Steckverbinder schützen

- Verwenden Sie zum Einziehen der PROFINET-Kabel Ziehstrümpfe. Wenn Sie das PROFINET-Kabel bereits konfektioniert haben, schützen Sie den Steckverbinder zusätzlich vor Druckbelastungen. Dies kann zum Beispiel durch das Überstülpen eines Schutzrohres aus Metall oder Kunststoff erfolgen.



1.3.6 Zugentlastung anbringen

- Bringen Sie bei allen Kabeln, die auf Zug belastet werden, in ca. 30 cm Entfernung von der Anschlussstelle eine Zugentlastung an. Die Schirmauflage am Schrankeintritt ist als Zugentlastung nicht geeignet! Da an dieser Stelle der Kabelmantel für die Schirmkontaktierung entfernt wurde, ist das Kabel hier besonders zug- und knickgefährdet. Für eine Zugentlastung ist entsprechendes Montagematerial bei verschiedenen Herstellern erhältlich.



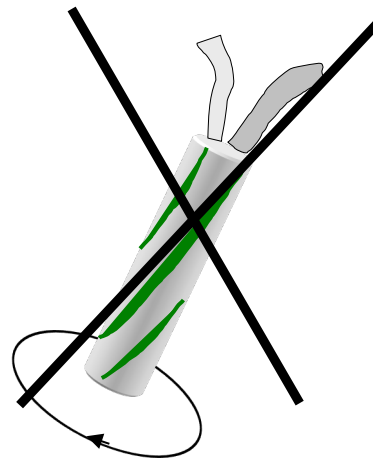
1.3.7 Druckbelastungen

- Quetschen Sie das PROFINET-Kabel nicht, zum Beispiel durch Betreten oder Überfahren.
- Vermeiden Sie außerdem eine übermäßige Beanspruchung der PROFINET-Kabel durch Druck, zum Beispiel durch Quetschung bei unsachgemäßer Befestigung.



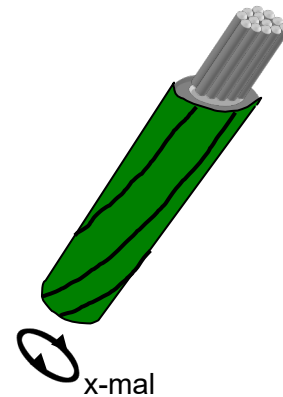
1.3.8 Verdrehen (Torsion)

- Durch eine Verdrehung eines Standard PROFINET-Kabels kann es zu einer Verschlechterung der Übertragungseigenschaften des PROFINET-Kabels kommen. Verdrehen Sie das PROFINET-Kabel deshalb nicht. Spezielle torsionsfeste PROFINET-Kabel sind von verschiedenen Herstellern erhältlich.



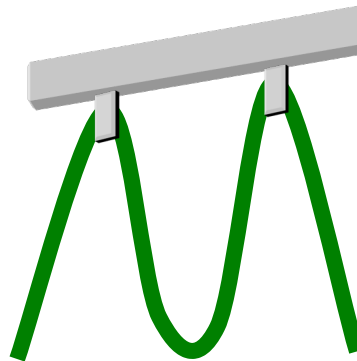
1.3.9 Flexible PROFINET-Kabel

- Verwenden Sie bei PROFINET-Kabeln, die häufig verdreht werden, flexible, verdrehfeste (torsionsfeste) PROFINET-Kabel. Ein typischer Anwendungsfall sind Roboter.



1.3.10 Kabel für Girlandenaufhängung

- Verwenden Sie für Girlandenkabel und Schleppkettenkabel nur Kabel und zugehörige Aufhängungen, die vom Hersteller dafür zugelassen sind. Entsprechendes Material ist von verschiedenen Herstellern erhältlich.

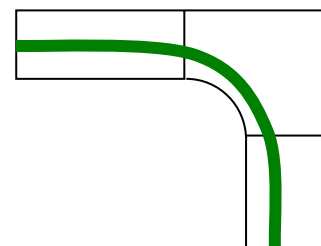
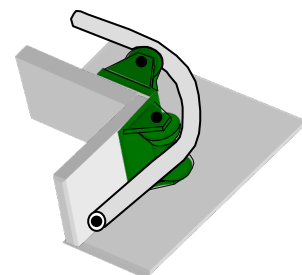
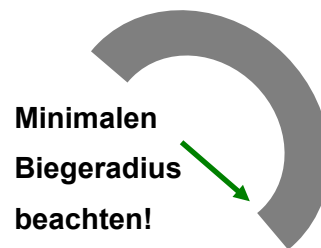


- Achten Sie darauf, dass Girlandenkabel und Schleppkettenkabel bei der Bewegung nicht durch Konstruktionsteile oder andere Kabel beschädigt oder gequetscht werden.
- Achten Sie darauf, dass die Kabel innerhalb von Schleppketten nicht gekreuzt sind (entsprechende Trennstage verwenden). Die Kabel können sonst unzulässig gedehnt werden.
- Verlegen Sie das PROFINET-Kabel verdrehungsfrei! Die Verdrehung des PROFINET-Kabels kann zu einer frühzeitigen Beschädigung (Kabelbruch) oder zu einer Verschlechterung der Übertragungsqualität führen.

Bitte beachten Sie, dass das PROFINET-Kabel für den jeweiligen Einsatz geeignet sein muss. So sind zum Beispiel Schleppkettenkabel nicht unbedingt für Girlandenaufhängung geeignet.

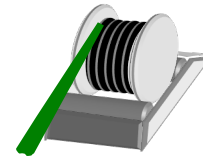
1.3.11 Biegeradien einhalten

- Halten Sie die minimal zulässigen Biegeradien ein. Eine Unterschreitung des minimalen Biegeradius führt zur Beschädigung des PROFINET-Kabels. Die Biegeradien entnehmen Sie bitte den Datenblättern des Herstellers.
- Typischerweise sollte der Biegeradius bei einmaliger Biegung nicht kleiner sein als das 10-fache des Kabeldurchmessers. Ist ein mehrfaches Biegen ($>10 \times$), zum Beispiel durch An- und Abstecken von PROFINET-Teilnehmern zu erwarten, ist ein größerer Biegeradius notwendig (typisch ca. $20 \times$ Kabeldurchmesser).
- Beim Verlegen können PROFINET-Kabel durch Zugkräfte mechanisch belastet werden. Um eine übermäßige Beanspruchung des Kabels zu vermeiden, sollten beim Einziehen größere Biegeradien einzuhalten als im verlegten Zustand. Besonders gefährlich ist hier zum Beispiel das Ziehen des PROFINET-Kabels um eine Mauerecke. Verwenden Sie deshalb entsprechende Umlenkrollen.
- Verwenden Sie, wann immer möglich Kabelkanäle mit abgerundeten Ecken. Dies vermeidet Knicke im Kabel

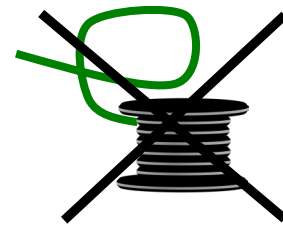


1.3.12 Schlingenbildung vermeiden

- Rollen Sie das PROFINET-Kabel gerade von der Trommel ab. Wickeln Sie das Kabel niemals von der Trommel ab, ohne die Trommel zu drehen, weil dies zu einer Schlingenbildung und dem Knicken des Kabels führen kann



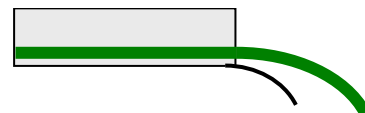
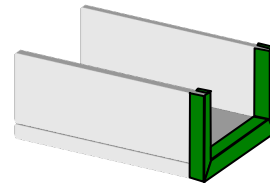
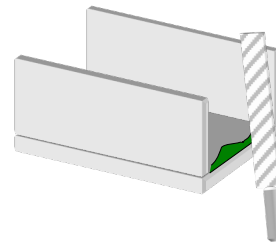
- Stellen Sie die Kabeltrommel so auf, dass das Abziehen des Kabels zu einer Drehung der Kabeltrommel führt. Dadurch werden die Bildung von Schlingen und die damit verbundenen Kabelknicken vermieden.



- Falls doch einmal eine Schlinge entstanden ist: Drehen Sie die Schlinge vorsichtig aus dem PROFINET-Kabel heraus. Ziehen Sie niemals das PROFINET-Kabel einfach gerade (recken), weil dies das PROFINET-Kabel beschädigen oder seine elektrischen Eigenschaften verändern kann

1.3.13 Scharfe Kanten vermeiden

- Scharfe Kanten können zur Beschädigung des PROFINET-Kabels führen. Entgraten Sie deshalb scharfe Kanten mit einer Feile oder einem Dreikantschaber. Dies sind zum Beispiel Schnittkanten an Kabelkanälen.
- Schützen Sie Abschlusskanten und Ecken durch Kantenschützer aus Kunststoff.
- Verwenden Sie am Ende von Kabelkanälen Übergangsstücke welche ein scharfes Abknicken des Kabels verhindern.



1.3.14 Nachinstallation

Beachten Sie bei der Verlegung von weiteren Kabeln auch, dass bereits verlegte PROFINET-Kabel oder andere Anlagenkabel nicht überbeansprucht oder beschädigt werden. Dieses ist zum Beispiel möglich, wenn die PROFINET-Kabel mit anderen Kabeln auf einer gemeinsamen Kabelbahn verlegt werden (sofern die elektrische Sicherheit es zulässt). Seien Sie besonders vorsichtig beim Nachziehen von neuen Kabeln (bei Reparaturen, Erweiterungen). Besonders kritisch ist auch das Einziehen mehrerer Kabel in ein Rohr. Dabei können die Kabel, die bereits im Rohr liegen beschädigt werden.

Ziehen Sie das PROFINET-Kabel zuletzt ein, wenn Sie es mit anderen Kabeln in einem Kabelkanal verlegen.

