

# **GPET Versuch 6 — Karl Willy Wagner Versuch**

**Gruppe: Dienstag14**

Tim Luchterhand, Paul Nykiel  
tim.luchterhand@uni-ulm.de, paul.nykiel@uni-ulm.de

23. Mai 2017

## 5.1 Bestimmung der Grenzfrequenz

**Aufgabe** Bestimmen Sie die Grenzfrequenz eines RC-Tiefpasses ( $R = 1\text{k}\Omega$  und  $C = 2.2\mu\text{F}$ ) mit Hilfe des Oszilloskops. Berechnen Sie damit und mit der Formel aus Gl. 13 den Innenwiderstand des Oszilloskops.

1. Messen Sie mit dem Multimeter die exakten Werte  $R$  und  $C$  der Bauteile.
2. Bauen Sie die Schaltung auf und messen Sie mit Hilfe des Oszilloskops die Grenzfrequenz  $f_g$ . Gehen Sie möglichst sorgfältig vor.
3. Geben Sie eine geeignete Formel zur Bestimmung des Innenwiderstands des Oszilloskops an.
4. Bestimmen Sie den Innenwiderstand für die gemessene Frequenz bei einem Messfehler (der Grenzfrequenz) von  $\pm 1\%$ . Also  $R_{i,f_g}$ ,  $R_{i,f_g+1\%}$  und  $R_{i,f_g-1\%}$ .
5. Bestimmen Sie den Innenwiderstand  $R_i$  des Oszilloskops mit Hilfe des Multimeters.
6. Wie groß ist der Innenwiderstand  $R_i$  laut Beschreibung des Oszilloskops?
7. Geben Sie ein kurzes Fazit für diesen Teil des Versuchs.

### Protokoll

1. Mit Multimeter gemessene Werte:

$$\begin{aligned} R &= 997\Omega \\ C &= 2.23\mu\text{F} \end{aligned}$$

Die gemessenen Werte weichen um weniger als 2% von den angegebenen Bauteilwerten ab.

2. Vorgehensweise:

Auf dem Oszilloskop werden die Ein- und Ausgangsspannungen dargestellt und mit der Measure-Funktion jeweils die Spitze-Spitze-Spannung bestimmt. Dann wird die Frequenz der Eingangsspannung so lange verändert, bis  $|U_2| \approx 0.7 \cdot |U_1|$  gilt (siehe Screenshot).

Bestimmte Grenzfrequenz:

