



HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik

Labor für Grundlagen der Elektrotechnik

Dipl.Ing. I. Friedrichs, Prof. Dr. N.Emeis, Prof. Dr. W.Soppa

Grundlagen der Elektrotechnik 3

Versuch 5

Impulse auf Leitungen

<i>Verantwortlicher</i>		
Name	Vorname	Matrikel-Nr.

<i>Weitere Gruppenmitglieder</i>		
Name	Vorname	Matrikel-Nr.

Versuchstag

Dozent

Testat [vom Dozenten auszufüllen]

In diesem Versuch sollen die Studierenden

- ☐ Signalverfälschungen durch Reflexionen auf Leitungen kennenlernen
- ☐ die Bedeutung des korrekten Leitungsabschlusses erkennen
- ☐ die Signalausbreitungsgeschwindigkeit auf einer Leitung bestimmen

1 Grundlagen

Zur Übertragung von digitalen Information über eine elektrische Leitung wird pulsformig eine Spannung am Leitungsanfang angelegt. Gleichzeitig fließt ein Strom in die Leitung hinein, d.h. es wird Energie in die Leitung eingekoppelt. Dieser so eingespeiste Energieimpuls bewegt sich mit einer endlichen Geschwindigkeit, die geringer ist als die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, auf der Leitung fort. Je nach Größe des Abschlusswiderstandes, der am Leitungsende angeschlossen ist, kann die Energie unterschiedlich gut am Leitungsende wieder ausgekoppelt werden. Ist der Abschlusswiderstand unendlich hoch oder unendlich klein, d.h. ist die Leitung am Ende offen oder kurzgeschlossen, kann keine Energie ausgekoppelt werden. Im ersten Fall kann kein Strom durch den Abschlusswiderstand fließen, im zweiten Fall liegt keine Spannung am Abschlusswiderstand an. Die Impulsenergie wird in die Leitung zurückreflektiert.

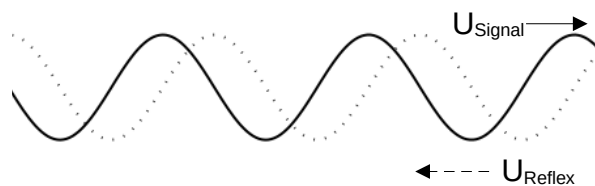


Abb. 1: Wellenreflexion am Leitungsende bei offener Leitung

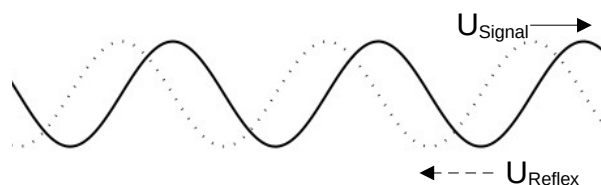


Abb. 2: Wellenreflexion am Leitungsende bei kurzgeschlossener Leitung

Den Abbildungen 1 und 2 kann entnommen werden, dass am Leitungsende $U_{\text{Signal}} = U_{\text{Reflex}}$, wenn die Leitung unbelastet ist, und dass $U_{\text{Signal}} = -U_{\text{Reflex}}$ wenn die Leitung am Ende kurzgeschlossen ist. Das zurück reflektierte Signal kann also je nach Abschlusswiderstand die Polarität des Eingangssignals aufweisen oder aber invertiert werden. Es ergeben sich damit die in den Abbildungen 3 und 4 skizzierten Möglichkeiten für Überlagerungen der hin und zurück laufenden Impulse.

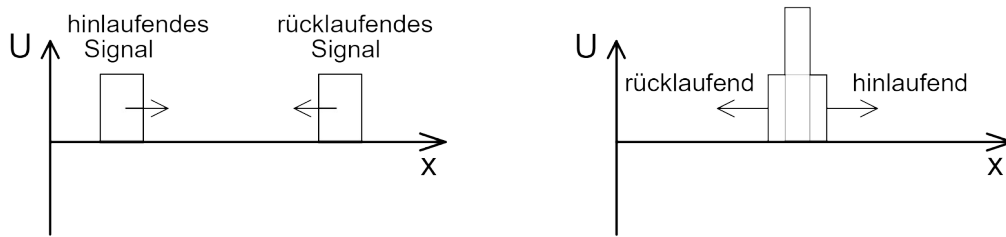


Abb. 3: Überlagerung von hin und zurück laufendem Signal bei offenem Leitungsende

