

Praktikum Informationsverarbeitung

WS 22/23



BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik
und Theoretische Nachrichtentechnik

Betreuer: Adrian Bauer, bauer@uni-wuppertal.de
Xiaoman He, x.he@uni-wuppertal.de

Bedingungen zur Teilnahme am Praktikum

Bearbeitung der Aufgaben

Zur Bearbeitung der Praktikumsaufgaben müssen **Gruppen von zwei bis drei Studierenden** gebildet werden. Die Gruppeneinteilung erfolgt über den moodle-Kurs.

Zur Bearbeitung der Aufgaben muss mindestens ein Labortermin pro Gruppe vereinbart werden. Dies erfolgt ebenfalls über moodle.

Während der Labortermine besteht Anwesenheitspflicht für alle Gruppenmitglieder. Bringen Sie deshalb Ihren Studierendenausweis mit.

Die Vorbereitungsaufgaben sind vor dem Labortermin zu bearbeiten und zum Labortermin mitzubringen. Der folgende Textabschnitt zur Einführung in die Laborumgebung muss sorgfältig gelesen und verstanden werden. Die Praktikumsbetreuer werden das dort beschriebene Wissen zu Beginn des Labortermins abfragen. **Unvorbereitete Studierende können von der Teilnahme am Praktikum ausgeschlossen werden.**

Abgabe einer Ausarbeitung

Jeder Studierende muss eine selbst formulierte Ausarbeitung anfertigen und abgeben.

Die Abgabe erfolgt im Praktikumsbereich des moodle-Kurses in Form eines PDF-Dokuments. Bevorzugt werden dabei mit L^AT_EX angefertigte Ausarbeitungen.

Diagramme und Messwerte in den Ausarbeitungen dürfen innerhalb einer Gruppe gleich sein, nicht aber die Formulierung der Antworten.

Alle Aufgabenpunkte, die mit „Auswertung“ gekennzeichnet sind, können während des Labortermins ignoriert werden. Die anderen Aufgabenpunkte sind während des Präsenztermins im Labor durchzuführen.

Außerdem müssen die für die Aufgaben relevanten Messwerte, die Bilder vom Breadboard, die Oszilloskopbilder, sowie sämtliche Berechnungen im Bericht festgehalten werden. Der gesamte Vorbereitungsteil (siehe Unterabschnitt 1.1) ist ebenfalls Teil des Berichts.

Das Dokument muss aussagekräftige Diagramme beinhalten. Diese können entweder per Hand gezeichnet und als Scan eingefügt werden oder per Software erstellt werden.

Die Abgabe muss spätestens zwei Wochen vor Ihrem Prüfungstermin erfolgt sein!

Innerhalb einer Woche erhalten Sie eine Rückmeldung darüber, ob Sie bestanden haben oder ob noch Korrekturbedarf besteht. Jedem Studierenden wird **genau ein Korrekturversuch** bei einer mangelhaften Ausarbeitung gewährt.

Die korrigierte Version muss dann **innerhalb von einer Woche** bei den Betreuern eingegangen sein. Vor Ihrem Prüfungstermin erhalten Sie die Rückmeldung darüber, ob Sie das Praktikum bestanden haben.

Beachten Sie, dass ein bestandenes Praktikum die Voraussetzung zur Prüfungsteilnahme ist.

Eine kopierte Ausarbeitung ist ein Plagiat und führt dazu, dass das Praktikum in diesem Semester als nicht bestanden gilt und im kommenden Semester wiederholt werden muss.

Mit der Abgabe einer Ausarbeitung nehmen Sie die oben stehenden Hinweise automatisch zur Kenntnis und akzeptieren diese.

Einführung in Laborumgebung

Im Praktikum werden zwei Laborgeräte benutzt: Der Funktionsgenerator und das Oszilloskop. In dieser Einführung wird die Bedienung dieser beiden Geräte erläutert. Alle benötigte Geräte, Adapter, Breadboard sowie Kabel sind vor Ort vorbereitet.

