

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: 6. Oktober 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsauswertung	1
1.1	Signalreflexion bei Leerlauf, Kurzschluss und Anpassung	1
1.2	Signalreflexion in Abhängigkeit vom Abschlusswiderstand	4
1.3	Ermittlung der Signalverfälschung bei unterschiedlichen Abschlusswiderständen	5
1.4	Bestimmung der frequenzabhängigen Signaldämpfung	7

1 Versuchsauswertung

1.1 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 grafisch dargestellt. Ein Funktionsgenerator liefert das gemessene Signal auf der Leitung.

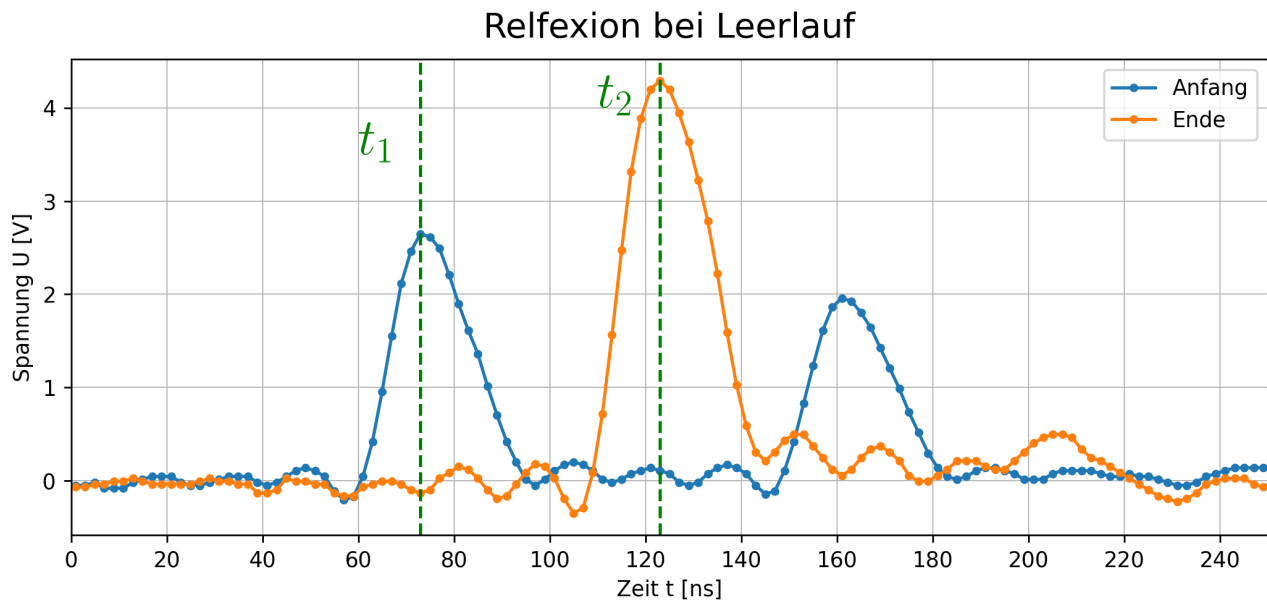


Abbildung 1: Reflexion bei Leerlauf

Die Abbildung 1 zeigt eine Reflexion einer Signalwelle 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.