1.4 PROFINET-Kupferkabel

Die Verbindung zwischen PROFINET Teilnehmern bezeichnet man als PROFINET Channel. In den meisten Fällen werden PROFINET Channels mit PROFINET-Kupferkabeln aufgebaut. Die maximale Länge eines PROFINET Channels, der mit PROFINET-Kupferkabeln aufgebaut ist, beträgt 100 m.

1.5 PROFINET-Lichtwellenleiterkabel

Da LWL-Kabel keine elektrischen Ströme oder Spannungen übertragen, sind sie völlig unempfindlich gegen elektromagnetische Beeinflussungen. Daher ist die Kabelführung von LWL-Kabel weniger kritisch, als bei Kupferkabeln. In jedem Fall ist jedoch auf einen ausreichenden mechanischen Schutz zu achten. Insbesondere sind die minimalen Biegeradien und die maximale Zugfestigkeit zu beachten.

Abhängig von der zu überbrückenden Entfernung können LWL-Kabel mit verschiedenen Fasertypen eingesetzt werden. Tabelle 6 zeigt die mit verschiedenen Fasertypen maximal überbrückbaren Distanzen. Ein LWL-Kabel erfordert einen Steckverbinder an jedem Ende. Gegebenenfalls können bei einer Verbindung mehrerer Kabelabschnitte zusätzliche Steckverbinder erforderlich werden. Diese zusätzlichen Steckerbinder erhöhen die Signaldämpfung und reduzieren die maximal zulässige Kabellänge. Tabelle 6 zeigt den Einfluss zusätzlicher Steckverbinder auf die maximal zulässige Kabellänge.

Tabelle 6: Maximale Längen Lichtwellenleiter

Faser	Keine zusätzlichen Steckverbinder	Ein zusätzlicher Steckverbinder	Zwei zusätzliche Steckverbinder
Plastic Optical Fiber) (POF)	50 m	43,5 m	37 m
Plastic cladded fiber (PCF)	100 m	100 m	100 m
Multi Mode Glasfaser	2000 m	2000 m	2000 m
Single Mode Glasfaser	14000 m	14000 m	14000 m

1.5.1 Verlegung von PROFINET-Lichtwellenleiterkabeln



Bei Überschreiten der maximal zulässigen Zugkräfte können die optischen Fasern ggf. überdehnt werden. Dies kann zu einer höheren Dämpfung, reduzierter Lebensdauer und/oder dauerhafter Beschädigung des Kabels führen. Die Folge können dauerhafte oder sporadische Übertragungsstörungen sein. Solche Störungen können auch zu einem späteren Zeitpunkt, manchmal Jahre nach der Installation, auftreten. Besonderes Augenmerk ist auf die Einhaltung der Biegeradien zu legen. Der Mindestbiegeradius für PROFINET-Kabel beträgt üblicherweise mindestens das 15-fache des Kabeldurchmessers. Bitte berücksichtigen Sie auch die Herstellerangaben in den Datenblättern.

1.5.2 Steckverbinder vor Verschmutzung schützen

- Steckverbinder für Lichtwellenleiter sind empfindlich gegen Verschmutzung.
- Schützen Sie nicht angeschlossene Steckverbinder und Buchsen durch die mitgelieferten Staubschutzkappen.

Reinigen Sie die Stirnfläche eines Steckverbinders vor dem Aufstecken auf Geräte oder optische Kupplungen. Benutzen Sie dazu ein fusselfreies und mit Isopropylalkohol befeuchtetes Tuch. Legen Sie das Tuch auf eine ebene, nicht zu harte Fläche. Ziehen Sie den Steckverbinder zum Reinigen in eine Richtung über das Tuch. Wiederholen Sie den Vorgang gegebenenfalls etwas versetzt. Reinigen Sie zunächst feucht, danach trocken. Kontrollieren Sie den Reinigungserfolg mit einem Mikroskop.

1.5.3 EMV-Beeinflussungen

Lichtwellenleiter sind unempfindlich gegen EMV-Beeinflussungen! Eine gemeinsame Verlegung der Lichtwellenleiterkabel mit Kupferkabeln ist daher problemlos möglich.



Zur Vermeidung von Störungen ist bei LWL-Kabeln mit Stahlarmierung die Armierung beidseitig mit dem Potentialausgleich zu verbinden.

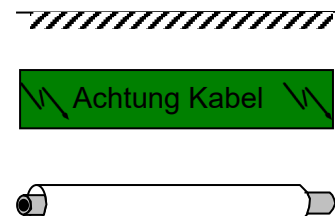
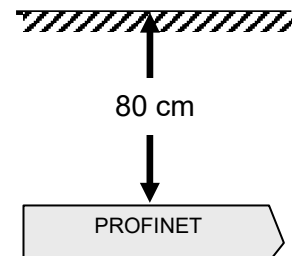
1.5.4 Verlegung im Erdreich / Verbindung von Gebäuden



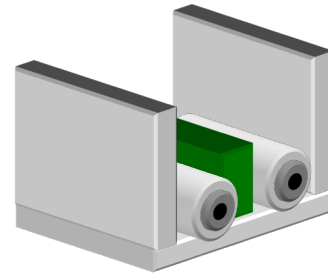
Kabel, die im Erdboden verlegt werden sollen, müssen einen besonders robusten Aufbau haben. Verwenden Sie deshalb bei Erdverlegung nur Kabel, die vom Hersteller für Erdverlegung zugelassen sind.

Bei einer direkten Verlegung im Erdreich ist außerdem folgendes zu empfehlen:

- Verlegen Sie das Kabel in einem Graben ca. 80 cm unter der Erdoberfläche. Landestypische Angaben beachten.
- Schützen Sie das Kabel vor mechanischer Beschädigung, zum Beispiel durch ein Kunststoffrohr. Verlegen Sie darüber Kabelwarnband.



- Werden mehrere Kupferkabel verschiedener Kategorien im gleichen Graben verlegt, halten Sie die Abstände aus Tabelle 3 ein. Als Abstandshalter können Sie beispielsweise Ziegelsteine verwenden. Da LWL-Kabel unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen sind, können diese ohne Mindestabstände zu anderen Kabeln verlegt werden.



Achten Sie beim Ausheben des Grabens auf Hinweise auf andere Kabel oder Einrichtungen (z.B. Kabelwarnband). Eine Beschädigung anderer Kabel oder Einrichtungen (z.B. Energieversorgungskabel, Gasleitungen) kann neben Sachschäden zur Gefährdung von Gesundheit und Leben führen.

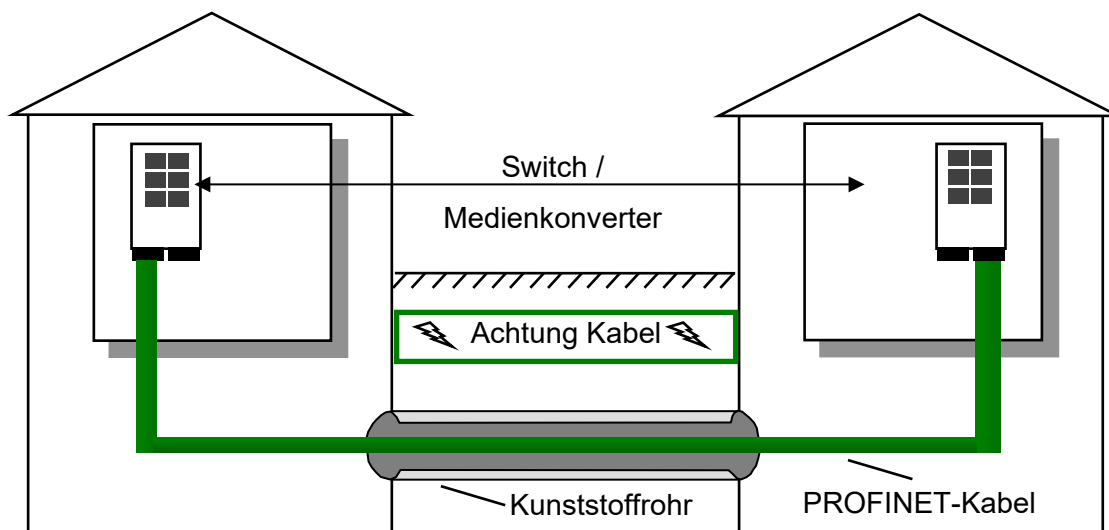


Abbildung 2: Kabelverlegung außerhalb von Gebäuden

2 Konfektionierung von PROFINET-Kabeln

2.1 Konfektionierung von PROFINET-Kabeln

Für den Anschluss von PROFINET-Kupferkabeln an einem PROFINET-Teilnehmer gibt es den Rechteck-Steckverbinder RJ45 und den Rundsteckverbinder M12.

Für das IP20-Umfeld im Schaltschrank wird der RJ45-Steckverbinder eingesetzt.

Bestehen im Feld erhöhte Anforderungen an die Schutzart (z.B. IP65/67) ist ein RJ45-Stecker im Push Pull Gehäuse oder der M12 Steckverbinder (D-Kodierung) zu verwenden.

