

1.6.1 Signale Cu, (LWL, Funk)

Egal was wie mit weichem Medium übertragen wird – es treten **Störungen, Verzerrungen, Interferenzen, Verzögerungen und Dämpfungen** auf. Bei Kupfer Kabeln sind dies einmal die Gleichstrom Charakteristiken und anderer seits je nach Art des Kabels die Wechselstrom Charakteristik.

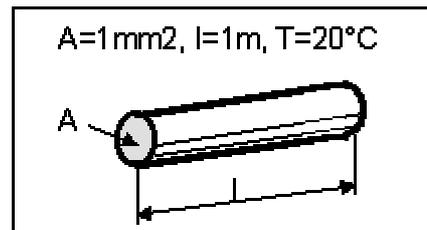
Für den Gleichstrom Widerstand eines Leiters sind Querschnitt, Länge und Material entscheidend.

Der spezifische Widerstand ρ gibt für ein bestimmtes Leitermaterial an, wie gross der Widerstand R für einen 1m langen Leiter mit einem Querschnitt von 1mm^2 bei 20°C ist.

Beispiel: Kupfer $\rho = 0.0175\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$

>> Das Zeichen ρ spricht sich als ROH

Achtung beim berechnen von Widerständen von Kabeln, beim zu messenden Kabel geht meist ein Leiter hin und ein Weiterer- zurück!



1.6.1.1 Wie ist das in der Praxis ?

In der Schweiz können zwischen Gebäuden die an der selben Ortszentrale angeschlossen sind, bei der Firma SwissCom. Kupferkabel gemietet werden. D.h. theoretisch könnte es auch über mehrere Ortszentralen gemacht werden, jedoch geht das bei SwissCom seit 2000 nicht mehr, da zu viele Probleme aufgetreten sind.

Wenn ich zum Beispiel in Zürich vom Quartier Enge zum Escherwiesplatz zwei Firmen verbinden möchte, so ist das mit Kupfer Kabel von SwissCom möglich. Es sind beide Quartieren an der SwissCom Zentrale Enge angeschlossen. Die Verrechnung des Leitung wird nicht auf Grund der Kabellänge gemacht, statt dessen ist die Luftlinien-Distanz für den Preis massgebend. Im Falle Enge-Escherwiesplatz ca. 3.5km. Der Preis wird folgender massen berechnet: Fr. 3.- pro 100m plus Fr. 15.- Grundtarif =>> $3.5 \cdot 10 \cdot 3 + 15 = \text{Fr. } 120.-$ zuzüglich MWSt. Für das Design und Schalten in der Zentrale und den Verteilkabinen verrechnet die SwissCom einmalig Fr. 400.- pro Seite oder Total 800.-. Die obige Preisberechnung ist für eine Leitung vom Typ MC2 d.h. eine zweiadrige Kuperleitung. Es gibt dann noch MC4, für 4-Draht Modems und jeweils noch bessere Leitungsqualitäten für Musikübertragung usw... jeden falls wird dann immer teurer.

Leider sind die Kabel in der Strasse nicht nur Paar verseilt sondern sind zu 4 Adern verseilt. Das hat zur Folge, dass bei einer MC2 Leitung jeweils ein Übersprechen auf die anderen zwei Leiter unabdingbar sind. Dem zu Folge schaut die Firma SwissCom z.B., dass nach Möglichkeit nur ein ADSL Anschluss pro 4-Drähte oder einem Bündel vorhanden sind.

Leider ist für die günstige MC2 Leitung keinerlei Garantie und Leistung gewährt, da wird gar nichts ausgesucht. D.h. die SwissCom garantiert nur, dass über diese Leitung Sprache übertragen werden kann oder ein Sprachband Modem mit 300Baud zur Übertragung verwendet werden kann.

Standard mässig wird aber über MC2 bis 2.3Mbit übertragen nach ETSI ANEX Norm. Dies läuft bis ca. 5km Kabel Länge. Bei grösseren Distanzen nimmt dann die maximal mögliche Übertragungsrate stark ab.

Jetzt kennen wir aber die effektive Kabellänge nicht?

So als Durchschnitts Faustregel gilt: Luftlinie mal 1.5 ergibt die effektive Leitungslänge.

Oder wir rechnen die Leitungslänge auf Grund des Widerstandes aus. Die Drähte in der Strasse haben fast ausschliesslich einen Querschnitt von 0.8mm^2 . Um den Widerstand zu messen machen wir einen Kurzschluss zwischen den beiden Leitern in der Enge und messen mit dem Ohmmeter den Widerstand am Anschluss im Escherwiesplatz. Auf dem Multimeter erscheint 225Ω . Mit der Formel für den Widerstand von Kupfer sieht das dann folgender massen aus:

$$\rho = 0.0175\Omega \text{ mm}^2 / \text{m} \Rightarrow 225\Omega = 0.0175\Omega / 0.8\text{mm}^2 * \text{Leitungslänge} * 2$$

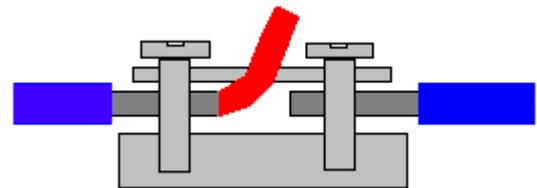
Umformen nach Leitungslänge = $225\Omega / 0.0175\Omega * 0.8\text{mm}^2 / 2 = 5.14\text{km}$ Kabellänge

Nun wie sieht es mit den Störungen aus?

