



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektrotechnische Berufe

# Arbeitsblätter Einführung in **PROFINET**

## *Lösungen*

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Grutten

Europa-Nr.: 31006

## **Autor**

---

Thomas Lücke, Dipl.-Ing (Univ) Dipl.-Ing (FH), OStR, 56410 Montabaur

## **Lektorat**

---

Alexander Barth, Dipl.-Ing (Univ), 42781 Haan-Gruiten

## **Umschlaggestaltung**

---

Media Creativ, 40724 Hilden

Das Titelfoto basiert auf einer digitalen Vorlage der SCHAEFER KALK GmbH & Co KG, 65623 Hahnstätten.

## **Bildquellenverzeichnis** (Seite/Bildnummer, Tabellenummer)

© Siemens AG 2012, Alle Rechte vorbehalten, 80333 München [www.automation.siemens.com/bilddb/](http://www.automation.siemens.com/bilddb/)  
(9/1; 11/2; 15/1; 27/1; 28/1; 31/1; 33/2; 35/1; 37/1 + 2; 38/1)

© PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.; alle Rechte vorbehalten, 76131 Karlsruhe [www.profibus.com](http://www.profibus.com)  
(Cover: PROFINET-Logo)

## **Danksagung**

---

Ich danke folgenden Institutionen/Firmen/Personen für die Bereitstellung und Inbetriebnahme von Hard- und Software:

**SCHAEFER KALK GmbH & Co KG, Dr. Holger Drescher, Volker Ax, Andreas Hies, Max Geis, 65623 Hahnstätten,**  
[www.schaeferkalk.de](http://www.schaeferkalk.de)

Die SCHAEFER KALK GmbH & Co KG, vertreten durch Dr. Holger Drescher und Volker Ax, spendete einen Teil der benötigten Hardware. Besonders danken möchte ich dem Ausbilder Andreas Hies, der mit seinen Auszubildenden das Experimentalrack entwickelt, zusammengebaut sowie dokumentiert hat und Max Geis, der die Inbetriebnahme der Hard- und Software durchgeführt hat.

**Siemens AG, Edgar Eiser, Frank Hermann (56068 Koblenz); Juergen Scheid, Toni Hoier (68165 Mannheim); Ludwig Eble, Michaela Welnhofner (80333 München) und dem Siemens Support Dienst** [www.siemens.de](http://www.siemens.de)

Die Siemens AG, vertreten durch Edgar Eiser, Frank Hermann, Jürgen Scheid, Toni Hoier, Ludwig Eble und Michaela Welnhofner, stellten die Software und die vielen Bilder zur Verfügung und gaben mir technischen Support.

**TechSmith Corp., Anton Bollen, Woodlake (USA)** [www.techsmith.de](http://www.techsmith.de)

Die TechSmith Corporation, vertreten durch Herrn Anton Bollen, stellte die Software *Snagit* kostenfrei zur Verfügung mit der die Screenshots erstellt und durch den Austausch der Screenshots von Softwaremeldungen die technische Beratung durchgeführt wurde.

**rkt; Frau Brigitte Kaip, Herr Rainer Kaip (51379 Leverkusen)** [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)

Frau Brigitte Kaip und Herr Rainer Kaip haben in unermüdlicher Kleinarbeit mein Manuskript und die anschließenden Korrekturen durch eine ideenreiche Satz- und Bildgestaltung in eine professionelle Form gebracht.

ISBN 978-3-8085-3100-6

1. Auflage 2013

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag genehmigt werden.

© 2013 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Layout, Satz und Bildbearbeitung: rkt, 51379 Leverkusen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

# Hard- und Softwarevoraussetzungen

## Software/Hardware

Für die Inbetriebnahme wird die Software Siemens *Simatic Step 7 V5.5 SP 1 Student* verwendet, welche die Betriebssysteme *Windows XP Professional SP3*, *Vista Ultimate* und *Business/Server 2003 SP2* oder *Windows 7 Professional* benötigt (© eingetragene Warenzeichen der Microsoft Corporation).

Die Hardware ist auf einem Rasterblech aufgebaut (**Tabelle 1, Umschlag-Innenseite vorne**).

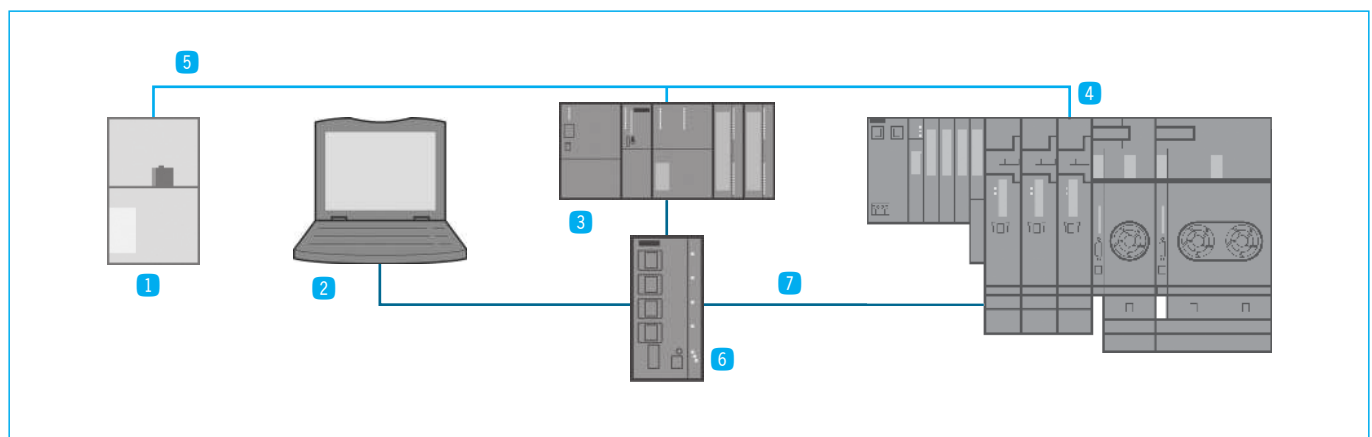
Folgende PROFINET-Komponenten sind neben einem Standard-PC mit Netzwerkanschluss erforderlich:

Hersteller	Siemens
Homepage	<a href="http://www.automation.siemens.com">www.automation.siemens.com</a>

Gerät (Anzahl)	Typ	Bestellnummer	Version
Laststromversorgung	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0	
SPS/CPU	CPU 313C	6ES7 313-5BF03-0AB0	V2.6.11
Kommunikationsprozessor	CP 343-1 Advanced	6GK7 343-1GX30-0XE0	V1.0
4-Port-Switch <sup>1)</sup>	SCALANCED XF204	6GK5 204-0BA00-2AF2	V4.3

### Feinmodulares Dezentrales Peripheriegerät ET 200S, bestehend aus:

IO-Device Interfacemodul	IM151-3 PN HF V6.1	6ES7 151-3BA23-0AB0	V6.1.0
Powermodul (2 ×)	PM-E DC24 ... 48 V	6ES7 138-4CA50-0AB0	
Digitaleingabemodul (5 ×)	2DI DC24V HF	6ES7 131-4BB01-0AB0	
Digitalausgabemodul (5 ×)	2DO DC24V/0,5 A HF	6ES7 132-4BB01-0AB0	
Topologie	1 PS 307		
	2 Laptop		
	3 CPU 313C + CP 343-1 Advanced		
	4 ET 200S		
	5 DC 24 V		
	6 SCALANCED XF204		
	7 PROFINET		



<sup>1)</sup> **Hinweis:** Aus Kostengründen kann auf den Einbau eines Switches verzichtet werden.

