

Labor Elektrotechnik

Versuch 3: Filterelemente

| Vorname | Nachname | Immatrikulation |
|-------------|----------|-----------------|
| <div></div> | | |
| | | |
| | | |

Geräte:

- 1 einstellbares Netzgerät.
- 1 Funktionsgenerator (zur Erzeugung einer Sinusspannung).
- 3 Digitalmultimeter.
- 1 Steckbrett mit Bauteilen für den Schaltungsaufbau.
- 1 Zweikanal-Oszilloskop.



Inhaltsverzeichnis:

1. Versuch Hoch- und Tiefpass Filter

| | |
|------------------------------------|---|
| 1.1 Schalt- und Leitungsplan | 1 |
| 1.2 Steckbrettzeichnung | 2 |
| 1.3 Messwerttabelle | 2 |
| 1.4 Amplitudengang Diagram | 3 |
| 1.5 Auswertung und Rechenweg | 3 |
| 1.6 Diagramm Amplitudengänge | 4 |
| 1.7 Auswertung | 4 |

2. Versuch Reihenschwingkreis

| | |
|--|---|
| 2.1 Schaltplan und Steckbrettzeichnung | 5 |
| 2.2 Messwerttabelle | 5 |
| 2.3 Diagramm | 6 |
| 2.4 Auswertung Diagramm | 6 |
| 2.5 Rechenweg | 7 |
| 2.6 Messwerttabelle | 8 |
| 2.7 Diagramm | 8 |

