

# PROTOKOLL

zur Laborübung

## *Tiefpass-Simulation*

(v2)



Gruppe / Klasse  <b>5 / 3BHEL</b>	Protokollführer  <b>HOFSTÄTTER A.</b>	Unterschrift
Übungs-/ Abgabedatum  31. Okt. 2013 7. Nov. 2013	Mitarbeiter	Unterschrift
Lehrer  <b>WAGNER</b>	Mitarbeiter	Unterschrift
Note	Mitarbeiter	Unterschrift

## *Tiefpass-Simulation*

### *RC-Tiefpass*

### Verwendete Programme

Nr.	Name	Version
1.	Altium Designer	13

## 1 Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>SCHALTUNG TIEFPASS .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ALLGEMEINE BERECHNUNGEN .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>KONFIGURATION DES RECHTECKGENERATORS .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>ZEITKONSTANTE (<math>\tau</math>) .....</b>	<b>3</b>
<b>3.3</b>	<b>GRENZFREQUENZ (<math>f_g</math>) .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>BODEDIAGRAMM .....</b>	<b>4</b>
<b>4.1</b>	<b>AC SMALL SIGNAL ANALYSE .....</b>	<b>4</b>
<b>4.2</b>	<b>ANALYSEERGEBNISSE .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>TRANSIENTEN-ANALYSEN .....</b>	<b>5</b>
<b>5.1</b>	<b>FREQUENZ KLEINER GRENZFREQUENZ (<math>f \ll f_g</math>) .....</b>	<b>5</b>
5.1.1	ANALYSEERGEBNISSE .....	5
5.1.1.1	1 Hz .....	5
5.1.1.2	10 Hz .....	6
<b>5.2</b>	<b>FREQUENZ GLEICH GRENZFREQUENZ (<math>f \cong f_g</math>) .....</b>	<b>6</b>
5.2.1	ANALYSEERGEBNISSE .....	6
<b>5.3</b>	<b>FREQUENZ GRÖßER G= <math>5\tau</math> RENZFREQUENZ (<math>f \gg f_g</math>) .....</b>	<b>7</b>
5.3.1	ANALYSEERGEBNISSE .....	7
5.3.1.1	Einschwingvorgang .....	7

## 2 Aufgabenstellung

Aufgabe der Laborübung war es, einen gegebenen RC-Tiefpass 1. Ordnung zu simulieren. Das Filter wurde mit einem Rechtecksignal ( $U_s = 9V$ ) analysiert. Das Verhalten und die Messwerte der Schaltung waren zu analysieren. Anschließend wurde eine Transienten-Analyse erstellt. Dies sollte bei mindestens 3 verschiedenen Frequenzen durchgeführt werden:

- 1)  $f \ll f_g \rightarrow T \gg \tau$
- 2)  $f \cong f_g \rightarrow T \cong \tau$
- 3)  $f \gg f_g \rightarrow T \ll \tau$

Des Weiteren wurde noch ein Bodediagramm für  $(\frac{U_a}{U_e})$  erstellt.

### 2.1 Schaltung Tiefpass

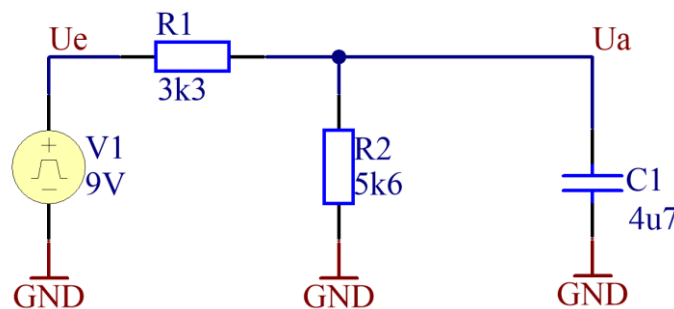


Abbildung 1 – Schaltung Tiefpass

## 3 Allgemeine Berechnungen

### 3.1 Konfiguration des Rechteckgenerators

Amplitude: 9V  
Periodendauer:  $\frac{1}{f}$   
Pulsweite:  $\frac{1}{2 \cdot f}$

Anstiegszeit: 1ns  
Abfallzeit: 1ns  
Phasenverschiebung: 0°

Alle anderen Parameter wurden auf den Standardwerten gelassen oder nicht verwendet.

### 3.2 Zeitkonstante ( $\tau$ )

Um die Größe der nachfolgend ausgewählten Frequenzen genauer zu bestimmen wurde die Zeitkonstante Tau ( $\tau$ ) berechnet.