Reflexion bei Kurzschluss

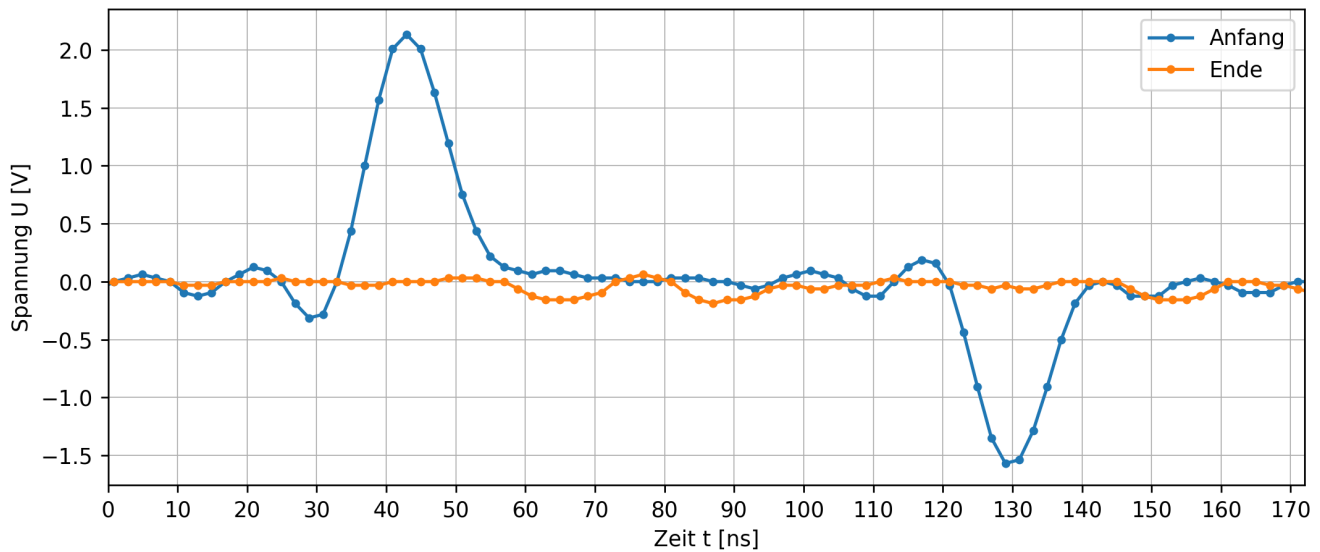


Abbildung 2: Reflexion bei Kurzschluss

Bei der Reflexion mit einem kurzgeschlossenen Ende der Leitung ergibt sich ein Phasensprung der reflektierten Welle um π . Aus diesem Grund findet eine Auslöschung 2 der sich überlagernden Wellen statt.