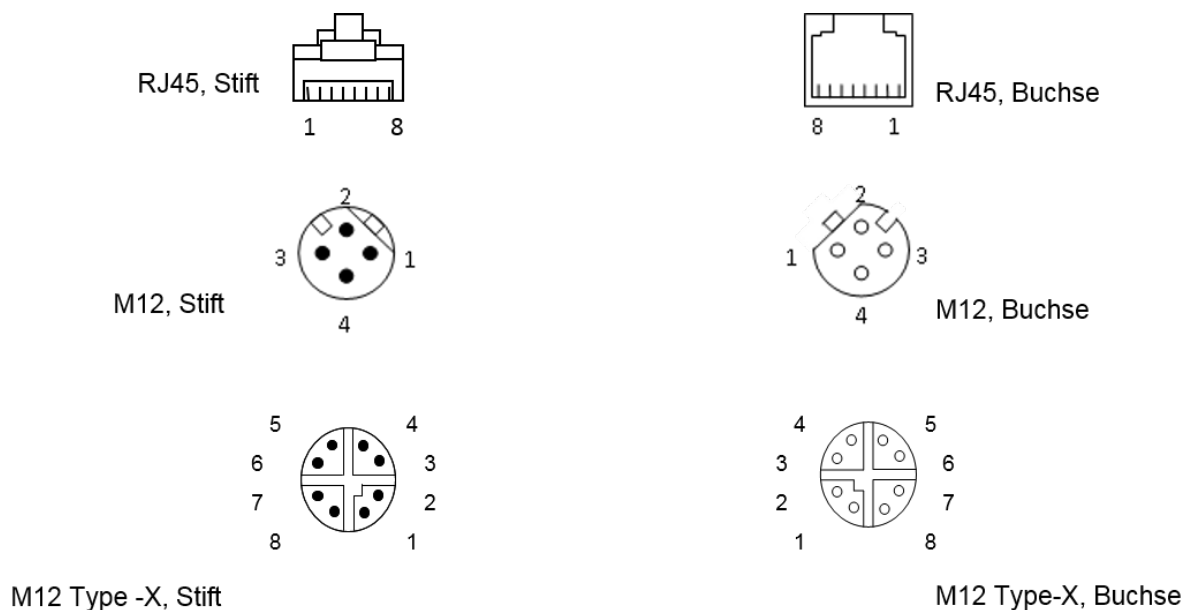


Abbildung 3: Pin-Belegung RJ45 und M12 Steckverbinder

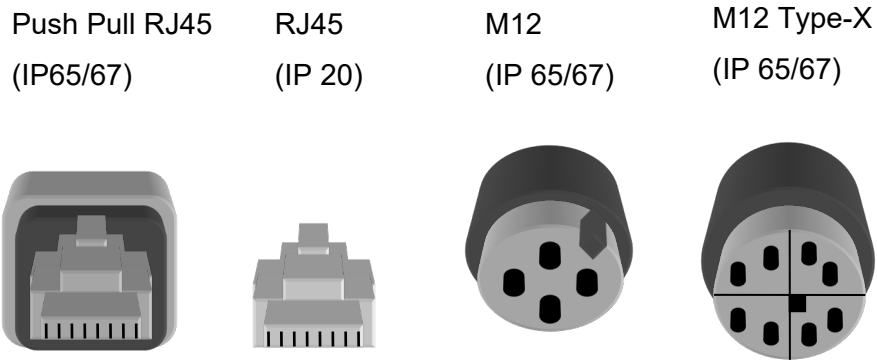


Abbildung 4: Steckverbinder – Übersicht



Tipp: Der Steckverbinder-Typ ist durch die Schnittstelle am PROFINET-Teilnehmer bestimmt. Suchen Sie für den Anschluss des Kabels einen geeigneten PROFINET-Steckverbinder dieses Steckverbinder-Typs aus, der Ihre Anforderungen an die Konfektionierung erfüllt.

Für die Steckverbinder existieren mehrere Anschlusstechniken, die sich je nach Steckverbinderhersteller voneinander unterscheiden. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, hier eine generelle Anleitung zur Konfektionierung von Steckverbindungen zu geben.

Das hier betrachtete PROFINET-Kabel ist als Rundleitung mit 4 Adern ausgeführt und radialsymmetrisch. Die Adern sind verseilt, zum so genannten Sternvierer. Die farbige Kennzeichnung der Aderpaare entnehmen Sie Tabelle 7.

Tabelle 7: Kennzeichnung der Aderpaare

Paar	1(Senddaten)	2 (Empfangsdaten)
Ader A	Gelb (TD+)	Weiß (RD+)
Ader B	Orange (TD-)	Blau (RD-)



Bitte beachten Sie, dass je zwei gegenüberliegende Adern ein Paar bilden um die Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen zu reduzieren. D. h. die gelbe und orange Ader bilden ein Paar, die weiße und die blaue Ader bilden ein Paar.

Alle Aderpaare sind von einer kunststoffbeschichteten Aluminiumfolie und einem Gesamtgeflechtschirm aus verzinnnten Kupferdrähten umgeben. Der genaue Aufbau des Kabels kann von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich sein. Bitte beachten Sie die Herstellerangaben.



Verwenden Sie für eine PROFINET Verkabelung ausschließlich Komponenten, für die eine PROFINET-Herstellererklärung vorliegt.

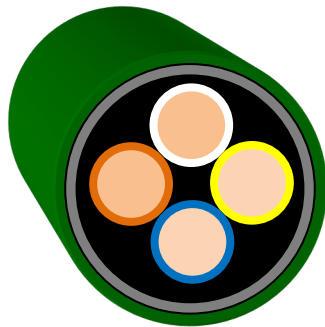


Abbildung 5: Aufbau des 2-paarigen PROFINET-Kabels

Tabelle 8: Kontaktbelegung 4polige Steckverbinder

Signal	Funktion	Aderfarbe	Kontaktbelegung	
			RJ45	M12
TD+	Transmission Data +	Gelb	1	1
TD-	Transmission Data -	Orange	2	3
RD+	Receiver Data +	Weiß	3	2
RD-	Receiver Data -	Blau	6	4



Beachten Sie: Um sicherzustellen, dass der Schirm bei hohen Frequenzen wirksam ist, muss der Kabelschirm an jedem Gerät mit dem Potentialausgleich verbunden sein. Dies geschieht in der Regel über den Stecker. Darüber hinaus sollte das Gerät auch lokal geerdet sein.

Für eine Übertragungsgeschwindigkeit von 1 Gbit/s müssen Leitungen mit 4 Aderpaaren und 8 polige Stecker verwendet werden. Abbildung 6 zeigt ein 4-paariges PROFINET-Kabel im Querschnitt.

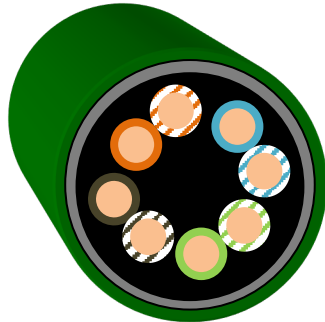


Abbildung 6: Aufbau des 4-paarigen PROFINET-Kabels

In Tabelle 9 sind die Kontaktbelegungen für 8-polige Steckverbinder (RJ45 und M12 Type-X) aufgeführt. Die Belegung kann nach den Standards T568A oder T568B erfolgen. Vor der Installation muss ein Standard festgelegt werden.

Tabelle 9: Kontaktbelegung 8-polige Steckverbinder

Funktion	Aderfarbe		Kontaktbelegung	
	T568A	T568B	RJ45	M12 Type-X
TD/RD 1	Weiß/Orange	Weiß/Grün	3	1
	Orange	Grün	6	2
TD/RD 2	Weiß/Grün	Weiß/Orange	1	3
	Grün	Orange	2	4
TD/RD 3	Weiß/Blau	Weiß/Blau	5	5
	Blau	Blau	4	6
TD/RD 4	Weiß/Braun	Weiß/Braun	7	7
	Braun	Braun	8	8



Um die Wirksamkeit des Kabelschirms bei hohen Frequenzen sicherzustellen muss der Schirm an beiden Kabelenden geerdet sein. Diese Erdung erfolgt in der Regel durch den Steckverbinder. Stellen Sie darüber hinaus sicher, dass die Geräte selber auch ausreichend geerdet sind.

2.1.1 Allgemeine Montagehinweise für Steckverbinder



Die in diesem Abschnitt aufgeführten Montagehinweise können sowohl für 4-polige, wie auch für 8-polige Steckerbinder angewendet werden.



Beim Einsatz von Schneidklemmtechnik müssen Sie das jeweilige Kabelende bei jeder Konfektionierung (zum Beispiel Steckverbinderwechsel) neu absetzen. Es besteht sonst die Gefahr, dass der Kontakt nicht richtig hergestellt ist.



Die Schneidklemmtechnik besteht im Allgemeinen aus einem aufeinander abgestimmten System von Steckverbinder, PROFINET-Kabel und Abisolierwerkzeug. Um Probleme zu vermeiden verwenden Sie bitte ausschließlich Komponenten die zur jeweiligen Technik des Herstellers gehören.



Die Abisolierwerkzeuge sind zum Teil bei gleicher Bauweise für verschiedene geschirmte Kabel erhältlich. Der Unterschied besteht in der eingesetzten Messerkassette. Diese muss für das jeweilige PROFINET-Kabel/Steckverbinder-System geeignet sein. Für andere PROFINET-Kabel oder Steckverbinder sind die Abisolierwerkzeuge dann nicht geeignet. Der Einsatz einer falschen Messerkassette führt zu einer schlechten Kontaktierung von Adern oder Schirm.



Achten Sie bei der Montage des Steckverbinders auf eine korrekte Kontaktierung des Kabelschirms. Signaladern und Kabelschirm dürfen keinen Kontakt zueinander haben.



Schließen Sie Steckverbinder vorsichtig. Andernfalls kann es zum Beispiel durch Quetschungen der Adern zu Beschädigungen oder Kurzschlüssen kommen.



Achten Sie darauf, dass Sie nur PROFINET-Kabel einsetzen, die der Steckverbinderhersteller zum Einsatz mit dem jeweiligen Steckverbinder freigegeben hat. Dies gilt im Besonderen bei der Verwendung von Schneidklemmtechnologien. Weiterhin muss bei IP 65 Anwendungen darauf geachtet werden, dass der Leitungsdurchmesser zum Steckverbindergehäuse passt. Nur so kann eine richtige Abdichtung von Steckverbinder und Kabel gewährleistet werden.

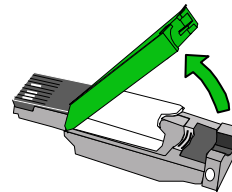
2.1.2 RJ45-Schneidklemmtechnik



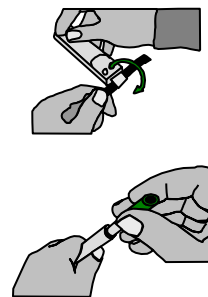
Lesen Sie die Beschreibung des Steckverbinderherstellers. Die Beschreibung gibt wichtige Informationen über den Steckverbinder-aufbau. Die Art, wie dieser Steckverbinder konfektioniert wird, ist vom jeweiligen Hersteller abhängig.