# Inhaltsverzeichnis

---

## Theoretische Grundlagen

<b>1</b>	<b>Allgemeine Netzwerke</b>	5
1.1	Grundlagen	5
1.2	Physikalische Topologie	7
1.3	Zugriffsprotokolle	8
1.4	Passive Netzkomponenten / Übertragungsmedien	9
1.5	Aktive Netzkomponenten	13
1.6	TEST 1: Allgemeine Netzwerke	14
<b>2</b>	<b>Netzwerke der Automatisierungstechnik (IE/PROFINET)</b>	15
2.1	Vernetzungshierarchie in der Automatisierungstechnik	15
2.2	Industrial Ethernet (IE)	16
2.3	Merkmale von PROFINET	17
2.4	PROFINET IO und PROFINET CBA	17
2.5	OSI-7-Schichtenmodell	18
2.5.1	Standard-Ethernet im OSI-7-Schichtenmodell	18
2.5.2	PROFINET im OSI-Schichtenmodell	19
2.6	Telegramme im Ethernet	20
2.7	Applikations-/Kommunikationsbeziehungen in PROFINET	22
2.8	Adressierung im Ethernet	23
2.9	TEST 2: Netzwerke der Automatisierungstechnik	26
<b>3</b>	<b>SIMATIC-Systemgeräte in PROFINET</b>	27
3.1	SIMATIC IO-Controller CP 343-1 Advanced	27
3.2	SIMATIC IO-Device ET 200S	31
3.3	SIMATIC Switch SCALANCED XF204	33
3.4	SIMATIC Leitungen und Steckverbinder	37
3.5	Netzwerkfunktionalitäten der SIMATIC Systemkomponenten	38
3.6	TEST 3: SIMATIC-Systemgeräte in PROFINET	39

## Projektierung der Hard-/Software

<b>4</b>	<b>Projektierung einer PROFINET-Anlage</b>	40
4.1	Hardwarekonfiguration	40
4.2	Softwarekonfiguration	61
4.3	Musterprogramm (Förderbandanlage)	65
4.4	TEST 4: Projektierung einer PROFINET-Anlage	69
<b>5</b>	<b>Anlage</b>	70
5.1	SIMATIC SCALANCED XF204 WEB Based Management	70
5.2	Kurzanleitung	72

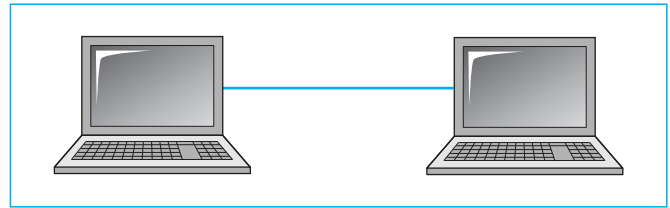
# 1 Allgemeine Netzwerke

## 1.1 Grundlagen

Ein Netzwerk besteht in der einfachsten Form, z. B. aus zwei PCs oder Laptops, die über eine gemeinsame Leitung miteinander verbunden sind (**Bild 1**).

In der Netzwerktechnik werden für die Netzwerkteilnehmer die Fachbegriffe aus **Tabelle 1** benutzt.

Geben Sie jeweils eine Definition an.



**Bild 1: Netzwerk aus zwei Laptops**

Tabelle 1: Fachbegriffe für Netzwerkteilnehmer	
Begriff	Erklärung
Host <sup>1)</sup>	PC, der an ein Netzwerk angeschlossen ist.
Client <sup>2)</sup>	PC, der Dienste im Netzwerk nutzt.
Server <sup>3)</sup>	PC, der Dienste im Netzwerk zur Verfügung stellt.

<sup>1)</sup> Der Begriff wird in der Informatik mit sehr unterschiedlichen Bedeutungen geführt.

<sup>2)</sup> von engl. *client* = Kunde    <sup>3)</sup> von engl. *to serve* = dienen

**Tabelle 2** enthält einige Gründe für die Vernetzung von IT-Systemen.

Erläutern Sie die Funktionen mit je einem Beispiel und nennen Sie gegebenenfalls einen Vorteil bzw. Nachteil.

Weitere Funktionen sind z. B. das Prozessor-Sharing, der Informationsaustausch oder ein gemeinsamer Sicherungsverband.

Tabelle 2: Gründe für eine Vernetzung (Auswahl)	
Funktion/Erläuterung	Vorteile <b>V</b> / Nachteile <b>N</b>
Ressourcen-Sharing <u>Peripheriegeräte werden von mehreren Hosts genutzt, z. B. Drucker.</u>	<b>V</b> <u>kostengünstig bei teuren Geräten</u> <b>N</b> Wartezeiten bei hoher Auslastung; Geräte nicht unmittelbar am Arbeitsplatz verfügbar
Software-Sharing <u>Server-Software kann von mehreren Hosts genutzt werden, z. B. CAD-Programm.</u>	<b>V</b> Software muss nur einmal installiert werden (Zeit- und Kostenersparnis) <b>N</b> <u>Totalausfall des Netzes bei Ausfall des Servers</u>
Data-Sharing <u>Server-Daten können von mehreren Hosts genutzt werden, z. B. Schülerdaten.</u>	<b>V</b> Einmalige Ersteintragung des Datenbestandes; leichtere Pflege, bei Veränderung der Daten <b>N</b> <u>hoher Aufwand für Sicherung des Datenbestandes</u>

Netzwerke können in folgende zwei Typen unterteilt werden (**Tabelle 1**). Erklären Sie jeweils die Funktionen.

Tabelle 1: Grundtypen von Netzwerken		
Typ	Erklärung/Funktion	Aufbau
Peer-to-Peer-Netzwerk <sup>1)</sup> (P2P)	Jeder Host kann in diesem Netzwerk sowohl Client als auch Server sein.	
Client-Server-Netzwerk	In diesem Netzwerk sind ein oder mehrere Hosts Server, die anderen Hosts arbeiten als Clients.	

<sup>1)</sup> von engl. *peer* = Gleichrangiger

Je nach örtlicher Ausdehnung können bis zu vier Netzwerktypen unterschieden werden (**Tabelle 2**).

Geben Sie den genauen Wortlaut der Abkürzungen an.

Beschreiben Sie die wesentliche Eigenschaft der Netzwerke hinsichtlich ihrer örtlichen Ausdehnung und nennen Sie je ein Beispiel.

Tabelle 2: Einteilung der Netzwerke nach örtlicher Ausdehnung		
Typ	Name	Eigenschaft (örtliche Ausdehnung) / Beispiel
PAN <sup>1)</sup>	Personal Area Network	Örtlich meist auf einen Raum begrenztes Netzwerk / Büroraum
LAN	Local Area Network	Örtlich, meist auf ein Gebäude begrenztes Netzwerk / Gemeindeverwaltung
MAN	Metropolitan Area Network	Regionales Netzwerk, welches den Bereich einer Stadt oder ein größeres Werksgelände umfasst / Stadtverwaltung mit mehreren Standorten
WAN	Wide Area Network	Weitflächiges Netzwerk, welches sich über mehrere 100 km erstreckt / Landesregierung mit mehreren Standorten

<sup>1)</sup> Die Einteilung der Netzwerktypen erfolgt häufig in drei Klassen ohne den Typ PAN.

### 1.2 Physikalische Topologie

Die physikalische Topologie (Lehre von der Lage und Anordnung) kennzeichnet den realen Aufbau und die Verbindungen eines Netzwerkes.

Hosts können auf fünf häufig vorkommende Arten zu einem Netzwerk verbunden werden (**Tabelle 1**).

Geben Sie jeweils in Tabelle 1 die Namen an.

Tabelle 1: Physikalische Topologie von Netzwerken <sup>1)</sup>		
Name/Bild	Beschreibung	✓ = Vor-, ✗ = Nachteile
<b>Bus</b> 	<p>Alle Hosts sind über eine gemeinsame Leitung miteinander verbunden.</p>	<p>✓ leichte Erweiterbarkeit; Keine Störung bei Ausfall eines Hosts.            ✗ geringe Netzwerkerweiterung; es kann immer nur ein Teilnehmer senden, da sonst Kollisionen entstehen; Totalausfall bei Ausfall der Busleitung.</p>
<b>Ring</b> 	<p>Die Hosts sind über eine Leitung ringförmig verbunden. Jeder Host leitet die Daten verstärkt weiter. Die Daten passieren den Ring nur in einer Richtung.</p>	<p>✓ leichte Erweiterbarkeit; keine Kollisionen.            ✗ geringe Netzwerkerweiterung; es kann immer nur ein Teilnehmer senden; Totalausfall bei Ausfall der Busleitung; Störung bei Ausfall eines Hosts.</p>
<b>Stern</b> 	<p>Alle Hosts sind über einen Switch an einen zentralen Server (Knotenrechner) angeschlossen; häufig Stadt- und Firmennetze.</p>	<p>✓ leichte Erweiterbarkeit; Keine Störung bei Ausfall eines Hosts.            ✗ Totalausfall bei Ausfall des Switches; hoher Verkabelungsaufwand.</p>
<b>Baum</b> 	<p>Ausgehend von einer Wurzel (Zentrale) werden alle Hosts über Knoten erreicht.  <b>Hinweis:</b> Diese Struktur kann auch als erweiterter Stern ausgelegt werden.</p>	<p>✓ leichte Erweiterbarkeit.            ✗ Totalausfall bei Ausfall der Wurzel (Zentrale).</p>
<b>Vermascht</b> 	<p>Jeder Host ist mit mindestens einem anderen Host verbunden. Bei dieser Topologie sind viele redundante (nicht notwendige) Verbindungen vorhanden.</p>	<p>✓ sehr hohe Ausfallsicherheit; keine zentrale Verwaltung.            ✗ aufwendige Installation; hohe Kosten.</p>

<sup>1)</sup> In der Praxis sind weitere Bauteile wie z.B. Switches für eine Funktionalität erforderlich.