$$f_g \approx 76\text{Hz} \pm 2\text{Hz}$$

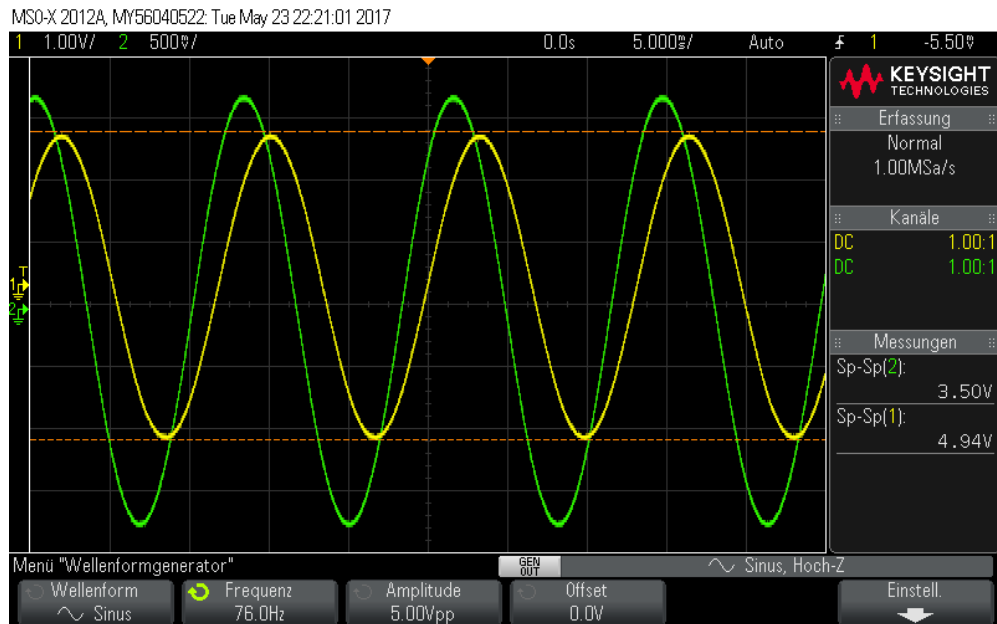


Abbildung 5.13: Bestimmung der Grenzfrequenz

3. Der RC-Tiefpass ist durch den Innenwiderstand des Oszilloskops belastet, das heißt:  $R_L = R_{innen}$ . Daraus folgt:

$$A = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)^2 + (\omega RC)^2}}$$

$$\Leftrightarrow R_i = R_L = \frac{R}{\sqrt{\frac{1}{A^2} - (\omega RC)^2} - 1}$$

- 4.

$$\begin{aligned} R_{i,f_g} &= -1067\Omega \\ R_{i,f_g+1\%} &= -1081\Omega \\ R_{i,f_g-1\%} &= -1041\Omega \end{aligned}$$

Offensichtlich können negative Widerstandswerte nicht sein.

5. Mit Multimeter gemessener Innenwiderstand:

$$R_i = 1.00\text{M}\Omega$$

6. Innenwiderstand laut Beschreibung:

$$R_i = 1\text{M}\Omega \pm 2\%$$

7. **Fazit:** Wie an den Ergebnissen zu erkennen ist, eignet sich dieses Verfahren nicht zur Bestimmung von Innenwiderständen. Theoretisch sollte die Vorgehensweise sinnvolle Ergebnisse liefern, da diese aber stark von der bestimmten Grenzfrequenz abhängen, können schon sehr kleine Ungenauigkeiten von weniger als 1% die komplette Messung unbrauchbar machen. Ein perfektes Beispiel dafür sind unsere Messergebnisse, die trotz korrekter Rechnung und mehrfacher Messung physikalisch schlicht und einfach keinen Sinn machen.

## 5.2 Zeitverhalten eines Hochpasses

### Aufgabe

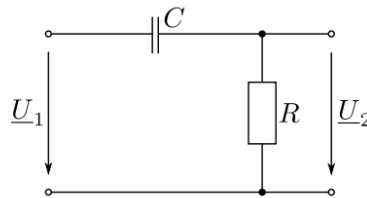


Abbildung 5.14: Hochpass erster Ordnung

Messen Sie die Abfallzeit der Schaltung aus 5.14 für folgende Bauteil- und Spannungswerte:

$$R = 100\Omega$$

$$C = 2.2\mu\text{F}$$

$$\underline{U}_1 = \begin{cases} t < 0 & -2.5\text{V} \\ t \geq 0 & 2.5\text{V} \end{cases}$$

1. Bauen Sie das Filter aus 5.14 auf und messen Sie die Abfallzeit einmal von Hand und einmal mit Hilfe der eingebauten Rise-/Falltime Messung.
2. Berechnen Sie den theoretisch zu erwartenden Wert.