1. Versuch: Hoch- und Tiefpassfilter

1.1 Schalt- und Leitungsplan

1.1.1 Hochpassfilter:

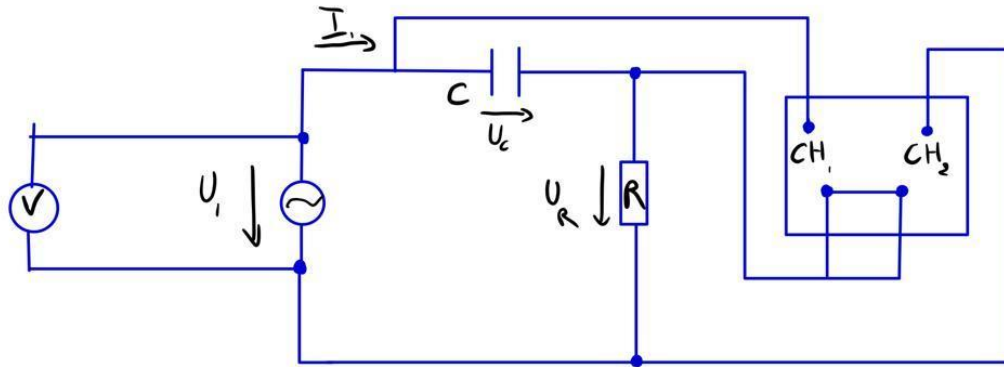


Abbildung 1

1.1.2 Tiefpassfilter:

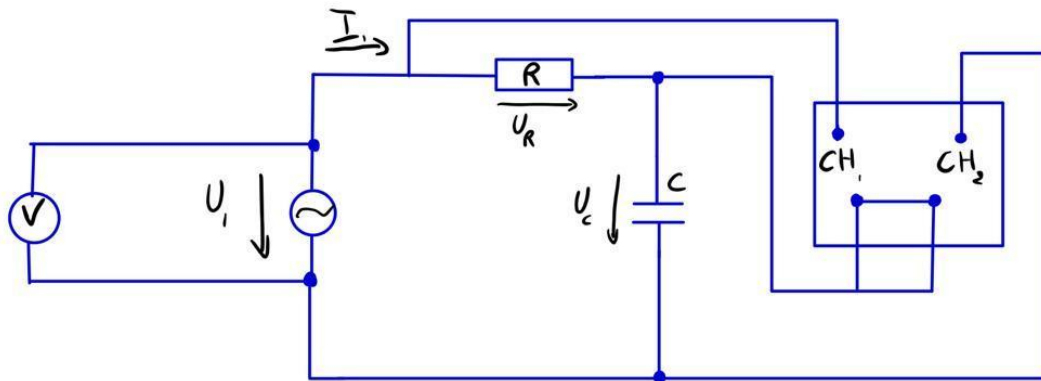


Abbildung 2

1.2 Steckbrettzeichnung:

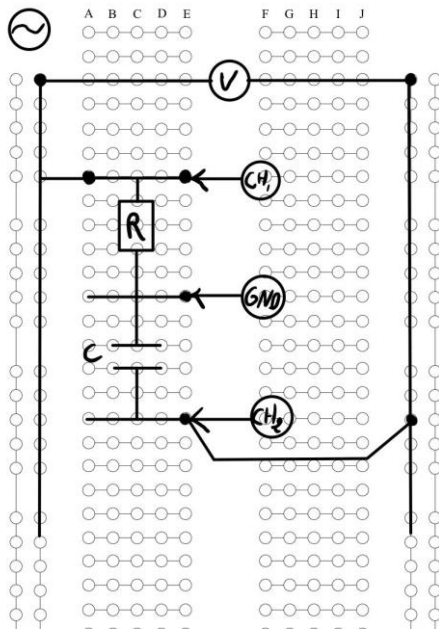


Abbildung 3

1.3 Messwerttabelle:

| Frequenz [Hz] | U_1 [V] | U_C [V] | U_R [V] | $\frac{U_C}{U_1}$ [V] | $\frac{U_R}{U_1}$ [V] |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|
| 400 | 5,065 | 7,2 | 2,6 | 1,42152024 | 0,51332675 |
| 600 | 5,045 | 6,4 | 3,6 | 1,26858276 | 0,7135778 |
| 800 | 5,002 | 5,8 | 4 | 1,15953619 | 0,79968013 |
| 900 | 4,995 | 5,6 | 4,8 | 1,12112112 | 0,96096096 |
| 1000 | 4,982 | 5,4 | 4,8 | 1,08390205 | 0,96346849 |
| 1050 | 4,975 | 5,2 | 5 | 1,04522613 | 1,00502513 |
| 1100 | 4,971 | 5 | 5,2 | 1,00583384 | 1,04606719 |
| 1200 | 4,963 | 4,8 | 5,2 | 0,96715696 | 1,04775337 |
| 1400 | 4,947 | 4,4 | 5,6 | 0,88942794 | 1,13199919 |
| 1600 | 4,927 | 4 | 6 | 0,81185305 | 1,21777958 |
| 1800 | 4,925 | 3,8 | 6 | 0,7715736 | 1,21827411 |
| 2000 | 4,922 | 3,4 | 6,2 | 0,69077611 | 1,25965055 |
| 2500 | 4,989 | 3 | 6,6 | 0,60132291 | 1,3229104 |
| 3000 | 4,988 | 2,6 | 6,8 | 0,521251 | 1,36327185 |
| 4000 | 5 | 2 | 6,8 | 0,4 | 1,36 |
| 5000 | 5,005 | 1,6 | 6,8 | 0,31968032 | 1,35864136 |
| 6000 | 5,01 | 1,4 | 6,8 | 0,27944112 | 1,35728543 |
| 7000 | 5,014 | 1,2 | 6,8 | 0,23932988 | 1,35620263 |
| 8000 | 5,025 | 1 | 6,8 | 0,19900498 | 1,35323383 |
| 9000 | 5,037 | 1 | 6,8 | 0,19853087 | 1,35000993 |
| 10000 | 5,043 | 0,9 | 6,8 | 0,1784652 | 1,34840373 |
| 15000 | 5,049 | 0,7 | 6,8 | 0,13864132 | 1,34680135 |
| 20000 | 5,056 | 0,5 | 6,8 | 0,09889241 | 1,34493671 |
| 25000 | 5 | 0,4 | 6,8 | 0,08 | 1,36 |
| 50000 | 5,109 | 0,3 | 6,8 | 0,05871991 | 1,33098454 |

Tabelle 1

Amplitudengang Hochpassfilter:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{2 * \pi * f * R * C} \right)^2}}$$