Funktionsgenerator

Der Funktionsgenerator wird zur Erzeugung von sinusförmigen Spannungen verwendet. Im Labor steht ein Agilent 33120A zur Verfügung (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Funktionsgenerator

Die Spannungsquelle im Funktionsgenerator hat einen 50Ω Innenwiderstand. Der Funktionsgenerator kann deshalb durch das Ersatzschaltbild in Abbildung 2 beschrieben werden.

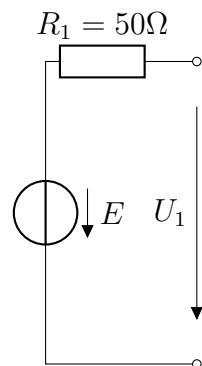


Abbildung 2: Ersatzschaltbild des Funktionsgenerators

Zum Einschalten des Funktionsgenerators wird der Knopf 'Power' auf der linken Seite gedrückt. Nachdem der Funktionsgenerator eingeschaltet ist, wird standardmäßig ein

Sinus-Signal mit der Frequenz 1kHz und der Amplitude 100mVPP erzeugt. Die Amplitude muss einmalig auf 1VPP geändert werden. Drücken Sie dazu den Knopf 'Ampl'. Drehen Sie nun den großen Knopf oben rechts im Uhrzeigersinn, bis die Amplitude auf '1.0Vpp' steht.

Als nächstes wird die Einstellung der Frequenz beschrieben. Drücken Sie den 'Freq' Knopf und drehen Sie den großen Knopf oben rechts, um die Frequenz zu ändern. Verwenden Sie die Pfeiltasten '<' und '>', um die Dezimalstelle auszuwählen, die Sie ändern möchten.

Das Ausgangssignal liegt am Anschluss 'OUTPUT' an. Dieser Anschluss wird später mithilfe eines Kabels mit dem Breadboard verbunden.

Der 'SYNC'-Ausgang wird ebenfalls im Praktikum verwendet. Er wird später direkt mit dem Oszilloskop verbunden und dient zur Synchronisation von Funktionsgenerator und Oszilloskop.

Oszilloskop

Mit dem Oszilloskop können Spannungsverläufe über der Zeit dargestellt werden. Im Praktikum wird das Modell Rhode & Schwarz RTB2002 verwendet (siehe Abbildung 3). Die für das Praktikum benötigte Bedienung wird hier erklärt.



Abbildung 3: Oszilloskop nach dem Einschalten

Unten rechts am Gerät befinden sich insgesamt drei Anschlüsse. Die Anschlüsse 'CH1' und 'CH2' sind die beiden Eingangskanäle. Hier werden später die Spannungen angelegt, die mit dem Oszilloskop dargestellt werden sollen.

Zum Einschalten des Oszilloskops wird der Knopf unten links gedrückt. Danach fährt das Gerät einige Sekunden lang hoch. Wenn an beiden Eingangskanälen kein Signal anliegt, sieht das Display wie in Abbildung 4 aus.

