

2. Netzwerkcommunication

Übertragungstypen:

- Signalübertragung

- konstante Signallaufzeit

Anforderungen:

- Signallaufzeit muss konstant sein (geringe Bitfehler sind tolerierbar)

- Datenübertragung

- Datensicherheit → keine Bitfehler

Anforderungen:

- Bitfehler dürfen nicht auftreten
- Paketlaufzeiten dürfen schwanken

2.1 Kommunikationsprotokolle

Ziel:

- Fehlerfreie und effiziente Übertragung von Daten

Benötigt:

- Feste Regeln

Festlegungen:

- Codierung
- Übertragungsgeschwindigkeit
- Sicherungsverfahren
- Datenformat
- Synchronisationsart
- Betriebsart

2.2 Kommunikationsprotokolle

2.2.1 Geschlossene Systeme

- herstellerspezifisches System (proprietär)
- kein Einbinden von Fremdprodukten

2.2.2 Offenes System

- Schnittstellen sind offen gelegt
- unterschiedliche Hersteller

Zur Vereinheitlichung:

Referenzmodell für die Kommunikation offener Systeme

2.3 Das ISO/OSI 7 Schichten Modell

ISO: International Standardisation Organisation

OSI: Open Systems Interconnection

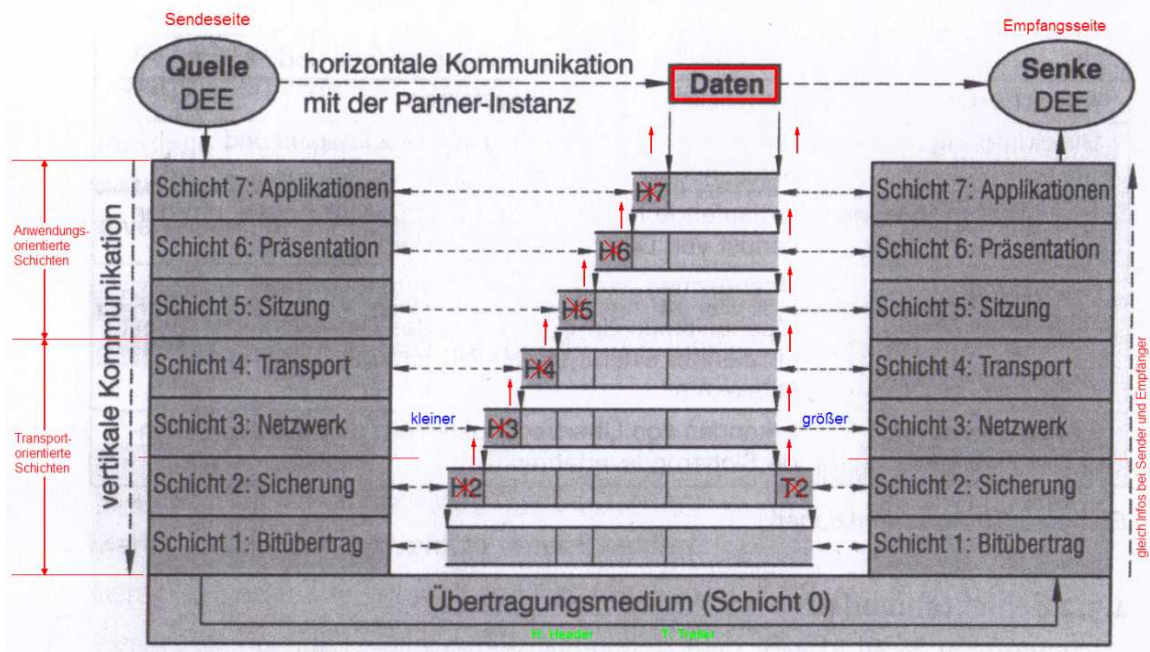
Schicht (Ebene, Layer):

- Jede Schicht hat eine Aufgabe zur Durchführung ihrer Kommunikation
- Schichten 1...4: Transportorientierte Schichten
- Schichten 5...7: Anwendungsorientierte Schichten

