

1 OSI Modell

Das OSI (Open Systems Interconnection) Modell umschreibt den Informationsaustausch zwischen zwei Systemen. Der Informationsaustausch wird in einem aus 7 Schichten bestehenden Stack modelliert. Protokolle definieren den Horizontalen Informationsaustausch (Von Sender Schicht n zu Empfänger Schicht n), wobei der reale Informationsfluss über die unterliegenden Schichten wandert und schlussendlich in der Layer 1, der Physical Layer, über ein Medium zur Layer 1 des Empfängers fließt.

1.1 “Layer 0” - Medium

Das Übertragungsmedium wird nicht wirklich zu den 7 Schichten gezählt, ich führe es hier als unterste Schicht auf, da dies dem schematischen Informationsfluss folgt. Generell gilt je grösser die Bandbreite, desto grösser die Übertragungsrate.

1.1.1 Limitierungen

Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum beträgt $c_0 = 299'792'458 \frac{m}{s}$. Es gibt keine praktische Anwendung in der der Informationsaustausch diese Geschwindigkeit c_0 übertrifft. In reinem Glas mit einem Brechungsindex von 1.5 beträgt die Geschwindigkeit $c_{Glas} = 200'000 \frac{km}{s}$ ($= 20 \frac{cm}{ns}$). Glücklicherweise beträgt die Ausbreitung eines elektrischen Signals in einem Leiter mit der typischen Permittivität $\epsilon_r = 2.25$ ebenso $200'000 \frac{km}{s}$. Das sind die maximalen Geschwindigkeiten, die in der Praxis für Informationsübertragung erreicht werden kann.

1.1.2 Signaldämpfung

Für alle Übertragungsmedium stellt die Signaldämpfung ein Problem dar. Die Amplitude eines elektrischen wie auch eines optischen Signals nimmt mit steigender Übertragungsdistanz exponentiell ab. Da die absolute Störung auf ganzem Weg gleich bleibt, steigt das Verhältnis von Störung / Signal, wodurch das Signal ab einer Distanz nicht mehr eindeutig wahrnehmbar ist.

Berechnet wird die Dämpfung durch $A = 10 \cdot \log(\frac{P_1}{P_2}) = 20 \cdot \log(\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2)$, und in Dezibel (dB) angegeben. Es gilt: eine Halbierung der Leistung bewirkt einer Dämpfung von 3 dB. Die Signal to Noise Ration (SRN) wird durch $SRN = 10 \cdot \log(\frac{P_S}{P_N})(dB)$ definiert.

1.1.3 Dämpfungsbelag

Unter dem Dämpfungsbelag eines Leiters versteht man die Dämpfung auf i.d.R. 100m oder 100km. Dafür kann die Signaldämpfung für einen Teilabschnitt über einen Dreisatz hochgerechnet werden, da wir von idealen Leitern ausgehen welche auf der ganzen Länge die gleiche Dämpfung vorweisen.

1.1.4 Elektrische Leiter

Elektrische Leiter nutzen elektrische Impulse über metallene Leiter um ein Signal zu übertragen. Dabei ist zu beachten, dass elektrische Leiter durch elektromagnetische Störungen beeinflusst werden können und sie für eine brauchbare Signalübertragung davor geschützt werden müssen. Zudem muss ein elektrischer Leiter zwei sich nicht berührende Leiter anbieten, da ansonsten der Stromkreislauf nicht geschlossen werden kann und eine Signalübertragung verunmöglicht wird.

Koaxkabel eignen sich zur Übertragung hochfrequenter Signale und sind dank der Schirmung und des Dielektrikums relativ gut vor elektromagnetische Störungen geschützt. Sie sind allerdings mechanisch heikel, da bei starkem Biegen das Kabel knickt und der Innenleiter die Schirmung berührt, was zu einem Kurzschluss führt. Wegen der Empfindlichkeit werden Koaxkabel heute ausserhalb von Rechenzentren, wo sie genutzt werden um hohe Bandbreiten über kurze Distanzen zu ermöglichen, kaum mehr eingesetzt.



Abbildung 1: Koaxkabel

Twisted Pair Kabel sind weit verbreitet und gibt es in vielen Varianten. Grundsätzlich werden zwei isolierte Kabel umeinander gedreht, wobei das eine als Leiter und das andere als "Ground" fungiert, wodurch der Stromkreislauf geschlossen werden kann. Twisted Pair Kabel sind aufgrund ihrer geringeren Masse anfälliger auf Störungen als andere Übertragungsarten wie z.B. Koaxkabel. Dafür sind sie sehr flexibel und unheikel in der Anwendung. Die Kabel werden paarweise verdreht um induktiven Störungen entgegen zu wirken, hier gilt: je enger die Kabel gewickelt sind, desto resistenter ist die Signalübertragung. Zum Schutz vor kapazitiven Störungen werden die verdrehten Kabel Bündelweise mit einem Drahtgeflecht (gegen niederfrequente Störungen) und/oder mit einer metallisch beschichteten Folie (gegen hochfrequente Störungen) abgeschirmt. Zudem können die verdrehten Kabelpaare individuell ebenfalls abgeschirmt werden, da sonst die Gefahr des Crosstalks besteht. Unter Crosstalk bezeichnet man die gegenseitige elektromagnetische Störung mehrerer Kabelpaar untereinander in einem Bündel.