Dieser Typ Steckverbinder ist von verschiedenen Herstellern in unterschiedlichen Ausführungen erhältlich. Der nächste Abschnitt beschreibt exemplarisch die Montage eines solchen Steckverbinders. Die exakte Vorgehensweise kann sich von Hersteller zu Hersteller unterscheiden. Bitte beachten Sie die Montageanleitung des jeweiligen Herstellers.

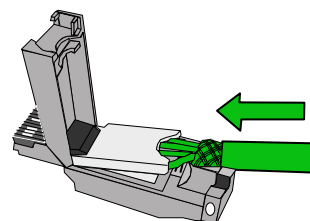
- Öffnen Sie den Steckverbinder



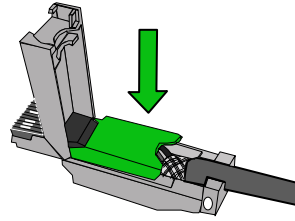
- Isolieren Sie das Kabel unter Verwendung des Abisolierwerkzeuges ab. Das Abisolierwerkzeug wird passend zum jeweiligen Kabeldurchmesser angeboten. Halten Sie die vorgeschriebenen Schirm- und Aderlängen genau ein. Beim Originalwerkzeug für PROFINET-Kabel sind die Abisolierlängen automatisch richtig eingestellt.



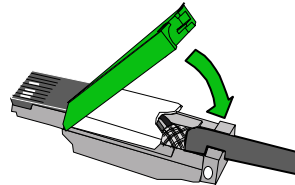
- Führen Sie die Adern in den transparenten Halter ein. Ordnen Sie die Aderfarben der Farbmarkierung auf dem Halter korrekt zu.



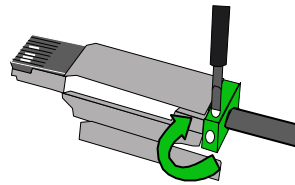
- Drücken Sie den Kabelhalter herunter.



- Schließen Sie das Gehäuse. Sorgen Sie für einen guten Kontakt des Schirmgeflechtes mit dem Gehäuse.



- Verriegeln Sie das Gehäuse.



Für die Schneidklemmtechnik gibt es passend zum System des jeweiligen Herstellers auch entsprechende Abisolierwerkzeuge. Die Werkzeuge übernehmen neben dem Abmanteln auch das Kürzen der Schirmung um einen guten Kontakt zum Steckverbindergehäuse zu gewährleisten. Sie vereinfachen die Montage wesentlich und verkürzen die Montagezeit.

2.1.3 Konfektionierung M12 Steckverbinder

Der 4-polige M12-Steckverbinder ist eine weitere wichtige Steckverbindervariante für den PROFINET. Sie wird häufig in rauen Industrieumgebungen außerhalb des Schaltschranks eingesetzt.

Die Anschluss technik variiert von Hersteller zu Hersteller. Im Folgenden wird auf feldkonfektionierbare PROFINET-Kabel eingegangen. Für feldkonfektionierte PROFINET-Kabel kommen folgende Anschluss-techniken zum Einsatz:

- Schraub-techniken
- Schneidklemm-technik

2.1.4 M12-Schraubklemm-technik



Herstelleranweisung:

Lesen Sie die Beschreibung des Steckverbinderherstellers. Die Beschreibung gibt wichtige Informationen über den Steckverbinderaufbau. Die folgende Beschreibung gibt die prinzipielle Vorgehensweise an, ersetzt aber keinesfalls die Beschreibung des Herstellers.

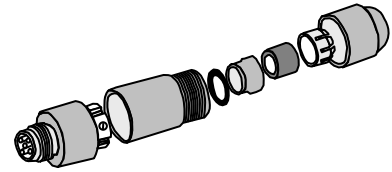


Hinweis:

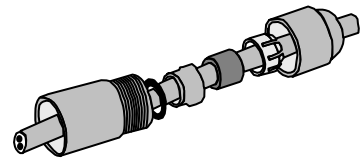
M12 Steckverbinder bestehen in der Regel aus mehreren Teilen. Die IP-Schutzart kann je nach Steckverbindertyp unterschiedlich sein. Kontrollieren Sie nach dem Öffnen der Verpackung ob alle Teile vorhanden sind.

Die prinzipiellen Arbeitsschritte sind:

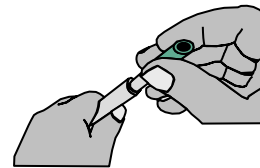
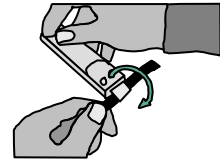
- Öffnen Sie den Steckverbinder.



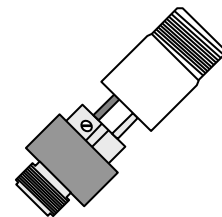
- Schieben Sie die Dichtung und Verschraubung auf das PROFINET-Kabel.



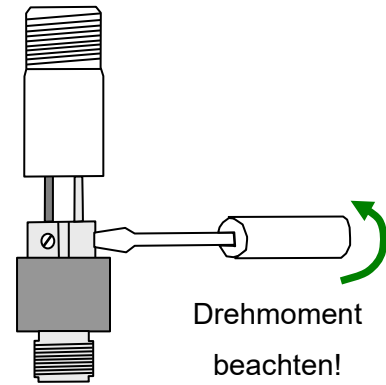
- Manteln Sie das PROFINET-Kabel mit einem zum dem Kabel passenden Abmantelwerkzeug ab. Beachten Sie die für den jeweiligen Steckverbinder notwendigen Maße für das Kabel und den Schirm.



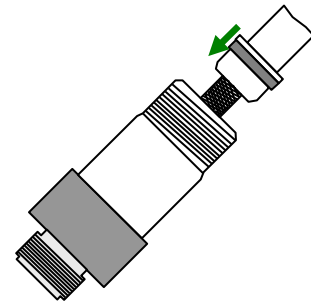
- Isolieren Sie die Adern ab.
- Führen Sie die Adern in die geöffneten Kontaktkammern ein. Achten Sie dabei auch die richtige farbliche Zuordnung der Adern zu den Klemmen.



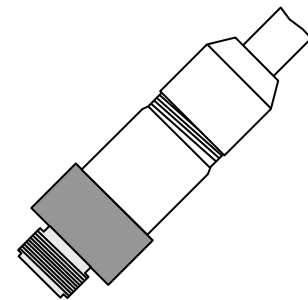
- Schließen Sie die Kontaktkammern mit einem Schraubendreher. (Drehmoment beachten).



- Auflegen des Schirms: Legen Sie das Schirmgeflecht nach hinten um und schieben Sie die Metallhülse auf. Um den Steckverbinder abzudichten, muss in der Hülse der Dichtring eingelegt sein. Es dürfen keine Schirmdrähte über den Dichtring ragen. Achten Sie darauf, dass es zu keiner Verbindung zwischen der Schirmung und den Adern kommt.



- Ziehen Sie die Verschraubung der Abschlusskappe an. Beachten Sie, dass sich dabei die Adern im inneren des Steckverbinders nicht verdrehen.



2.1.5 M12-Schneidklemmtechnik



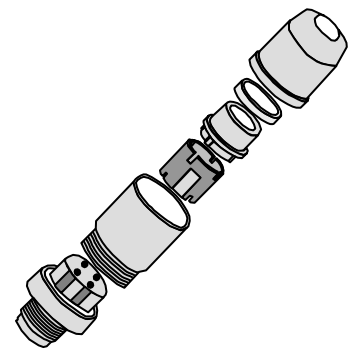
Herstellieranweisung:

Lesen Sie die Beschreibung des Steckverbinderherstellers. Die Beschreibung gibt wichtige Informationen über den Steckverbinderaufbau. Die folgende Beschreibung gibt die prinzipielle Vorgehensweise an, ersetzt aber keinesfalls die Beschreibung des Herstellers

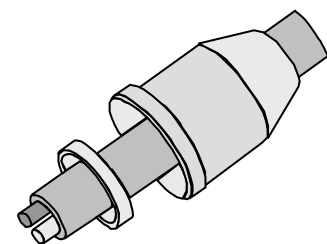
Der wesentliche Vorteil der Schneidklemmtechnik ist die Vereinfachung und die Verkürzung der Montage.

Die prinzipiellen Arbeitsschritte sind:

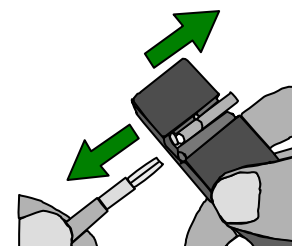
- Öffnen Sie den Steckverbinder.



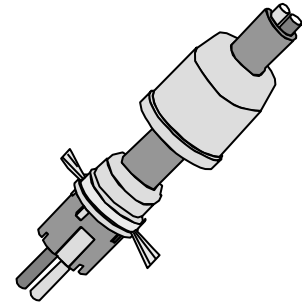
- Schieben Sie die Abschlusskappe und gegebenenfalls weitere erforderliche Teile wie z. B. Dichtringe oder Kontaktfedern auf das Kabel.



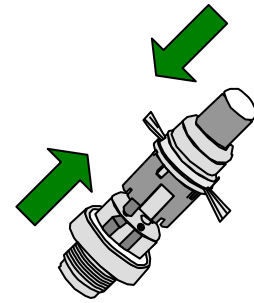
- Manteln sie das Kabel Abisolierwerkzeug ab. Adern und Schirmung werden in der vorgeschriebenen Länge freigelegt (Angaben des Steckverbinderherstellers beachten). Isolieren Sie nicht die einzelnen Adern ab.



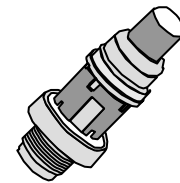
- Legen Sie die Schirmung auf das Gehäuse auf. Achten Sie darauf, dass es zu keiner Verbindung zwischen Schirmung und den Adern kommt.



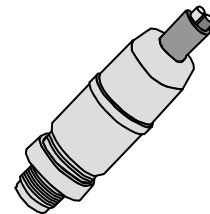
- Führen Sie die Adern in die geöffneten Kontaktkammern ein. Beachten Sie, dass die Aderfarbe zu der Farbcodierung an der Kontaktkammer passt.