1.4.2 Amplitudengang Tiefpassfilter:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2 * \pi * f * R * C)^2}}$$

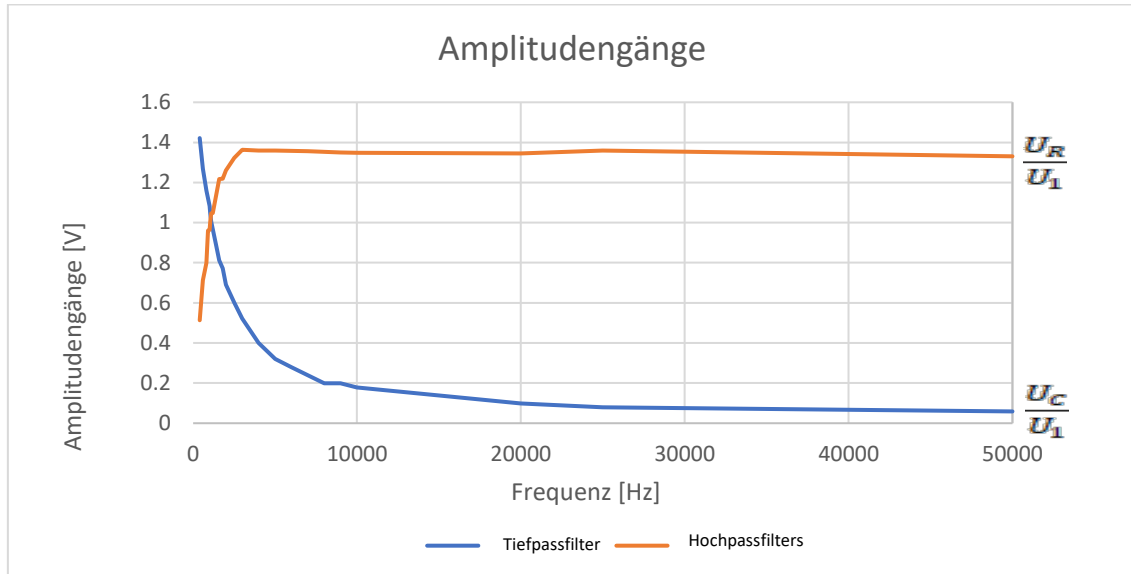


Diagramm 1

1.5 Auswertung und Rechenweg:

Das Diagramm stellt die Amplitudengänge des Hoch- und Tiefpassfilters dar, welche von der Frequenz abhängig sind. Die Filter blockieren Schwingungen die sich innerhalb der Grenzfrequenz f_g befinden. Bei einem Hochpass filter werden die niedrigeren Schwingungen gedämpft, während ein Tiefpass filter nur höhere Frequenzen dämpft.

Die Grenzfrequenz kann durch folgende Formel berechnet werden:

$$F_g = \frac{1}{2 * \pi * R * C} = \frac{1}{2 * \pi * 1000 \Omega * 150 * 10^{-9} F} = 1061 \text{ Hz}$$

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Frequenz [kHz] | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 10 |
| Hochpass in [V] | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| Tiefpass in [V] | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