Twisted Pair Kabel werden mit einer ISO-Beschriftung beschrieben, welche die angewendeten Schirmungen beschreibt. Ein Beispiel dafür ist **SF/UTP**. Das SF vor dem Schrägstrich sagt aus, dass das gesamte Bündel mit einem Geflechschirm und einem Folienschirm geschützt ist. Das U nach dem Schirm sagt uns, dass die Aderpaare selbst ungeschirmt vor einander sind. Das TP bedeutet Twisted Pair.

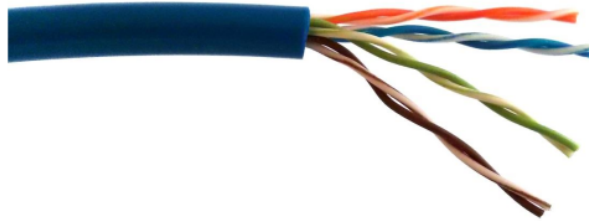


Abbildung 2: Twistet Pair Kabel

1.1.5 Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter verfügen über eine hohe Bandbreite und eine geringe Dämpfung. Da das Signal rein optisch übertragen wird, werden Lichtwellenleiter auch nicht durch elektromagnetische Effekte beeinflusst. Lichtwellenleiter bestehen aus einem Kernglas im Zentrum mit einem hohen Brechungsindex von 1.5, umgeben von einem Mantelglas mit einem tieferen Brechungsindex von 1.48. Umgeben ist das Glas von einer reflektierenden Ummantelung die die Dämpfung durch Absorption reduziert. Aufgrund des Gläsernen Kerns sind Lichtwellenleiter nur bedingt flexibel und können durch zu starke Biegung brechen. Deshalb sind Lichtwellenleiter bei langen Verbindungen sehr verbreitet aber ungeeignet für die Anbindung von Endgeräten an ein Netzwerk.

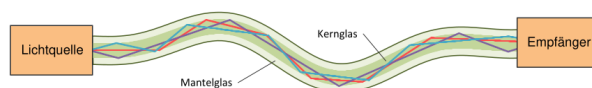


Abbildung 3: Lichtwellenleiter Querschnitt

Dispersion bewirkt, dass sich die Übertragungsdistanz und die maximale Bandbreite gegenseitig begrenzen. Je länger die Übertragungsdistanz, desto stärker nimmt die Amplitude des Signals ab und desto länger wird ein einzelner Impuls, wodurch sich hochfrequente Impulse bei zu langer Übertragung zu Überlagern beginnen.

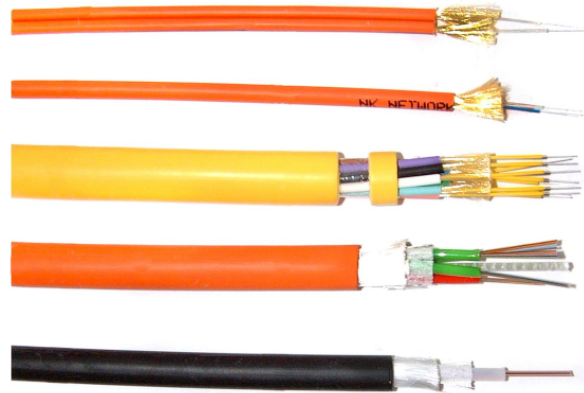


Abbildung 4: Lichtwellenleiter

1.2 Layer 1 - Physical Layer

Die Physical Layer ist die unterste Schicht des OSI-Modells. Sie ist zuständig für das Übersetzen von Bits in Werte, die über ein Medium übertragen werden kann.

1.2.1 Begriffserklärung

Tabelle 1: Begriffserklärung

Begriff	Erklärung
Bandbreite	Die Bandbreite beschreibt die Anzahl Bits pro Sekunde die über eine gegebene Leitung mit einem bestimmten Leitungscode übertragen werden können
Symbolrate	(= Baudrate) beschreibt die Anzahl Symbole pro Sekunde, die über eine Leitung übertragen werden können
Bitrate	asdf

1.2.2 Verbindungsarten

Es gibt drei Arten wie Kommunikationspartner miteinander gekoppelt werden können. Eine **Simplexkopplung** bedeutet, dass nur ein Kommunikationspartner senden kann und alle Anderen nur das Signal empfangen können. Dies findet Anwendung bei Radio und TV. Bei einer **Halbduplexkopplung** können alle Kommunikationspartner senden und Empfangen aber es können nicht mehrere Kommunikationspartner gleichzeitig senden. Bei einer **Vollduplexkopplung** können alle Partner gleichzeitig senden und Empfangen.