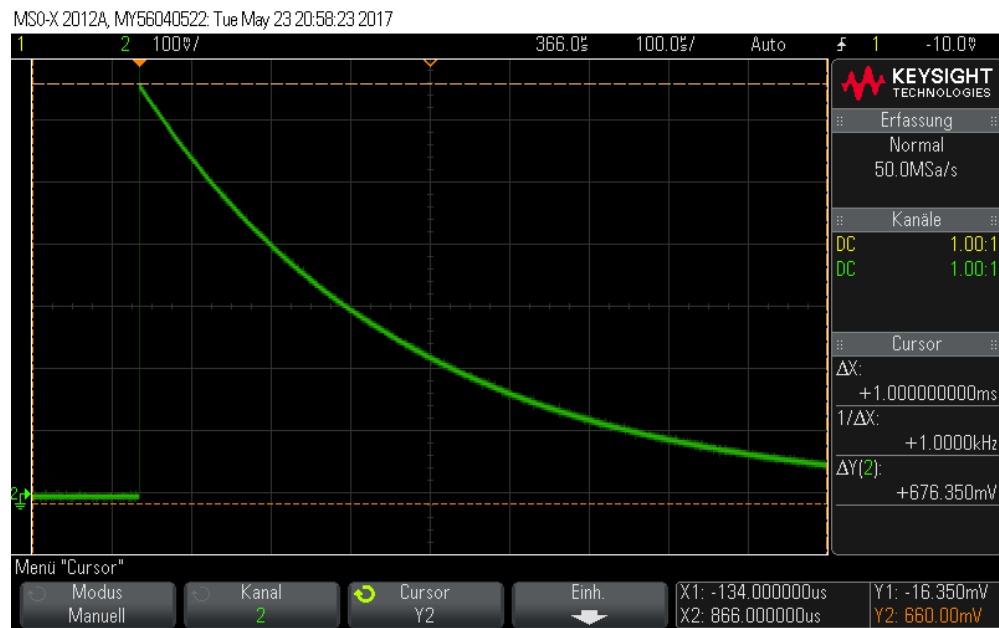
**Protokoll**

Abbildung 5.15: Messung des Maximalwerts mit Cursor

Abbildung 5.16: Messung von  $\tau$  mit Cursor

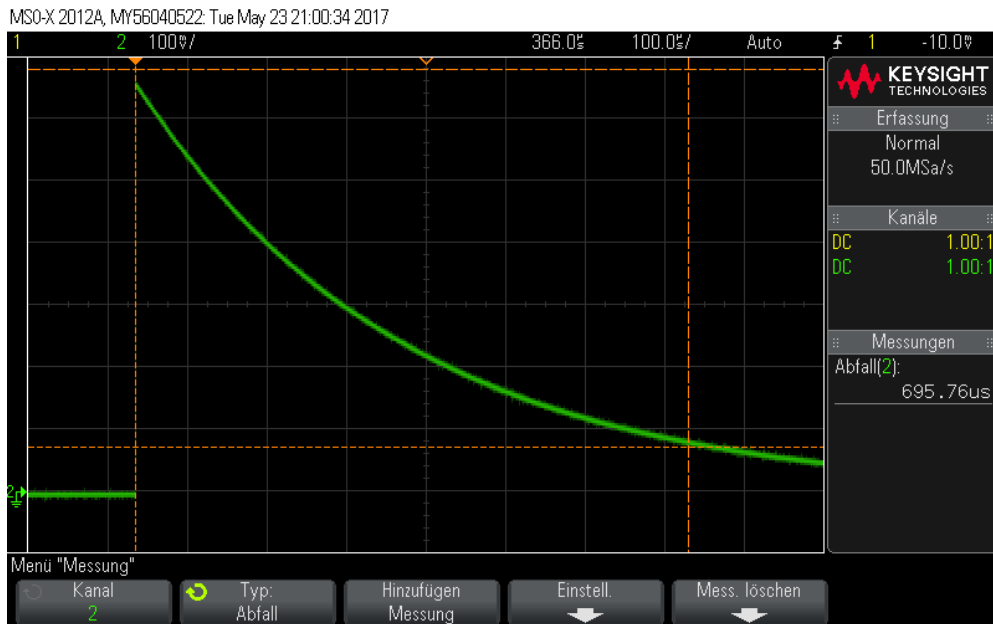


Abbildung 5.17: Messung der Anstiegszeit mit Measure

Bei der Messung mit Cursor wurde aus Genauigkeitsgründen  $\tau$  bestimmt, da man für die Anstiegszeit  $t_a$  sonst 3 Werte bestimmen muss, was zu höheren Messungenauigkeiten führt.  $t_a$  lässt sich dann wie folgt bestimmen:

$$\begin{aligned}
 \tau_{cursor} &= 160\mu\text{s} \\
 t_{a_{cursor}} &\approx 2.2\tau_{cursor} = 351\mu\text{s} \\
 t_{a_{measure}} &= 695.76\mu\text{s} \\
 t_{a_{theoretisch}} &\approx 2.2\tau = 2.2 \cdot RC = 483\mu\text{s}
 \end{aligned}$$