Bei dieser RC Schaltung lässt sich dies wie folgt berechnen:

$$\tau = (R1 // R2) * C1 = (3,3 \text{ k}\Omega // 5,6 \text{ k}\Omega) * 4,7 \mu\text{F} = 2,076 \text{ k}\Omega * 4,7 \mu\text{F} = 9,759 \text{ ms} \rightarrow \tau \cong 10 \text{ ms}$$

### 3.3 Grenzfrequenz ( $f_g$ )

Über die Zeitkonstante konnte wiederum die Grenzfrequenz errechnet werden. Dies ist jene Frequenz an welcher die Dämpfung um exakt 3dB sinkt.

$$f_g = \frac{1}{2 * \pi * \tau} = \frac{1}{2 * \pi * 9,759 \text{ ms}} \rightarrow f_g = 15,91 \text{ Hz}$$

## 4 Bodediagramm

### 4.1 AC Small Signal Analyse

Als Frequenzbereich wurde ein passender Bereich ausgewählt um möglichst alle Szenarien zu sehen. Anhand zuvor berechneter Grenzfrequenz von 15,91 Hz wurde der Frequenzbereich von 1 Hz bis 10 kHz mit 1000 Messpunkten gewählt.

### 4.2 Analyseergebnisse

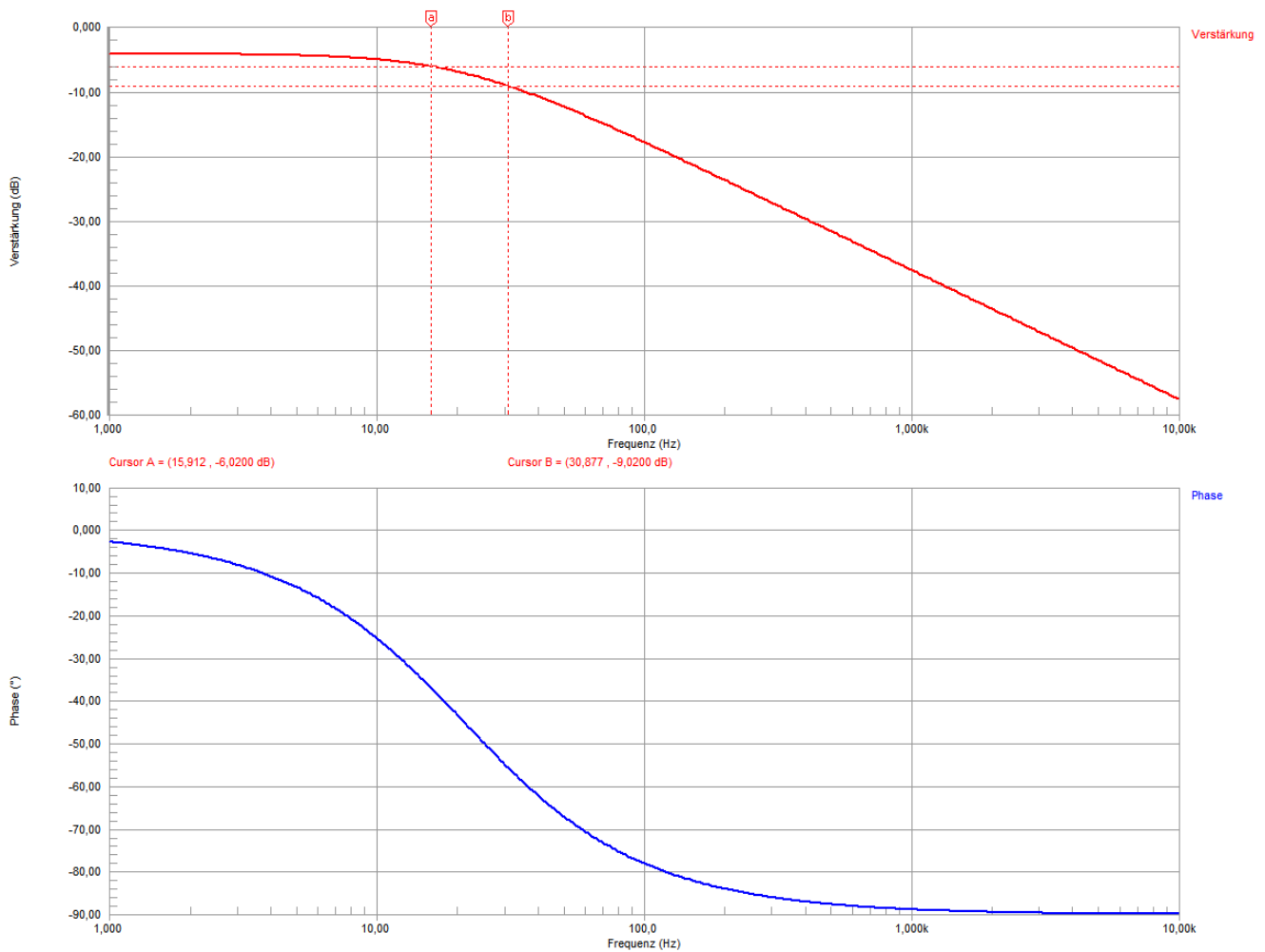


Abbildung 2 - Bodediagramm eines RC-Tiefpass

Zu sehen ist ein Bodediagramm, in einer dekadisch logarithmischen Darstellung, welches Verstärkung und Phasenwinkel abhängig von der Frequenz zeigt.

Bis zur Grenzfrequenz beträgt die Verstärkung in obigen Bodediagramm ca. 4 dB. Anhand der oben gesetzten Cursor **a** und **b** sieht man eine Dämpfung von 4 dB, bzw. eine Änderung um +3 dB ab der Grenzfrequenz von 15,91 Hz.

Nach diesem **3 dB Knick** geht es mit **-20 dB/Dekade** weiter.

## 5 Transienten-Analysen

In allen folgenden Messungen wird die in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gezeigte Grundschaltung verwendet. Die einzelnen Transienten Analysen unterscheiden sich in diesem Fall nur anhand der eingestellten Parameter des Rechteckgenerators für Periodendauer und Frequenz.

Alle folgenden Diagramme zeigen [**Ausgangs-** und] **Eingangssignal** abhängig von der Zeit.