- Schieben Sie die beiden Steckverbinderteile aufeinander



- Beachten Sie, dass die Zugentlastung und der Kabelschirm korrekt montiert sind



- Schließen Sie den Steckverbinder durch Verschrauben. Beachten Sie, dass dabei die Adern im Steckverbinder nicht verdreht werden.

Für die Schneidklemmtechnik gibt es passend zum System des jeweiligen Herstellers auch entsprechende Abisolierwerkzeuge. Die Werkzeuge übernehmen neben dem Abmanteln auch das Kürzen der Schirmung. Sie vereinfachen die Montage wesentlich und verkürzen die Montagezeit.



Hinweis:

Die Abisolierwerkzeuge sind zum Teil bei gleicher Bauweise für verschiedene geschirmte Kabel erhältlich. Der Unterschied besteht in der eingesetzten Messerkassette. Diese muss für das jeweilige PROFINET-Kabel/Steckverbinder-System geeignet sein. Für andere PROFINET-Kabel und Steckverbinder sind die Abisolierwerkzeuge dann nicht geeignet.

2.1.6 Hybridsteckverbinder

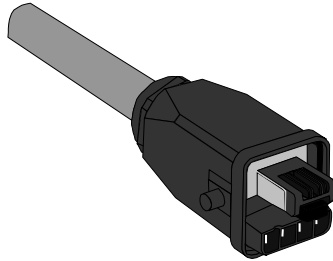


Abbildung 7: Hybridsteckverbinder

Bei hybriden Steckverbindern erfolgen die Spannungsversorgung der PROFINET-Teilnehmer und die Anbindung des PROFINET-Kabels über den gleichen Steckverbinder. Dies spart Installationsaufwand. Die größte Installationsvereinfachung erreichen Sie durch die Nutzung von vorkonfektionierten Kabeln, die bei den Kabelherstellern in verschiedenen Längen erhältlich sind. Müssen Sie auf Grund von abweichenden Kabellängen oder von Reparaturarbeiten die Steckverbinder vor Ort konfektionieren, befolgen Sie in jedem Fall die Anweisungen des Herstellers. Die Kontakte des Hybridsteckverbinders werden in der Regel gecrimpt. Hierzu stehen Ihnen die Crimpzangen der Steckverbinderhersteller zur Verfügung. Nutzen Sie nur vom Steckverbinderhersteller vorgeschriebene Crimpzangen. Nur richtig gecrimpte Verbindungen gewährleisten eine dauerhafte, hochwertige Verbindung.

2.2 Konfektionierung Lichtwellenleiterkabel



Herstellervoranweisung:

Die technischen Daten der Lichtwellenleiterkomponenten des jeweiligen Herstellers finden Sie in den Datenblättern der Komponenten. Beachten Sie diese Informationen in jedem Fall.



Um die geltenden Dämpfungswerte für Lichtwellenleiterverbindungen nicht zu überschreiten, müssen optische Steckverbinder mit einer besonderen Sorgfalt behandelt und konfektioniert werden

Die Konfektionierung eines Lichtwellenleiterkabels ist vom Faser- und Steckverbindertyp abhängig. Generell erfordert die Konfektionierung mit abnehmendem Faserkerndurchmesser eine höhere Präzision bei der Konfektionierung und einen höheren Aufwand für Werkzeuginvestitionen.

2.2.1 Hinweise für das Arbeiten mit Lichtwellenleitern

Die folgenden Kapitel geben Ihnen die Verfahrensanweisungen für die Konfektionierung und Installation von Lichtwellenleitern.

2.2.2 Schutz der Steckverbinder gegen Verschmutzung und Beschädigung

- Die LWL Steckverbinder reagieren empfindlich auf Verschmutzung.
- Verschließen Sie ungenutzte Steckverbinder und ungenutzte Buchsen mit den mitgelieferten Schutzkappen.
- Belassen Sie die Schutzkappen auf Steckverbindern und Kabelsteckern bis diese zusammengesteckt werden.
- Falls eine Steckverbindung oder Buchse ohne Schutzkappe angeliefert wurde, prüfen Sie die optische Oberfläche und setzen Sie eine passende Schutzkappe auf.



Hinweis:

Auch wenn ein LWL-Steckverbinder mit Schutzkappen versehen ist, kann die optische Oberfläche verschmutzt sein.



Verschmutzte Stirnflächen optischer Stecker verschlechtern die Zuverlässigkeit der Signalübertragung. Reinigen Sie jede Steckerstirnfläche vor dem Aufstecken auf Kupplungen oder Geräte!

Der Prozess zur Inspektion und Reinigung von LWL-Steckverbindern hängt von dem von dem eingesetzten Fasertyp (Multimode-, Singlemode-, PCF- oder POF-Faser) ab. Die folgenden Hinweise geben allgemeine Informationen zu diesem Vorgang.

2.2.3 Inspektion der optischen Oberfläche



Herstellervorschrift:

Beachten Sie die Herstellervorschriften bezüglich der Inspektion optischer Steckverbinderoberflächen. Die im Folgenden beschriebenen Schritte gelten als allgemeine Hinweise.

Stellen Sie sicher, dass die zu untersuchende Faser nicht an einen aktiven Sender angeschlossen ist. Dies erreichen Sie indem Sie den Steckverbinder am Sender abnehmen oder in dem Sie den Sender abschalten. Sichern Sie die Leitung gegen versehentliches Aufstecken bzw. Wiedereinschalten während der Inspektion.



Die Inspektion eines Steckverbinders kann ernsthafte Augenschäden verursachen, wenn die an den Steckverbinder angeschlossene LWL-Faser an einen aktiven Sender angeschlossen ist. Stellen Sie vor einer Inspektion immer sicher, dass der zu untersuchende Steckverbinder nicht an einen aktiven Sender angeschlossen ist.

Bedenken Sie, dass die für die optische Datenübertragung benutzten Wellenlängen 850 nm und 1300 nm für das menschliche Auge nicht sichtbar sind!

Verwenden Sie eine Video-Inspektionskamera oder ein portables Inspektionsmikroskop um die optische Fläche der LWL-Steckverbinder auf Verschmutzung, Risse oder Kratzer zu untersuchen. Falls Schmutz, Fremdkörper oder andere Verschmutzungen festgestellt werden, führen Sie bitte die nachfolgend beschriebene Reinigungsprozedur durch. Die folgenden Bilder zeigen die grundlegende Vorgehensweise.

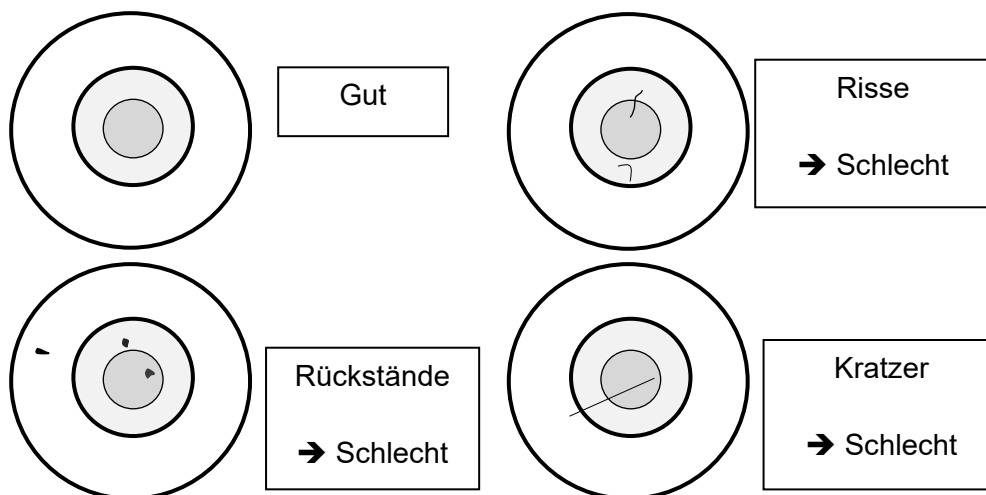


Abbildung 8: Qualität optischer Oberflächen

2.2.4 Reinigung optischer Oberflächen



Herstellervoranweisung:

Beachten Sie die Reinigungsanweisungen des Herstellers.

Die nachfolgenden Schritte beschreiben die generelle Vorgehensweise bei der Reinigung von optischen Steckverbindern:

- Verwenden Sie ein fusselloses, mit Isopropylalkohol befeuchtetes Tuch. Es kann auch eine spezielle Reinigungsflüssigkeit für optische Oberflächen verwendet werden. Legen Sie das Tuch auf eine ebene Oberfläche. Führen Sie die optische Oberfläche des Steckverbinders leicht über das Tuch. Wischen Sie immer nur in eine Richtung, nicht hin und zurück.
- Inspizieren Sie die optischen Oberflächen mit einer Video-Inspektionskamera oder mit einem portablen Inspektionsmikroskop. Prüfen Sie, ob die Verschmutzung entfernt wurde. Beachten Sie bezüglich der Inspektion die Angaben in Kapitel 2.2.3.
- Falls die Verschmutzung auch nach mehreren Reinigungsvorgängen nicht entfernt werden konnte, polieren Sie die Oberfläche erneut oder tauschen Sie den Steckverbinder aus. Das Polieren optischer Oberflächen spezielle Werkzeuge und eine besondere Qualifikation. Kontaktieren Sie ggf. den Hersteller des Steckverbinders.

2.2.5 Lichtwellenleiterkabel

Lichtwellenleiter bestehen aus Glas oder Kunststoff und besitzen besonders hervorzuhebende Eigenschaften:

- Völlige Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen
- Potentialtrennung der verbundenen Geräte
- Weitestgehend abhörsicher
- Extrem geringe Dämpfungswerte bei Glasfasern, damit längere Übertragungsstrecken

Durch diese Eigenschaften sind sie besonders geeignet für:

Konfektionierung von PROFINET-Kabeln

- Verkabelung außerhalb von Gebäuden
- Große Distanzen
- Elektromagnetisch stark gestörte Umgebungen

Zu unterscheiden sind:

- Glaslichtwellenleiter: Singlemode (SM) und Multimode (MM)
- Plastic Cladded Fiber(PCF)
- Kunststoff: Plastic Optical Fiber (POF)

Für industrielle Anwendungen werden folgende gängige Kabeltypen eingesetzt (Tabelle 10 und Tabelle 11):

Tabelle 10: Kunststoff-Lichtwellenleiter-Kabel

Plastic Optical Fibre (POF) oder Plastic Cladded Fiber (PCF)		
Installationstyp	stationär oder flexibel	hochflexibel
Kabelmarkierung	Typ B + Fasertyp	Typ C + Fasertyp
Mantelfarbe	grün	Applikationsspezifisch
Aderfarben	orange + schwarz	orange + schwarz
maximale Dämpfung bei 650 nm		
Plastic Optical Fiber (POF)	160 dB/km	160 dB/km
Plastic Cladded Fiber (PCF)	10 dB/km	10 dB/km

Tabelle 11: Glas-Lichtwellenleiter-Kabel

Single Mode (SM) oder Multi Mode (MM)		
Installationstyp	stationär oder flexibel	hochflexibel
Kabelmarkierung	Typ B + Fasertyp	Typ C + Fasertyp
Mantelfarbe	grün	Applikationsspezifisch
Arderfarben	orange + schwarz	orange + schwarz
maximale Dämpfung bei 1300 nm (IEC 60793-1-40/41)	MM: 1,5 dB/km SM: 0,5 dB/km	



Herstellerrweisung:

Die Auswahl eines passenden Steckverbinders (SC-RJ oder SC-RJ-Push-Pull, M12-Hybrid-Steckverbinder) richtet sich nach dem anzuschließenden Gerät, den Anforderungen bezüglich Staub- und Wasserschutz (IP-Schutzart) sowie dem verwendeten Kabel.



Bei Multimode Lichtwellenleitern sind die Fasertypen 50/125 μm und 62,5/125 μm gebräuchlich. Beachten Sie beim Kombinieren einer Übertragungsstrecke aus Teilstücken, dass Sie nur Fasern vom selben Typ koppeln. Andernfalls entstehen an der Koppelstelle zusätzliche Dämpfungsverluste durch die beiden unterschiedlichen Kerndurchmesser.

2.2.6 Montage und Sicherheitshinweise

- Die Konfektionierung der feinen Glasfasern erfordert eine hohe Präzision, die nur mit Spezialwerkzeugen und einer entsprechenden Ausbildung erreichbar ist.
- Wenn Sie nur gelegentlich Glas-Lichtwellenleiter einsetzen, ist es normalerweise günstiger, vorkonfektionierte Leitungen einzusetzen. Sie sind in unterschiedlichen Längen von Kabelherstellern erhältlich.

- Wenn Sie häufiger Glas-Lichtwellenleiter zu konfektionieren haben, kann Sie der Steckverbinder-Hersteller ggf. hinsichtlich der angebotenen Steckverbinder und Werkzeugsätze beraten.



Lassen Sie Abfälle der Konfektionierung von Glas-Lichtwellenleiterkabeln nicht herumliegen. Die feinen Fasern des Lichtwellenleiterkabels können Verletzungen verursachen. Entsorgen Sie die Abfälle so, dass sich daran niemand verletzen kann.



Stecken Sie die Steckverbinder erst in die PROFINET-Komponente, wenn Sie das Kabel zu Ende konfektioniert haben. Ein unvollständig konfektionierter Steckverbinder könnte sonst die optische Schnittstelle des Gerätes zerstören, auf das Sie den Steckverbinder aufstecken. Rückstände oder Beschädigungen der Oberfläche können das PROFINET-Gerät beschädigen und/oder die Übertragungsqualität verschlechtern.

Bevor Sie einen optischen Steckverbinder auf ein Gerät stecken, sollten Sie die optische Oberfläche mit einem entsprechenden Gerät (z. B. portables Mikroskop) inspizieren. Die Oberfläche sollte sauber und frei von Rissen, Kratzern oder Rückständen sein.

Für die Konfektionierung von Lichtwellenleitern aus Glas benötigen Sie Spezialwerkzeuge. Die Werkzeuge sind immer auf einen bestimmten Steckverbinder-Typ abgestimmt und nur mit diesem einsetzbar. Entsprechende Werkzeuge, so genannte „Konfektionskoffer“ werden von den Steckverbinderherstellern angeboten. Eine entsprechende Einweisung in die Benutzung solcher Geräte ist ebenfalls erforderlich.

2.2.7 Steckverbinder SC-RJ

Für PROFINET-Lichtwellenleiter-Netzwerke (Glas und Kunststoff) kommen in der Regel Steckverbinder vom Typ SC-RJ zum Einsatz. Beim SC-RJ handelt es sich um einen Duplex-Stecker. Die beiden Steckerelemente für Sende- und Empfangsrichtung werden durch einen Rahmen zusammengehalten und immer als Einheit gesteckt bzw. gezogen.

Die Grundausführung dieses Steckers ist für den Einsatz in Schaltschränken oder Elektronikräumen bestimmt (Schutzart IP20). Für raue Umgebungen oder IP65/67-Anforderungen wird die SC-RJ-Push-Pull Variante verwendet.

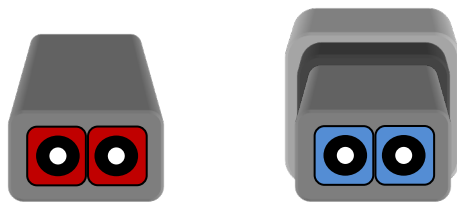


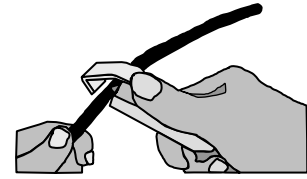
Abbildung 9: SC-RJ und SC-RJ-Push-Pull Steckverbinder



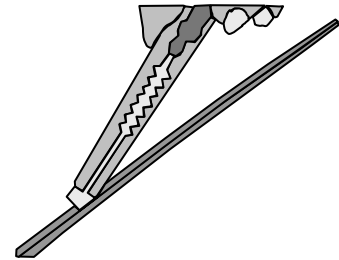
Lesen Sie unbedingt die Konfektionieranleitung des Steckerherstellers. Durch die Verwendung der vorgeschriebenen Werkzeuge und sorgfältiger Beachtung aller Anweisungsdetails wird es Ihnen so ermöglicht, eine qualitativ hochwertige optische Steckverbindung zu konfektionieren

Das folgende Beispiel zeigt Ihnen typische Schritte der Konfektionierung eines Steckverbinders an Plastik-Lichtwellenleiter. Für Lichtwellenleiter mit Glaskern benötigen Sie zusätzlich ein Spezialwerkzeug zum Brechen des Glaskernes.

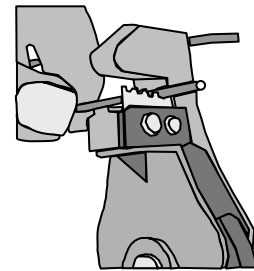
- Manteln Sie das LWL-Kabel ab.



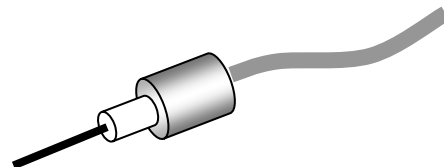
- Trennen Sie die Lichtwellenleiter-Doppelader mit einem scharfen Messer (nicht auseinanderziehen, Gefahr von Aderbruch).



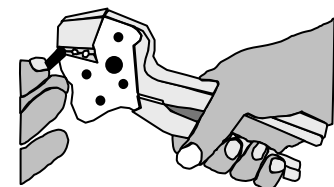
- Abisolieren des Lichtwellenleiters (Auf richtigen Abmanteldurchmesser achten!)



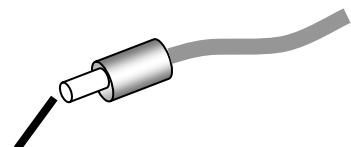
- Steckverbinderkomponenten auf den Lichtwellenleiter schieben. Die Faser ragt aus der Steckerferrule heraus.



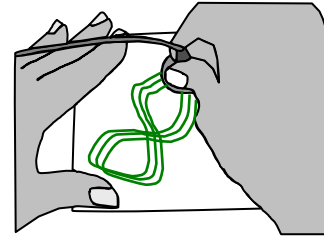
- Lichtwellenleiter durch Verschrauben oder Crimpen im Steckverbinder sichern. (passende Crimpzange verwenden)



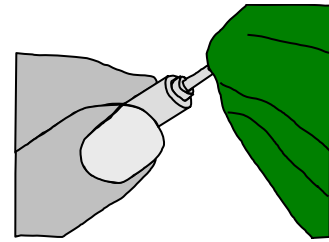
- Überstehende Plastikfaser an der Ferrulenstirnfläche abschneiden bzw. Glasfaser mit einem Spezialwerkzeug (eng. cleave tool) brechen.



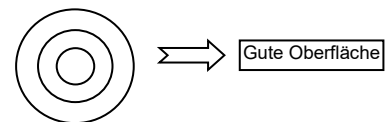
- Lichtwellenleiter in mindestens zwei Schritten gemäß den Vorgaben des Herstellers polieren (Erst Grob- und dann Feinpolitur). Verwenden Sie einen Polierhalter in den der Steckverbinder zum Polieren eingesetzt wird. Poliervorgang in Form einer 8 durchführen.



- Abrieb und alle Rückstände entfernen.

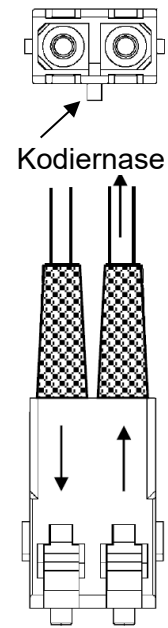


- Überprüfen Sie mit einem Inspektionsmikroskop ob die polierte Oberfläche frei von Rückständen, Verschmutzungen oder Beschädigungen ist.