Man erkennt, dass der theoretische Wert zwischen beiden Messwerten liegt. Interessant ist, dass der manuell bestimmte Wert näher am theoretischen liegt, als der automatisch bestimmte. Bei der Messung mit measure ist aufgefallen, dass sich die automatisch bestimmten Messpunkte ständig verändert haben, was dann auch Änderungen von über  $100\mu\text{s}$  verursachte. Die Mesungenauigkeiten bei der manuellen Messung lassen sich auf einen systematischen Fehler zurückführen.

## 5.3 Bandpass

### Aufgabe

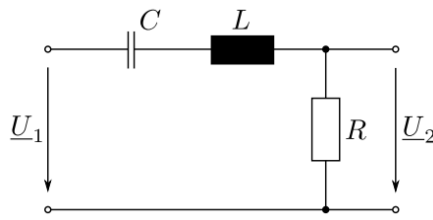


Abbildung 5.18: Unbelasteter Bandpass erster Ordnung

Im Folgenden soll das Übertragungsverhalten eines Bandpasses 1. Ordnung untersucht werden. Bauen Sie dazu das Bandpass-Filter aus 5.18 mit  $R = 100\Omega$  und  $C = 2.2\mu\text{F}$  auf. Als Induktivität verwenden Sie eine Spule mit 250 Windungen. Nehmen Sie die Übertragungsfunktion mit Hilfe der Matlab-GUI (100 Punkte,  $1V_{pp}$ , 100Hz–100kHz, log) auf und fügen Sie das Diagramm in Ihr Protokoll ein. Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.

