

Physikpraktikum  
Sommersemester 2003  
Protokoll für Versuch 1.2

Georg Kusch,  
Bert Wesarg,  
Gruppe 12

05.05.2003

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbereitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bestimmung der Kapazität <math>C</math></b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Bestimmung der Induktivität <math>L</math></b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Bestimmung des Wellenwiderstandes <math>Z_0</math></b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Bestimmung der Signallaufzeit <math>t'</math></b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Bestimmung der Dämpfung <math>\delta</math></b>	<b>5</b>

## Abbildungsverzeichnis

1	Versuchsaufbau zur Messung des Wellenwiderstandes . . . . .	4
2	Versuchsaufbau zur Messung der Signallaufzeit . . . . .	4
3	Ausdruck zur Messung der Signallaufzeit . . . . .	5
4	Versuchsaufbau zur Messung der Dämpfung . . . . .	6
5	Ausdruck zur Messung der Dämpfung . . . . .	7

# 1 Vorbereitung

gegeben:

$$\begin{aligned}\text{Radius Innenleiter } r_i &= 0,55 \text{ mm} \\ \text{Radius Innenleiter } r_a &= 2,65 \text{ mm} \\ \text{Leiterlänge } l &= 50 \text{ m} \\ \text{relative Dielektrizitätskonstante } \epsilon_r &= 1,58 \\ \text{relative Permeabilität } \mu_r &= 1,0 \\ \text{Elektrische Feldkonstante } \epsilon_0 &= 8,854187 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \\ \text{Magnetische Feldkonstante } \mu_0 &= 1,256637 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}\end{aligned}$$

Induktivität  $L'$ :

$$\begin{aligned}L' &= \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{2\pi} \cdot \ln \frac{r_a}{r_i} \\ &= \frac{1,256637 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 1,0}{2\pi} \cdot \ln \frac{2,65 \text{ mm}}{0,55 \text{ mm}} \\ &= \underline{\underline{3,145 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}}}\end{aligned}\tag{1}$$

Kapazität  $C'$ :

$$\begin{aligned}C' &= 2\pi \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{1}{\ln \frac{r_a}{r_i}} \\ &= 2\pi \cdot 1,58 \cdot 8,854187 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot \frac{1}{\ln \frac{2,65 \text{ mm}}{0,55 \text{ mm}}} \\ &= 5.590 \cdot 10^{-11} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} = \underline{\underline{5.590 \cdot 10^{-11} \frac{\text{F}}{\text{m}}}}\end{aligned}\tag{2}$$

Wellenwiderstand  $Z_0$ :

$$\begin{aligned}Z_0 &= \sqrt{\frac{L'}{C'}} \\ &= \sqrt{\frac{3,145 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}}{5.590 \cdot 10^{-11} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}}} \\ &= 75,00 \frac{\text{V}}{\text{A}} = \underline{\underline{75,00 \Omega}}\end{aligned}\tag{3}$$

Signallaufzeit  $t'_l$ :

$$\begin{aligned} t'_l &= \sqrt{L' \cdot C'} \\ &= \sqrt{3,145 \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot 5,590 \cdot 10^{-11} \frac{As}{Vm}} \\ &= 4,193 \cdot 10^{-9} \frac{s}{m} \\ \text{für } l = 50 \text{ m} \Rightarrow t'_{50 \text{ m}} &= \underline{2,097 \cdot 10^{-7} \text{ s}} \end{aligned} \quad (4)$$

## 2 Bestimmung der Kapazität $C$

Um die Kapazität  $C$  des Kabels zu bestimmen, schlossen wir ein Ende mittels Adapter an ein RCL-Meter, das andere Ende ließen wir offen.

$$C_{Kabel} = \underline{2,73 \cdot 10^{-9} \text{ F}} \quad (5)$$

Um den Adapter als Fehlerquelle einzubeziehen, bestimmten wir die Kapazität des Adapters einzeln.

$$C_{Adapter} = 5,2 \cdot 10^{-12} \text{ F} \quad (6)$$

Da die Kapazität des Adapters  $C_{Adapter}$  um drei 10er Potenzen kleiner ist als die Kapazität des Kabels  $C_{Kabel}$ , können wir den Adapter als Fehler ausschließen.