### 5.1 Frequenz kleiner Grenzfrequenz ( $f \ll f_g$ )

**Gewählte Werte:**  $f = 1 \text{ Hz}$  ( $T = 1 \text{ s}$ )  
 $f = 10 \text{ Hz}$  ( $T = 100 \text{ ms}$ )

#### 5.1.1 Analyseergebnisse

##### 5.1.1.1 1 Hz

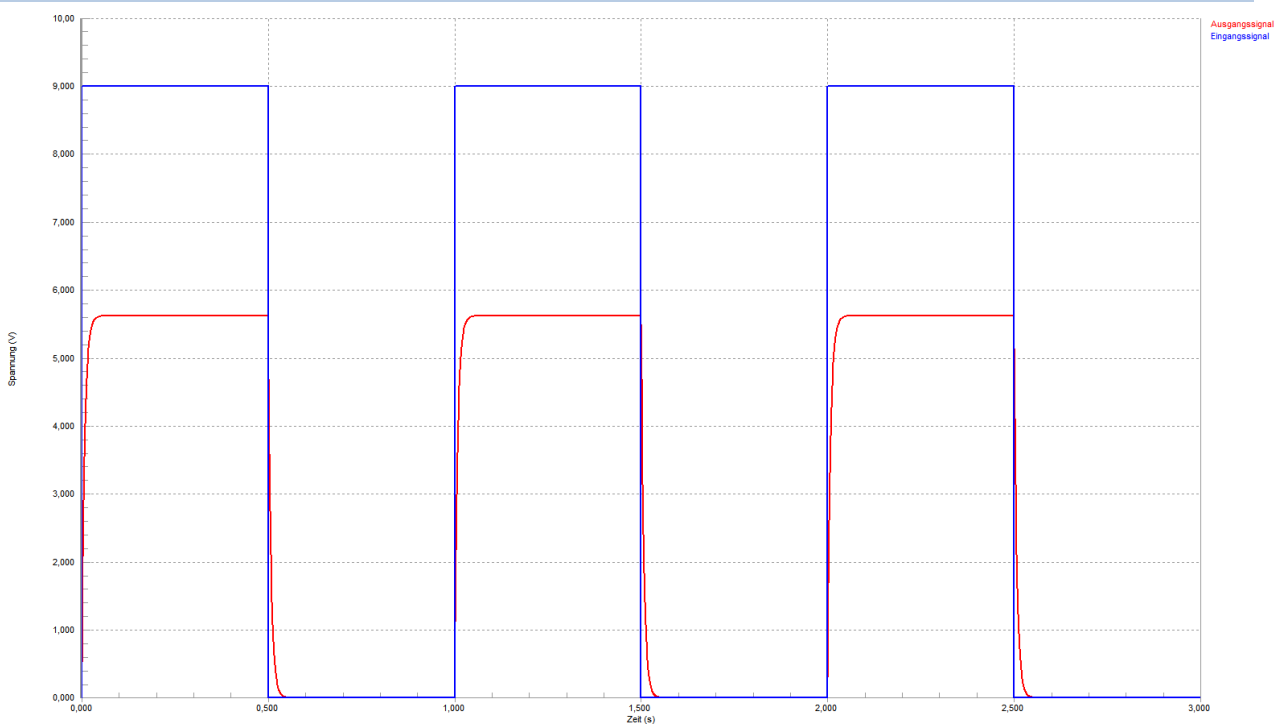


Abbildung 3 - Transienten Analyse bei 1 Hz

Da bei 1 Hz die Periodendauer ( $T$ ) sehr viel größer als  $\tau$  ist hat der Kondensator genug Zeit zum Aufladen. Dementsprechend ist hier fast keine Dämpfung vorhanden. Die Dämpfung beträgt bei 1 Hz um die 4dB.

### 5.1.1.2 10 Hz

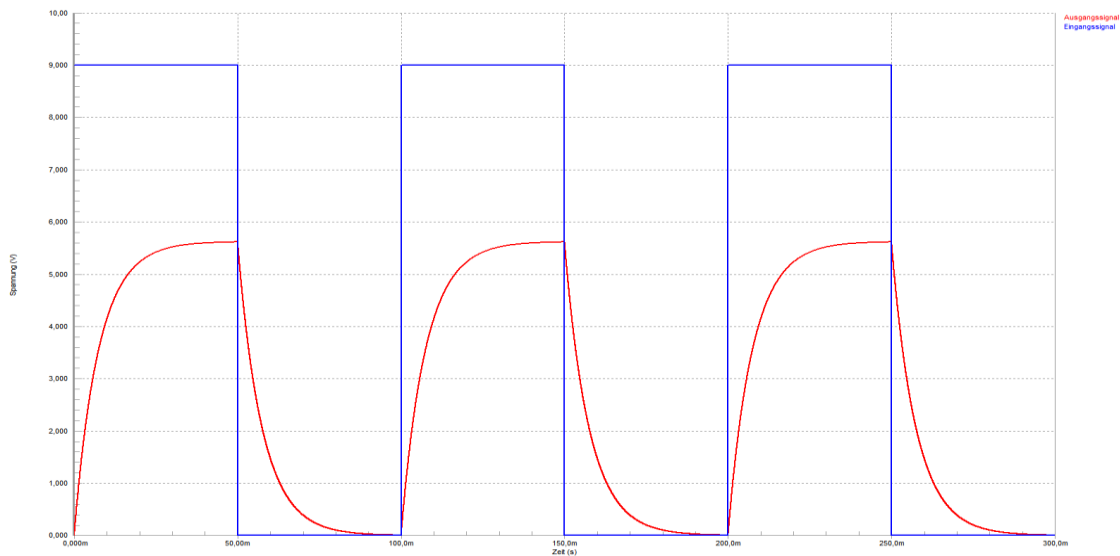


Abbildung 4 - Transienten Analyse bei 10 Hz

Bei 10 Hz ist die Periodendauer ( $T$ ) zwar noch immer größer als  $\tau$ , jedoch ist hier Dämpfung bereits größer (5 dB). Außerdem kann erkannt werden, dass die Pulsweite 50 ms beträgt. Somit wird der Kondensator innerhalb einer Zeitspanne von 50 ms ( $= 5\tau$ ) geladen. Somit wird der Kondensator bei 10 Hz innerhalb eines Impulses also zu 99,97 % (ca.  $5\tau$ ) geladen.

## 5.2 Frequenz gleich Grenzfrequenz ( $f \cong f_g$ )

**Gewählte Werte:**  $f = f_g = 15,91$  Hz

( $T = 62,85$  ms)

### 5.2.1 Analyseergebnisse

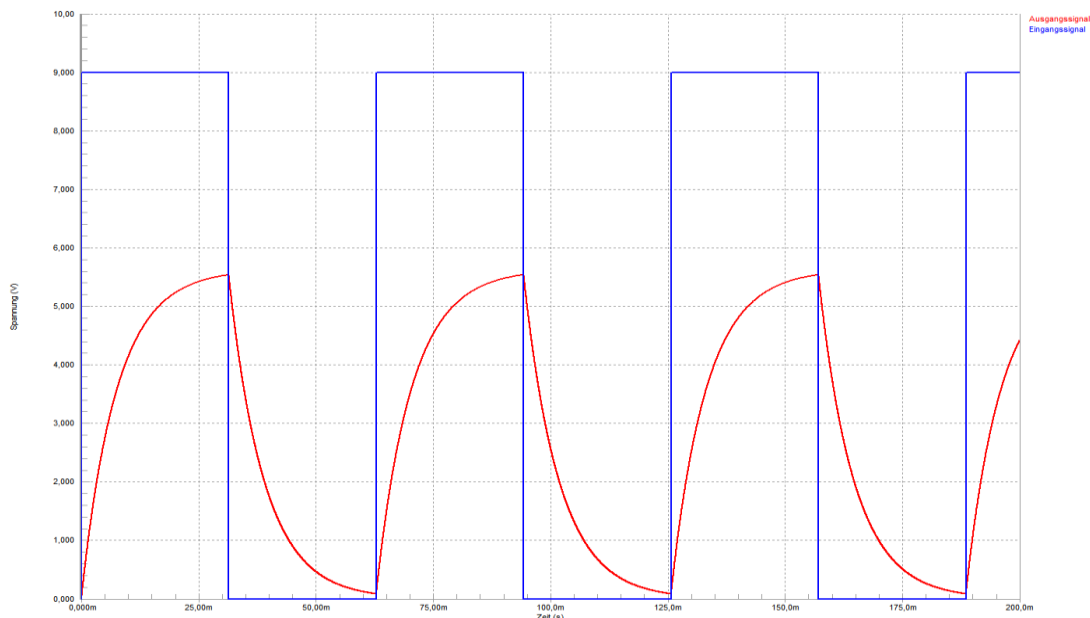


Abbildung 5 - Transienten Analyse bei  $f_g$

Bei der Grenzfrequenz entspricht die eingestellte Periodendauer ( $T$ ) dem Wert für  $\tau$ . Betrachtet man das Ausgangssignal, so sieht man, dass sich der Kondensator nicht vollständig aufladen kann, eine vollständige Ladung wäre erst ab ca.  $5\tau$  der Fall. Ist der Ladevorgang beendet wird der Kondensator unmittelbar danach wieder entladen. Wie dem Bodediagramm zu entnehmen ist, beträgt hier die Dämpfung bereits 6 dB.