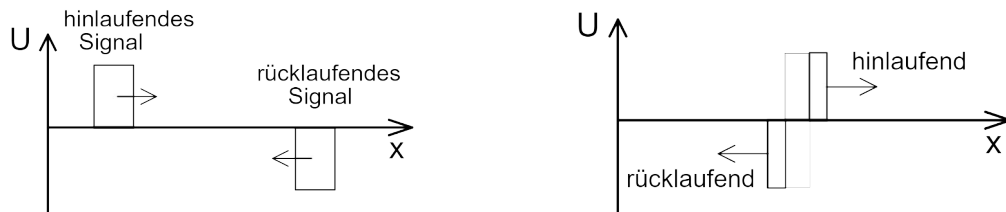


Abb. 4: Überlagerung von hin und zurück laufendem Signal bei kurzgeschlossenem Leitungsende

Bei offenem Leitungsende kann es zu einer Spannungsverdopplung, bei kurzgeschlossenem Leitungsende zu einer gegenseitigen Auslöschung der Signale kommen. Signalreflexionen führen also zu Signalverfälschungen auf der Leitung und müssen deshalb vermieden werden.

Reflexionen können völlig unterdrückt werden, wenn die Leitung sowohl am Anfang als auch am Ende mit dem für sie charakteristischen Wellenwiderstand Z_0 abgeschlossen wird. Für jeden anderen Abschlusswiderstand R ergibt sich ein Reflexionsfaktor r für die Spannungsamplitude des reflektierten Signals:

$$r = \frac{R - Z_0}{Z_0 + R} \quad (1)$$

2 Versuchsdurchführung

Hier soll eine 10 m lange Koaxialleitung ($Z_L = 50 \Omega$) untersucht werden. Ähnliche Verhältnisse liegen vor, wenn Rechner über Buskabel miteinander verbunden werden.

Bauen Sie die Schaltung vollständig mit koaxialen BNC-Leitungen und BNC-Adaptern nach Abb. 5 auf. Messkanal 1 des Oszilloskops ist mit dem Generator und dem Leitungseingang bei 0 m über eine T-Verzweigung (T-Stück) verbunden. Messkanal 2 wird mit dem Leitungsende bei 10 m und ebenfalls über eine T-Verzweigung verbunden. Der BNC-Klemmen-Adapter und der Abschlusswiderstand R werden zunächst weg gelassen.

Für die Versuchsdurchführung wird ein kurzer Spannungspuls, gefolgt von einer langen Pause, benötigt. Wählen Sie am Funktionsgenerator eine Rechteckspannung aus (\square), stellen Sie die Frequenz auf 1 MHz und die Amplitude auf 2,5V ein. Für das Puls-Pausen-Verhältnis wählen Sie Duty (=Duty Cycle)=0,02.

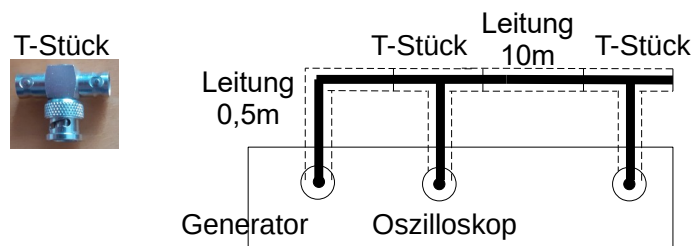


Abb. 5: Verschaltung von Funktionsgenerator und Oszilloskop in Koaxialtechnik

2.1 Signalreflexion bei Leerlauf, Kurzschluss und Anpassung

Bestimmen Sie an der Leitungsanzapfung bei 0 m (Eingang 1) und bei 10m (Eingang 2) die Amplitude des hin laufenden und des zurück laufenden Pulses zunächst bei Leerlauf, d.h. $R=\infty$.

Speichern Sie das Oszilloskop-Bild zur Auswertung der Ausbreitungsgeschwindigkeit auf der Leitung ab.

Schließen Sie danach den BNC-Kurzschluss an dem am Leitungsende befindlichen T-Stück an und wiederholen Sie Messung und Abspeichern.

Entfernen Sie den Kurzschluss, schließen Sie den BNC-50 Ω -Widerstand an und wiederholen Sie Messung und Abspeichern.