- Überprüfen Sie die korrekte Montage der Steckverbinder durch die Messung der Kabeldämpfung. (Siehe PROFINET Inbetriebnahmerichtlinie)

- Schützen Sie den fertigen Stecker durch Aufstecken einer Staubschutzkappe.
- Fügen Sie die beiden Einzelstecker des SC-RJ mit dem vorgesehenen Halter zu einem Duplex-Stecker zusammen. Beachten Sie dabei die Herstellerangaben zur Anordnung der Sende- und Empfangsrichtung im Halter. Als Hilfe sind die Adern der PROFINET-LWL mit Richtungsfeilen bedruckt.



2.2.8 M12-Hybrid-Steckverbinder

Der M12-Hybrid-Steckverbinder verfügt über zwei optische Verbindungen zur Datenübertragung und zwei optionale elektrische Verbindungen. Der Steckverbinder ist erhältlich für Multimode-, Single-Mode, POF und PCF-Fasern. Der nachfolgende Abschnitt beschreibt die Montage der optischen Fasern.

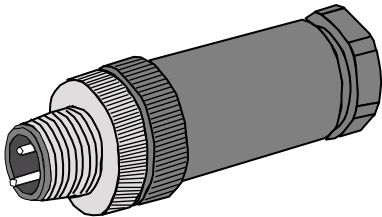


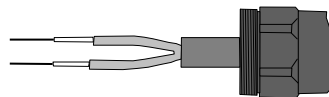
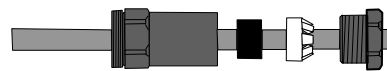
Abbildung 10: M12-Steckverbinder für Glasfaser



Lesen Sie unbedingt die Konfektionieranleitung des Steckerherstellers. Ohne Verwendung der vorgeschriebenen Werkzeuge und sorgfältiger Beachtung aller Anweisungsdetails wird Ihnen keine qualitativ hochwertige optische Steckverbindung gelingen.

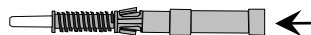
Vorbereitung

- Schieben Sie Kappe, Dichtring und die anderen losen Teile des Steckverbinders auf das Kabel.
- Manteln Sie das LWL-Kabel ab, trennen Sie die Adern mit einem scharfen Messer und entfernen Sie die Isolierung der Adern auf die vom Hersteller vorgeschriebene Länge.

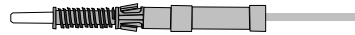


Verkleben

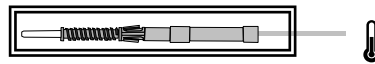
- Füllen Sie Klebstoff in das Kontaktelement ein, zum Beispiel mit einer Spritze.



- Führen Sie den Lichtwellenleiter in das Kontaktelement ein und schützen Sie die überstehende Faser mit einer Kappe.



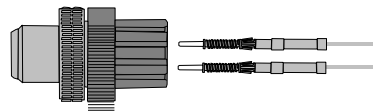
Härten Sie den Kleber durch Wärmeeinwirkung aus.



Hinweis: für POF kann das beschriebene Klebe- und Polierverfahren durch Einföhren und Abschneiden der Faser vereinfacht werden, sofern eine höhere Einföhgedämpfung akzeptabel ist.

Montage

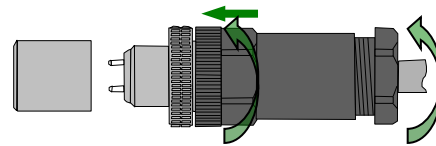
- Entfernen Sie die überstehende Faser durch Anritzen und abbrechen.
- Föhren Sie die Kontaktelemente in den Steckverbinder ein. Beachten Sie, dass sich die Fasern eines Lichtwellenleiterkabels überkreuzen sollen.





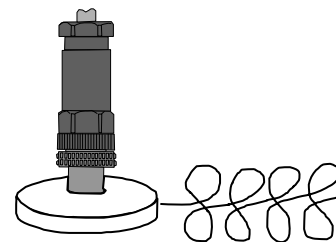
Hinweis: Bei der Montage eines Lichtwellenleiterkabels ist es erforderlich, dass die Fasern überkreuzt werden. Das Kreuzen der Fasern stellt sicher, dass der Sender des einen Gerätes mit dem Empfänger des anderen Gerätes verbunden wurde. Eine Codierung im Steckverbinder stellt sicher, dass die Fasern beim Steckvorgang korrekt zugeordnet werden. Als Hilfe sind die Adern der PROFINET-LWL mit Richtungspfeilen bedruckt.

- Verschrauben sie die Gehäuseelemente um den Steckverbinder zu schließen und abzudichten.

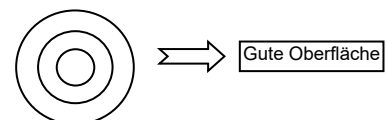


Polieren

- Setzen Sie den Steckverbinder in einen Polierhalter ein.
- Polieren Sie die Oberfläche der Fasern indem Sie den Steckverbinder auf das Polierpapier drücken und dabei in Achterkurven bewegen. Es sind zwei Schritte erforderlich. Erst mit grobem Polierpapier, dann mit feinem Polierpapier.



- Automatische Poliergeräte sind verfügbar, falls größere Mengen zu konfektionieren sind.
- Überprüfen Sie mit einem Inspektionsmikroskop ob die polierte Oberfläche frei von Rückständen, Verschmutzungen oder Beschädigungen ist.



Optische Messung

- Prüfen Sie durch die Messung der Kabeldämpfung, ob alle Schritte korrekt ausgeführt wurden. (Siehe PROFINET Inbetriebnahmerichtlinie)

2.2.9 Sonstige LWL-Steckverbinder

Für LWL-Verbindungen in bestehenden Anlagen wird häufig der Stecker BFOC/2,5 benötigt. Der Stecker ist auch unter dem Markennamen "ST[®]-Stecker" bekannt. Er hat sich als optischer Industriestecker bewährt und ist für alle PROFINET LWL-Typen (Plastik, Glas) am Markt erhältlich.



Abbildung 11: BFOC (ST) Stecker

Es handelt sich um einen Rundstecker mit Bajonett-Verriegelung. Die beiden LWL-Adern sind einzeln am Gerät anzuschließen. Da dem Stecker eine Kodiermöglichkeit fehlt, ist beim Anschluss ist auf die richtige Zuordnung der Sende- und Empfangsrichtung zu achten.

Die Konfektionierung entspricht den bereits für SC-RJ und Hybridstecker M12 beschriebenen Grundabläufen.

2.3 Funktionspotentialausgleich und Schirmung

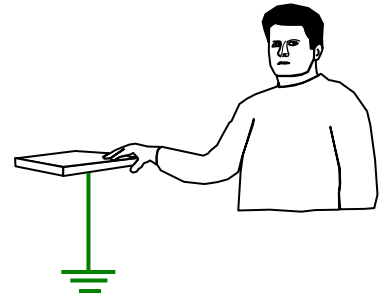
Informationen zum Funktionspotentialausgleich und zur Schirmung finden Sie im Dokument Funktionspotentialausgleich und Schirmung von PROFIBUS und PROFINET [EMC2022].

3 Anschluss von PROFINET-Teilnehmern

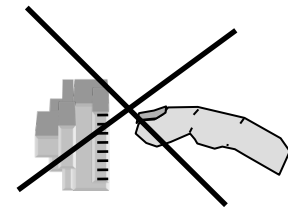
3.1 Statische Elektrizität (ESD)

Elektronische Bauteile sind gegenüber hohen Spannungen sehr empfindlich. Erfolgt die Entladung der elektrostatischen Aufladung über ein elektronisches Bauteil, besteht für die Baugruppe Zerstörungsgefahr. Die PROFINET-Teilnehmer enthalten empfindliche, elektronische Bauteile, die durch elektrostatische Entladung beschädigt werden können. Halten Sie deshalb im Umgang mit PROFINET-Komponenten folgende Sicherheitsregeln ein, um sie vor Zerstörung zu schützen.

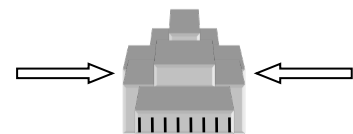
- Fassen Sie vor dem Hantieren mit PROFINET-Komponenten ein geerdetes Metallteil an. Dadurch findet eine Entladung ihres Körpers statt.



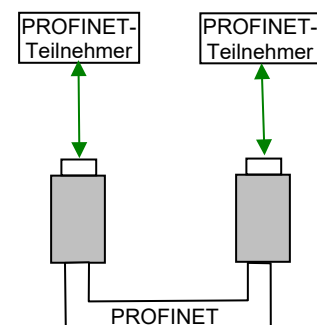
- Fassen Sie nicht auf die Steck- oder Schraubkontakte der Komponenten.



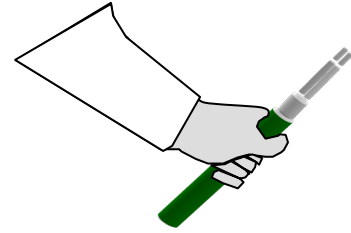
- Fassen Sie Steckverbinder beim Anschließen nur am Gehäuse an



- Trennen Sie das PROFINET-Kabel von allen PROFINET-Teilnehmern, bevor Sie Arbeiten am PROFINET-Kabel vornehmen. Konfektionieren Sie PROFINET-Kabel mit Steckverbindern an beiden Enden bevor Sie es an einem PROFINET-Teilnehmer anschließen.



- Berühren Sie bei direkt angeschlossenen Kabeln die Isolation, nicht die Adern.



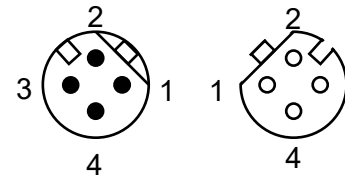
3.2 Anschluss PROFINET-Teilnehmer über Steckverbindungen

PROFINET-Teilnehmer werden in der Regel über Kupferkabel mit einer 8-poligen RJ45-Steckverbindung oder mit M12 Steckverbindungen ausgestattet.