**Protokoll**



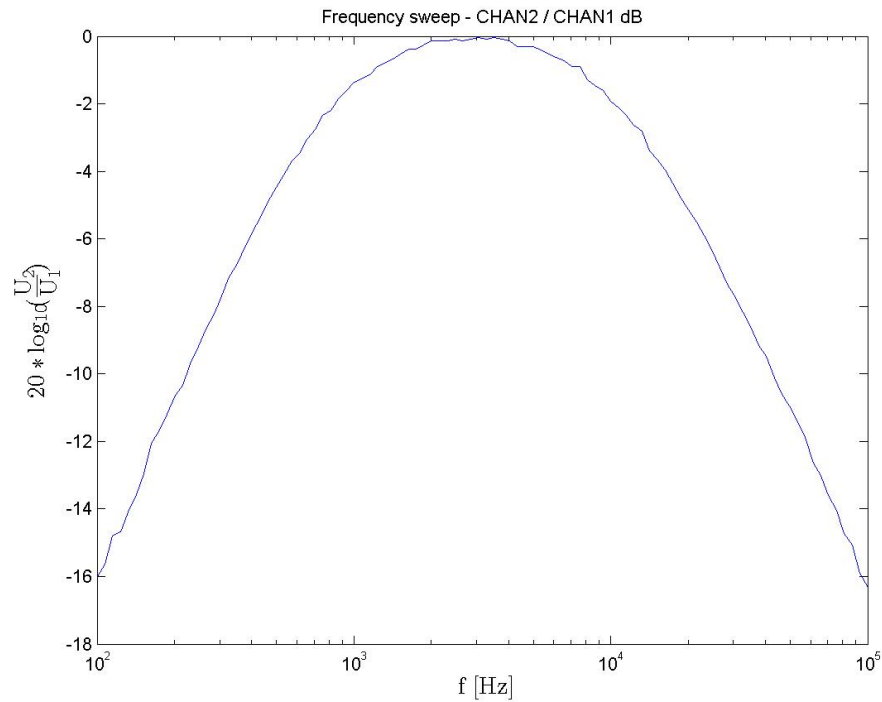


Abbildung 5.19: Übertragungsfunktion des Bandpass

Man erkennt, dass die Übertragungsfunktion zu den Extremwerten hin jeweils gegen  $-\infty$  abfällt und nur in der Mitte (in logarithmischer Darstellung) des gemessenen Frequenzbandes gegen 0 geht. Das bedeutet also, dass nur ein bestimmtes Frequenzband ungedämpft bleibt (zwischen  $10^3$  Hz und  $10^4$  Hz). Eine solche Charakteristik ist typisch für einen Bandpassfilter

## 5.4 Bandsperre

### Aufgabe

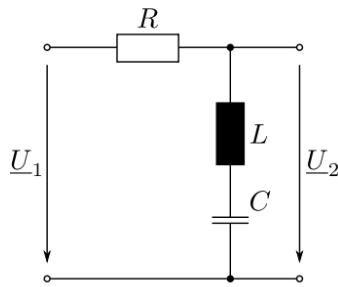


Abbildung 5.20: Unbelastete Bandsperre erster Ordnung

Weiter soll das Übertragungsverhalten einer Bandsperre 1.Ordnung untersucht werden. Bauen Sie dazu die Bandsperre aus 5.20 mit  $R = 100\Omega$  und  $C = 2.2\mu\text{F}$  auf. Als Induktivität verwenden Sie eine Spule mit 250 Windungen. Nehmen Sie die Übertragungsfunktion mit Hilfe der Matlab-GUI (100 Punkte,  $1V_{pp}$  100Hz–100kHz, log) auf und fügen Sie das Diagramm in Ihr Protokoll ein. Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.

**Protokoll**

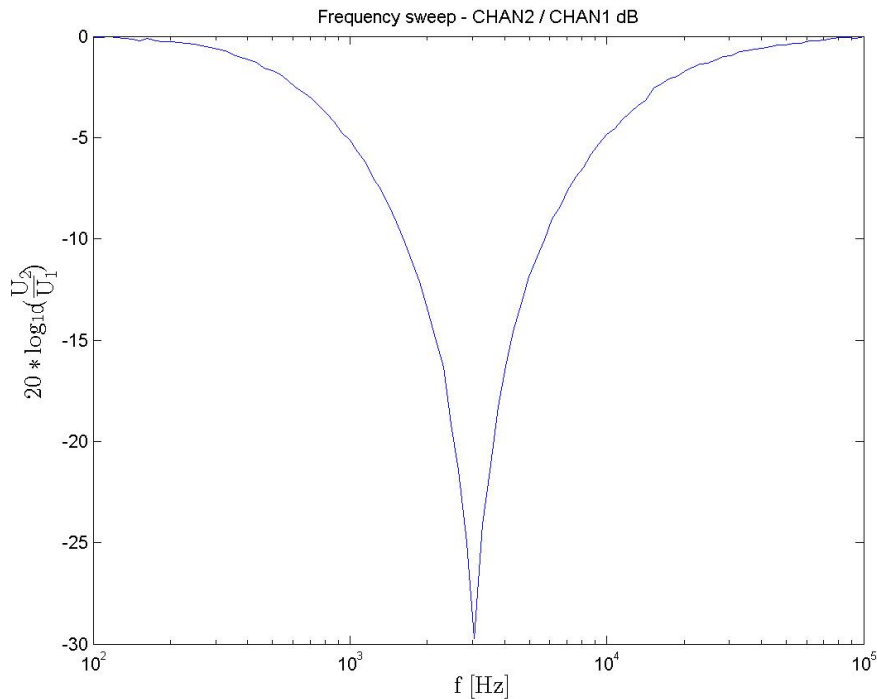


Abbildung 5.21: Übertragungsfunktion der Bandsperre

Man erkennt, dass die Übertragungsfunktion zu den Extremwerten hin jeweils gegen 0 und nur in der Mitte (in logarithmischer Darstellung) des gemessenen Frequenzbandes gegen  $-\infty$  geht. Das bedeutet also, dass ein bestimmtes Frequenzband herausgefiltert wird (zwischen  $10^3 \text{ Hz}$  und  $10^4 \text{ Hz}$ ). Eine solche Charakteristik ist typisch für eine Bandsperre.

## 5.5 Frequenzbereich und Audio-Filterung

### Aufgabe

1. Hören Sie sich zunächst das Audio-Sprach-Signal an. In welchem Frequenzbereich befindet sich die Störung?
2. Realisieren Sie mit zwei Kondensatoren ( $C = 2.2 \mu\text{F}$ ) und einer Spule (500 Windungen) ein Hochpass-Filter in T-Schaltung und zeigen Sie den Aufbau Ihrem Tutor.

3. Bestimmen Sie den ohmschen Widerstand des Kopfhörers.
4. Messen Sie die Übertragungsfunktion des Hochpass-Filter einmal ohne und einmal mit angeschlossener Last (Kopfhörer) und stellen Sie diese in zwei Diagrammen dar (200 Punkte, 100Hz–100kHz, log.). Verwenden Sie dazu die Matlab-GUI (500mV<sub>pp</sub>). Speichern Sie die Plots und fügen Sie diese in Ihr Protokoll ein. Erklären Sie die Verläufe der Funktionen für kleine und große Frequenzen.
5. Hören Sie sich einmal das ungefilterte und einmal das gefilterte Audio-Sprach-Signal an. Welche Person spricht da und welchen Satz sagt sie am Ende?

**Protokoll**

1. Das Audiosignal wird überdeckt von einem tiefen Summen. Die Frequenz des Störsignals liegt also schätzungsweise zwischen 20Hz und 500Hz.
2. Innenwiderstand des Kopfhörers bestimmt mit Multimeter:

$$R_i = 37\Omega \pm 20\Omega$$

Bemerkung:

Aufgrund der mangelhaften Qualität des Kopfhörers und der Kabel, ergaben sich absolute Messungenauigkeiten von bis zu 20Ω.

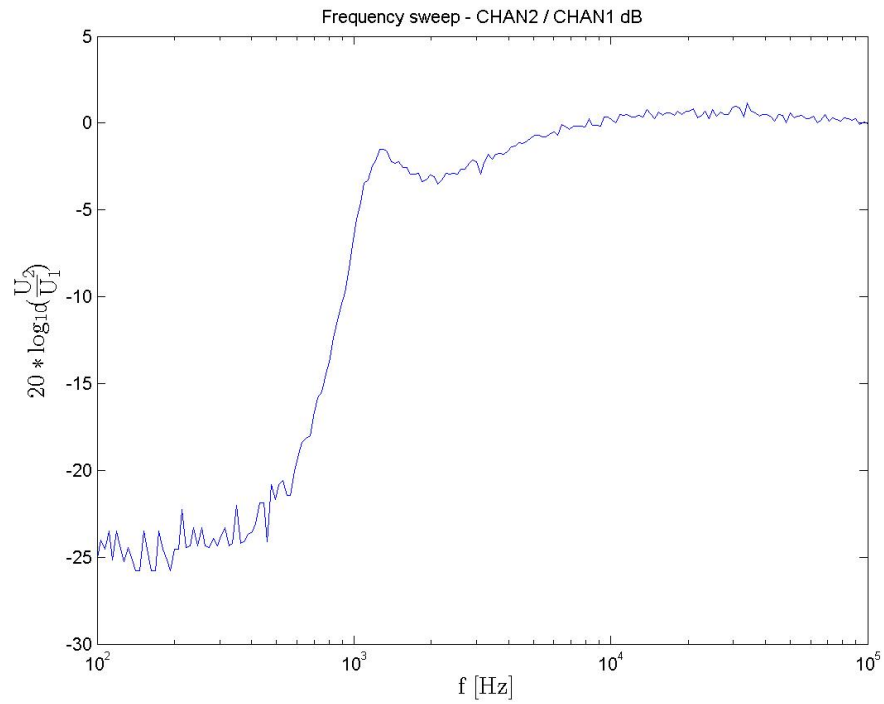


Abbildung 5.22: Übertragungsfunktion des Hochpass mit Last

3.