Ablauf einer Kommunikation

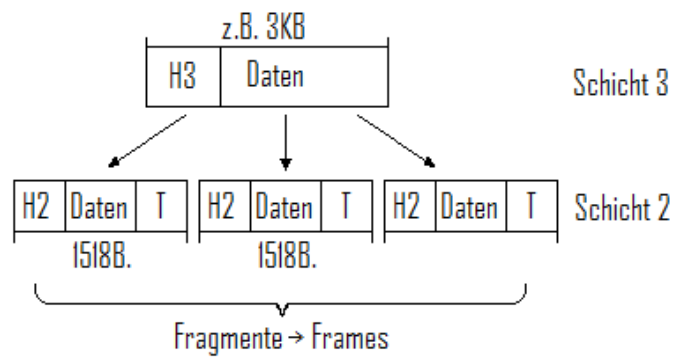
- DEE (Dateneneinrichtung -> auf Sendeseite) erzeugt Datenpaket (DP)
- DP auf SS durchläuft Schichten von 7 -> 1
 - Schicht fügt Nutzdaten Protokollinformationen hinzu
 - > am Paketanfang: Header
 - > am Paketende: Trailer
- DP wird auf Übertragungsmedium übertragen
- DP auf Empfängerseite durchläuft Schichten von 1...7
 - Schicht liest und entfernt Protokollinfos
- DP steht in DEE (auf Empfängerseite) zur Verfügung

Das ISO-/OSI-7-Schichten-Modell



2.3.1 Die Schichten des 7-Schichten Modells

- Jede Schicht erfüllt gewisse Dienstleistungen (Services) und stellt diese der jeweils nächsthöheren Schicht zur Verfügung
- Schnittstellen: Dienstzugangspunkte
Service Access Points (SAP)
- a) Schicht 1: **Bitübertragungsschicht – Physical Layer**
Aufgabe: Übertragung von Bitströmen über das Übertragungsmedium
Parameter: Codierung, Übertragungsgeschwindigkeit, Pegel, Betriebsart, Datenflussrichtung, Leitungsfunktionen
- b) Schicht 2: **Sicherungsschicht – Link Layer**
Aufgabe: Zuverlässiger Austausch von Datenpaketen
Teilaufgaben:
 - Aktivierung, Überwachung und Deaktivierung einer Verbindung
 - Synchronisation
 - Erkennung und Beseitigung von Übertragungsfehlern
 - Aufteilung der zu übertragenden Daten in Datenpakete



c) Schicht 3: **Vermittlungsschicht – Network Layer**

Aufgabe:

- Steuerung des Austauschs von Datenpaketen über Vermittlungsknote
- Identifizierung der Netzknoten
- Auf- und Abbau logischer Verbindungskanäle
- Wegesteuerung (=Routing)
- Flusssteuerung und -kontrolle

d) Schicht 4: **Transportschicht – Transport Layer**

Aufgabe:

- Verpacken der Informationen in Pakete
- Sicherstellung der Übertragung

e) Schicht 5: **Sitzungsschicht - Session Layer**

Aufgabe: Aufbau, Kontrolle und Beenden logischer Verbindungen

f) Schicht 6: **Darstellungsschicht – Presentation Layer**

Aufgabe: Umwandlung von Codes, Syntax und Formaten unterschiedlicher Hersteller

g) Schicht 7: **Anwendungsschicht – Application Layer**

Aufgaben:

- Identifikation der Kommunikationspartner
- Berechtigungsprüfung für die Kommunikation
- Zugangsart zur Kommunikation festlegen/überprüfen
- Wahl der Übertragungsparameter

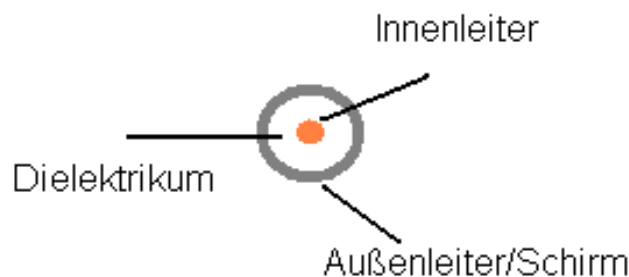
2.4 Schicht 1: Netzwerkkomponenten

- passive Netzkomponenten
- aktive Netzkomponenten

2.4.1 Übertragungsmedien

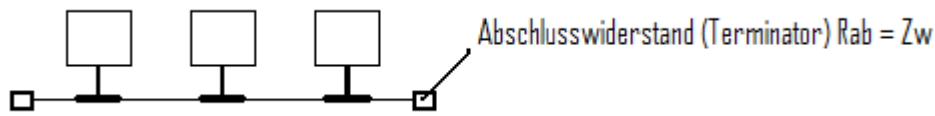
1. Koaxialkabel

Aufbau:



Wellenwiderstände: 50 Ω, 62,5 Ω, 75 Ω, 93 Ω, 150 Ω ...