1.2.3 Kopplungsarten

Eine Punkt-zu-Punkt Verbindung bedeutet, dass zwischen zwei Kommunikationspartnern eine ungeteilte Leitung liegt. Bei einer shared-Medium Verbindung müssen sich mehrere Kommunikationspartner dasselbe Übertragungsmedium teilen.

1.2.4 Übertragungsarten

Eine Übertragung kann **parallel** oder **seriell** erfolgen. Für eine parallele Übertragung werden mehrere Bits gleichzeitig über verschiedene Kanäle übertragen. Dies führt zu einer höheren Übertragungsrate, erfordert aber auch mehr Infrastruktur. Eine parallele Übertragung eignet sich nur für kurze Distanzen, dementsprechend sind serielle Übertragungen stärker verbreitet. Hierfür werden über einen Kanal alle Bits der Reihe nach gesendet.

Zudem wird zwischen synchronen und asynchronen Übertragungen unterschieden. Bei einer asynchronen Übertragung wird kein Taktsignal mitgegeben, wodurch der Empfänger sich anhand des empfangenen Signals dem Takt des Senders anpassen muss. Bei einer synchronen Übertragung wird neben dem eigentlichen Datenstrom noch ein Takt auf einem zweiten Kanal übertragen. Eine synchrone Übertragung benötigt dementsprechend mehr Infrastruktur, erlaubt aber auch sicherere und schneller Datenübertragungsraten. Bei einer asynchronen Übertragung besteht die Gefahr, dass der Empfänger um ± 0.5 Bit "verrutscht" und deswegen ein Bit des Senders doppelt liest und ein anderes überspringt. Zudem benötigt eine asynchrone Übertragung ein Start- und ein Stoppbit, damit der Empfänger weiss, wann ein Paket anfängt und wieder endet. Das führt zu einer niedrigeren Übertragungsrate.

1.2.5 Leitungscodes

Leitungscodes sind Codierungsverfahren, mit dem Ziel die verfügbare Bandbreite effizienter zu nutzen. Sie machen es möglich, den Takt des Senders und die gesendeten Daten auf einem Kanal zu übertragen. Ausserdem haben Leitungscodes das Ziel, die Gleichspannungsfreiheit aufrecht zu erhalten, was es uns erlaubt Sender und Empfänger galvanisch zu trennen. D.h. die gesamthaft übertragene Spannung sollte so nahe wie möglich bei 0V sein.

1.3 Layer 2 - Data Link Layer

Die Data Link Layer ist zuständig für die Verpackung von Information in einzelne Frames (Pakete) und das Senden und Empfangen ebenjener an Teilnehmer des gleichen Netzwerks.

1.3.1 Framing

Die gesendeten Daten werden in einzelne kleinere Pakete aufgeteilt. Dies erhöht zwar die Redundanz, da die Header/Footer der darüberliegenden Schichten

mehrmals gesendet werden, hat aber den Vorteil, dass sich der Datenfluss besser kontrollieren lässt und zudem die Fehlerbehandlung erleichtert. Wenn alle Daten in einem Paket gesendet werden würden, könnte man die Kanalkapazität schlecht zwischen mehreren Teilnehmern aufteilen. Mit kleineren Paketen darf jeder in einem kleinen Zeitraum beliebig viele Pakete verschicken und dann im nächsten zugewiesenen Zeitraum die nächsten nachsenden. Alle realen Kanäle haben eine gewisse Fehlerwahrscheinlichkeit. Je grösser die Datenmenge pro Paket, desto grösser ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass in diesem Paket ein oder mehrere Bitfehler auftreten. Wenn die Fehleranzahl die möglichen Korrekturmassnahmen überschreitet, muss das Paket erneut gesendet werden. Wenn man riesige Pakete senden würde, würde sich mit gegen 100% nähernde Wahrscheinlichkeit ein oder mehrere Fehler einschleichen, wodurch das Paket immer neu gesendet werden müsste, was sehr ineffizient ist. Wenn man die Daten in kleinere Pakete unterteilt lassen sich die Fehlerkorrekturmassnahmen so einrichten, dass sie mit grösster Wahrscheinlichkeit alle Fehler korrigieren könnten und so Retransmissionen verhindert werden können. Diese zusätzlich Redundanz führt also zu einer effizienteren Kommunikation.

Asynchrone Übertragung bedeutet, dass zwischen den Frames nichts gesendet wird. Die gesendeten Frames werden mit einem Startbit versehen, woran der Empfänger erkennt, dass jetzt Daten folgen.

Synchrone Übertragung bedeutet, dass im Ruhezustand ein Flag (typisches Flag: 01111110) gesendet wird.

1.3.2 Fehlerbehandlung

1.4 Layer 3 - Network Layer

1.5 Layer 4 - Transport Layer

1.6 Layer 5 - Session Layer

1.7 Layer 6 - Presentation Layer

1.8 Layer 7 - Application Layer