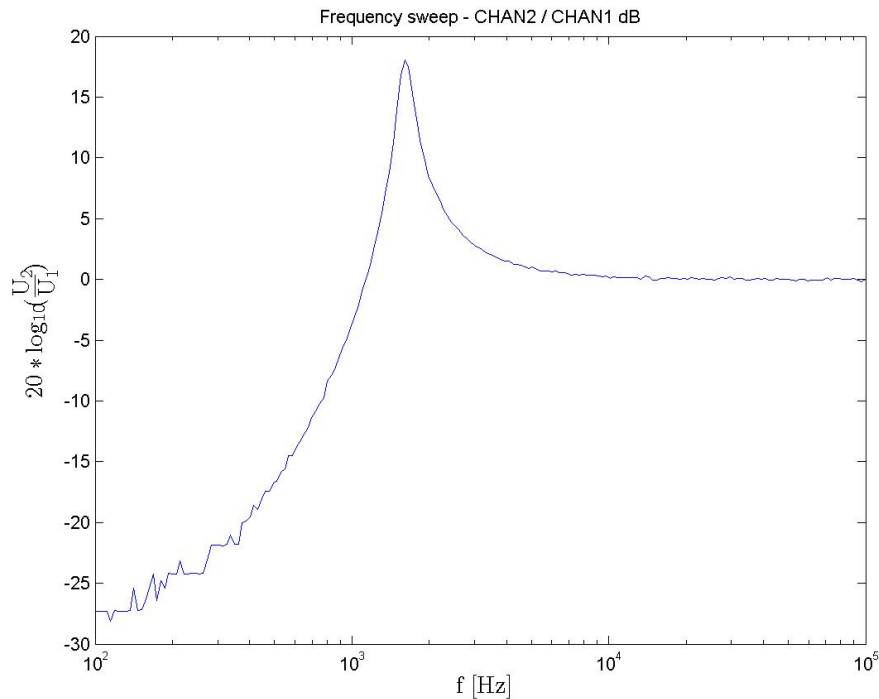


Abbildung 5.23: Übertragungsfunktion des Hochpass ohne Last

Beide Verläufe zeigen die typischen Eigenschaften der Übertragungsfunktion eines Hochpassfilters: Für kleine Frequenzen geht diese gegen  $-\infty$  und für große Frequenzen gegen 0. In beiden Abbildungen ist außerdem ein Peak bei der Grenzfrequenz zu erkennen. In Abb. 5.23 geht dieser Peak sogar weit über 0dB hinaus (bis ca. 18dB). Dies lässt sich folgendermaßen erklären:

Der Hochpass aus Spule und Kondensator verhält sich zusätzlich wie ein LC-Schwingkreis, der bei der Grenzfrequenz seine Resonanzfrequenz besitzt. Bei dieser Frequenz findet also ein Überschwingen statt, da am Ausgang mehr Spannung anliegt, als am Eingang. In Abb. 5.22 ist dieser Peak deutlich schwächer und reicht nicht über die 0dB hinaus. Das ist durch die zusätzliche Dämpfung durch die Innenimpedanz des Kopfhörers zu erklären. Diese Impedanz ist außerdem für die Verschiebung der Grenzfrequenz in Abb. 5.22 verantwortlich.

Zu guter Letzt ist in Abb. 5.22 vermehrt Rauschen zu erkennen, was einerseits durch die Induktivität des Kopfhörers, aber hauptsächlich durch die schlechten Kopfhörerkabel verursacht wird.

4. Im Vergleich zum Originalsignal lässt sich die Stimme deutlich besser erkennen. Auch wenn es nicht möglich war, den Sprecher oder das Gesprochene zu identifizieren, so konnte man trotzdem die gesprochene Sprache als Englisch einordnen.