

Nachteile von Lichtwellenleitern

- Glasfaserkabel und passende Netzwerkkomponenten sind wesentlich teurer als Kupferkabel.
- Lichtwellenleiter lassen sich schwer „stückeln“ bzw. verlängern. Präzise und aufwändige Spleißtechnik ist notwendig.
- Schwierige Signalverstärkung
- Lichtwellenleiter sind mechanisch empfindlich.
- Beim Verlegen müssen höhere Krümmungsradien eingehalten werden, das Knicken von LWL ist verboten. Faustformel für LWL: minimaler Krümmungsradius = 10facher Außendurchmesser des LWL-Kabels (Beispiel: LWL mit 5 mm Außendurchmesser hat einen minimalen Biegeradius von 5 cm)
- Signalumwandlung zwischen Kupfer- und Lichtwellensegmenten erforderlich

4.2 Industrial Ethernet, PROFINET

 Auch in der industriellen Fertigung müssen einzelne Geräte und automatisierungstechnische Komponenten miteinander vernetzt werden. Industrial Ethernet ermöglicht es, in das vorhandene LAN auch Geräte einzubeziehen, die für die Steuerung und Überwachung von Produktionsprozessen verwendet werden. Die im industriellen Umfeld verwendeten aktiven Netzwerkkomponenten sind an die industriellen Umgebungsbedingungen angepasst (erhöhte Schutzart, Säurefestigkeit etc.).

Der offene Industrial Ethernet-Standard für Automatisierung ist PROFINET (*Process Field Network*). Er nutzt herkömmliche Verkabelungssysteme und TCP/IP, ist echtzeitfähig und ermöglicht die Integration von Feldbussystemen. Abbildung: Wikipedia

OSI-Schicht	Englisch	PROFINET	
7a	Anwendung	IO-Dienste & -Protokolle	CBA-Dienste & -Protokolle
7b	Application	RPC	DCOM & RPC
6	Darstellung		
5	Sitzung	leer	leer
4	Transport	UDP	TCP
3	Netzwerk	IP, ARP, SNMP, DHCP	
2	Sicherung	Datalink	CSMA/CD, VLAN, DCP, MRP, MRRT, LLDP
1	Bitübertragung	Physical	100BASE-TX, 100BASE-FX

Auf den OSI-Schichten 1 und 2 verwendet man 100BASE-TX und 100BASE-FX Verkabelungstechnik. Das PROFINET-Protokoll kann mit jedem Ethernet-Analysewerkzeug (also etwa Wireshark) gelesen werden. In der Abbildung oben (Foto: Autor) ist ein Detail einer Siemens-SPS Simatic S7-1200 dargestellt.

Deutlich sieht man die PROFINET-Schnittstelle und ein an den RJ45-Steckplatz angeschlossenes Cat 5-Netzwerkkabel.

Die Verwendung des Ethernet-Standards erkennt man auch an der dargestellten MAC-Adresse.

Norm	Jahr	Frequenzbereich	Datenrate	realistische Datenrate
IEEE 802.11	1997	2,4 GHz	2 Mbit/s	
IEEE 802.11a / h	1999, 2003	5,150 – 5,725 GHz	54 Mbit/s	20 – 22 Mbit/s
IEEE 802.11b / g	1999, 2003	2,400 – 2,4835 GHz	11 Mbit/s	5 – 6 Mbit/s
IEEE 802.11n	2009	2,400 – 2,4835 GHz und 5,150 – 5,725 GHz	150 Mbit/s	100 – 120 Mbit/s
IEEE 802.11ac	2013	5,150 – 5,725 GHz	433 Mbit/s	100 – 120 Mbit/s



4.3 Wireless LAN (WLAN)

WLANS (*Wireless Local Area Networks*) sind Netze, die zur Datenübertragung Funktechnologie verwenden. Funkwellen sind elektromagnetische Wellen mit einer definierten Frequenz.

Gleichbedeutend wird auch der Begriff Wi-Fi verwendet, wobei damit eigentlich ein Firmenkonsortium (die Wi-Fi Alliance, www.wi-fi.org) gemeint ist, welches WLAN-Geräte zertifiziert.

Die Bedeutung von Wireless LAN-Infrastrukturen hat in den vergangenen Jahren stetig zugenommen.

Medienzugriff: **CSMA/CA** (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*). Anders als bei Ethernet ist bei Funksignalen eine Kollisionserkennung nicht möglich. Daher wird vor dem Sendevorgang überprüft, ob der Sendekanal frei ist. Anders gesagt: Ein Sendevorgang wird nicht aufgenommen, solange eine Sendung läuft. Jeder Sender darf nur eine begrenzte Zeit senden. Ein typischer CSMA/CA-Sendevorgang würde daher beispielhaft wie folgt ablaufen (vereinfachte Darstellung):

1. Zuerst wird das Medium abgehört („horcht“, „Carrier Sense“).
2. Ist das Medium für die Dauer einer bestimmten Zeitspanne (*„Interpacket Gap“*; etwa 50 µs) frei, wird eine zufällige Wartezeit ausgewürfelt und nach Ablauf dieser gesendet.

3. Ist das Medium belegt, wird die voraussichtliche Belegungszeit gespeichert und nach Ablauf dieser Zeitspanne ein neuer Sendevorgang gestartet.

4. Nach vollständigem Empfang des Paketes wartet der Empfänger eine kurze Zeitspanne (etwa 10 µs), bevor das Bestätigungssignal (ACK für engl. *acknowledge*) gesendet wird.

4.3.1 WLAN-Standards

Es sind zwei Frequenzbereiche für WLAN üblich:

- **ISM-Frequenzbereich:** 2,400 – 2,485 GHz (lizenzfrei verwendbar; *industrial / medical / scientific purposes*). Nachteil dieses Bereichs ist die Störanfälligkeit (etwa durch Mikrowellen-Geräte) und die kleine Frequenz-Bandbreite, wodurch nur geringe Datenübertragungsraten erreicht werden können.
- Frequenzbereich 5,150 – 5,725 GHz

Die meisten WLAN-Infrastrukturen basieren auf der Norm **IEEE 802.11**. Seit der Einführung dieser Norm gibt es eine ganze Reihe von Dokumenten, die den technischen Fortschritt der WLAN-Technologien dokumentieren.

Die Norm IEEE 802.11h erweitert die Sendeleistung gegenüber IEEE 802.11a auf 1000 mW.

4.3.2 Betriebsarten von WLANs

WLANs können in zwei verschiedenen Modi betrieben werden:

- **Ad hoc-Modus:** Funk-Lan-Karten senden direkt (Peer-to-Peer Netzwerk); sehr geringe Reichweite
- **Infrastruktur-Modus:** Dafür wird ein „Access Point“ benötigt (dieses Gerät ist mit einer Bridge, kombiniert mit einem Signalverstärker, vergleichbar: es stellt einen Übergang zwischen unterschiedlichen Medien dar)

In Firmeninfrastrukturen wird meist ein Infrastruktur-WLAN-Betrieb aufgebaut, der auf dem Einsatz von WLAN-Access Points basiert.

Der Infrastruktur-Modus ähnelt im Aufbau dem Mobilfunknetz: Ein drahtloser Router oder ein Access Point übernimmt die Koordination aller anderen Netzknoten (Clients). Dieser sendet in einstellbaren Intervallen (üblicherweise zehnmal pro Sekunde) kleine Datenpakete, sogenannte