2.2 Signalreflexion in Abhängigkeit vom Abschlusswiderstand

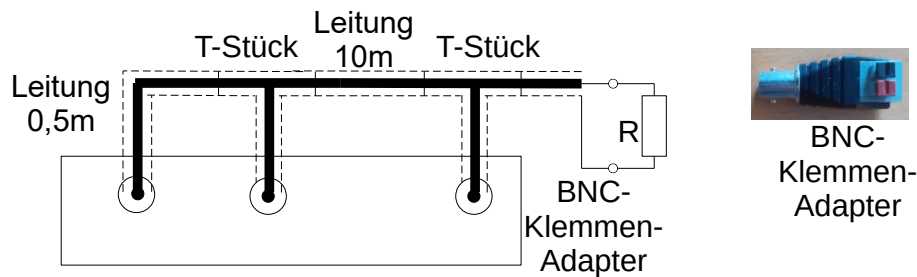


Abb. 6: Verschaltung von Funktionsgenerator und Oszilloskop in Koaxialtechnik mit BNC-Klemmen-Adapter

Schließen Sie anstelle des BNC-50 Ω -Widerstands den BNC-Klemmen-Adapter an. Bestimmen Sie an der Leitungsanzapfung bei 0 m (Eingang 1) die Amplitude des hin laufenden und des zurück laufenden Pulses. Als Abschlusswiderstand R werden verschiedene Widerstände an den Adapterklemmen angeschlossen (siehe Messprotokoll).

2.3 Ermittlung der Signalverfälschungen bei unterschiedlichen Abschlusswiderständen

Entfernen Sie den BNC-Klemmen-Adapter. Stellen Sie ein Puls-Pausenverhältnis mit Duty = 0,5 ein. Für $f=1\text{MHz}$ sollen die Signale bei 0 m (Kanal 1) und am Leitungsende bei 10 m (Kanal 2) bei Leerlauf, BNC-Kurzschluss und BNC- $R=50\Omega$ dargestellt und abgespeichert werden.

2.4 Bestimmung der frequenzabhängigen Signaldämpfung

Stellen Sie wieder das Puls-Pausenverhältnis mit Duty = 0,02 und am Leitungsende Leerlauf ein. Messen Sie für 500 kHz, 1MHz und 2MHz jeweils die Signalspannungen des Pulses und des reflektierten Pulses am Leitungseingang. Speichern Sie die Oszilloskop-Bilder ab.

3 Versuchsauswertung

- 3.1** Stellen Sie die Messungen nach 2.1 grafisch dar.
Ermitteln Sie aus der Messung bei Leerlauf die Laufzeit des Signals und die Signalausbreitungsgeschwindigkeit über das Koaxialkabel.
Welchen Wert hat die Permittivität des Dielektrikums?

- 3.2** Berechnen Sie aus den Messdaten von 2.2 den Reflexionsfaktor für die verschiedenen Widerstände mit

$$r(R) = \frac{u_{2,max}(R)}{u_{2,max}(50\Omega)} - 1$$

Vergleichen Sie die Ergebnisse mit theoretisch zu erwartenden Werten für einen Leitungs-Wellenwiderstand von 50Ω .

- 3.3** Stellen Sie die Messungen nach 2.3 grafisch dar.
Kennzeichnen Sie in den Oszilloskopbildern von 2.3 für Leerlauf und Kurzschluss jeweils den hin laufenden und den zurück laufenden Puls.

- 3.4** Bestimmen Sie aus den Messdaten von 2.4 das Dämpfungsmaß für 20 m Leitungslänge $\frac{a}{dB} = 20 \cdot \lg\left(\frac{u_{1,max}}{u_{1,max,reflektiert}}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{u(0m)}{u(20m)}\right)$ für die in 2.4 gemessenen Frequenzen.

Messprotokoll:

2.1 Leerlauf Dateiname:

BNC-Kurzschluss Dateiname:

BNC 50 Ω Dateiname:

2.2

R / Ω	$u_{1\max}$ / V	$u_{2\max}$ / V	$u_{1\max, \text{reflektiert}}$ / V
∞			
100			
50			
10			
0			

2.3 Leerlauf Dateiname:

BNC-Kurzschluss Dateiname:

BNC 50 Ω Dateiname:

2.4 500kHz Dateiname:

1MHz Dateiname:

2MHz Dateiname: