



SIGNALE UND SYSTEME  
**Signalübertragung**

Studien- und Versuchsaufgaben

*Autoren:* Richard GRÜNERT  
Pascal HAMAIIDIA  
Stefan KLOBE

29.12.2019

# 1 Vorbereitungsaufgaben

## 1.1

Die Grundfrequenz der dargestellten (periodischen) Datenfolge ist

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \mu\text{s}} = 1 \text{ MHz}$$

## 1.2

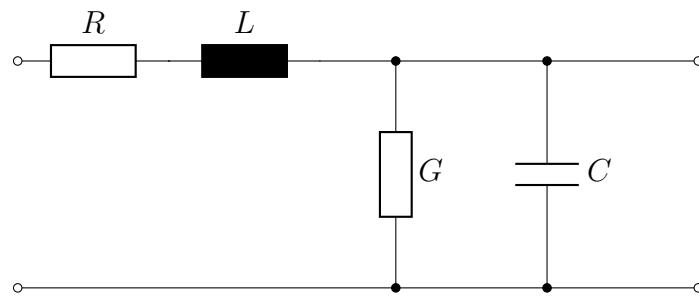


Abbildung 1: Ersatzschaltbild einer Kupferdoppelader

Die Kupferdoppelader kann im Ersatzschaltbild durch einen Widerstand  $R$ , eine Induktivität  $L$ , einem Leitwert  $G$  und eine Kapazität  $C$  modelliert werden, welche alle proportional zur Länge der Leitung sind. Die auf die Leitungslänge bezogenen Parameter des Ersatzschaltbildes werden in der Leitungstheorie auch *Leitungsbeläge* genannt.

Der Widerstand  $R$  der Leitung entsteht durch den spezifischen Widerstand des Materials  $\rho$ , der Querschnittsfläche  $A$  und der Länge  $l$  der Leitung nach

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A},$$

wobei zu beachten ist, dass die gesamte Leitungslänge, also beide Adern bei der Doppelader, als Länge in die Berechnung eingeht. Zudem ist der Widerstandsbelag frequenzabhängig (Skineffekt).

Da die gesamte Doppelader eine Spule mit nur einer Windung darstellt, tritt eine Induktivität  $L$  auf.

$$L = (N^2) \cdot \mu \cdot \frac{A}{l}$$

Praktisch wird weiterhin zwischen einer äußeren Induktivität (magnet. Eigenschaften, Geometrie des Leiters) und einer inneren Induktivität (Wechselfelder innerhalb des Leiters, Skineffekt) unterschieden

Die Kapazität  $C$  entsteht durch die Kondensatorwirkung der zwei dicht beeinanderliegenden Adern.

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

Die dielektrischen Verluste zwischen beiden Adern werden durch den Leitwert  $G$  (Ableitungsbelag) gekennzeichnet, welcher auch über den Verlustwinkel  $\delta$  der Kapazität des Dielektrikums bestimmt ist.

Durch frequenzabhängige Elemente ( $L, C$ ) im Ersatzschaltbild wird die Übertragungsfunktion der Doppelader ebenfalls frequenzabhängig und weicht damit von einer idealen, frequenzunabhängigen Leitung ab. Aus dem Ersatzschaltbild lässt sich das Tiefpassverhalten der Doppelader herleiten. Außerdem können durch Bildung eines Schwingkreises unerwünschte Resonanzerscheinungen auftreten.

### 1.3

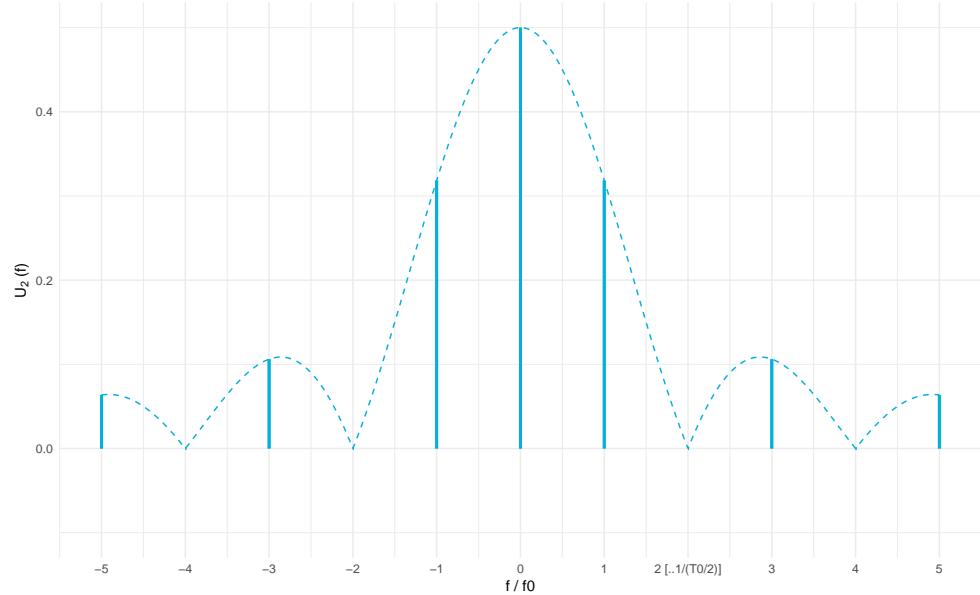


Abbildung 2: Teil des Spektrums der periodischen 1010-Folge mit der Si-Funktion als Einhüllende