## 3 Bestimmung der Induktivität $L$

Um die Induktivität  $L$  des Kabels zu bestimmen, schlossen wir das eine Ende an ein RCL-Meter, das andere Ende wurde kurzgeschlossen.

$$L_{Kabel} = 19,8 \cdot 10^{-6} \text{ H} \quad (7)$$

Überprüfung der Messwerte/Bestimmung der Güte der Messwerte:  
Der Verlustfaktor berechnet sich wie folgt:

$$\tan \delta = \frac{R_s}{\omega \cdot L}$$

mit folgenden Werten:

$$\begin{aligned}\text{Serienwiderstand } R_s &= 2,57 \, \Omega \\ \text{Messfrequenz } \omega &= 16 \, \text{kHz} \cdot 2\pi \\ \text{gemessene Induktivität } L = L_{Kabel} &= 19,8 \cdot 10^{-6} \, \text{H}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tan \delta &= \frac{2,57 \, \Omega}{16 \, \text{kHz} \cdot 2\pi \cdot 19,8 \cdot 10^{-6} \, \text{H}} \\ &= 1,2911\end{aligned}$$

Der Gütefaktor ist der Kehrwert des Verlustfaktors  $\Rightarrow D = 0,7745$ . Da der Meßfehler von  $< 1\%$  für das RCL-Meter nur bei  $\tan \delta \leq 1$  gewährleistet ist, kann der gemessene Wert der Induktivität  $L_{Kabel}$  (7) nur als Richtwert angesehen werden.

## 4 Bestimmung des Wellenwiderstandes $Z_0$

Aus den gemessenen Werten aus (5) und (7) ergeben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned}Z_0 &= \sqrt{\frac{19,8 \cdot 10^{-6} \, \text{H}}{2,73 \cdot 10^{-9} \, \text{F}}} \\ &= 85,16 \, \Omega \\ t'_{50 \, m} &= \sqrt{19,8 \cdot 10^{-6} \, \text{H} \cdot 2,73 \cdot 10^{-9} \, \text{F}} \\ &= 2,32 \cdot 10^{-7} \, \text{s}\end{aligned}$$

Durch den Fehler in der Güte bestimmten wir den Wellenwiderstand noch mittels folgendem Versuchsaufbau in Abbildung 1.

In Tabelle 1 sind die gemessenen Werte zusammengefasst. Daraus ergibt sich ein Mittelwert des Wellenwiderstandes  $Z_0 = \underline{74,9 \, \Omega}$ .

## 5 Bestimmung der Signallaufzeit $t'$

Zur Bestimmung der Signallaufzeit benutzten wir den Versuchsaufbau in Abbildung 2 und maßen die Zeit zwischen Eingangsimpuls und Reflexionsimpuls vom offenen Ende des Kabels. Da unser Messpunkt am Anfang des

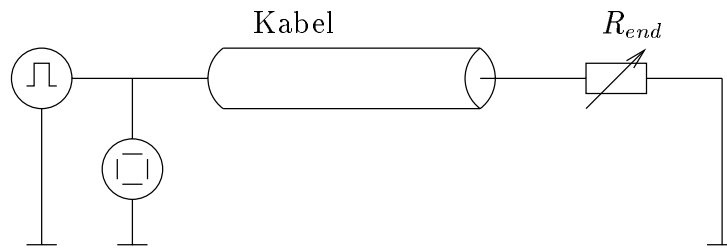


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Messung des Wellenwiderstandes

Versuch	Wellenwiderstand $Z_0$
1.	75,0 $\Omega$
2.	77,9 $\Omega$
3.	74,8 $\Omega$
4.	74,2 $\Omega$
5.	72,6 $\Omega$

Tabelle 1: Messwerte des Wellenwiderstand  $Z_0$

Kabels liegt, müssen wir den ermittelten Wert noch halbieren, da wir ja den Hin- und Rückweg des Signals gemessen haben. In Abbildung 3 sieht man den Ausdruck des Oszilloskops, mit den zwei Pegeln am Eingangssignal und am Reflexionssignal. Die Signallaufzeit beträgt also für 50 m  $t'_{50\text{ m}} = \underline{2 \cdot 10^{-7}\text{ s}}$ .

