

**Hochschule Osnabrück**  
University of Applied Sciences

## V5 Impulse auf Leitungen

Modul: Grundlagen der Elektrotechnik 3  
Professor: Prof. Dr. W. Soppa

Autoren:  
Matthias Biermann  
Jonas Backer  
Lukas Hindahl

Datum: 30. September 2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsauswertung</b>	<b>2</b>
2.1	Signalreflexion bei Leerlauf, Kurzschluss und Anpassung . . . . .	2
2.2	Signalreflexion in Abhängigkeit vom Abschlusswiderstand . . . . .	4
2.3	Ermittlung der Signalverfälschung bei unterschiedlichen Abschlusswiderständen . . . . .	5
2.4	Bestimmung der frequenzabhängigen Signaldämpfung . . . . .	6

## 1 1. Einleitung

In dem Versuch V5

## 2 Versuchsauswertung

### 2.1 Signalreflexion bei Leerlauf, Kurzschluss und Anpassung

Im Folgenden werden die Messungen der Signalreflexion bei Leerlauf, Kurzschluss und mit einem  $50\ \Omega$  Widerstand grafisch dargestellt. Dazu wurden Messpunkte mit einem zweikanaligen Oszilloskop aufgenommen und im Anschluss mit Python grafisch dargestellt. Ein Funktionsgenerator liefert das gemessene Signal auf der Leitung. kannst du mir ein hab ich ja also jedes

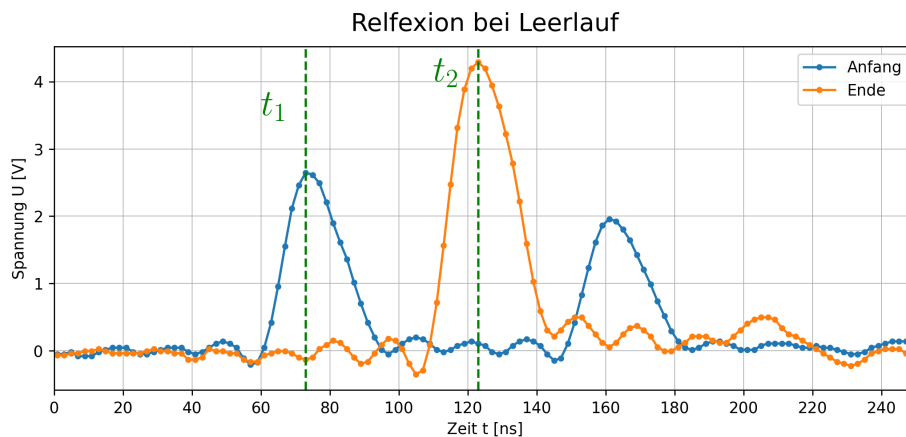


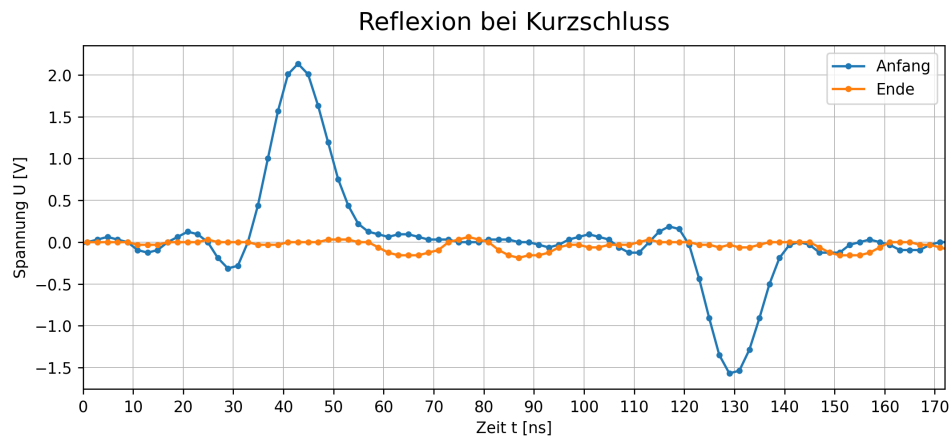
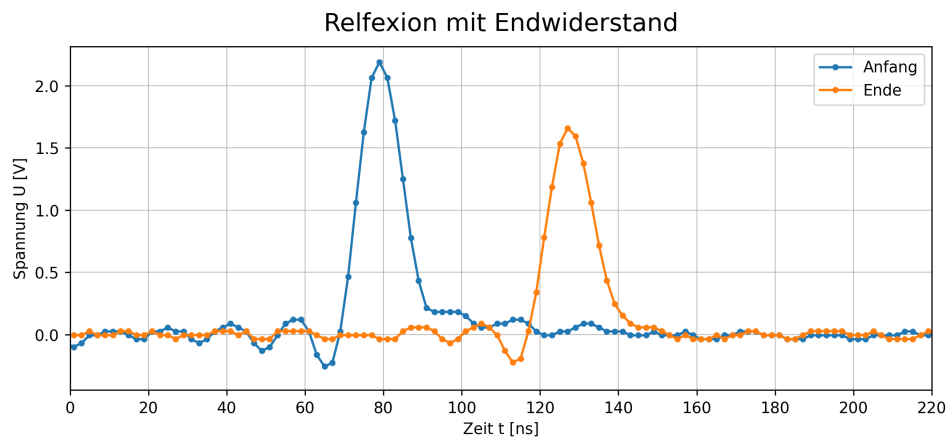
Abbildung 1: Reflexion bei Leerlauf

