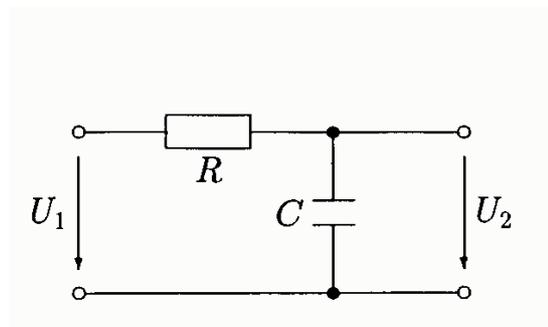


In diesem Versuch geht es darum, die Kennlinien von Hoch- und Tiefpässen aufzunehmen. Die Übertragungsfunktion aller Blindwiderstände in Vierpolen hängt von der Frequenz ab, so daß bestimmte Frequenzen gut und andere schlecht übertragen werden. Man bezeichnet solche Vierpole allgemein als Filter oder Siebe Bezeichnet.

Ein Tiefpass 1. Ordnung besteht aus neben-stehender Schaltung.
 Die Übertragungsfunktion des Vierpols lautet

$$f(\omega) = \frac{\vec{U}_2}{\vec{U}_1} = \frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

$$\left| \frac{\vec{U}_2}{\vec{U}_1} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$



Die Ausgangsspannung U_2 sinkt mit zunehmender Frequenz ab. Bei der Grenzfrequenz $\omega_g = \frac{1}{RC}$ erreicht das Verhältnis $\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$. Unterhalb der Grenzfrequenz beträgt die Ausgangsspannung des Tiefpasses mehr als 70% der Eingangsspannung. Man nennt diesen Punkt auch den 3dB-Punkt. Man kann also sagen unterhalb der Grenzfrequenz leitet der Tiefpass, oberhalb sperrt er. Dieses Verhalten kommt daher, daß der Widerstand, richtiger die Impedanz, des Kondensator von der Frequenz abhängt. Für niedrige Frequenzen stellt er ein hoher Widerstand, für sehr hohe Frequenzen ein Kurzschluß dar.

Als Phasengang bezeichnet man $\arctan \varphi = f(\omega)$. Bei der Grenzfrequenz ergibt sich

$$\varphi = -\arctan \frac{\omega_g}{\omega} = -\arctan 1 = -45^\circ.$$

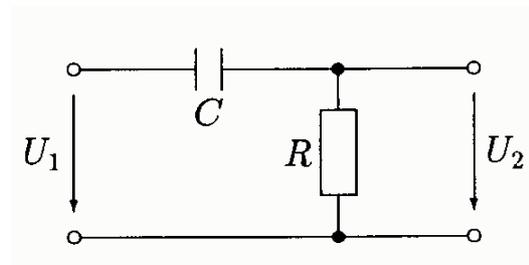
Dies gilt natürlich wie immer für ideale Bauteile. Wie man später noch sehen wird beträgt die Phasenverschiebung im Versuch am 3dB-Punkt keine 45° , sondern weniger.

Beim Hochpass sind in der Schaltung einfach nur Kondensator und Widerstand gegeneinander vertauscht.

Für Frequenzen oberhalb der Grenzfrequenz $\omega_g = \frac{1}{RC}$ beträgt die Ausgangsspannung mindestens 70% der Eingangsspannung, für niedrige Frequenzen hingegen wird die Ausgangsspannung immer niedriger.

$$f(\omega) = \frac{\vec{U}_2}{\vec{U}_1} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega CR}{1 + j\omega CR}$$

$$\left| \frac{\vec{U}_2}{\vec{U}_1} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + 1/(\omega RC)^2}}$$



Für die Phase gilt: $\varphi = \arctan \frac{\omega_g}{\omega} = \arctan 1 = 45^\circ$

Der Hochpass verhält sich also genau andersherum wie der Tiefpass.

1. Aufnahme des Amplituden- und Phasengangs für beide Schaltungen und beide Widerstände

Dazu bauen wir zunächst die beiden Schaltungen auf, wobei wir den Kondensator A verwendeten. Anschließend suchten wir die Frequenz bei der das Verhältnis von $U_a/U_e=1$ war und nahmen mit Hilfe des Oszilloskops die Amplitude des Eingangs, des Ausgangs sowie die Phasenverschiebung auf. Nun erhöhten wir schrittweise die Frequenz.

Dabei ergaben sich die folgenden Werte für die 1. Tiefpassschaltung mit dem 100 Ohm Widerstand.

Ue	Ua	t in μ s	Freq	Ua/Ue	phi	omega
0,32	0,32	-100	100	1	-3,6	0,06451613
0,31	0,3	-80	240	0,96774194	-6,912	0,15483871
0,29	0,28	-80	400	0,96551724	-11,52	0,25806452
0,28	0,26	-70	600	0,92857143	-15,12	0,38709677
0,27	0,25	-64	800	0,92592593	-18,432	0,51612903
0,26	0,22	-60	1000	0,84615385	-21,6	0,64516129
0,25	0,21	-60	1150	0,84	-24,84	0,74193548
0,24	0,18	-56	1400	0,75	-28,224	0,90322581
0,24	0,17	-55	1500	0,70833333	-29,7	0,96774194
0,24	0,17	-54	1600	0,70833333	-31,104	1,03225806
0,24	0,16	-53	1700	0,66666667	-32,436	1,09677419
0,24	0,145	-50	2000	0,60416667	-36	1,29032258
0,22	0,12	-44	2500	0,54545455	-39,6	1,61290323
0,22	0,1	-40	3000	0,45454545	-43,2	1,93548387
0,21	0,08	-33	4000	0,38095238	-47,52	2,58064516

Für den 2. Tiefpass mit 1k-Widerstand erhielten wir:

Ue	Ua	t in ms	freq	omega	Ua/Ue	phi
0,305	0,3	-0,64	30	0,1875	0,98360656	-6,912
0,305	0,3	-0,64	40	0,25	0,98360656	-9,216
0,305	0,29	-0,64	50	0,3125	0,95081967	-11,52
0,305	0,29	-0,64	60	0,375	0,95081967	-13,824
0,305	0,28	-0,64	70	0,4375	0,91803279	-16,128
0,3	0,27	-0,64	80	0,5	0,9	-18,432
0,3	0,26	-0,6	90	0,5625	0,86666667	-19,44
0,3	0,255	-0,6	100	0,625	0,85	-21,6
0,3	0,24	-0,6	120	0,75	0,8	-25,92
0,3	0,23	-0,59	130	0,8125	0,76666667	-27,612
0,3	0,22	-0,58	140	0,875	0,73333333	-29,232
0,295	0,22	-0,55	150	0,9375	0,74576271	-29,7
0,295	0,21	-0,55	160	1	0,71186441	-31,68
0,295	0,2	-0,54	170	1,0625	0,6779661	-33,048
0,29	0,18	-0,5	200	1,25	0,62068966	-36
0,29	0,175	-0,48	220	1,375	0,60344828	-38,016
0,29	0,16	-0,44	250	1,5625	0,55172414	-39,6
0,29	0,14	-0,4	300	1,875	0,48275862	-43,2
0,29	0,11	-0,33	400	2,5	0,37931034	-47,52
0,29	0,09	-0,28	500	3,125	0,31034483	-50,4
0,29	0,05	-0,15	1000	6,25	0,17241379	-54
0,28	0,024	-0,08	2000	12,5	0,08571429	-57,6

Die Zeiten sind hier negativ, weil hier der Ausgang dem Eingang nacheilt.

Für den Hochpass mit 100 Ohm erhielten wir:

Ue	Ua	t in μ s	freq	omega	Ua/Ue	phi
0,21	0,195	10	4000	2,5	0,92857143	14,4
0,21	0,19	14	3500	2,1875	0,9047619	17,64
0,215	0,19	18	3000	1,875	0,88372093	19,44
0,22	0,185	24	2500	1,5625	0,84090909	21,6
0,225	0,18	36	2000	1,25	0,8	25,92
0,23	0,175	45	1800	1,125	0,76086957	29,16
0,24	0,17	57	1600	1	0,708333333	32,832
0,24	0,165	62	1500	0,9375	0,6875	33,48
0,25	0,15	88	1200	0,75	0,6	38,016
0,26	0,13	140	900	0,5625	0,5	45,36
0,28	0,1	230	600	0,375	0,35714286	49,68
0,3	0,056	520	300	0,1875	0,18666667	56,16

Für den Hochpass mit 1000 Ohm:

Ue	Ua	t in μ s	freq	Ua/Ue	phi	omega
0,29	0,29	9	1500	1	4,86	9,375
0,29	0,29	20	1000	1	7,2	6,25
0,29	0,28	52	600	0,96551724	11,232	3,75
0,29	0,27	100	400	0,93103448	14,4	2,5
0,29	0,26	175	300	0,89655172	18,9	1,875
0,295	0,23	390	200	0,77966102	28,08	1,25
0,295	0,21	560	160	0,71186441	32,256	1
0,295	0,205	620	150	0,69491525	33,48	0,9375
0,3	0,16	1200	100	0,533333333	43,2	0,625
0,3	0,09	3000	50	0,3	54	0,3125

2. Bestimmung der Grenzfrequenz

Die Grenzfrequenz ist die Frequenz bei der das Spannungsverhältnis -3dB beträgt, das ist $U_a/U_e=0,707$. Sucht man sich dieses Verhältnis aus den Meßwerten oder aus dem Bodediagramm, so erhält man:

- | | |
|------------------------------------|-------------|
| 1. Tiefpassschaltung (R=100 Ohm) | ca. 1550 Hz |
| 2. Tiefpassschaltung (R= 1000 Ohm) | ca. 160 Hz |
| 1. Hochpassschaltung (R=100 Ohm) | ca. 1600 Hz |
| 2. Hochpassschaltung (R=1000 Ohm) | ca. 160 Hz |

Beim 1. Tiefpass haben wir für 2 Frequenzen (1500 Hz und 1600 Hz) das gleiche Amplitudenverhältnis. Das kommt daher, daß es nicht möglich war die Amplituden genauer am Oszilloskop abzulesen. Die Grenzfrequenz wird irgendwo zwischen den beiden Frequenzen liegen, weshalb sie hier mit ca. 1550 Hz angegeben wird. Andererseits müßte die Grenzfrequenz die gleiche sein wie beim 1. Hochpass, da die gleichen Bauteile verwendet wurden. Aber auch die dürfte nicht genau sein, da daß Verhältnis von 0,707 auch hier nicht stimmt, die Grenzfrequenz dürfte damit etwas tiefer liegen (gleiches gilt für die 160Hz).

Die Grenzfrequenz wird auch Eckfrequenz genannt, wenn man nämlich den Amplitudenverlauf doppellogarithmisch aufträgt, so kann man den Verlauf durch 2 Geraden annähern, wobei dann bei der Grenzfrequenz sich die beiden Geraden schneiden, es entsteht eine Ecke.

3. Bestimmung des Verwendeten Kondensators

Den Wert des Kondensators läßt sich bestimmen indem man die Formel für die Grenzfrequenz

$$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

nach C umstellt:

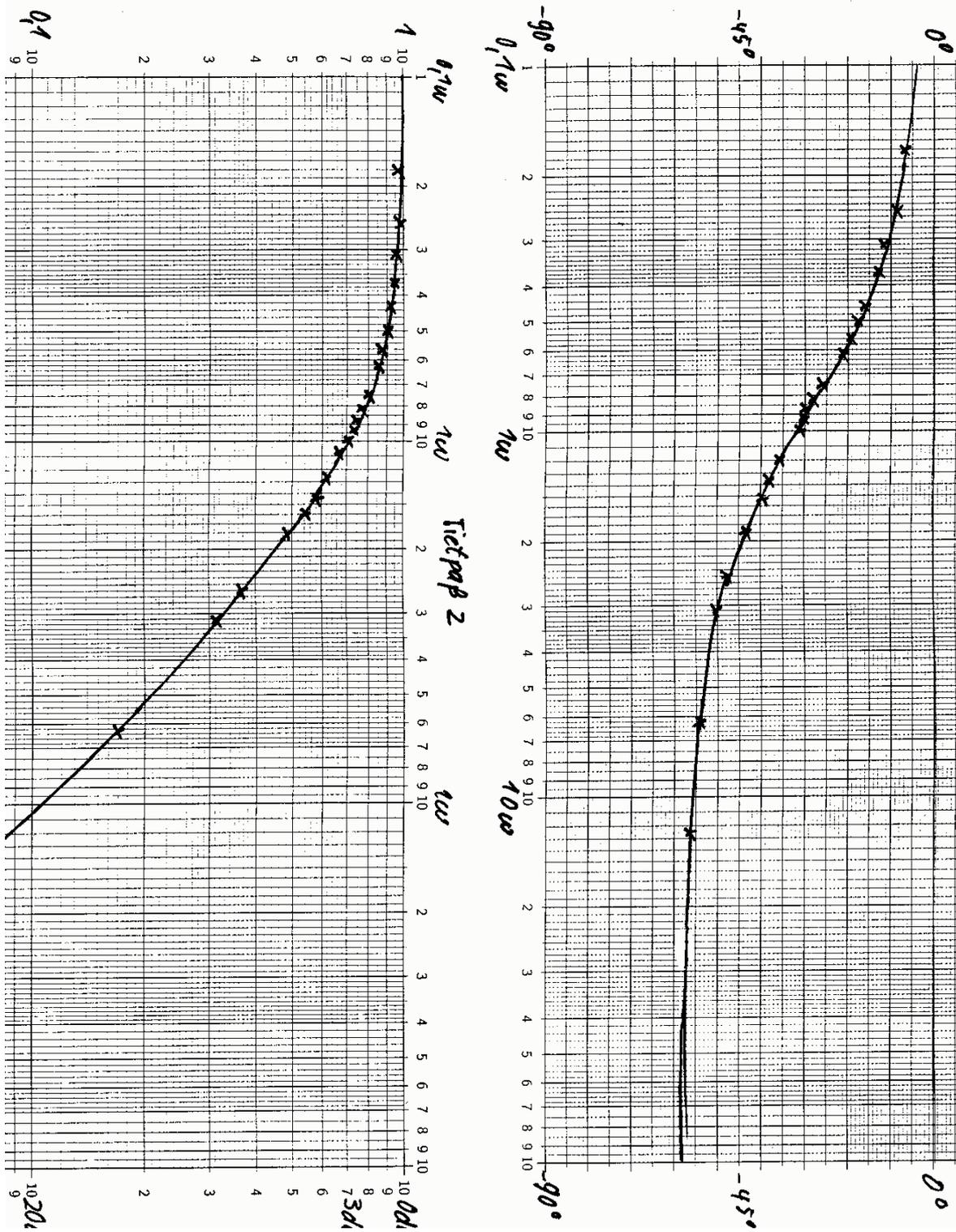
$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot f_G} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 100\Omega \cdot 1600\text{Hz}} = 0,995\mu\text{F}$$

Da es keine Kondensatoren mit dem Normwert 0,995µF gibt dürfte es sich um einen Kondensator mit dem Nennwert von 1µF handeln.

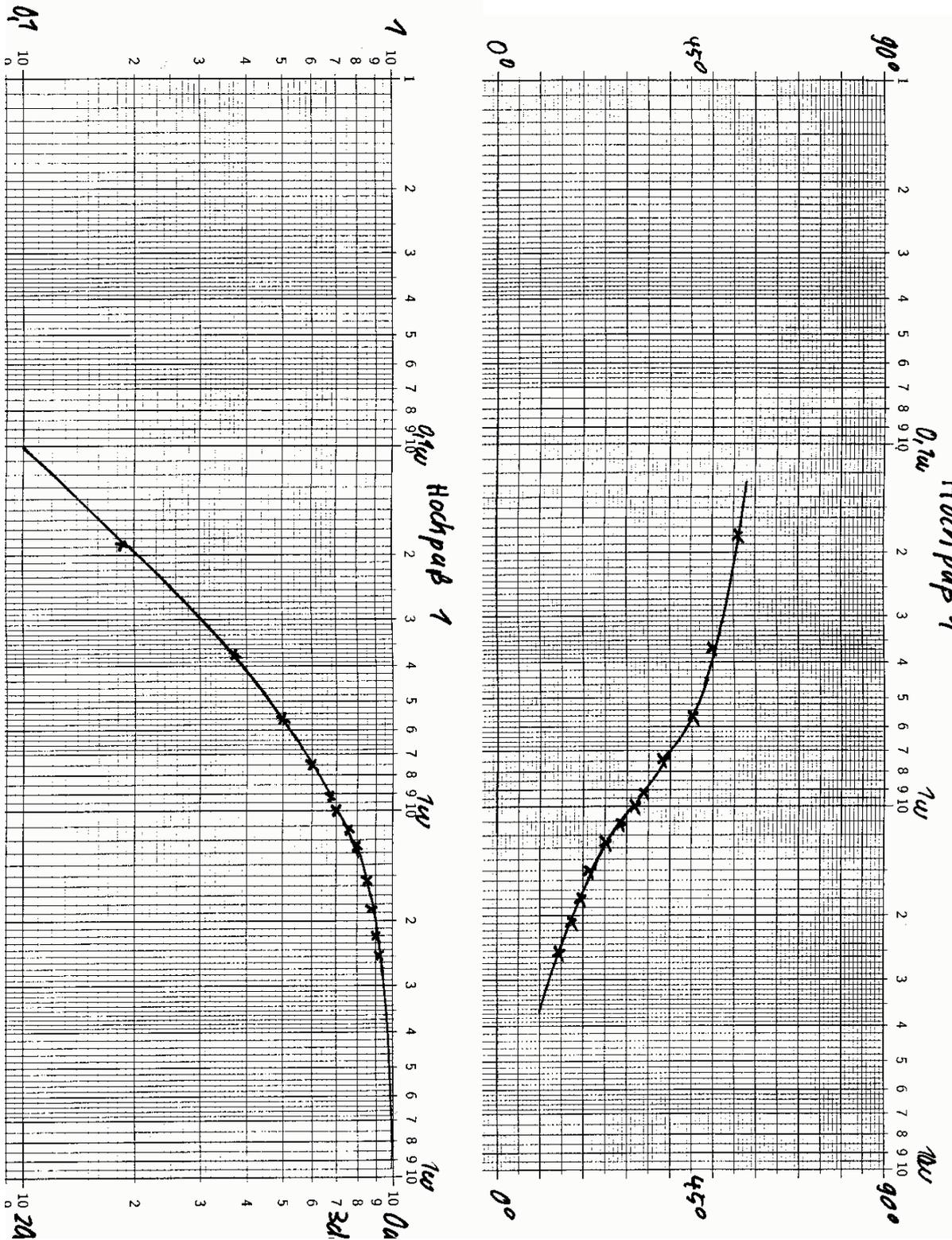
4. Bei welchen Frequenzen beträgt die Ausgangsspannung 1/10 der Eingangsspannung

Da wir teilweise nicht genügend Werte hierfür aufgenommen haben, ist es nötig die Kurve im Bodediagramm durch Geradenstücke anzunähern. So kann man die Frequenzen bei denen das Verhältnis 1/10 beträgt aus dem Bodediagramm bestimmen. Dabei ergeben sich für den

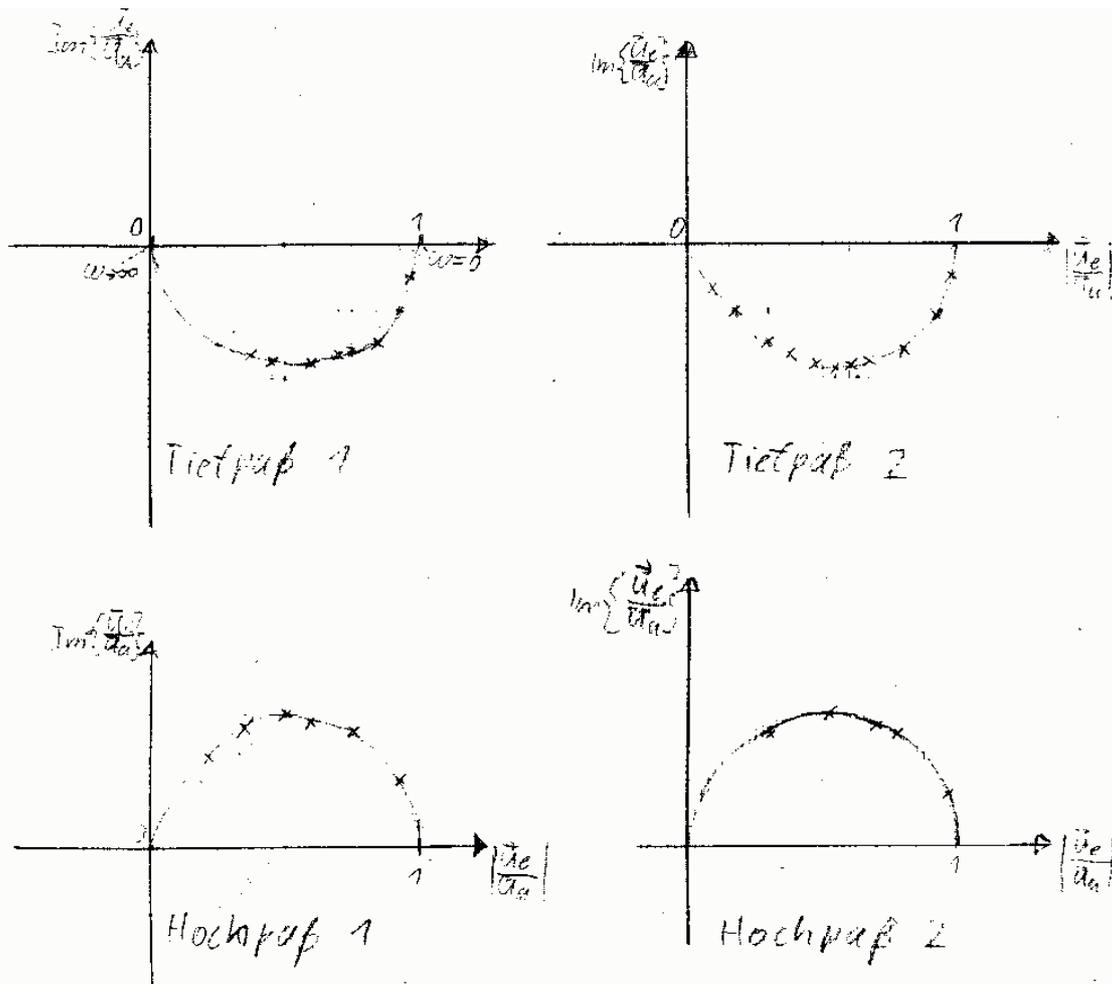
- | | |
|-------------|-----------------------|
| 1. Tiefpass | Bodediagramm zu klein |
| 2. Tiefpass | 1680 Hz |
| 1. Hochpass | 160 Hz |
| 2. Hochpass | 16 Hz |



2. Tiefpassschaltung



1. Hochpassschaltung



Ortskurven