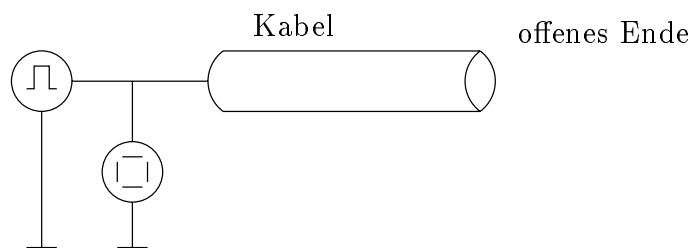


Abbildung 2: Versuchsaufbau zur Messung der Signallaufzeit

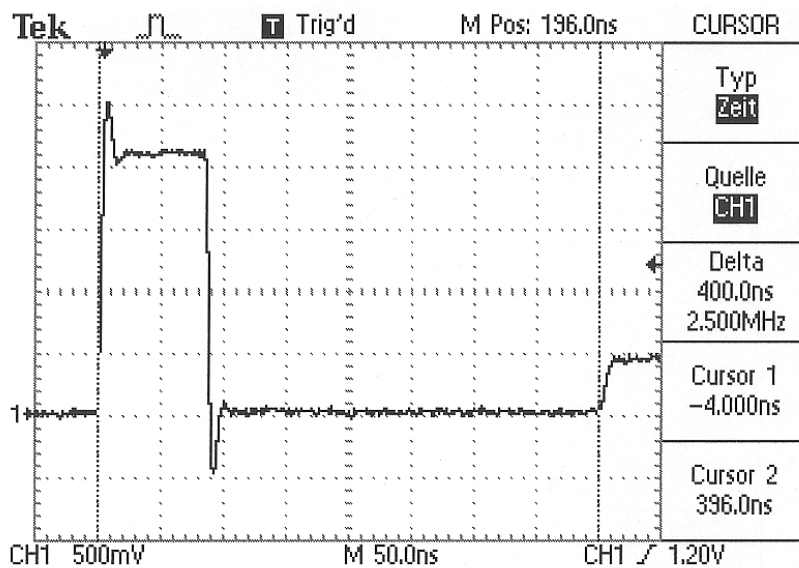


Abbildung 3: Ausdruck zur Messung der Signallaufzeit

## 6 Bestimmung der Dämpfung $\delta$

Um die Dämpfung der Kabels zu bestimmen, mussten wir die Reflexion am Eingang des Impulsgenerators beseitigen. Dazu schalteten wir einen Widerstand  $R_{Eingang}$  in Reihe (siehe Abbildung 4), und dimensionierten ihn so, daß nur noch die Reflexion am offenen Kabelende sichtbar ist. Die Messfrequenz betrug  $f = 1,56 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ . Um die Verlustspannung zwischen Eingang und reflektiertem Signal zu messen, benutzten wir wieder die Pegel des Oszilloskops, mit einem Ablesefehler von  $\pm 0,05 \text{ V}$ .

$$V_{Eingang} = 2,84 \text{ V} \quad (8)$$

$$V_{Reflexion} = 2,62 \text{ V} \quad (9)$$

Diese konnten wir nun zur Berechnung der Dämpfung verwenden.

$$\delta = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{V_{Eingang}}{V_{Reflexion}} \right)$$

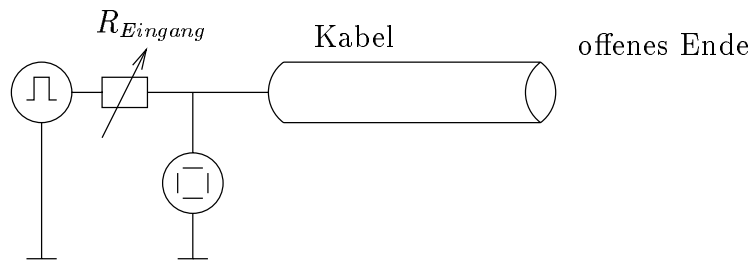


Abbildung 4: Versuchsaufbau zur Messung der Dämpfung

$$\begin{aligned}
 &= 20 \cdot \log_{10} \cdot \left( \frac{2,84 \text{ V}}{2,62 \text{ V}} \right) \\
 &= \underline{0,7 \text{ dB}} \qquad (10)
 \end{aligned}$$

Das Kabel hat also eine Dämpfung von  $0,7 \text{ dB}$  auf  $100 \text{ m}$ .

In Abbildung 5 ist der Ausdruck des Oszilloskops zu sehen. Auf der linken Seite ist das Eingangssignal, in der Mitte das reflektierte Signal, und rechts die Auslöschung des reflektierten Signals am Eingang zu sehen.

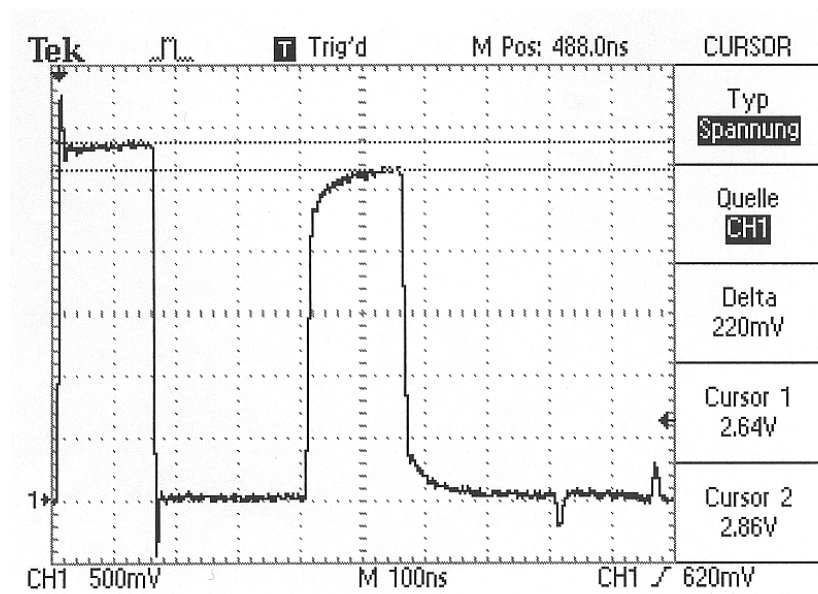


Abbildung 5: Ausdruck zur Messung der Dämpfung