Übersprechen im Bündel

Von einem Haupt Problem haben wir bereits gehört, wenn eine andere Breitbandübertragung im selben Bündel stattfindet, so ist ein **Übersprechen** unvermeidbar! Auch schlechte Lötstellen und Stossstellen sind ein Problem. Dies führt in der Hochfrequenztechnik zu **Reflexionen** und **Interferenzen** die das Sender-Signal aufheben oder Verzerrten. Glücklicher weise ist die xDSL Technologie genau für diese Probleme geschaffen worden. Siehe xDSL Unterlagen. Beim Modem-Training beim Starten der Verbindung werden die Frequenzbänder ausgesucht und eingemessen und die Kanäle verwendet die am wenigsten Reflexionen und Störungen aufweisen.

Die **Stossstelle** wäre zum Beispiel, wenn ein Leiter in einer Pressklemme nicht abgeschnitten wurde. So würde ein Stück z.B. 10mm des Drahtes in die Luft ragen, was eine massive Einbusse der Übertragung zur Folge hätte.



Dämpfungen

Betreffend der **Abschwächung** des Signal die Unterlage dB. Aber so als Beispiel: Wenn beim obigen Kabel mit 150kHz die **Dämpfung** gemessen würde so könnte man ca. -27dB erwarten. D.h. wenn 0.1V mit 150kHz am einen Anschluss rein gegeben würden, so messen wir am Ausgang nur noch $1/512$ tel des Signal = $190\mu\text{V}$ was halt nicht mehr sehr viel ist. Auch das Kabel selbst verzerrt das Signal, da jedes Kabel einen Widerstand- und eine Tiefpasscharakteristik hat. D.h. je höher die Frequenz ist desto höher ist auch die Dämpfung,

Skin Effekt

Die Steigende Dämpfung je höher die Frequenz ist wird auch durch den Skin Effekt hervorgerufen. Das heisst je höher die Frequenz ist desto weiter aussen auf der **Haut** des Leiters bewegen sich die Elektronen. Siehe auch Funktechnik Unterlagen. Das bedeutet der genutzte Querschnitt sinkt ab!

Verzerrungen durch Laufzeit

Die Geschwindigkeit, mit der ein sinusförmiges Signal in einem Medium transportiert wird, variiert mit der Frequenz. Wenn also ein Rechtecksignal übertragen wird, das wir uns als Gemisch von Sinussignalen unterschiedlicher Frequenz vorstellen, dann kommen die einzelnen Frequenzanteile zu verschiedenen Zeiten beim Empfänger an (**Laufzeitverzerrungen**). Die Verzerrungen nehmen mit steigender Datenrate noch zu, weil das Signalgemisch nicht homogen wie bei einem stetigen 0-1-Wechsel ist. Die Signalanteile, die durch die Flanken des Digitalsignals hervorgerufen werden, kommen häufiger vor und interferieren zusätzlich mit anderen Signalanteilen. Man spricht deshalb auch von 'Intersymbol-Interferenzen'. Diese können dazu führen, dass bei der Abtastung des Signals beim Empfänger in der nominellen

Bitmitte Fehler auftreten können. Bei manchen Empfängerschaltungen versucht man diesen Fehler zu umgehen, indem der Abtastzeitpunkt adaptiv geändert wird. Die Laufzeitverzerrungen sind auch der Grund dafür, dass nicht beliebig viele Repeater hintereinander geschaltet werden können.

Störungen von Aussen ergeben Rauschen

Oder es gibt schlicht und einfach auch **Störungen** durch elektromagnetische- und elektrische-Felder von anfahrenden Zügen und Strassenbahnen/U-Bahnen, sowie von Schweissanlagen und elektronisch geregelten Motoren. Diese Störungen ergeben ein **Rauschen** und werden auch so genannt. Da das Rauschen durch externe Einflüsse erzeugt wird, nützt nur Abschirmen und bessere Kabel (Verseilung, Schirmung und Querschnitt).

Signal-Rauschverhältnis

Von besonderem Interesse ist das Verhältnis von Nutzsignal zum Störsignal, da dieses '**Signal-Rauschverhältnis**' die maximale Übertragungsrate beeinflusst. Das Signal-Rauschverhältnis wird meist in Dezibel angegeben:

$$\gg \quad \mathbf{SR = 10 * \log(\text{Signalpegel}/\text{Rauschpegel}) \text{ dB}}$$

Ein hoher Wert für SR impliziert einen weiten Abstand zwischen Signalpegel und Rauschpegel ein niedriger Wert steht für 'schlechte' Leitungen. Ein schlechter Wert lässt sich immer auf verschiedene Wegen verbessern; (Verseilung, Schirmung und Querschnitt). Das theoretische Maximum der Datenübertragungsrate C ist abhängig von SR und der Bandbreite B. Dies wird durch das Gesetz von Shannon-Hartley definiert:

$$\gg \quad \mathbf{C = B * \text{ld}(1 + \text{SN}) \text{ bps}}$$

Leitungen im Layer I – Der Abschluss

Trotz all dem was jetzt sehr negativ tönt, weil halt die Schwierigkeiten gezeigt wurden, ist dieses System in den meisten Fällen Problemlos und günstig. Auch können mehrere xDSL Verbindungen Parallel geschaltet werden. Beim Routing mit LoadBallancing oder bei Switch'es mit Channels (Channels switchen jedoch nach MAC Adressen, daher nur bei Netzen auf beiden Seiten Sinnvoll!!)