Tabelle 2

1.6 Diagramm Amplitudengänge:

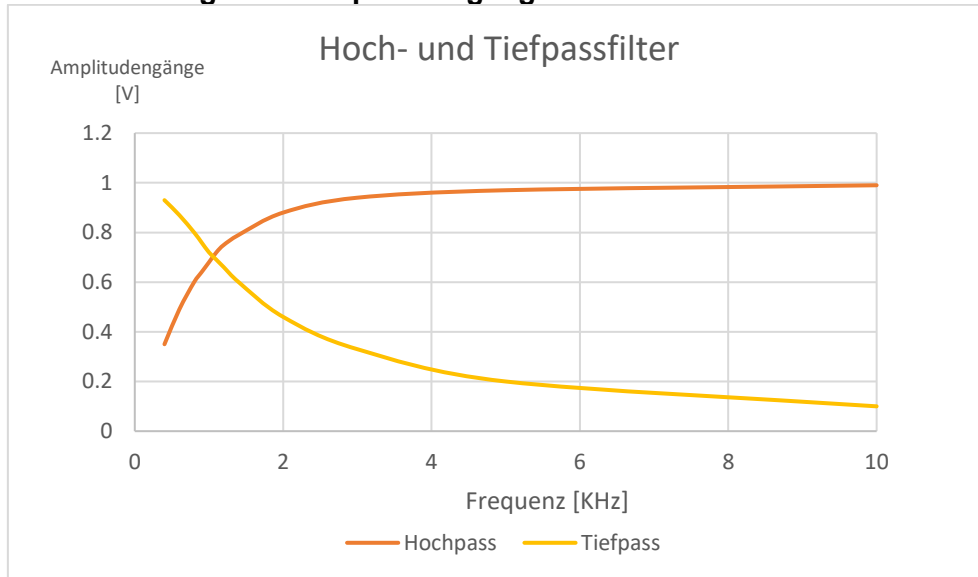


Diagramm 2

1.7 Auswertung

Der Schnittpunkt der beiden Kennlinien befindet sich bei knapp über 1000 Hz, was mit den, durch die Formel berechneten, 1061 Hz übereinstimmt. Dies entsteht durch den Frequenzabhängigen Blindwiderstand, welcher bei der Grenzfrequenz genauso groß ist wie der reelle Widerstand. Die messung des Hoch- und Tiefpassfilters kann in einem Messdurchlauf gemacht werden, indem die Verläufe der beiden Kanäle am Oszilloskop wechselt.

2. Versuch Reihenschwingkreis:

2.1 Schaltplan und Steckbrettzeichnung:

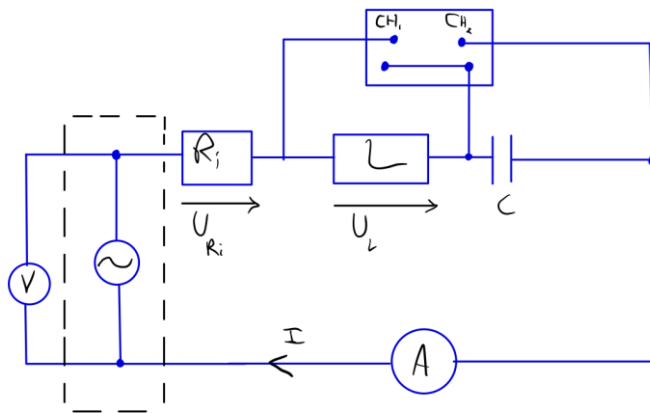


Abbildung 4

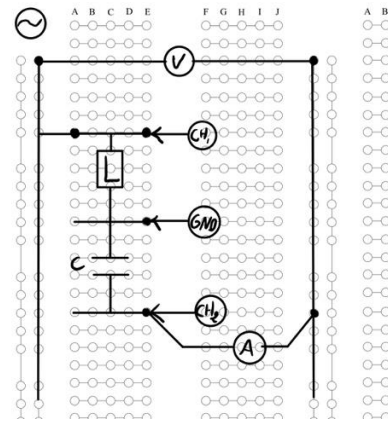


Abbildung 5

2.2 Messwerttabelle:

| Frequenz[KHz] | U _C [V] | U _L [V] | U _I [V] | I _{ges} [mA] |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 3 | 0,04 | 2,102 | 1,98 |
| 2 | 3,1 | 0,16 | 2,093 | 4,12 |
| 3 | 3,2 | 0,38 | 2,075 | 6,56 |
| 4 | 3,5 | 0,72 | 2,035 | 9,52 |
| 5 | 4 | 1,3 | 1,961 | 13,36 |
| 6 | 4,8 | 2 | 1,808 | 18,54 |
| 7 | 5,4 | 3,4 | 1,486 | 25,4 |
| 8 | 6 | 4,8 | 0,848 | 32,51 |
| 8,5 | 6 | 5,6 | 0,443 | 34,66 |
| 9 | 5,8 | 6 | 0,271 | 35 |
| 10 | 4,8 | 6 | 0,928 | 31,36 |
| 11 | 3,6 | 5,6 | 1,379 | 26,12 |
| 15 | 1,45 | 4 | 1,925 | 14,02 |
| 20 | 0,72 | 3,6 | 2,0103 | 0,72 |