Reflexion mit Endwiderstand

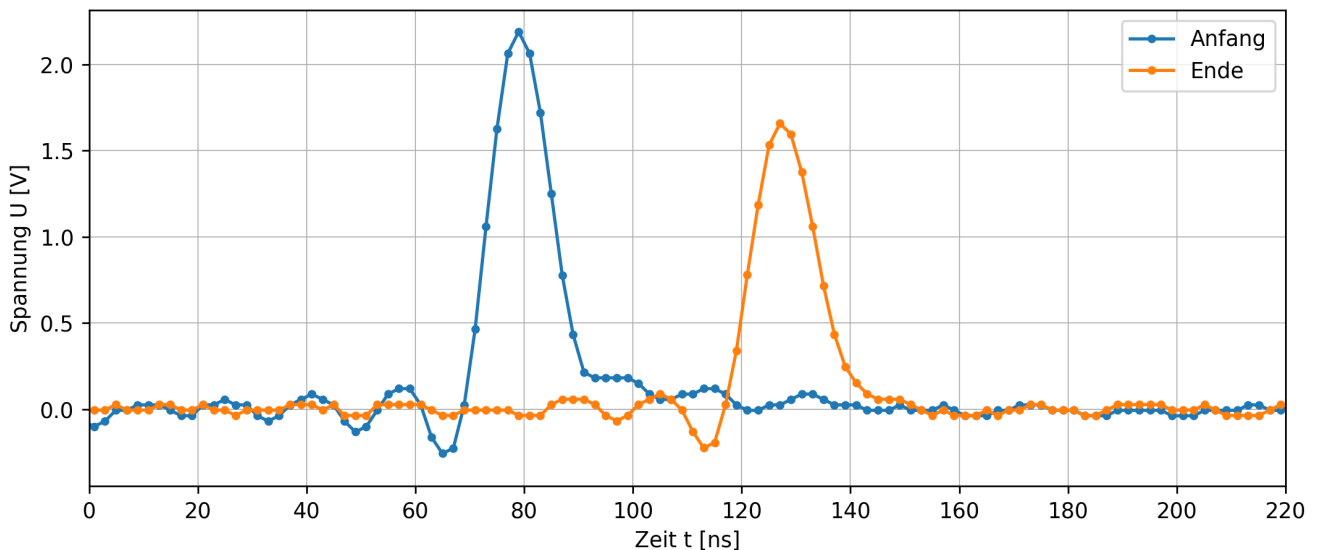


Abbildung 3: Reflexion mit Endwiderstand

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 1 betrachtet, vom Scheitelwert t_1 bis zum Scheitelwert t_2 verstreicht

eine Zeit von $\Delta t = 50,04$ ns. Bei der Zeit t handelt es sich um die Laufzeit des Signals. Die Leitungslänge beträgt $s = 10$ m. Die Berechnung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Signale auf der Leitung ergibt sich wie folgt:

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

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:

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

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 2,25 \frac{\text{A s}}{\text{V m}} \quad (3)$$

1.2 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.

$R \, [\Omega]$	$u_{1max} \, [V]$	$u_{2max} \, [V]$	$u_{1max,reflektiert} \, [V]$	$r(R)_{Theorie}$	$r(R)_{Messung}$
∞	2,32	3,62	1,69	1,00	0,72
100,00	2,32	2,49	0,53	0,33	0,18
50,00	2,24	2,11	0,36	0,00	0,00
10,00	2,24	1,69	-1,02	-0,67	-0,20
0,00	2,35	0,22	-1,48	-1,00	-0,90

Tabelle 1: Theoretische und experimentelle Reflexionsfaktoren r

Zuerkennen 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.

1.3 Ermittlung der Signalverfälschung bei unterschiedlichen Abschlusswiderständen

In diesem Abschnitt werden drei Diagramme dargestellt. Es behandelt die Signalverfälschung bei unterschiedlichen Abschlusswiderständen, in diesem Fall bei Leerlauf, Kurzschluss und mit einem $50\ \Omega$ Widerstand.