Die Abbildung 1 zeigt eine Reflexion einer Signal-Welle auf einer Leitung mit einem offenen Ende. Am Leitungsende addieren sich die laufende und reflektierte Welle. Aus diesem Grund weist die Amplitude am Ende einen größeren Ausschlag auf.

Bei der Reflexion mit einem kurzgeschlossenen Ende der Leitung ergibt sich ein Phasensprung der reflektierten Welle um  $\pi$ . Aus diesem Grund findet eine Auslöschung der sich überlagernden Wellen statt.

Bei der Reflexion des Signals mit einem  $50\ \Omega$  Widerstand wird die Welle am Ende der Leitung nicht reflektiert. Demzufolge entspricht der Endwiderstand von  $50\ \Omega$  der Impedanz der Signalleitung.

Im Folgenden wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Signalwelle auf der Leitung berechnet. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ergibt sich aus der verstrichenen Zeit und der dabei zurückgelegten Strecke. Es werden somit die Amplituden betrachtet, vom Scheitelwert  $t_1$  bis zum Scheitelwert  $t_2$  verstreicht eine Zeit von  $\Delta t = 50,04\text{ ns}$ . Bei der Zeit  $t$  handelt es sich um die Laufzeit des Signals. Die Leitungslänge beträgt  $s = 10\text{ m}$ . Die Berechnung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Signale auf der Leitung ergibt sich wie folgt:

Abbildung 2: *Reflexion bei Kurzschluss*Abbildung 3: *Reflexion mit Endwiderstand*

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = 199833,33 \frac{\text{km}}{\text{s}} \quad (1)$$

Die Signalausbreitung findet mit 3/4 der Lichtgeschwindigkeit statt.  
Die Berechnung der Permittivität des Dielektrikums ergibt sich aus der Permeabilität von Kupfer und der berechneten Ausbreitungsgeschwindigkeit:

$$\epsilon = \frac{1}{v^2 * \mu_0 * \mu_r} = 1,99 * 10^{-11} \frac{\text{A s}}{\text{V m}} \quad (2)$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = 2,25 \frac{\text{A s}}{\text{V m}} \quad (3)$$

## 2.2 Signalreflexion in Abhängigkeit vom Abschlusswiderstand

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Berechnung des theoretisch und experimentell ermittelten Reflexionsfaktor  $r$  der Leitung bei unterschiedlichen Endwiderständen.

Für die theoretische Berechnung des Reflexionsfaktors  $r$  wird die folgende Formel angewandt:

$$r_{Theorie} = \frac{R - Z_0}{Z_0 + R} \quad (4)$$

Dabei entspricht  $Z_0 = 50 \, \Omega$  und  $R$  dem jeweiligen Endwiderstand.

Betrachtet man die experimentelle Ermittlung des Reflexionsfaktors, so lässt sich dieser wie folgt berechnen:

$$r_{Messung} = \frac{u_{2,max}(R)}{u_{2,max}(50 \, \Omega)} - 1 \quad (5)$$

Die Messwerte und Berechnungen sind in der folgenden Tabelle 1 aufgetragen.

$R \, [\Omega]$	$u_{1max} \, [V]$	$u_{2max} \, [V]$	$u_{1max,reflektiert} \, [V]$	$r(R)_{Theorie}$	$r(R)_{Messung}$
$\infty$	2,32	3,62	1,69	1	0,717
100	2,32	2,49	0,530	0,333	0,181
50	2,24	2,11	0,361	0	0
10	2,24	1,69	-1,02	-0,666	-0,201
0	2,35	0,215	-1,48	-1	-0,898

Tabelle 1: Theoretische und experimentelle Reflexionsfaktoren  $r$

Zu erkennen ist, dass die experimentell ermittelten Werte teilweise stark von den Theorie-Werten abweichen. Dies lässt sich schätzungsweise auf Messfehler und -ungenauigkeiten durch das genutzte Messgerät zurückführen.

### **2.3 Ermittlung der Signalverfälschung bei unterschiedlichen Abschlusswiderständen**

## 2.4 Bestimmung der frequenzabhängigen Signaldämpfung