Tabelle 3

2.3 Diagramm:

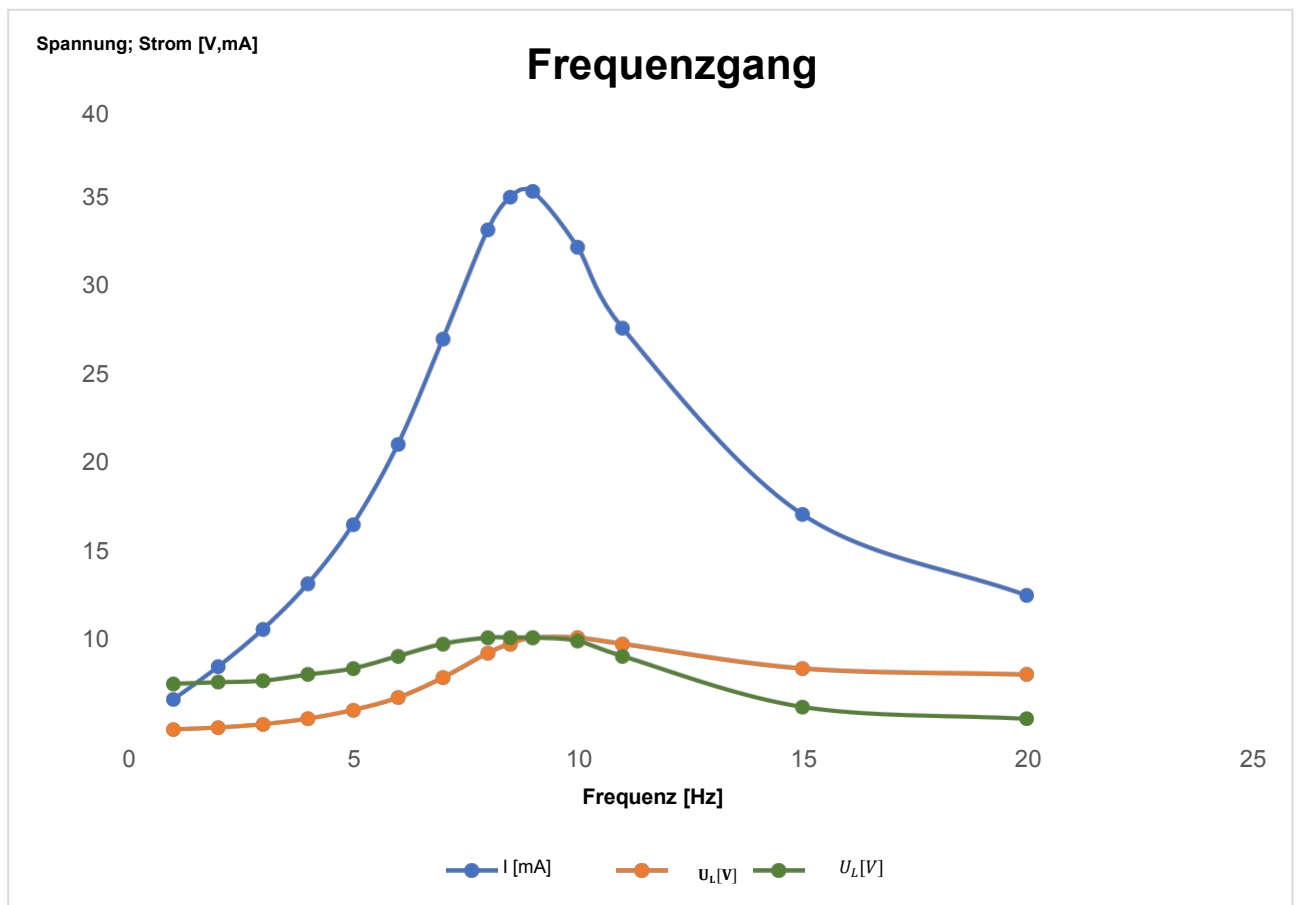


Diagramm 3

2.4 Auswertung Diagramm:

Im Diagramm ist zu sehen, dass bei 0 Hz kein Strom fließt, doch steigen mit zunehmender Frequenz Strom und Spannung, bis die Resonanzfrequenz erreicht wird. Ab Erreichen der Resonanzfrequenz sinkt der Strom wiederum. Der Schnittpunkt der Kurve U_L und U_C markiert den Punkt, wo der Blindwiderstand gleich dem Reellen Widerstand ist, also $Z=R$.