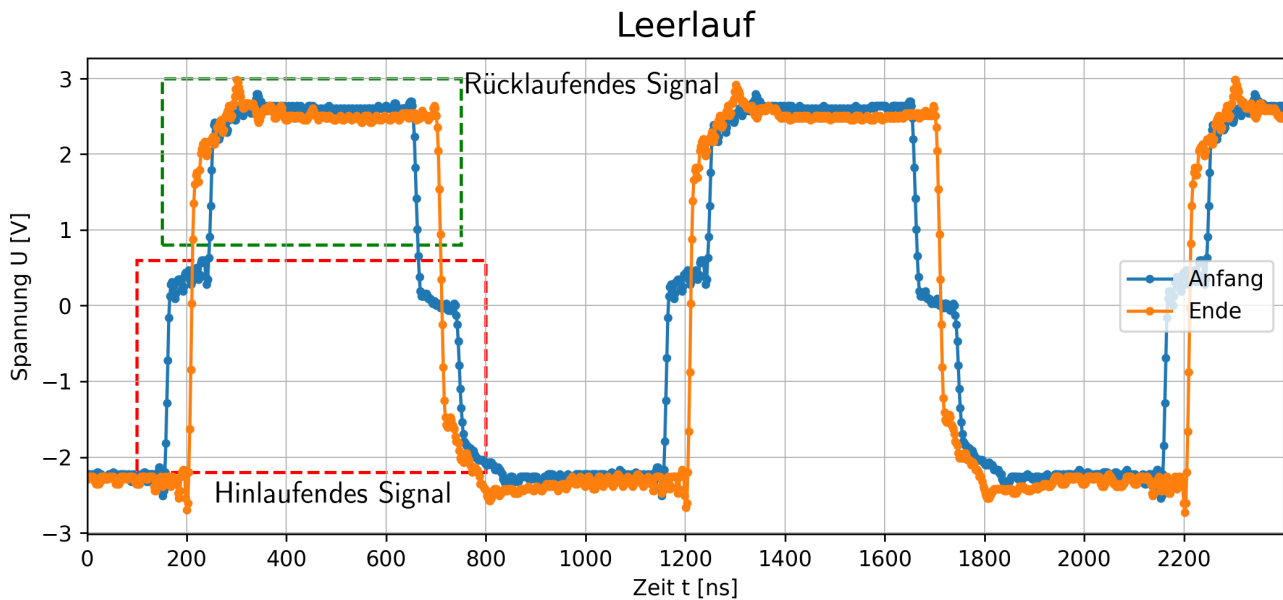


Abbildung 4: Signalverfälschung bei Leerlauf

Die Abbildung 4 zeigt das Verhalten bei Leerlauf. Rot gezeichnet kann das hinlaufende Signal betrachtet werden. Grün umrandet ist das rücklaufende Signal.

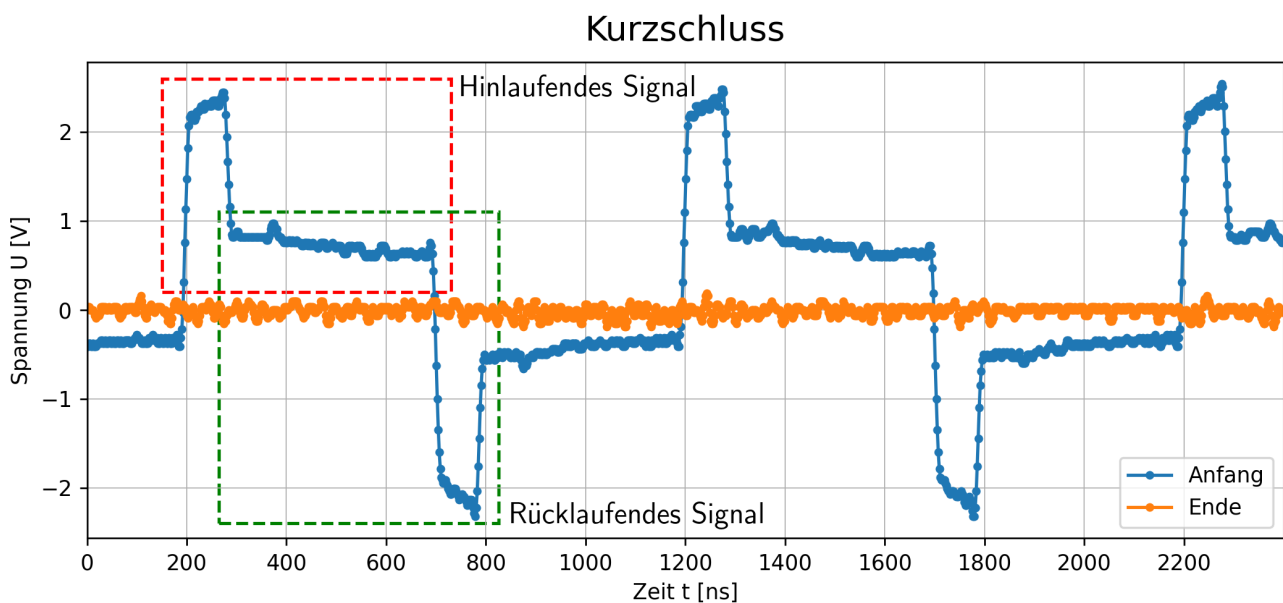


Abbildung 5: Signalverfälschung bei Kurzschluss

In Abbildung 5 wird das Verhalten bei Kurzschluss dargestellt. Es sind wieder das hin- und rücklaufende

Signal markiert.