### 1.3 Zugriffsprotokolle

Zugriffsprotokolle legen das Verfahren fest, mit dem ein Teilnehmer eine Sendeberechtigung im Netz erhält. Es gibt zwei Grundtypen (**Tabelle 1**). Geben Sie den Namen an.

Tabelle 1: Grundtypen von Zugriffsprotokollen	
<b>Funktionsweise</b>	Ein Busteilnehmer bestimmt die Zugriffszeiten. Die Zeitdauer, wann ein gesendetes Datentelegramm beim Empfänger zugestellt wird ist <i>vorhersagbar</i> .
<b>Name</b>	<b>deterministisch</b>
<b>Funktionsweise</b>	Alle Busteilnehmer haben im Prinzip die gleiche Sendeberechtigung. Die Zeitdauer, wann ein gesendetes Datentelegramm beim Empfänger zugestellt wird, ist <i>zufällig</i> .
<b>Name</b>	<b>nicht deterministisch oder stochastisch</b>

Geben Sie in **Tabelle 2** den Namen und den Grundtypus für die beschriebenen Zugriffsprotokolle an.

Tabelle 2: Funktionsablauf einiger Zugriffsprotokolle	
Name/Grundtypus/Beschreibung	Funktionsprinzip
<p><b>D</b> = deterministisch, <b>S</b> = stochastisch, nicht deterministisch</p> <p><b>Master-Slave-Prinzip: D</b></p> <p>Ein Master (aktiver Busteilnehmer) schickt im Zeitfenster <math>t_1</math> ein Aufforderungstelegramm an einen Slave (passiver Busteilnehmer). Der angesprochene Slave schickt dann ein Antwortetelegramm mit den angeforderten Daten an den Master. Anschließend fordert der Master den nächsten Slave zur Kommunikation auf.</p>	
<p><b>Token-Verfahren: D</b></p> <p>Bei diesem Verfahren gibt es im Netz ein Sendefreizeichen (Token), welches nacheinander an die Busteilnehmer weitergereicht wird. Solange ein Teilnehmer den Token besitzt, kann er auf den Bus zugreifen und Daten senden. Der Unterschied zum Master-Slave-Prinzip besteht darin, dass beim Token-Verfahren nur Teilnehmer den Token erhalten, die selber in der Lage sind, die Kommunikation am Bus zu steuern.</p>	
<p><b>CSMA/CD-Verfahren: S</b></p> <p>Bei diesem Verfahren (<b>C</b>arrier <b>S</b>ense <b>M</b>ultiple <b>A</b>ccess/<b>C</b>ollision <b>D</b>etection) prüft ein Busteilnehmer, der senden will, ständig, ob der Bus besetzt ist und sendet sofort, wenn der Bus frei ist. Da dies auch andere Teilnehmer gleichzeitig tun, führt dies häufig zu Kollisionen. Dann stoppt jede Station das Senden und beginnt mit einem neuen Sendeversuch nach Ablauf einer von einem Zufallsgenerator bestimmten Zeitdauer.</p>	

## 1.4 Passive Netzkomponenten / Übertragungsmedien

Bild 1 zeigt eine Übersicht der Übertragungsmedien für Netzwerke. Ergänzen Sie die freien Felder.

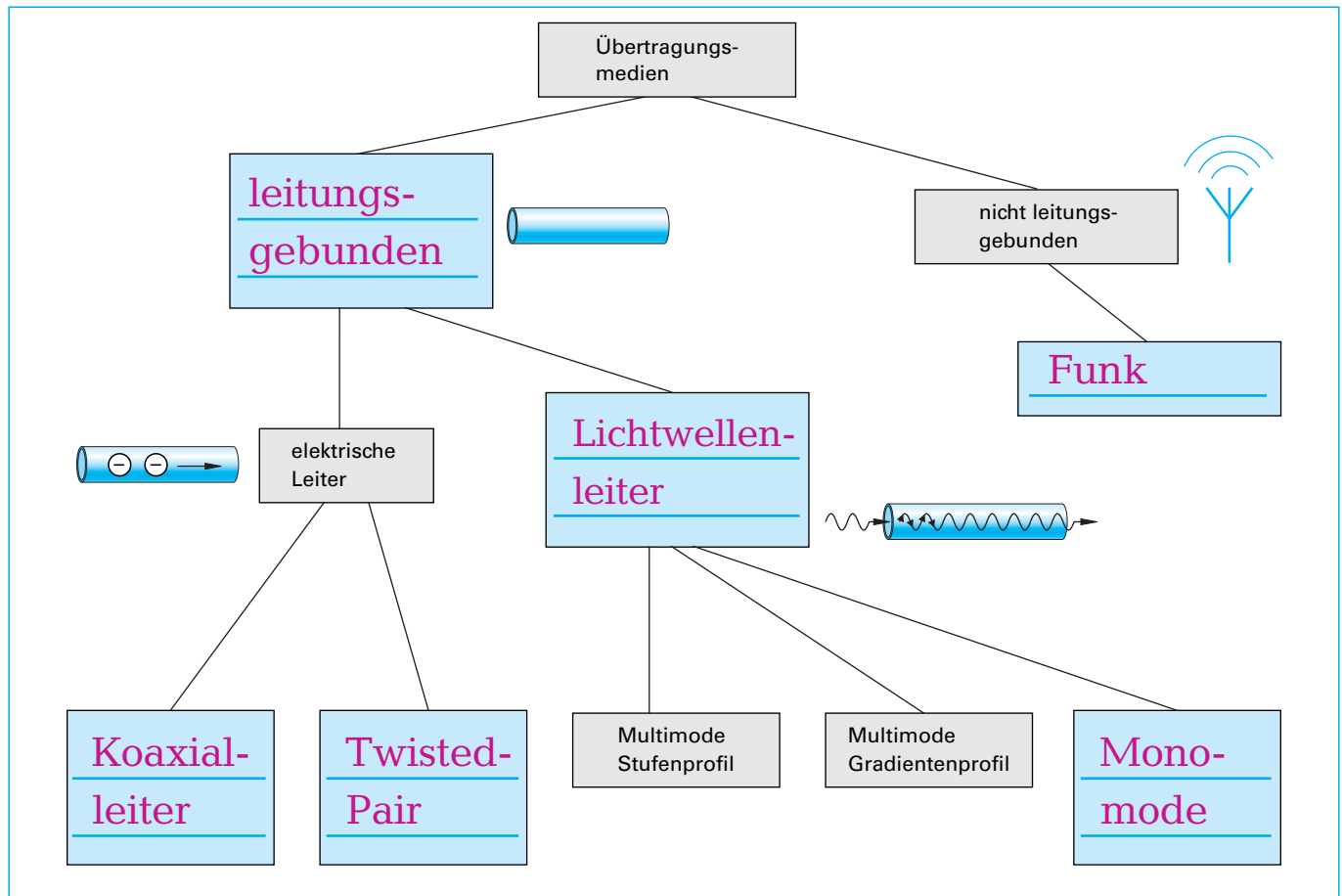


Bild 1: Übertragungsmedien für Netzwerke

### Twisted Pair (TP)

Im heutigen Office-Bereich sind besonders Twisted-Pair-Leitungen (Leitungen mit verdrehten Aderpaaren) verbreitet.

Es gibt sie mit zwei verdrehten Aderpaaren und mit vier verdrehten Aderpaaren. Die Verdrehung reduziert das Nebensprechen zwischen benachbarten Aderpaaren in der Leitung. Geschirmte Leitungen gibt es mit Folienschirm oder mit Geflechschirm im Industrieinsatz auch in kombinierter Form (Bild 2).

Beantworten Sie folgende Fragen:

- 1 Erklären Sie den Begriff Nebensprechen.
- 2 Welche Aufgabe hat die Schirmung?

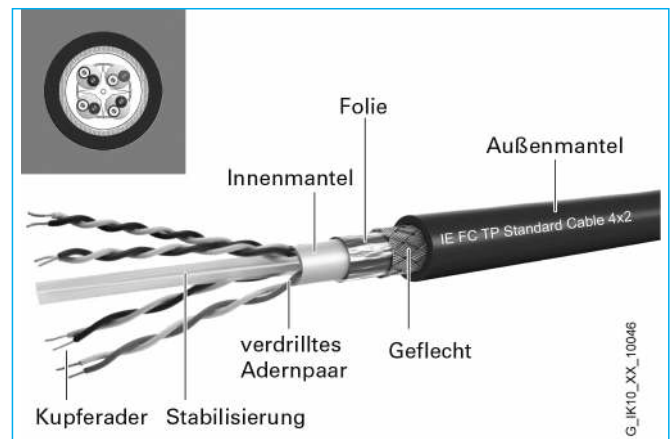


Bild 2: Twisted-Pair-Leitung

- 1 Beim Nebensprechen induziert das sendende Signal Störungen in einem benachbarten Leitungspaar.
- 2 Die Schirmung reduziert bei der Datenübertragung elektromagnetische Störungen.

In Abhängigkeit von der Anzahl der Adernpaare kann man zwischen drei Betriebsarten zum Senden und Empfangen von Daten unterscheiden (**Tabelle 1**).

Ergänzen Sie die zugehörigen Fachbegriffe.

Tabelle 1: Betriebsarten zur Datenübertragung		
Betriebsart	Bemerkung	Datenflussrichtungen
<b>Richtungsbetrieb</b> <b>Simplex</b>	Die Daten werden nur in einer Richtung übertragen.	
<b>Wechselbetrieb</b> <b>Halbduplex</b>	Die Daten werden abwechselnd in beide Richtungen übertragen.	
<b>Gegenbetrieb</b> <b>Vollduplex</b>	Die Daten werden gleichzeitig von beiden Hosts übertragen.	

Die Bezeichnung der Leitungen ist genormt und besteht aus maximal 5 Buchstaben.

Geben Sie die Bedeutung der Buchstaben für das Beispiel in **Tabelle 2** an.

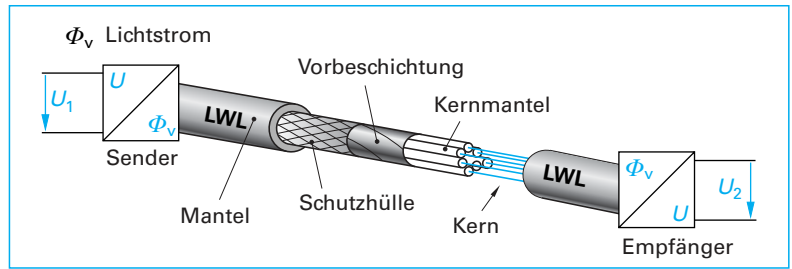
Tabelle 2: Kennzeichnung von Leitungen											
<p><b>S / S TP bedeutet</b></p>	<p><b>weitere mögliche Angaben (Buchstaben)</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">U</td> <td>unshielded/ungeschirmt</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">F</td> <td>foiled/foliengeschirmt</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">U</td> <td>unshielded/ungeschirmt</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">F</td> <td>foiled/foliengeschirmt</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">S</td> <td>screened/Metallgeflechtschirmung</td> </tr> </table>	U	unshielded/ungeschirmt	F	foiled/foliengeschirmt	U	unshielded/ungeschirmt	F	foiled/foliengeschirmt	S	screened/Metallgeflechtschirmung
U	unshielded/ungeschirmt										
F	foiled/foliengeschirmt										
U	unshielded/ungeschirmt										
F	foiled/foliengeschirmt										
S	screened/Metallgeflechtschirmung										

TP-Leitungen werden aufgrund unterschiedlicher Datenübertragungsraten in Kategorien (von engl. *categories*) eingeteilt. Ergänzen Sie in der **Tabelle 3** für die angegebenen Kategorien die maximale Bitübertragungsrate.

Tabelle 3: TP-Leitungskategorien (Auswahl)			
Kategorie U/STP-Leitung	Cat 5	Cat 6	Cat 7
max. Bitübertragungsrate in Mbit/s (Mega Bit pro Sekunde)	100	250	750

Lichtwellenleiter, auch Glasfaserleiter genannt, übertragen in Licht codierte Signale mit einer sehr hohen Datenübertragungsrate (Gbit/s bis Tbit/s) und geringer Dämpfung über große Strecken (**Bild 1**).

Die Datenübertragung ist abhörsicher und unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen EMI (von engl. *Electro Magnetic Interference*).



**Bild 1: Lichtübertragungsstrecke**

Ein Maß für die Übertragungstrecke ist das *Bandbreiten-Längenprodukt*  $B \cdot l$ . Geben Sie die Bedeutung der Buchstaben/Zahlen für das Beispiel in **Tabelle 1** an.

Tabelle 1: Beispiel für ein Bandbreiten-Längenprodukt	
$B \cdot l = 500 \text{ MHz} \cdot 2 \text{ km}$ (Mbit/s · km) bedeutet:	
	Entfernungstrecke: $l = 2 \text{ km}$
	max. Übertragungsfrequenz: $f = 500 \text{ MHz}$

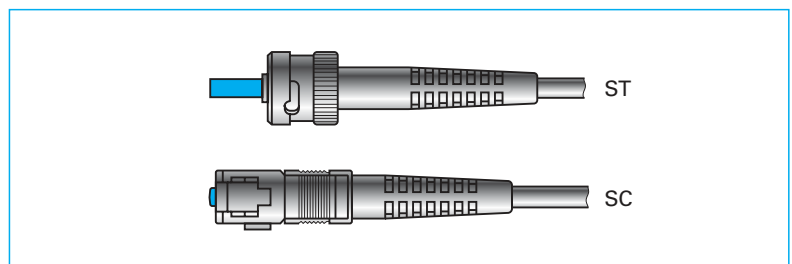
**Hinweis:** Üblicherweise wird das Bandbreiten-Längenprodukt in ausmultiplizierter Form angeben, hier  $B \cdot l = 500 \text{ MHz} \cdot 2 \text{ km} = 100 \text{ MHz/km}$

Je nach Materialaufbau wird das Licht bei der Übertragung unterschiedlich gebrochen.

Zeichnen Sie in **Tabelle 2** den Verlauf des Lichts im Kern ein und geben Sie das maximale Bandbreiten-Längenprodukt an.

Mono-/Singlemode	Multimode	
	Stufenprofil	Gradientenprofil
<b>Übertragung:</b> 	<b>Übertragung:</b> 	<b>Übertragung:</b> 
$B \cdot l = 100 \text{ MHz} \cdot \text{km}$	$B \cdot l = \geq 1 \text{ GHz} \cdot \text{km}$	$B \cdot l = \geq 10 \text{ GHz} \cdot \text{km}$

Eine lösbare Verbindung zwischen LWL und Hosts erfolgt über SC-Strecker (*subscriber channel*) oder ST-Stecker (*straight tip*), die gegen falsches Stecken mechanisch, z.B. durch Nut, gesichert sind (**Bild 2**).



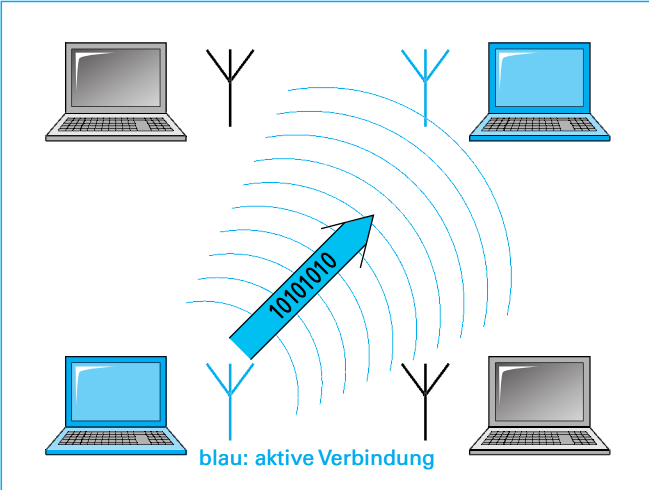
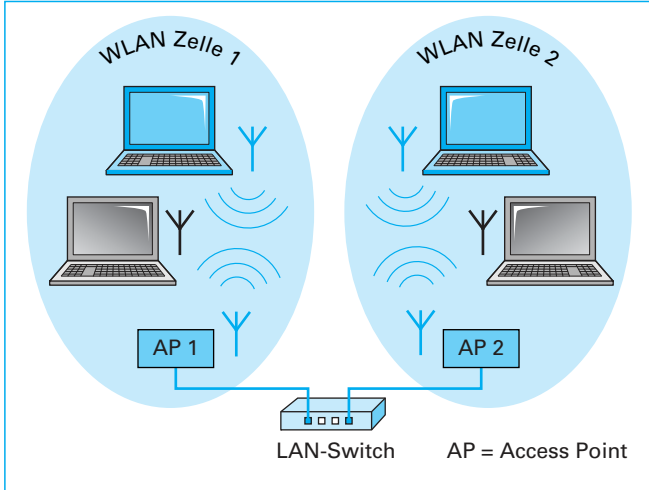
**Bild 2: LWL-Stecker**

**Funk**

Die Übertragung von Signalen mittels Funk wird verwendet, um kleine räumlich begrenzte Netzwerke, auch **WLAN (Wireless LAN)** genannt, aufzubauen.

Es kann zwischen zwei Betriebsarten unterschieden werden.

Ergänzen Sie in **Tabelle 1** die Namen der Verfahren und geben Sie je ein Anwendungsbeispiel an.

Tabelle 1: Betriebsarten von WLAN	
<p>Name: <b>Ad-Hoc-Modus</b></p> <p>Schaltung:</p>  <p><b>Bemerkung:</b> Maximal 16 Hosts können zwecks Datenaustausch zu einem Netzwerk zusammengefasst werden.</p> <p><b>Beispiel:</b> <b>Schüler vernetzen Ihre Handys im Klassenraum.</b></p>	<p>Name: <b>Infrastruktur-Modus</b></p> <p>Schaltung:</p>  <p><b>Bemerkung:</b> Die Hosts werden über einen Access Point (Zugriffspunkt) an ein LAN angeschlossen.</p> <p><b>Beispiel:</b> <b>In Zügen der DB besteht in ausgewählten Waggons Zugriff auf das Internet.</b></p>

*Bluetooth* dient der Datenübertragung im Nahbereich (PAN-Netzwerke), z.B. zum Anschluss von Peripheriegeräten (Tastatur, Maus) an den PC.

Die Reichweite ist abhängig von der Senderleistung und wird in drei Leistungsklassen eingeteilt.

Ergänzen Sie in **Tabelle 2** die maximale Sendeleistung bzw. Reichweite.

Tabelle 2: Bluetooth Leistungsklassen		
Klasse	Reichweite in m	maximale Sendeleistung in mW
1	<u>100 ... 150</u>	100
2	<u>10 ... 25</u>	2,5
3	10	<u>1</u>

### 1.5 Aktive Netzkomponenten

Für die Funktion eines Netzwerkes sind neben passiven auch aktive Netzkomponenten erforderlich.

Ergänzen Sie in der **Tabelle 1** die Namen der entsprechende Geräte.

Tabelle 1: Aktive Netzkomponenten (Auswahl)	
Name/Bemerkung	Bild/Schaltung/Symbol
<p><b>Repeater</b></p> <p>Repeater (von engl. <i>to repeat</i> = wiederholen) verstärken, wiederholen und synchronisieren Signale in räumlich ausgedehnten Netzwerken.</p>	<p>1 Eingangsport 2 Ausgangsport</p>
<p><b>Switch</b></p> <p>Switches verfügen über mehrere Ports. Sie leiten anhand einer Adresse (MAC-Adresse; Kapitel 2.8.1), die in einer Filtertabelle hinterlegt ist, Signale in andere LAN-Segmente weiter. Switches werden in vermaschten LANs eingesetzt, um die Datenübertragungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Switches ermöglichen den Anschluss vieler Hosts an einen zentralen Punkt im Netz. Die Weiterleitung der Daten kann durch das <i>Cut-Through-Verfahren</i> oder das <i>Store-and-Forward-Verfahren</i> erfolgen.</p>	<p>1 ... 13 Ports</p> <p>aktive Port-Verbindung 13-3</p>
<p><b>Router</b></p> <p>Router verbinden mehrere unterschiedliche Netzwerke miteinander. Ähnlich einem Switch leitet der Router anhand einer Adresse (IP-Adresse, Kapitel 2.8.2) jene Daten an das andere Netzwerk weiter, deren Empfänger sich auch in diesem Netzwerk befindet. Bestehen zwischen zwei Netzwerken mehrere Verbindungswege, ermittelt der Router den günstigsten Verbindungsweg.</p>	<p>LAN 1</p> <p>LAN 2</p>
<p><b>Access Point</b></p> <p>Zentraler Funkknoten, der für ein bestimmtes Gebiet die Versorgung der Hosts mit der drahtlosen Netzanbindung übernimmt (<b>Tabelle 1, vorhergehende Seite</b>).</p>	<p>Access Point</p>

### 1.6 Test 1: Allgemeine Netzwerke

**1** Geben Sie eine Definition für folgende Begriffe an: a) Client b) Server

- a) Netzwerkteilnehmer, der Dienste im Netzwerk nutzt.  
b) Netzwerkteilnehmer, der Dienste im Netzwerk zur Verfügung stellt.

Die Anforderung eines Clients an einen Server nennt man *Request* und die Antwort des Servers auf einen Request *Response*.

**2** Wie nennt man Netzwerke, in denen Hosts die Funktionen von Client und Server übernehmen können?

Peer-to-Peer Netzwerk (P2P)

In diesem Netzwerktyp gibt es weder einen Netzverwalter noch einen zentralen Server. Jeder Netzteilnehmer bestimmt selber, welche Ressourcen er im Netz zur Verfügung stellt.

**3** Nennen Sie die Namen und die Abkürzung der vier Netzwerktypen, die man nach örtlicher Ausdehnung unterscheiden kann.

Local Area Network, LAN

Metropolitan Area Network, MAN

Wide Area Network, WAN

Personal Area Network, PAN

**4** Erklären Sie den Begriff Physikalische Topologie.

Die physikalische Topologie beschreibt die Struktur und Anordnung des hardwaremäßigen Aufbaus eines Netzwerkes.

Größere Netze werden aus geografischen und/oder organisatorischen Gründen in der Praxis in Subnetze (kleinere Netze) unterteilt.

**5** Beschreiben Sie den Aufbau eines Busnetzes und nennen Sie Vorteile und Nachteile.

Alle Hosts sind über einen gemeinsamen Leiter, genannt *Bus*, miteinander verbunden.

**V:** leichte Erweiterbarkeit; keine Störung bei Ausfall eines Hosts

**N:** geringe Netzwerkausdehnung; es kann immer nur ein Teilnehmer senden; Totalausfall bei Ausfall der Busleitung

Busse gibt es in den Ausführungen paralleler Bus (mehrere Datenleitern + Adressleitern + Steuerleitern) und serieller Bus (meist zwei Leiter).

**6** Welche Sendeberechtigung haben Busteilnehmer bei einem nichtdeterministischen (stochastischen) Buszugriff?

Alle Busteilnehmer haben die gleiche Sendeberechtigung.

Es ist bei gleichzeitigem Buszugriff ein Kollisionsmechanismus erforderlich.

**7** Wie nennt man ein gängiges Busverfahren, bei dem ein Sendefreizeichen nacheinander an alle sendenden Busteilnehmer weitergegeben wird?

Das Token-Passing-Verfahren.

Bei diesem Verfahren gibt es eine fest vorhersagbare Zeitdauer, in der eine Nachricht ihr Ziel erreicht.

**8** Welches Netzwerkzugriffsverfahren zeigt das Ablaufschema in Bild 1?

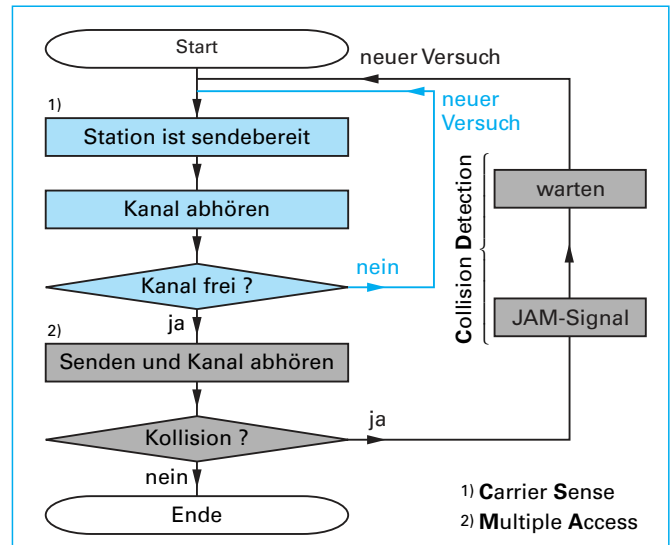


Bild 1: Ablaufschema

Das Ablaufschema zeigt das CSMA/CD-Verfahren.

Das JAM-Signal wird von jenen Hosts gesendet, die an der Kollision beteiligt sind. Es sorgt dafür, dass die sendenden Hosts ihre Übertragung der Daten abbrechen.

**9** Erklären Sie den Begriff Twisted-Pair-Leitung.

Bei der Twisted-Pair-Leitung sind die Adern eines Adernpaares miteinander verdreht. Es gibt sie mit zwei oder vier Adernpaaren.

Twisted-Pair-Leitungen benötigen zum Anschluss an aktive Netzkomponenten RJ-45-Stecker (von engl. *regular jack* = genormter Stecker).

**10** Wie erfolgt die Datenübertragung bei Vollduplex-Betrieb?

Diese Betriebsart ermöglicht das gleichzeitige Senden und Empfangen von Daten.

TP-Leitungen müssen dazu zwei Adernpaare besitzen.

**11** Nennen Sie Vorteile der Datenübertragung mit Lichtwellenleitern.

- a) sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeit,
- b) abhörsicher,
- c) kein Nebensprechen,
- d) keine Beeinflussung durch äußere elektromagnetische Störfelder.

**12** Welche Bandbreite kann man bei  $B \cdot l = 1 \text{ GHz} \cdot \text{km}$  über eine Gesamtstrecke  $l$  von 8 km realisieren?

$$f = B \cdot \text{km} / l = 1000 \text{ MHz km} / 8 \text{ km} = 125 \text{ MHz}$$

Die Bandbreite verhält sich umgekehrt proportional zur Entfernung. Das bedeutet, wird z.B. die zu übertragende Frequenz verdoppelt, so wird die Entfernungsstrecke halbiert.

**13** Nennen Sie die zwei grundsätzlichen Betriebsarten von WLAN.

- a) Ad-Hoc-Modus
- b) Infrastruktur-Modus

Beim Einsatz mehrerer Access-Points entstehen sogenannte Funkzellen (Sendebereiche). Beim Wechsel von einer Funkzelle in die andere Funkzelle erfolgt ein automatisches Roaming (Wechsel).

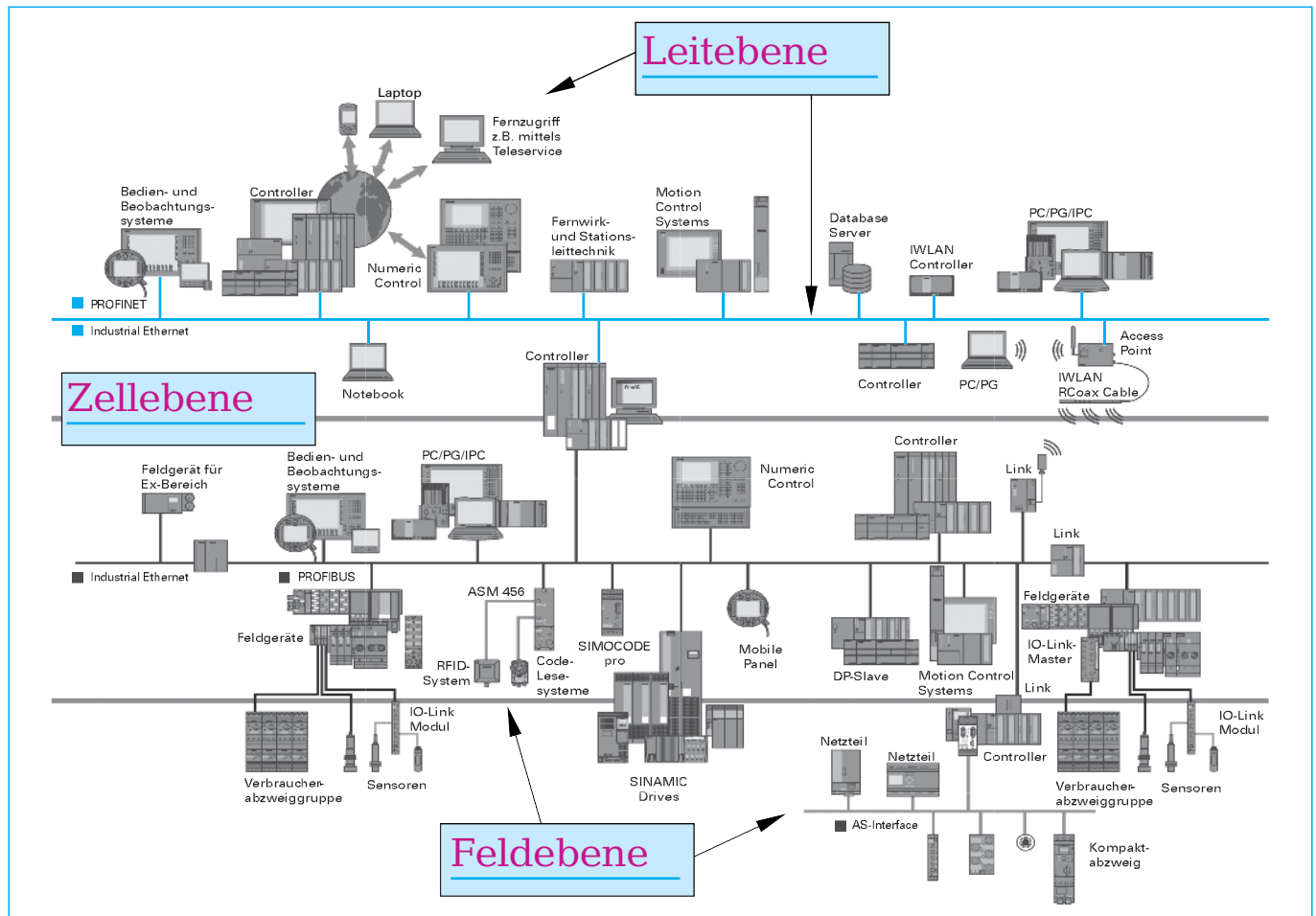
## 2 Netzwerke der Automatisierungstechnik (IE/PROFINET)

### 2.1 Vernetzungshierarchie in der Automatisierungstechnik

In der Automatisierungstechnik werden nicht nur einzelne Sensoren und Aktoren über ein Bussystem miteinander verbunden, auch Daten müssen zwischen verschiedenen Fertigungszellen oder Abteilungen ausgetauscht werden.

Diese Aufgaben werden einer mehrstufigen Automatisierungshierarchie (pyramidenförmige Rangordnung) zugeordnet und sowohl vertikal als auch horizontal mit verschiedenen Vernetzungstechniken verknüpft.

Die Anzahl, die Bezeichnung und das eingesetzte Bussystem der Ebenen variieren (**Bild 1**).



**Bild 1: Vernetzungshierarchie in der Automatisierungstechnik**

Tragen Sie die Namen der Ebenen aus **Tabelle 1** in Bild 1 ein und nennen Sie die Funktion der einzelnen Ebenen.

Tabelle 1: Aufgabenverteilung in der Vernetzungshierarchie	
Ebene	Funktion/Aufgabe
Leitebene	Anbindung an das Internet. Produktionsstand erfassen. Lagerbestand erfassen. Wareneinkauf disponieren.
Zellebene	Datenaustausch zwischen SPS, Industrie-PCs und Geräten zum Bedienen und Beobachten.
Feldebene	Sensoren erfassen physikalische Größen, Aktoren wandeln Datentelegramme in anwendungsbezogene Aktionen um.

### 2.2 Industrial Ethernet (IE)

In der Automatisierungstechnik erfolgt die Vernetzung zunehmend mit dem *Industrial Ethernet* (IE), welches eine Erweiterung des Standard-Ethernets aus der Bürowelt darstellt.

Das Industrial Ethernet wird von verschiedenen Herstellern in unterschiedlichen Varianten auf dem Markt angeboten.

Standardisiert sind die Netzwerkkomponenten, wie z. B. Leitungen, Stecker oder Switches, während z. B. die Busprotokolle unterschiedlich sein können.

Ermitteln Sie für die in **Tabelle 1** angegebenen Typen des Industrial Ethernets die Homepage der Nutzerorganisationen, die für das jeweilige System Standards festlegen und geben Sie jeweils einen bekannten Hersteller an.