2.5 Rechenweg:

Gegeben : $C = 150 \cdot 10^{-9} F$

$L = 2,2 \cdot 10^{-3} H$

$R = 50 \Omega$

- Resonanzfrequenz f_r :

$$f_r = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \cdot \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}} = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \cdot \sqrt{\frac{1}{(2,2 \cdot 10^{-3} H \cdot 150 \cdot 10^{-9} F)}}$$

$$f_r = 8761,191 \text{ Hz}$$

$$W_r = 2 * \pi * f_r = 55048,186 \text{ Hz}$$

- Güte Q :

$$Q = \frac{1}{2 * W_r * C} = \frac{1}{2 * 50 \Omega * 8761,191 \text{ Hz} * 150 * 10^{-9} \text{ F}} = 2,42$$

- Dämpfung d :

$$d = \frac{1}{Q} = \frac{1}{2,42} = 0,413$$

- Grenzfrequenzen f_1 und f_2 :

$$f_1 = \left(\frac{1}{2 * \pi} \right) * \left(\sqrt{(2 * \pi * f_r)^2 + \left(\frac{R}{2 * L} \right)^2} - \frac{R}{2 * L} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{2 * \pi} \right) * \left(\sqrt{(2 * \pi * 8761,191 \text{ Hz})^2 + \left(\frac{50 \Omega}{2 * 2,2 * 10^{-3} \text{ H}} \right)^2} - \left(\frac{50 \Omega}{2 * 2,2 * 10^{-3} \text{ H}} \right) \right)$$

$$f_1 = 7137,33 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \left(\frac{1}{2 * \pi} \right) * \left(\sqrt{(2 * \pi * f_r)^2 + \left(\frac{R}{2 * L} \right)^2} + \frac{R}{2 * L} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{2 * \pi} \right) * \left(\sqrt{(2 * \pi * 8761,191 \text{ Hz})^2 + \left(\frac{50 \Omega}{2 * 2,2 * 10^{-3} \text{ H}} \right)^2} + \left(\frac{50 \Omega}{2 * 2,2 * 10^{-3} \text{ H}} \right) \right)$$

$$f_2 = 10754,49 \text{ Hz}$$

- Bandbreite b :

$$b = f_2 - f_1$$

$$= 10754,49 \text{ Hz} - 7137,33 \text{ Hz}$$

$$b = 3617,16 \text{ Hz}$$

- Scheinwiderstand Z :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Wir müssen zuerst X_L und X_C berechnen:

$$X_L = 2 * \pi * f * L \quad ; \quad X_C = \frac{1}{2 * \pi * f * C}$$

Wir schreiben nun die Formel, die wir für die Tabelle benötigen:

$$U_L = I_{ges} * X_L \quad ; \quad U_C = I_{ges} * X_C *$$

$$I_{ges} = \frac{U_1}{Z}$$

2.6 Messwerttabelle

| Frequenz[KHz] | $X_L[\Omega]$ | $X_C[\Omega]$ | $Z[\Omega]$ | $I_{ges}[mA]$ | $U_c[V]$ | $U_L[V]$ |
|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|----------|----------|
| 1 | 13,823 | 1061,033 | 1048,403 | 2,005 | 2,127 | 0,028 |
| 2 | 27,646 | 530,516 | 505,350 | 4,142 | 2,197 | 0,115 |
| 3 | 41,469 | 353,678 | 316,187 | 6,563 | 2,321 | 0,272 |
| 4 | 55,292 | 265,258 | 215,837 | 9,428 | 2,501 | 0,521 |
| 5 | 69,115 | 212,207 | 151,576 | 12,937 | 2,745 | 0,894 |
| 6 | 82,938 | 176,839 | 106,383 | 16,995 | 3,005 | 1,410 |
| 7 | 96,761 | 151,576 | 74,194 | 20,029 | 3,036 | 1,938 |
| 8 | 110,584 | 132,629 | 54,644 | 15,519 | 2,058 | 1,716 |
| 8,5 | 117,496 | 124,827 | 50,535 | 8,766 | 1,094 | 1,030 |
| 9 | 124,407 | 117,893 | 50,423 | 5,375 | 0,634 | 0,669 |
| 10 | 138,230 | 106,103 | 59,432 | 15,615 | 1,657 | 2,158 |
| 11 | 152,053 | 96,458 | 74,772 | 18,443 | 1,779 | 2,804 |
| 15 | 207,345 | 70,736 | 145,472 | 13,233 | 0,936 | 2,744 |
| 20 | 276,460 | 53,052 | 228,935 | 8,781 | 0,466 | 2,428 |

Tabelle 4

2.7 Diagramm

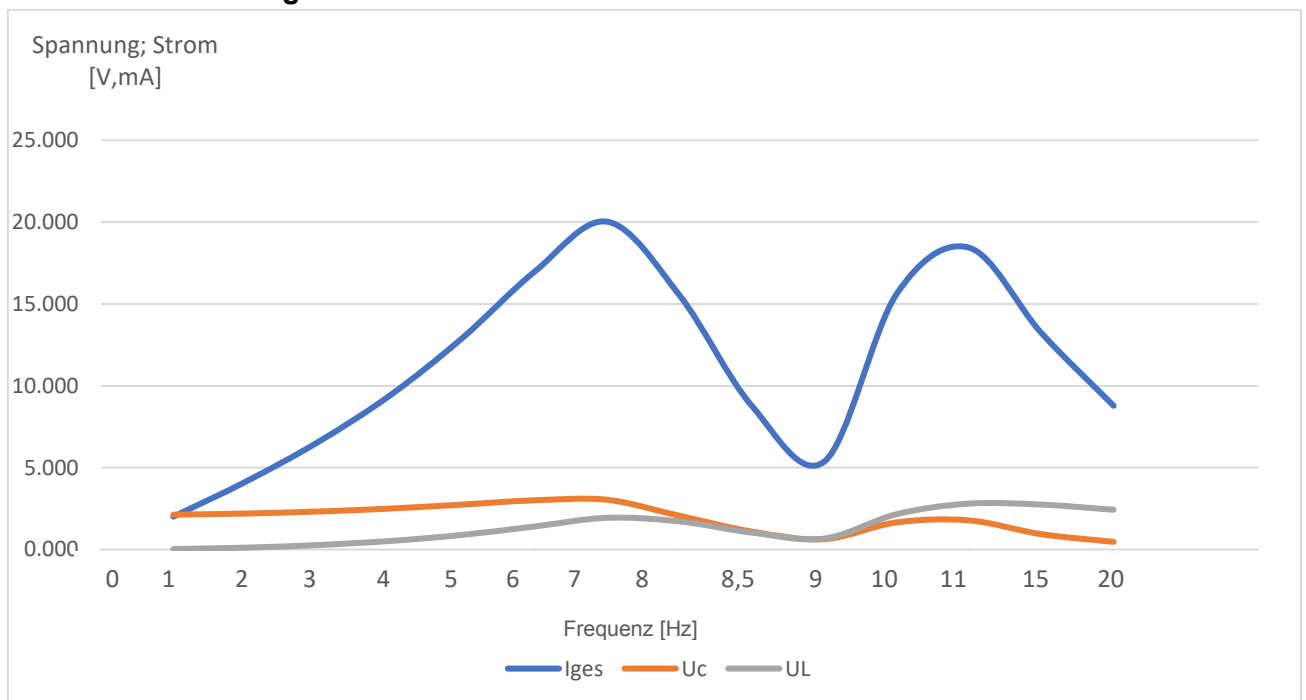


Diagramm 4