### 5.3 Frequenz größer $G=5\tau$ renzfrequenz ( $f \gg f_g$ )

**Gewählte Werte:**  $f = 1 \text{ kHz}$  ( $T = 1 \text{ ms}$ )

#### 5.3.1 Analyseergebnisse

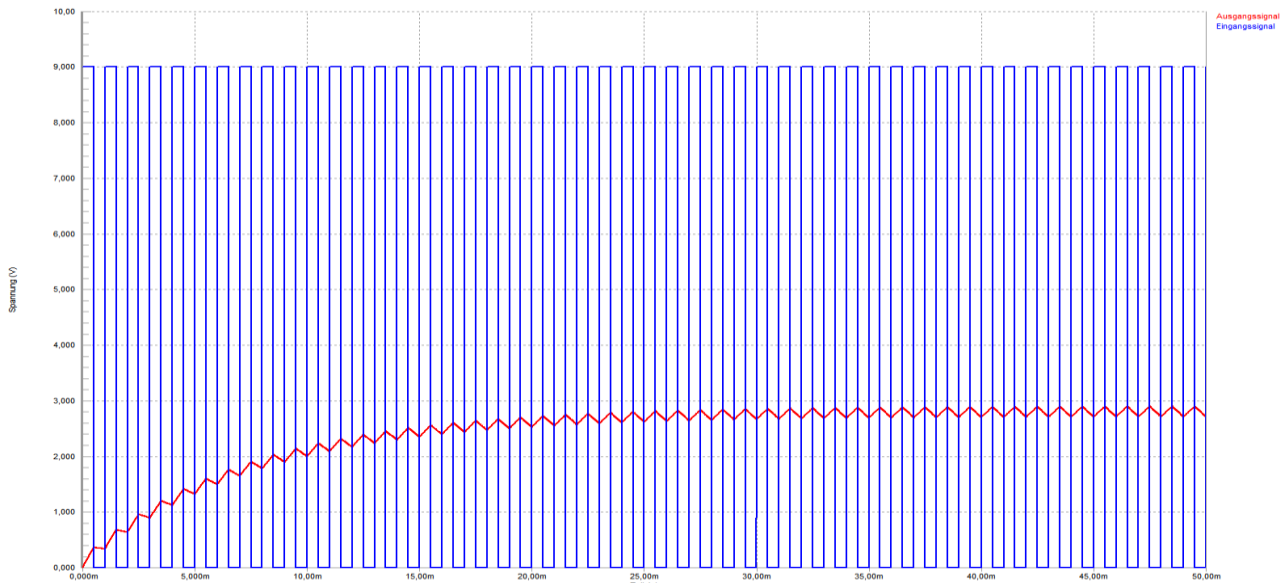


Abbildung 6 - Transienten Analyse bei 1 kHz

Bei weitaus größeren Frequenzen als  $f_g$  sind, ist bereits ein Einschwingvorgang zu erkennen. Da die Dämpfung bei 1 kHz bereits 37,5 dB beträgt wird das Ausgangssignal schon deutlich abgeschwächt. Außerdem ist hier bereits ein Einschwingverhalten zu erkennen. Dieses entsteht dadurch, da sich der Kondensator innerhalb einer Periode nicht vollständig aufladen kann. Auch hier ist dieser erst nach  $5\tau$  geladen, was bei 1 kHz schon einige Perioden dauert.

Da das Rechtecksignal von 9V ca. im Verhältnis 2:1 an den Widerständen abfällt, liegt dadurch am Kondensator ca.  $\frac{1}{3}$  der Eingangsspannung an. Auf dieses arithmetische Mittel von 3V schwingt der Kondensator auch ein. Dass hier nicht ganz 3V abfallen liegt an den verwendeten Widerstandswerten aus der E12-Reihe.

##### 5.3.1.1 Einschwingvorgang

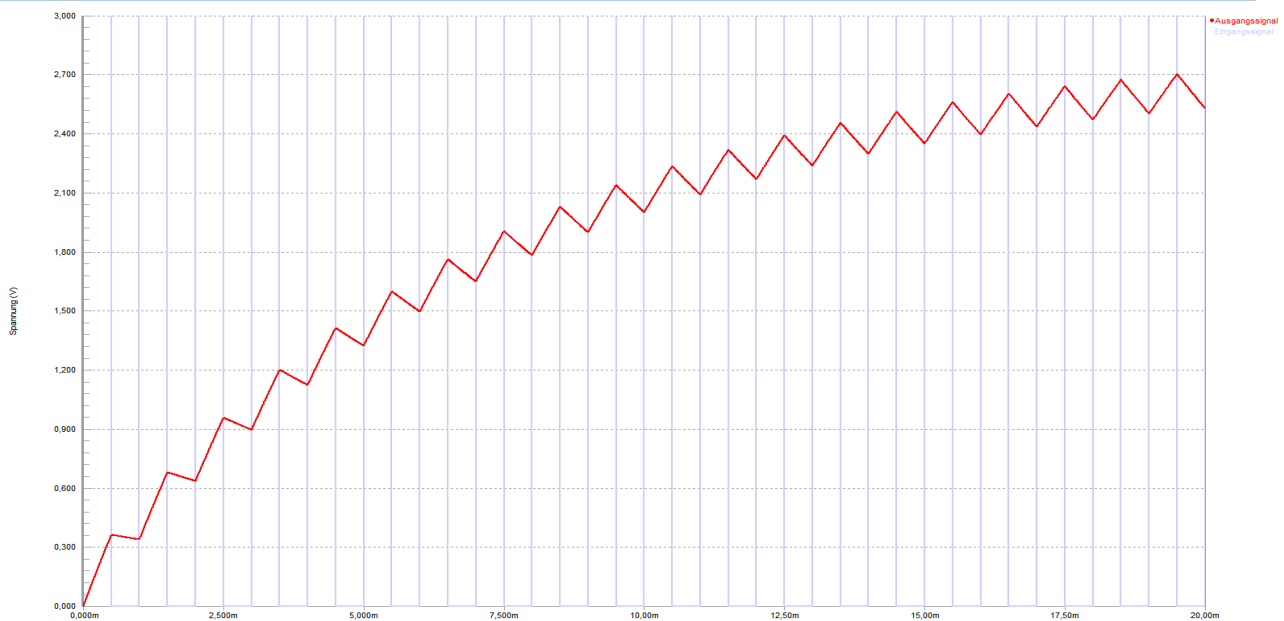


Abbildung 7 - Einschwingvorgang bei 1 kHz (Ausschnitt von Abb.6)