

# Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen auf Kabeln

Moritz Langer

Hannes Winkler

07.11.2025

Versuchsdurchführung: 06. November 2025  
Protokollabgabe: 01. März 2006

## 1 Einleitung

## 2 Theorie

### 2.1 Wellenausbreitung auf Kabeln

#### 2.1.1 Wellenwiderstand

Bei der Untersuchung von Kabeln gibt es zwei charakteristische Größen: Die relative Induktivität  $L^* = \frac{\text{Induktivität}}{\text{Längeneinheit}}$  und die relative Kapazität  $C^* = \frac{\text{Kapazität}}{\text{Längeneinheit}}$ . Über deren Zusammenhang mit der Spannung

$$U_{\pm}(x, t) = \sqrt{\frac{L^*}{C^*}} \cdot I_{\pm}(x, t) = Z \cdot I_{\pm}(x, t)$$

lässt sich analog zu dem Ohmschen Gesetz der Wellenwiderstand  $Z$  des Kabels definieren. Wichtig zu beachten ist, dass es sich nicht um ein ohmschen Widerstand mit Verlusten handelt, sondern um einen Wellenwiderstand welcher das Verhältnis zwischen Spannung und Strom in dem Kabel angibt.

#### 2.1.2 Reflexion

Sobald das Signal das Kabelende erreicht, wird es reflektiert. Die Art bzw. das Maß der Reflexion hängt hierbei von dem Widerstand  $R_v$  ab, welcher sich an dem Ende befindet. Dieses Maß nennt sich der Reflexionskoeffizient  $\rho$  welcher definiert ist über das Verhältnis zwischen der Amplitude der auslaufenden und der Amplitude der einlaufenden Welle und kann mithilfe des Ohmschen Gesetzes weiter vereinfacht werden als:

$$\rho = \frac{U_{-}(x, t)}{U_{+}(x, t)} = \frac{R_v - Z}{R_v + Z}$$

Anhand dieser Formel lassen sich drei Spezialfälle des Reflexionskoeffizienten erkennen:

1. Kurzschluss der Leitung:

Das reflektierte Signal entspricht dem einlaufenden Signal mit entgegengesetztem Vorzeichen. Die Wellen löschen sich am Kabelende aus. Es gilt:  $R_v = 0 \Omega \Rightarrow \rho = -1$

2. Offenes Ende der Leitung:

Das reflektierte Signal ist gleich dem einlaufenden Signal und diese addieren sich. Es gilt:  $R_v = \infty \Rightarrow \rho = 1$

3. Reflexionsfreier Abschluss: Durch richtige Wahl des Abschlusswiderstandes bleibt die Reflexion aus und es gibt nur eine einlaufende Welle. Es gilt  $R_v = Z \Rightarrow \rho = 0$

#### 2.1.3 Mathematische Beschreibung einer Welle

## 3 Experiment

Abb. 1

## 4 Auswertung

## 5 Zusammenfassung

## Literatur

[1]

[2]

Subshell	$j$ values	Area ratio
$s$	$\frac{1}{2}$	—
$p$	$\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$	1 : 2
$d$	$\frac{3}{2}, \frac{5}{2}$	2 : 3
$f$	$\frac{5}{2}, \frac{7}{2}$	3 : 4

**Tabelle 1**