Tabelle 1: Untervarianten des Industrial Ethernet		
Industrial Ethernet	Homepage der Nutzerorganisation	Hersteller
PROFINET ( <b>P</b> rocess <b>F</b> ield <b>E</b> thernet) oder ( <b>P</b> ROFIBUS <b>E</b> THERNET)	<a href="http://www.profibus.com">www.profibus.com</a>	Siemens
EtherCAT ( <b>E</b> thernet for <b>C</b> ontrol <b>A</b> utomation <b>T</b> echnology)	<a href="http://www.ethercat.org">www.ethercat.org</a>	Beckhoff
Powerlink	<a href="http://www.ethernet-powerlink.org">www.ethernet-powerlink.org</a>	B&R
Modbus TCP-IDA ( <b>I</b> nterface for <b>D</b> istributed <b>A</b> utomation)	<a href="http://www.modbus.org">www.modbus.org</a>	Schneider Electric
HSE ( <b>H</b> igh <b>S</b> peed <b>E</b> thernet)	<a href="http://www.fieldbus.org">www.fieldbus.org</a>	Softing
JetSync	<a href="http://www.jetter.de">www.jetter.de</a>	Jetter
SERCOS ( <b>S</b> ERial <b>R</b> eal-Time- <b>C</b> ommunication <b>S</b> ystem)	<a href="http://www.sercos.de">www.sercos.de</a>	Rexroth
EtherNet/IP (IP = <b>I</b> ndustrial <b>P</b> rotocol)	<a href="http://www.odva.org">www.odva.org</a>	Rockwell

**Hinweis:** ODVA = Open DeviceNet Vendor Association

**Hinweis:**

Die Zuordnung einzelner Systeme zum Industrial Ethernet ist nicht immer eindeutig, da es sich teilweise nur um Erweiterungen des Ethernet Standards handelt.

Die Variante mit dem größten Marktanteil ist PROFINET, die von der PROFIBUS-Nutzerorganisation e.V. (PNO) verwaltet wird.

Deren Homepage bietet im Bereich Downloads erste Informationen (**Bild 1**).



**Bild 1: Homepage der PROFIBUS-Nutzerorganisation**

### 2.3 Merkmale von PROFINET

PROFINET basiert auf dem seit Jahren bewährten Ethernet-Standard mit einigen besonderen Merkmalen. Nennen Sie einige Eigenschaften (weitere Funktionalitäten von PROFINET siehe Kapitel 3.5).

- Echtzeitfähiges Ethernet (Real-Time-Ethernet)
- Sicherheitskonzept für relevante Befehle, z. B. NOT-AUS
- Datenraten von 10 Mbit/s bis 100 Mbit/s
- Integration bestehender Feldbussysteme, z. B. PROFIBUS
- Nutzung von IT-Diensten, z. B. Störungs-E-Mail
- Netzkomponenten für den Einsatz in „rauer“ Industrieumgebung (Staub, Feuchtigkeit, hohe Temperaturen usw.)
- Robuste und einfache Anschlusstechnik
- Hohe Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
- Ausfallsichere Netze durch schnelle Redundanz und redundante Stromversorgung
- Optimierte, offene Kommunikation zwischen Automatisierungskomponenten, z. B. TCP/IP

### 2.4 PROFINET IO und PROFINET CBA

PROFINET wird in zwei Funktionsklassen unterteilt.

Geben Sie in **Tabelle 1** die Bedeutung der Abkürzungen **IO** und **CBA** an.

Tabelle 1: Funktionsklassen von PROFINET	
PROFINET IO	PROFINET CBA
IO: <b>InOut</b>	CBA: <b>Component Based Automation</b>
Ein IO-Controller <sup>1)</sup> (SPS) steuert den Datenaustausch mit den IO-Devices (Feldgeräten). Mithilfe eines IO-Supervisors (PG <sup>2)</sup> /Laptop wird das System konfiguriert.	Funktionale Gliederung komplexer Automatisierungsanlagen in autonom arbeitende Teilanlagen (technologische Module). Der Anwender projiziert nur die Vernetzung der Ein-/Ausgangsvariablen der fertig programmierte Teilprogramme.
<p>The diagram shows an IO-Controller (SPS) and an IO-Supervisor (PG/Laptop) connected to an IO-Device (M1) through a PROFINET network.</p>	<p>The diagram illustrates a central PROFINET network connecting two autonomous plant components: 'Teilanlage 1' (Befüllen) and 'Teilanlage 2' (Palettieren).</p>

<sup>1)</sup> von engl. *to control* = „beherrschen“, „die Herrschaft oder Kontrolle haben“    <sup>2)</sup> PG = Programmiergerät

### 2.5 OSI-7-Schichtenmodell

#### 2.5.1 Standard-Ethernet im OSI-7-Schichtenmodell

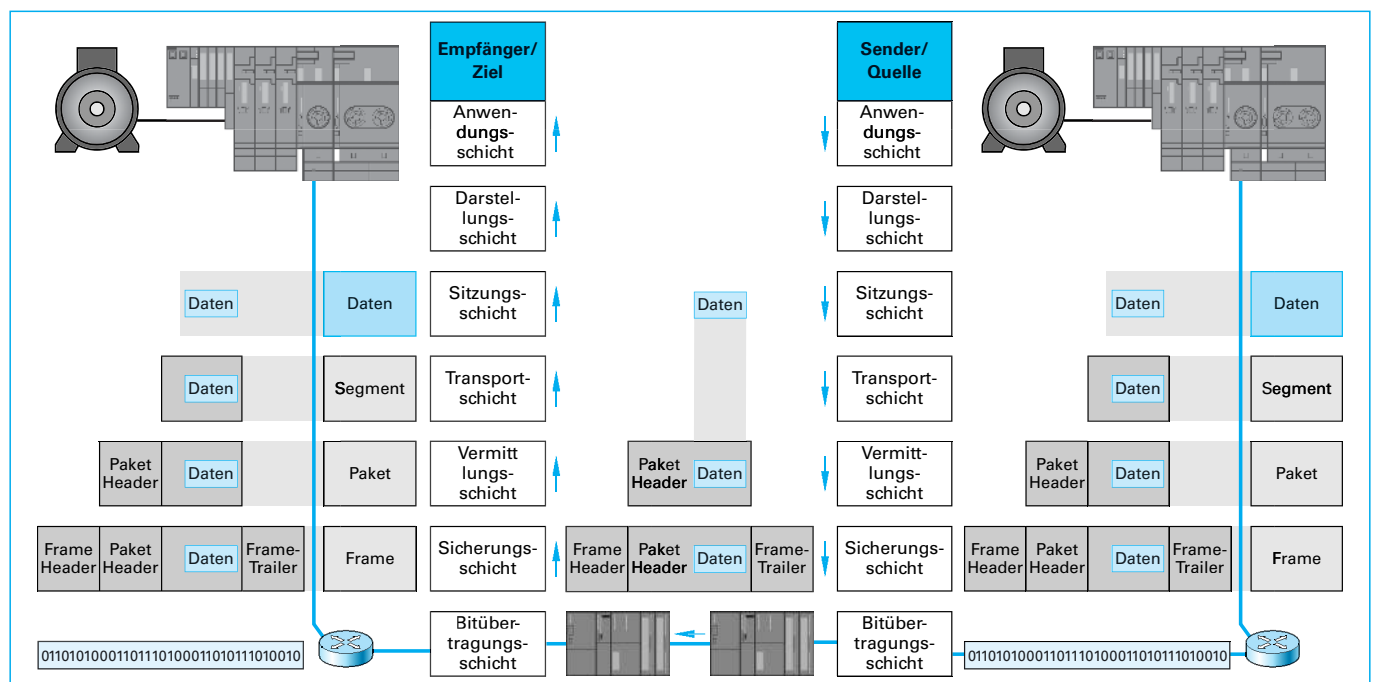
Die ISO (*International Standardization Organization*) hat das OSI-7-Schichtenmodell (*Open Systems Interconnection*) entwickelt, damit die Kompatibilität und Kommunikation von Netzen untereinander möglich ist.

Ergänzen Sie in der **Tabelle 1** die deutsche und englische Bezeichnung der Schichten/Layer.

Tabelle 1: Das OSI-7-Schichtenmodell				
	Nr.	Schicht	Funktion	Schicht/Layer
Anwendungsprotokolle	7	A	Bindeglied zwischen Benutzer und Netz, z. B. mittels eines Browsers	Anwendung/Application
	6	P	Übersetzt Daten vom sendenden Host und empfangenden Host in ein einheitliches Datenformat	Darstellung/Presentation
	5	S	Aufbau, Verwaltung und Beendigung der Verbindung zwischen den Hosts	Sitzung/Session
Transportprotokolle	4	T	Segmentierung der Daten vom sendenden Host und Zusammensetzen der Daten beim empfangenden Host	Transport/Transport
	3	N	Verbindungsaufbau zwischen den Hosts über IP-Adressen	Vermittlung/Network
	2	D	Bündelung von Bits in Datenpakete; Behebung von Übertragungsfehlern; Adressierung über MAC-Adressen	Sicherung/Data Link
	1	P	Festlegung der physikalischen Datenübertragung der Bits, z. B. Leitungen, Stecker, Spannungspegel usw.	Bitübertragung/Physical

Informationen, die zwischen den Busteilnehmern verschickt werden sollen, durchlaufen beim Sender eine Datenkapselung nach dem OSI-7-Schichtenmodell (**Bild 1**).