Netzwerk:



$$R_{Ab} = Z_w$$

Topologie: physikalisch: BUS

logisch: BUS

Anwendungen: 10 Base 5-, 10 Base 2 Netzwerke

max. Segmente*100 (500/200m)
Übertragungsgeschwindigkeit max. 10 Mbit/s
Basisbandverfahren (keine Modulation)

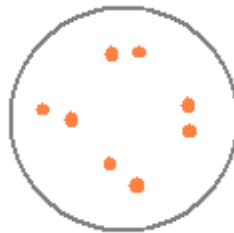
2. Symmetrische Kupferkabel

Aufbau: vier verdrehte Adernpaare \Rightarrow Twisted Pair \Rightarrow TP

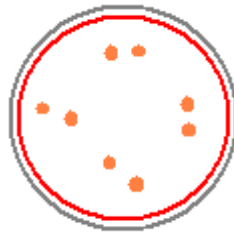
teilweise mit Abschirmung

mit unterschiedlichen Schlagzahlen (=Verdrillungen pro Meter)

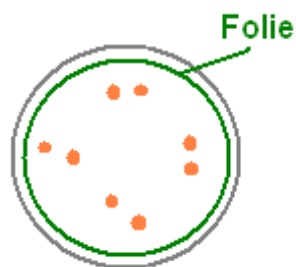
UTP \Rightarrow Unshielded



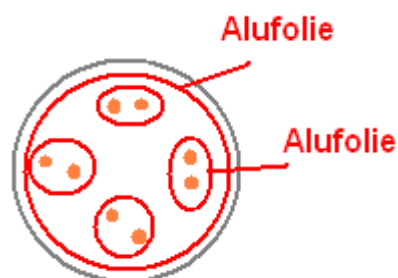
STP \Rightarrow Shielded



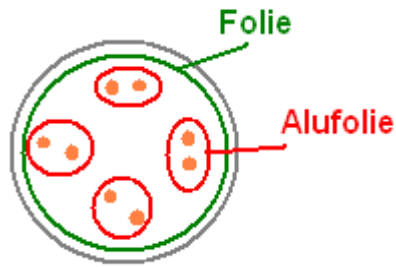
FTP \Rightarrow Foiled



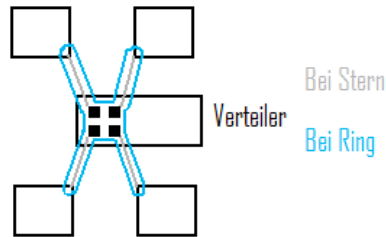
F/STP \Rightarrow Foiled Shielded



S/STP \Rightarrow Screened Shielded



Netzaufbau:



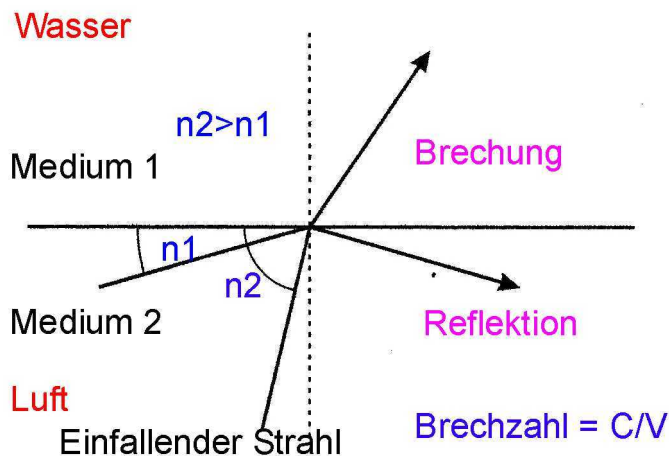
Topologie: Physikalisch: Stern
Logisch: BUS oder Ring

Anwendung: 10 Base T (T=TP), 100 Base T, 100 Base T4 (=TP 4 Adernpaare),
1000 Base T \Rightarrow Bussysteme
und Token Ring-Netzwerk