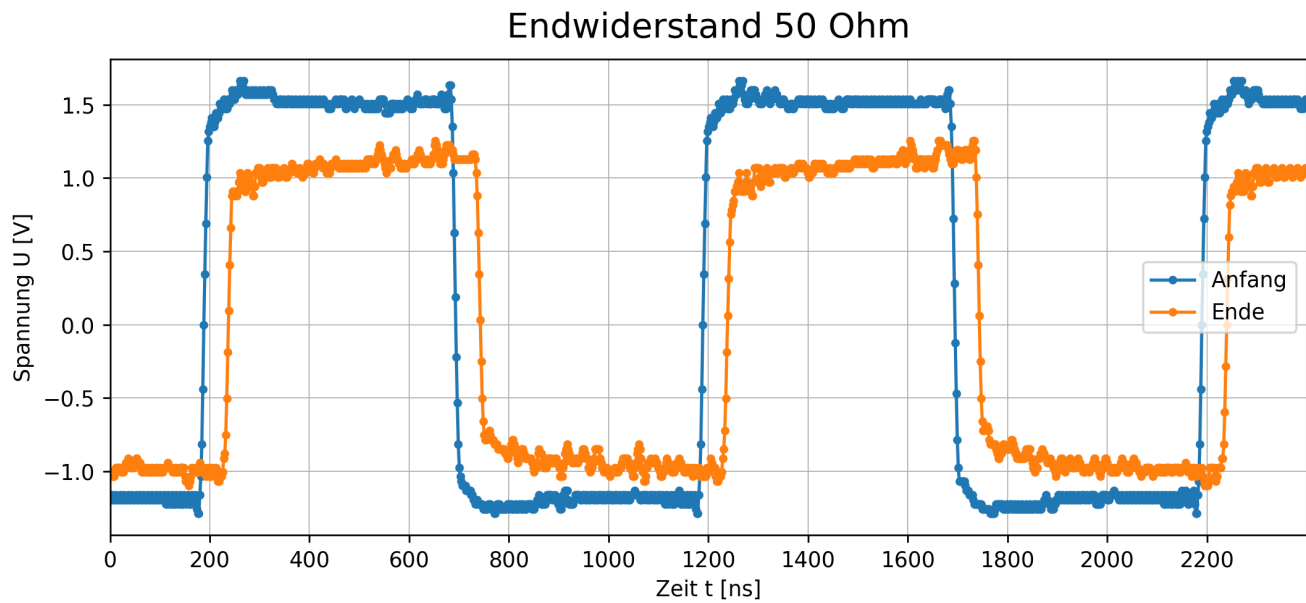


Abbildung 6: *Signalverfälschung bei 50 Ω*

Die letzte Abbildung 6 zeigt das Verhalten bei einem optimal dimensionierten Endwiderstand, es findet keine Reflexion auf der Leitung statt.

1.4 Bestimmung der frequenzabhängigen Signaldämpfung

In diesem Abschnitt wird die frequenzabhängige Signaldämpfung für die Frequenzen 500kHz, 1MHz und 2MHz bestimmt. Es werden die Signalspannungen am Leitungsanfang und am Leitungsende gemessen. Mithilfe der Formel 6 wird die Signaldämpfung errechnet.

$$\frac{a}{dB} = 20 * \lg \left(\frac{u_{1,max}(R)}{u_{1,max,reflektiert}} \right) = 20 * \lg \left(\frac{u(0m)}{u(20m)} \right) \quad (6)$$

In der Tabelle 2 werden alle Werte aufgelistet.

f [MHz]	u_{1max} [V]	$u_{1max,reflektiert}$ [V]	$\frac{a}{dB}$
0,50	2,61	1,98	2,39
1,00	1,83	1,20	3,65
2,00	1,19	0,90	2,36

Tabelle 2: Theoretische und experimentelle Reflexionsfaktoren r

Der Wert für die Signaldämpfung für die Frequenz entspricht nicht den theoretischen Erwartungen. Bei zunehmender Frequenz wird eine zunehmende Dämpfung erwartet. Der Dämpfungswert lässt sich auf mögliche Systemfehler zurückführen.