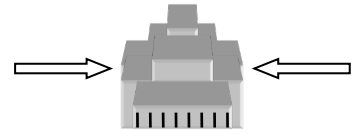
Der Anschluss über Steckverbinder ist sehr einfach. Nachdem das PROFINET-Kabel konfektioniert ist, brauchen Sie die Steckverbindung nur noch zusammenstecken. Die Schirmverbindung des PROFINET-Kabels mit dem PROFINET-Teilnehmer erfolgt ebenfalls über die Steckverbindung.

Die nachfolgenden Anweisungen gelten für alle Arten von Steckverbindungen für Kupferkabel. Die dargestellten Steckverbindungen haben nur symbolischen Charakter.

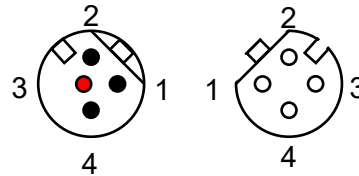
- Ein Verdrehen der Steckverbindung ist durch die Bauform normalerweise nicht möglich. Schauen Sie sich vor dem Zusammenstecken trotzdem an, wie Buchse und Steckverbinder zusammenpassen. So können Sie eine Beschädigung der Steckverbindung verhindern. Dies ist besonders wichtig bei runden Steckverbindungen, zum Beispiel M12.



- Fassen Sie die Steckverbindung nur am Gehäuse an.
- Berühren Sie bei direkt angeschlossenen Kabeln die Isolation, nicht die Adern.
- Stecken Sie die Steckverbindung nicht mit Gewalt zusammen.



- Prüfen Sie bei Schwergängigkeit die Steckverbindung. Vielleicht ist etwas verbogen. Falls ja, ersetzen Sie die Steckverbindung.



4 Begriffe / Definitionen

DIN

Deutsches Institut für Normung (www.din.de)

EN (Europäische Norm)

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

Ethernet-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]. Die Planung, Installation und Inbetriebnahme von Ethernet-APL-Netzwerken ist in der Ethernet-APL Engineering Guideline [APL2021] beschrieben. Daher wird Ethernet-APL in diesem Dokument nicht behandelt.

Gefährdung

IEC 61508-4: Potentielle Gefahrenquelle. 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 Plastik zur Führung von Lichtwellen. Lichtwellenleiter sind anders als elektrische Leitungen unempfindlich gegen elektromagnetische Beeinflussung und erlauben größere Streckenlängen.

IEC

Internationale elektrotechnische Kommission (Sitz in Genf, CH)

Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)

Die IP-Kennung nach IEC 60529 kennzeichnet den Grad des Schutzes gewährleistet durch die Gehäuse von elektrischen Geräten, zum Beispiel IP 67.

Die erste Zahl kennzeichnet den Schutz von Personen gegen das Eindringen gefährlicher Teile und Schutz von internen Teilen gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern.

0 – Kein Schutz

1 – Schutz gegen Festkörper >50 mm, z. B. Hände

2 – Schutz gegen Festkörper >12 mm, z. B. Finger

3 – Schutz gegen Festkörper >2,5 mm, z. B. Werkzeug und Drähte

4 – Schutz gegen Festkörper >1 mm, z. B. Werkzeuge, Drähte und dünne Drähte

5 – Schutz gegen Staub (begrenztes Eindringen erlaubt)

6 – Schutz gegen Staub (Total)

Die zweite Zahl kennzeichnet den Schutz der internen Komponenten gegen gefährliches Eindringen von Wasser.

0 – Kein Schutz

1 – Schutz gegen senkrecht fallendes Wasser (Kondenswasser)

2 – Schutz gegen Spritzwasser um 15° abweichend von der Senkrechten

3 – Schutz gegen Spritzwasser um 60° abweichend von der Senkrechten

4 – Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen

5 – Schutz gegen Strahlwasser mit niedrigem Druck aus allen Richtungen (begrenztes Eindringen erlaubt)

6 – Schutz gegen Strahlwasser mit hohem Druck aus allen Richtungen (Begrenztes Eindringen erlaubt), z. B. zum Einsatz auf Schiffsdecks

7 – Schutz gegen Wasser bis zu einer Eintauchtiefe zwischen 15cm und 100 cm

8 – Schutz gegen Wasser bei Eintauchen unter Druck

Kommunikation

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

Optische Übertragung

ISO/IEC 8802-3 (100BASE-FX): Übertragungsphysik mit den folgenden Eigenschaften:

Lichtwellenleiter hergestellt aus Quarz (Glas) oder Kunststoff

- Große Entfernungen, unabhängig von der Übertragungsgeschwindigkeit
- Unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen
- Galvanische Trennung zwischen den verbundenen Stationen
- Stern, Ring, Linie und gemischte Verkabelungsstrukturen
- Verbindung zu elektrischen Netzwerksegmenten möglich
- Mögliche Lichtwellenleiter (Multi-Mode-Glasfaser, Single-Mode-Glasfaser, Kunststofffaser, PCF Glasfaser)

PROFINET

Ist ein Standard für ein industrielles Ethernet in der Automatisierungstechnik. Es existiert in zwei Versionen oder Ausprägungen:

PROFINET IO (Input Output) zur Ansteuerung von Sensoren und Aktoren durch eine zentrale Steuerung in der Fertigungstechnik

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, Controller/Device Anschaltungen, Repeater, etc.)

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO)

PNO ist die deutsche regionale Organisation von PROFIBUS & PROFINET International (PI). PI hat die PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO Germany) damit beauftragt Technische Komitees (TC) und Arbeitsgruppen (WG) einzurichten, um den offenen und herstellerunabhängigen Standard PROFIBUS/-NET 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/-NET übernehmen. Dies garantiert die Offenheit und Herstellerunabhängigkeit der PROFIBUS/-NET -Technologie. Weitere Informationen finden sie unter www.PROFIBUS.com oder unter www.PROFINET.com .

PROFINET-Teilnehmer

Gerät, das über das PROFINET-Kabel mit anderen Geräten kommuniziert (Controller, Device)

Programmiergerät

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

Einzelbefehl-Programmiergerät:

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.

Switch

Ein Gerät, welches als aktiver Knotenpunkt mehrere PROFINET-Teilnehmer miteinander verbindet. Switches analysieren die eingehenden Datenpakete und leiten sie nur an den Port weiter, an dem der Empfänger registriert ist.

5 Stichwortverzeichnis

Anschluss PROFINET-Teilnehmer 77	RJ45-Schneidklemmtechnik 52
Steckverbinder 79	Schutz Steckverbinder Lichtwellenleiter 61
Erdung Siehe Potentialausgleich	SC-RJ Steckverbinder (LWL) 68
Ethernet-APL 8	Sicherheitshinweise 66
Konfektionierung von Lichtwellenleitern	Steckverbinder 45
BFOC/2,5-Steckverbinder 75	Konfektionierung von PROFINET-Kabeln
M12-Hybridsteckverbinder 72	Schneidklemmtechnik 57
SC-RJ Steckverbinder 68	Konfektionierung von PROFINET-Kabeln
Konfektionierung von PROFINET-Kabeln 44	M12-Hybridsteckverbinder (LWL) 72
Allgemeine Montagehinweise Steckverbinder 50	Lichtwellenleiterkabel 64
Aufbau PROFINET-Kabel 47	M12-Steckverbindung
BFOC/2,5-Steckverbinder 75	Schneidklemmtechnik 57
Eigenschaften Lichtwellenleiterkabel 64	Schraubklemmtechnik 54
Hybridsteckverbinder 60	Potentialausgleich 76
Inspektion optischer Oberflächen 62	PROFINET-Kabel verlegen 16
Kennzeichnung Adernpaare 46	Biegeradien 37
Kontaktbelegung Steckverbinder 48	Druckbelastungen 34
Lichtwellenleiterkabel 61, 64	Durchführen der Verlegung 30
M12 45	Einziehhilfen 33
M12-Schraubklemmenteknik 54	EMV-Beeinflussungen Lichtwellenleiterkabel 42
M12-Steckverbinder 54	Flexible PROFINET-Kabel 35
Montagehinweise Lichtwellenleiter 66	Führung von PROFINET-Kabeln 17
Pinbelegung 45	Girlandenaufhängung 35
PROFINET-Kupferkabel 45	Kabelabstände 18
Push Pull RJ45 45	Kabelführung außerhalb von Gebäuden 26
Reinigung optischer Oberflächen 64	Kabelführung innerhalb von Gebäuden 24
RJ45 45	Kabelführung innerhalb von Schaltschränken 22

Kupferkabel	17	Verbindung von Gebäuden	42
Lagerung und Transport	30	Verdrehen	34
Lichtwellenleiterkabel	40, 41	Verlegung im Erdreich	42, <i>Siehe</i> Kabelführung außerhalb von Gebäuden
Mechanischer Schutz von PROFINET-Kabeln	28	Zugentlastung	33
Nachinstallation	39	Zugfestigkeit	32
Scharfe Kanten	39	RJ45-Steckverbinder	52
Schieppketten	35	Statische Elektrizität	78
Schlingenbildung	38	Verlegung LWL PROFINET-Kabel	
Steckverbinder-Lichtwellenleiterkabel	41	Hinweise für das Arbeiten mit Lichtwellenleitern	61
Temperaturen	31		
Torsion	34		

Adressen

PI Competence Center

Die von der PNO akkreditierten internationalen PI Competence Center (PICC) sind qualifizierte Ansprechpartner in allen Fragen zum PROFINET und in vielen Ländern der Welt vertreten. Ihre angebotenen Leistungen reichen von der Telefon-Hotline über die Unterstützung von Produktentwicklungen, Fehlersuche in Anlagen, bis hin zur Durchführung von individuellen, problemorientierten Workshops. Hier werden sowohl Grundlagen zum Thema PROFINET, die den Einstieg in die Technologie erleichtern, als auch Detailinformationen vermittelt, die dem Entwickler Hinweise für die Entwicklung von Feldgeräten geben. Die aktuellen Adressen der PI Competence Center finden Sie im Internet unter www.profibus.com im Bereich Institutions & Support.

© 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