3. LWL

Aufbau: Glasfaserleitung
Kunststofffaserleitung
mit zentraler Lichtführung

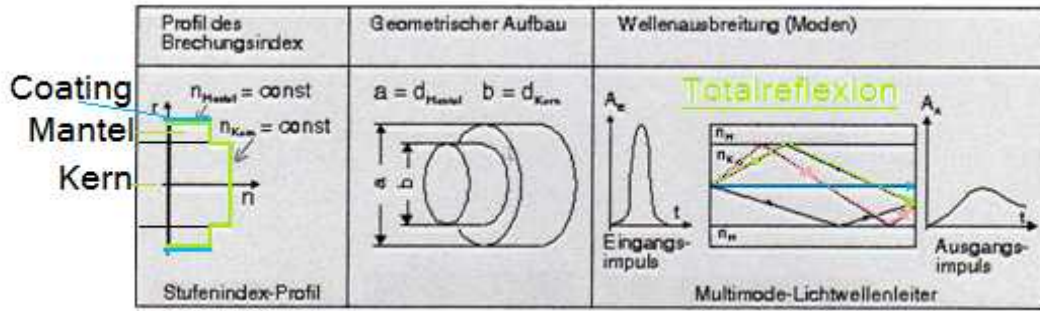
Grundlagen der Lichttechnik



Multimode-



Stufenindexfaser



Typische Werte:

$$n_m = 1,517$$

$$n_k = 1,527$$

Kerndurchmesser:

$$100 \dots 300 \mu\text{m}$$

Manteldurchmesser:

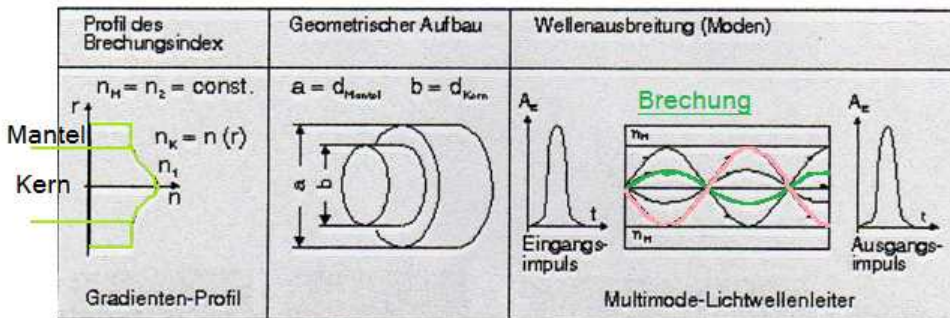
$$200 \dots 500 \mu\text{m}$$

Multimode Lichtwellenleiter

Charakteristika:

- Große Laufzeitunterschiede der Lichtstrahlen (=Modendispersion)
- Starke Impulsverbreitung
- Bandbreite-Reichweite-Produkt:
 $B \cdot I < 100 \text{ Mhz} \cdot \text{km}$
- Dämpfung $a \sim 3 \text{ dB/km}$

Gradientenindexfaser



Gradienten Profil

Kerndurchmesser

Multimode Lichtwellenleiter

Typische Werte:

$$n_i = 1,54$$

$$n_k = 1,562$$

Typ. $d_k = 50 \mu\text{m}$

Manteldurchmesser

Typ. $d_m = 125 \mu\text{m}$

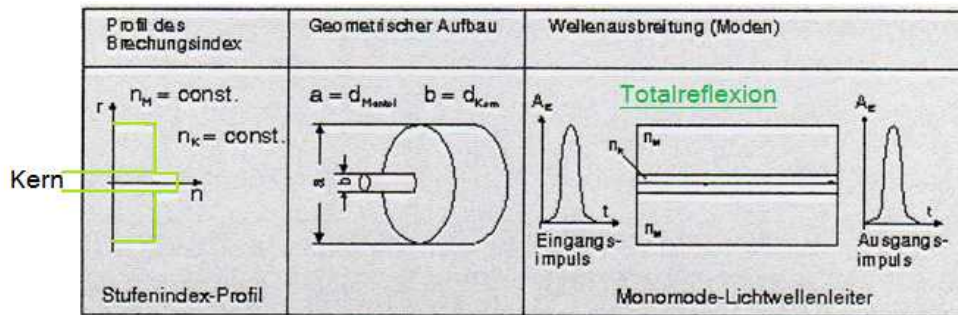
Charakteristika:

- Geringe Laufzeitunterschiede der Lichtstrahlen
- Geringe Impulsverbreitung
- $B \cdot I \sim 1 \text{ GHz} \cdot \text{km}$
- $a \sim 1 \text{ dB/km}$



Gebäudeinstallationen

Monomode-Stufenindexfaser



Moden: Ausbreitungsmöglichkeiten des Lichts

Stufenindexprofil

Kerndurchmesser:

Monomode Lichtwellenleiter:

Typ. $d_k = 5 \mu\text{m}$

Typische Werte:

$n_M = 1,457$

Manteldurchmesser:

Charakteristika:

$n_k = 1,471$

Typ. $D_M = 100 \mu\text{m}$

- Keine Laufzeitunterschiede, da nur eine

Ausbreitungsrichtung

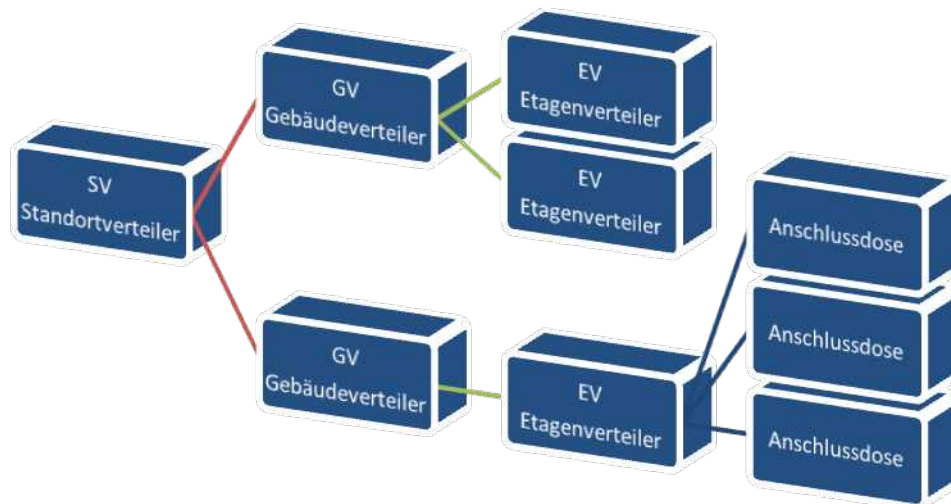
- $B \cdot I > 10 \text{ GHz} \cdot \text{km}$

- $a \sim 0,1 \text{ dB/km}$

Strukturierte Verkabelung

Ziel: Anwendungsunabhängige Verkabelungsstruktur mit angemessenen Installationsreserven.

Realisierung: Man unterteilt die Verkabelung in drei Bereiche



Verkabelungs-Messtechnik

a) Klassen und Kategorien

- Die Klasse gibt an welche Anforderungen das Gesamtnetzwerk erfüllt (A...F)

b) - Die Kategorie gibt an welche Mindestanforderung eine Einzelkomponente erfüllen

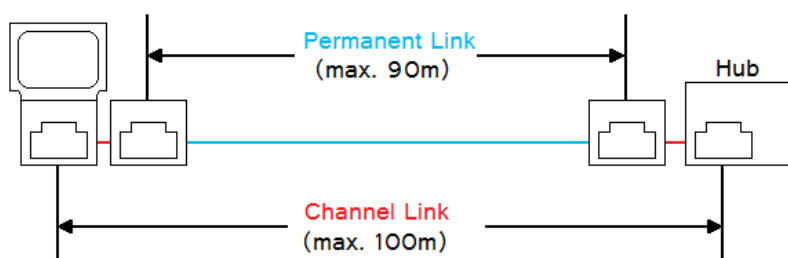
c) - muss um ein Netz mit einer bestimmten Klasse realisieren zu können (1...7)

Normenübersicht		ISO/IEC 11801 Ed2.0 Amend.1.1 (FPDAM)					
Standard		ISO/IEC 11801 Ed2.0 Amend.1.1 (FPDAM)					
Parameter	Kat./Klasse	Klasse C	Klasse D	Klasse E	Klasse E _A	Klasse F	Klasse F _A
Max. Frequenz [MHz]		16	100	250	500	600	1000
Min. Return Loss [dB]		15,0	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Max. Dämpfung [dB]		14,4	24,0	35,9	49,3	54,6	67,6
Min. NEXT [dB]		19,4	30,1	33,1	27,9	51,2	47,9
Min. PS NEXT [dB]		-	27,1	30,2	24,8	48,2	44,9
Min. ACR [dB]		-	6,1	-2,8	-21,4	-3,4	-19,7
Min. PS ACR [dB]		-	3,1	-5,8	-24,5	-6,4	-22,7
Min. EL FEXT [dB]		-	17,4	15,3	9,3	31,3	27,4
Min. PS EL FEXT [dB]		-	14,4	12,3	6,3	28,3	24,4
Max. d.c. Loop Resistance [Ohm]		40,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Max. Laufzeit [µs]		0,553	0,548	0,546	0,546	0,545	0,545
Max. Laufzeitdifferenz [µs]		0,050	0,050	0,050	0,050	0,030	0,030
Minimum Power sum alien NEXT Min. PS ANEXT [dB]		-	-	-	49,5	-	60,0
Average Power sum alien NEXT Avg. PS ANEXT [dB]		-	-	-	51,8	-	-
Minimum Power sum alien ELFEXT Min. PS AELFEXT [dB] (EIA/TIA Min. PSAACRF)		-	-	-	23,0	-	32,0
Average Power sum alien ELFEXT Avg. PS AELFEXT [dB] (EIA/TIA Avg. PSAACRF)		-	-	-	27,0	-	-
Applikationen, Anwendungen		10Mbit/s Eth. Token Ring ISDN Sprache	1Gbit/s Eth. 100MB/s Eth.	Keine Applika- tion	10 Gbit/s Eth.	1Gbit/s Eth. (über 2 Paare nach ISO/ IEC 14165-114)	10 Gbit/s Eth. CATV

Tabelle 1: Standardisierungsüberblick – in den USA gelten die Werte der rechten Seite, die bei uns (Europa) keine Gültigkeit haben

Klasse	Frequenzbereich	Mindestkategorie	
A	<100 kHz	1	
B	<1 MHz	2	
C	<16 MHz	3	
D	<100 MHz	5	100 Base T, 1000 Base T
E	<250 MHz	6	
F	<600 MHz	7	-> PiMF =Pair in Metal Foil = SSTP

d) Der Link



e) Messgrößen



Dämpfung

$$a = 20 * \log \frac{U_1}{U_2} [\text{dB}]$$

$$\text{Bsp. } U_1 = 2\text{V}; U_2 = 0,5\text{V} \rightarrow a = 12\text{dB}$$

→ 8 Messwerte notwendig

Nebensprechen

Nah-Nebenspr. → $NEXT = 20 * \log \frac{U_1}{U_3} [\text{dB}]$

$$\text{Bsp. } U_1 = \underbrace{2\text{V}}_{\text{TP 1}}; U_3 = \underbrace{5\text{mV}}_{\text{TP 2}} \rightarrow \text{Next} = 52\text{dB}$$

→ 12 Messwerte

Fern-Nebenspr. → $FEXT = 20 * \log \frac{U_1}{U_4} [\text{dB}]$

$$\text{Bsp. } U_1 = \underbrace{2\text{V}}_{\text{TP 1}}; U_4 = \underbrace{1\text{mV}}_{\text{TP 2}} \rightarrow FEXT = 66\text{dB}$$

→ 12 Messwerte

ANEXT = Alien NEXT. → Nah Nebensprechen zwischen zwei benachbarten Leitungen (relevant ab 1Gbit/s)

ELFEXT (Equal Level FEXT) = Modifiziertes Fernnebensprechen
→ $\text{ELFEXT} = \text{FEXT} - a$ [dB]

ACR (Attenuation to crosstalk ratio = Dämpfungs Nebensprech-Verhältnis
→ $\text{ACR} = \text{NEXT} - a$ [dB]

PS-Werte (Power Sum) Es werden 3DA gegen 1 DA gemessen

Return Loss (Rückflusdämpfung)

$$RL = 20 * \log \frac{U_1}{\text{Ref}. U_1} [dB]$$

Delay Skew (Signal-Laufzeit Unterschied)

2.4.2 Aktive Netzwerkkomponenten

Übersicht:		Schicht
- Netzwerkkarte	→	1
- Repeater	→	1
- Hub	→	1
- Bridge, Switch	→	2
- Router	→	3
- Gateway	→	7

2.4.4.1 Netzwerkkarte

Aufgabe: Verbindung des Endgerätes mit dem Übertragungsmedium

Funktion: Wandlung der logischen in physikalische Pegel (elektrisch, optisch, Funk) und umgekehrt

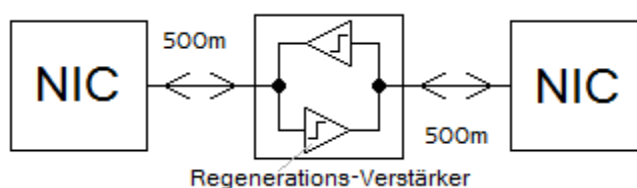
Anschlüsse:

Anschluss	Netzwerk	Übertragungsmedium
D-Sub15	10Base5	Thick Ethernet (Coax, d=8mm)
BNC	10Base2	Thin Ethernet (Coax, RG58)
RJ45	10BaseT	TP
RJ45	100BaseT	TP
RJ45	1000BaseT	TP
SC,LC	100BaseFL	LWL
SC,LC	1000BaseFX	LWL
Tera	10000BaseT	TP
RJ45	Token Ring	TP
RJ45	ISDN	2x2x0,6

2.4.4.2 Repeater – Hub

Begriffe:

- Repeater: zwei Anschlüsse, bidirektional



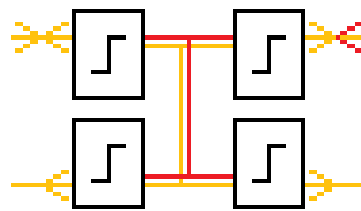
Aufgabe:

Verstärkung und Regeneration der von der Leitung gedämpften und verzerrten Signale

- Hub: Multiport – Repeater, bidirektional

Aufgabe:

Ankommendes Signal verstärken, regenerieren und an allen Ausgängen ausgeben



→ Kollisionsdomäne: ist der räumliche Bereich in dem alle Stationen alle Signale empfangen können

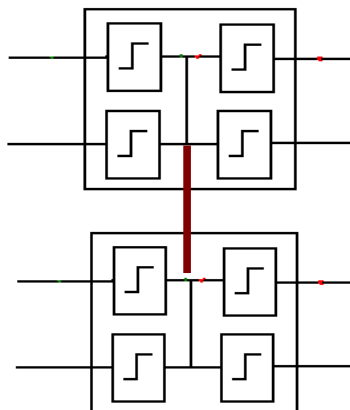
Zusammenschaltung von Repeatern bzw. Hubs

Repeater: **5-4-3 Regel**

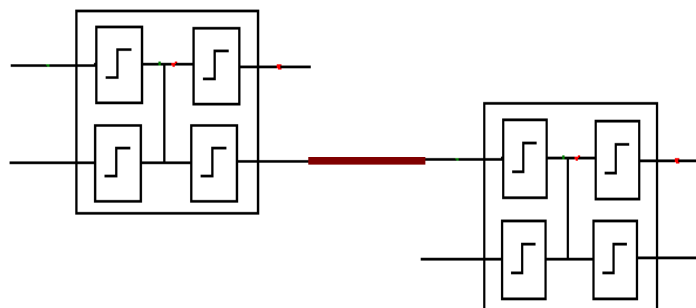
- max. 5 Leitungsabschnitte (=Segmente)
- max. 4 Repeater
- an max. 3 Segmenten dürfen Geräte angeschlossen sein

Hub:

- Stackable Hubs: Werden über spez. Verbindungsstecker **Busmäßig** miteinander verbunden



- kaskadierte Hubs



Anschluss- und Verbindungsmöglichkeiten

- MDI → Crossover Kabel
- Uplink Port auf MDI → Patchkabel
- neue Geräte → Auto Erkennung

Zugriffsregeln

Eine Station darf nur senden, wenn keine andere sendet!

Funktionsweise:

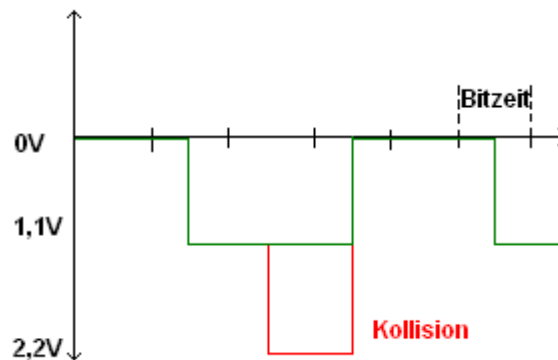
- Übertragungsmedium wird ständig abgehört.
- wird das Medium als frei erkannt, so wird nach einer Pause mit zufälliger Länge mit dem Senden begonnen.
- wird während des Sendens eine Kollision erkannt, so wird das Senden abgebrochen und ein Störsignal gesendet. □ **Jam - Signal**
- nach einer zufälligen Zeit wird erneut das Senden versucht.

Codierung: Manchester – Code

- Pegel 0 → Fallende Flanke in der Mitte einer Bitzeit
- Pegel 1 → Fallende Flanke in der Mitte einer Bitzeit

Kollision: Spannungsüberhöhung

Standard Spannungswerte: 0V bzw. -2,2V



2.5.3 Aufbau des IEEE 802.3 Rahmens (Frame)

Präambel	SFD	Ziel-MAC Adresse	Quell-MAC Adresse	Frame Länge	LLC-Rahmen (Nutzdaten)	Füllfeld	Prüfsumme FCS
7 Byte	1B	6 Byte	6 Byte	2 Byte	0...1500 Bytes	0...46 Byte	4 Bytes
	← 64 ... 1518 Byte →						
	← Slottime →						

Präambel: Zur Synchronisierung des Empfängers nötig → $7 \times AA_{16} = 1010\ 1010$

SFD: Start Frame Delimiter (Begrenzung des Startrahmens → $AB_{16} = 1010\ 1011$

Slottime: Doppelte Signallaufzeit vom einen Leitungsende zum anderen bei der kleinsten Paketgröße

2.5.4 Geräte der Schicht 2 Bridge bzw. Switch

Bridge: Zwei Anschlüsse, arbeitet Bidirektional

Switch: Multiport Bridge

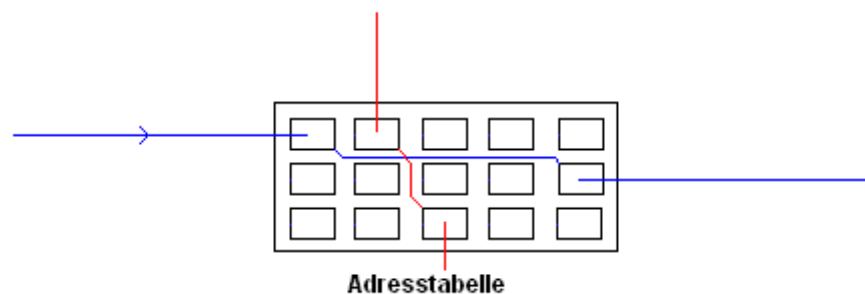
Aufgaben:

- Verstärkung
- Regeneration
- Verkehrslenkung
- **Trennen Kollisionsdomänen**

Funktion: Ein ankommendes Signal wird verstärkt, regeneriert und nur an den Port ausgegeben an dem das Zielgerät angeschlossen ist. → es wird eine

feste

Verbindung aufgebaut → es sind keine Kollisionen möglich → Fullduplex
Ist die Zieladresse unbekannt, wird das Paket an allen Ports ausgegeben.



1. Cut – Trough – Switches

Aus dem Header wird zuerst die MAC Zieladresse gelesen, dann wird aus der Adresstabelle der zuständige Port ermittelt. Das Paket wird am entsprechenden Port ausgegeben.

- Sehr Schnell
- Fehlerhafte Pakete werden mitübertragen

2. Store – and – Forward – Switches

Ein Paket wird empfangen, eingelesen und komplett zwischengespeichert. Erst danach wird der Zielport aus der Adresstabelle ermittelt. Anschließend wird der komplette Inhalt des Pakets überprüft. Wenn OK wird das Paket am zuständigen Port ausgegeben.

- weniger Verkehr durch Verwerfung fehlerhafter Pakete
- höhere Verzögerung Cut – Trough – Switch

3. Managbare Switches

Viele Daten können eingestellt werden, z.B. Betriebsart, Übertragungsgeschwindigkeit und VLANs (Virtuelle LANs)

VLAN: Einzelne, getrennte LANs an einem Router