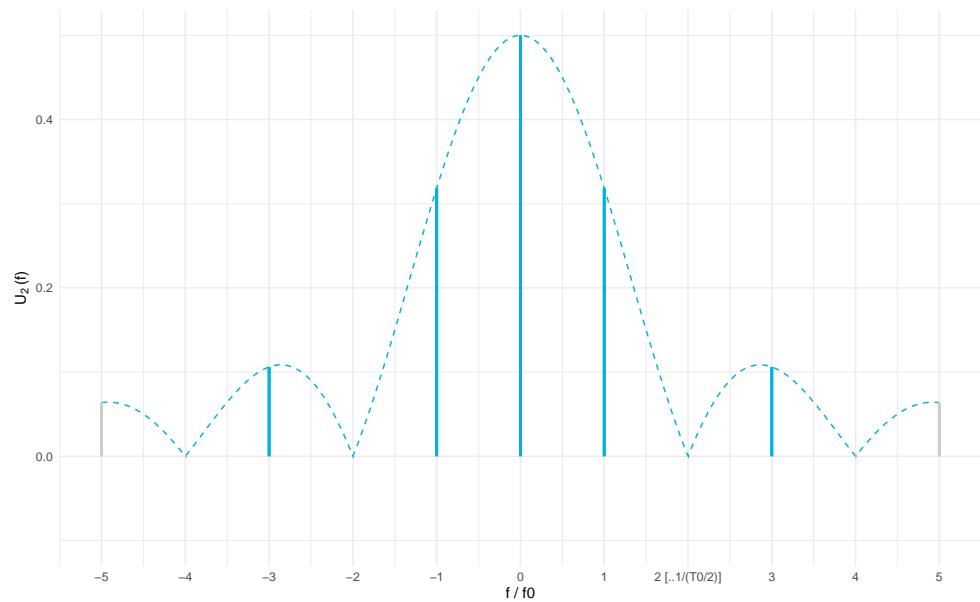


Abbildung 3: Beispielhaftes Spektrum der periodischen 1010-Folge mit TP-Filtercharakteristik der Doppelader

Da hier eine periodische Folge gewählt wurde, entsteht ein diskretes Amplitudenspektrum, welches durch Fouriersynthese wieder in die Ursprungsfolge umgewandelt werden kann. Fehlen nun einige Spektrallinien durch die Tiefpasscharakteristik der Doppelader (in Abb. 3 grau gekennzeichnet), weicht die Folge nach der Synthese von der Originalfolge ab (Abb. 4).

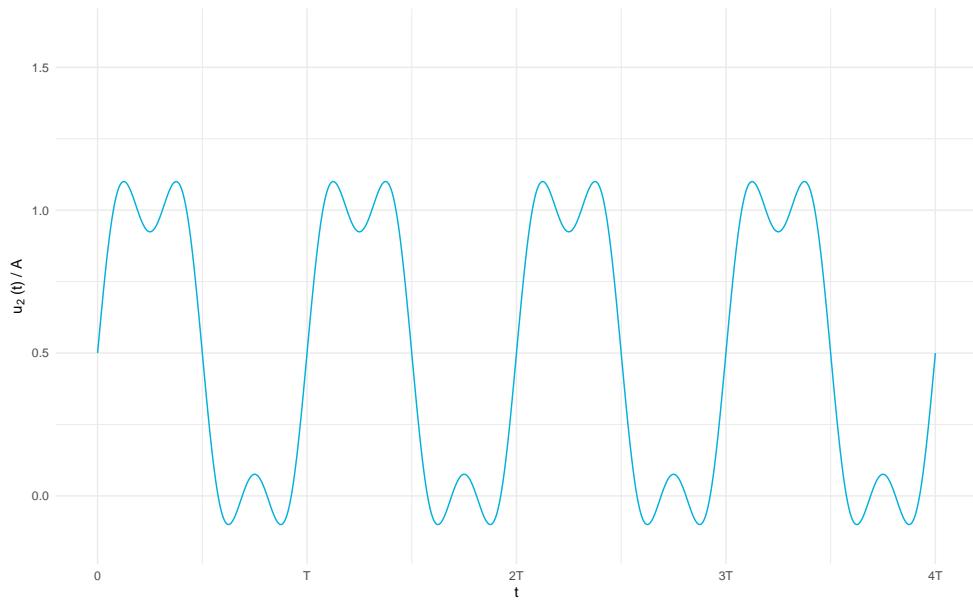


Abbildung 4: Auswirkung des spektralen Verlusts im Zeitbereich

1.4

1.5

1.6

## 2 Versuchsaufgaben

2.1

2.2