Jede OSI-Schicht fügt hierbei eine Protokollinformation an den Anfang (Header) und an das Ende (Trailer) und reicht anschließend die gesamte Schicht weiter nach unten. Beim Empfänger findet in umgekehrter Reihenfolge eine Entkapselung statt.



**Bild 1: Prinzip der Datenkapselung**

### 2.5.2 PROFINET im OSI-Schichtenmodell

PROFINET nutzt für eine schnellere Datenkapselung nicht alle Schichten.

Markieren Sie in **Tabelle 1** in der Spalte **ja** durch ein X, welche Ebenen von PROFINET genutzt werden.

Die Regeln, nach denen die Daten gekapselt werden und der Datenfluss gesteuert wird, nennt man Protokolle.

**Tabelle 2** enthält drei bekannte Protokolle, die auch von PROFINET verwendet werden. Geben Sie in Tabelle 2 die jeweilige Abkürzung für den Namen an. Ordnen Sie anschließend in Tabelle 1 die Protokolle den jeweiligen Schichten zu (Abkürzungen eintragen) und unterscheiden Sie dabei zwischen PROFINET IO und PROFINET CBA.

Nr.	Schicht	Ja	Protokolle	
			IO	CBA
7	A	<u>X</u>		
6	P			
5	S			
4	T	<u>X</u>	<u>UDP</u>	<u>TCP</u>
3	N	<u>X</u>	<u>IP</u>	<u>IP</u>
2	D	<u>X</u>		
1	P	<u>X</u>		

Abk.	Funktion
TCP	Das <i>Transmission Control Protocol</i> überwacht den Datentransfer, wiederholt den Datentransfer bei Ausbleiben einer Empfangsbetätigung oder benachrichtigt die übergeordneten Verbindungen beim Zusammenbruch der Datenübertragung.
UDP	Das <i>User Datagram Protocol</i> arbeitet ohne Quittungs-Mechanismen bzw. Fehlerkorrektur. Es eignet sich besonders gut für zeitkritische Anwendungen.
IP	Das <i>Internet Protocol</i> enthält die Absender und Empfängeradresse.

Die Schnittstelle zwischen den einzelnen Anwendungen wird durch Ports realisiert, denen, je nach Protokoll, eine Nummer zugeordnet ist.

PROFINET IO nutzt in Schicht 4 für das UDP-Protokoll die Port-Nummern 34962 ... 34964.

PROFINET nutzt zusätzlich teilweise die in **Tabelle 3** angegebenen Protokolle der IT-Standards (*Internet Technology*).

Tragen Sie den ausführlichen Namen der Abkürzungen und die jeweilige Portnummern in Tabelle 3 ein.

TCP			
Protokoll	Funktion	Name	Port(s)
FTP	Datei-Transfer	File Transfer Protocol	20,21
Telnet	Terminalzugang	Terminal Over Network	23
SMTP	E-Mail-Versand	Simple Mail Transfer Protocol	25
HTTP	Übertragung von Webseiten	Hypertext Transfer Protocol	80
POP 3	E-Mail-Empfang	Post Office Protocol	110
UDP			
NTP	Synchronisation der Uhrzeit	Network Time Protocol	37
DNS	Namensauflösung	Domain Name Service	53
DHCP	Zentrale Vergabe v. IP-Adressen	Dynamic Host Control Protocol	67
TFTP	Dateitransfer	Trivial File Transfer Protocol	69
SNMP	Netzwerkmanagement	Simple Network Management Port	161, 162

Die in der Schicht 4 abgearbeiteten Protokolle fügen den Daten die in **Tabelle 1** abgebildeten Headers (Köpfe) bei. Geben Sie an, welcher Kopf zu welchem Protokoll gehört und welche Information in den nummerierten Feldern übermittelt wird.

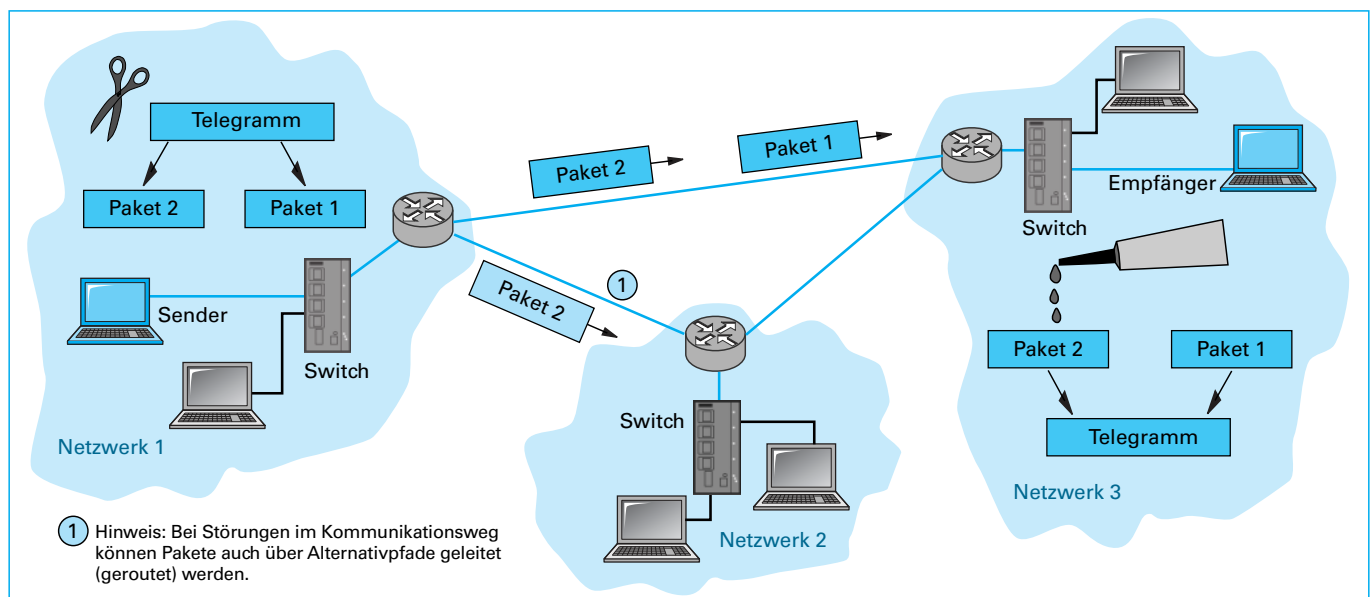
Tabelle 1: Protokoll-Header									
Protokollname: <b>TCP</b>					Protokollname: <b>UDP</b>				
0	Bit	15	16	31	0	Bit	15	16	31
Source Port <b>1</b>			Destination Port <b>2</b>			Source Port <b>1</b>		Destination Port <b>2</b>	
Sequence Number									
Acknowledgement Number									
DO	Reserved	URG	ACK	PSH	RST	SYN	FIN	Window	
Checksum <b>4</b>			Urgent Pointer						
Options				Padding					
Data (length varies)					Data (length varies)				

<b>1</b> Portnummer des Senders
<b>2</b> Portnummer des Empfängers
<b>3</b> Länge des Pakets einschließlich des Headers
<b>4</b> Prüfsumme des Senders, die vom Empfänger verglichen wird, um Störungen bei der Datenübertragung festzustellen

## 2.6 Telegramme im Ethernet

Beim Ethernet handelt es sich um ein paketvermittelndes Netzwerk für lokale Netzwerke. Die zu übertragenden Telegramme (Datagramme, Daten) werden in kleinere durchnummerierte Einheiten, sogenannte Pakete bzw. Rahmen (Frames) aufgeteilt. Die durchnummerierten Pakete werden auf verschiedenen aktuell freien Pfaden von einem Netzwerk in das andere Netzwerk geroutet (geleitet) und beim Empfänger wieder in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt (**Bild 1**). Der Verbindung (Session) zwischen Sender und Empfänger ist also keine feste Leitung, wodurch der Datendurchsatz erheblich erhöht wird.



**Bild 1: Paketvermittlung zwischen Sender und Empfänger**