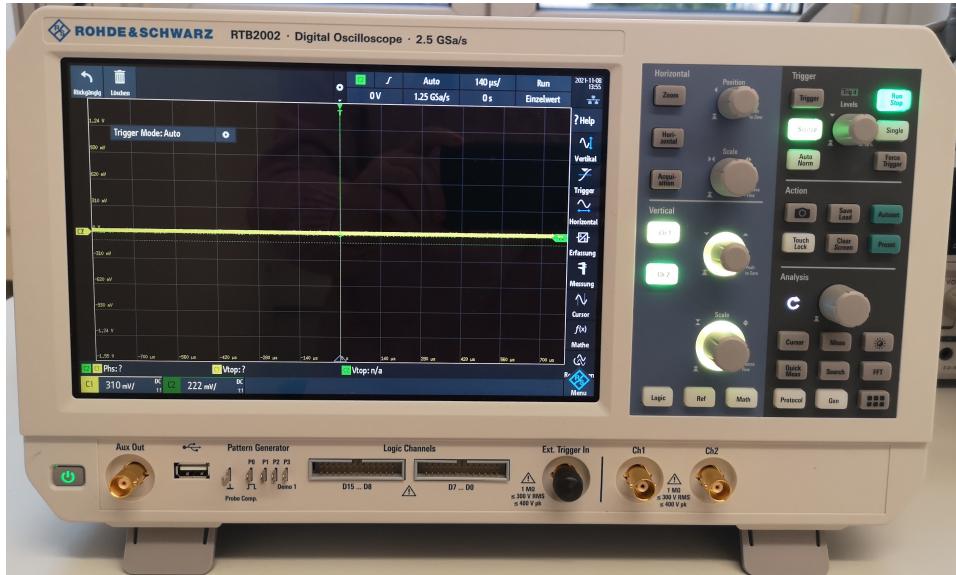


Abbildung 4: Oszilloskop ohne Eingangssignal

Die horizontale Achse (x-Achse) des Displays ist immer die Zeitachse. Die vertikale Achse (y-Achse) ist immer die Spannungsachse. Die gelbe Linie zeigt das Signal von Kanal 1 ('CH1'). Das Signal von Kanal 2 ('CH2') wird in der Farbe grün gezeigt. Da im abgebildeten Fall keine Signale anliegen und die Amplituden somit 0V betragen, werden beide Kanäle als horizontale Linie dargestellt.

Falls nur einer der beiden Kanäle benötigt wird, kann der Andere durch ein langes drücken der zugehörigen Kanaltaste im 'Vertical'-Bedienfeld deaktiviert bzw. wieder aktiviert werden. Welcher Kanal aktuell aktiv ist, können Sie dem Beleuchtungszustand der jeweiligen Kanaltaste entnehmen.

Tastkopf

Um Spannungsverläufe am Breadboard messen zu können, wird ein Tastkopf benötigt, der mit dem Oszilloskop verbunden ist. Der im Praktikum verwendete Tastkopf ist in Abbildung 5 dargestellt. Mit dem BNC-Stecker kann der Tastkopf direkt mit einem Eingangskanal des Oszilloskops verbunden werden.

Der Tastkopf selbst besteht aus einer Klemme mit kurzem Kabel und der Messspitze. Mithilfe der Klemme wird die Masseverbindung zwischen Oszilloskop und Breadboard hergestellt. Im Praktikum wird die Masseklemme immer mit der '-'-Steckleiste des Breadboards verbunden sein. Die Messspitze wird mit dem Knotenpunkt verbunden, von dem die Spannung zum Massepotential gemessen werden soll.

Am gelben Schieber kann optional ein Spannungsteiler mit dem Verhältnis 1 zu 10 eingestellt werden. Dieser wird im Praktikum nicht benötigt. Stellen Sie daher sicher, dass der Schieber auf '1' steht.



Abbildung 5: Tastkopf

Messung des Betrags

Um den Betrag einer sinusförmigen Spannung zu messen, muss das Oszilloskop so eingestellt werden, dass der Displaybereich optimal ausgenutzt wird. Das bedeutet, dass die Zeitachse so skaliert werden muss, dass mindestens eine Signalperiode vollständig dargestellt wird. Die Zeitachse wird mit dem 'Scale'-Knopf im 'Horizontal'-Bedienfeld eingestellt.

Die Spannungsachse muss so skaliert werden, dass die Amplitude möglichst die gesamte Höhe des Displays ausfüllt, ohne jedoch den Displaybereich zu verlassen. Dazu wird der 'Scale'-Knopf im 'Vertical'-Bedienfeld verwendet.

Wenn beide Einstellungen korrekt vorgenommen wurden, wird der Sinusverlauf optimal dargestellt (siehe die grüne Wellenform in Abbildung 6). Nun kann der Betrag unter Zuhilfenahme der Kästchen im Displayhintergrund abgelesen werden. Dazu muss zunächst die aktuelle Spannungsskalierung abgelesen werden. Diese wird im Display unten links für den jeweiligen Kanal angezeigt. Die virtuelle Einheit dieses Wertes ist $\frac{\text{Volt}}{\text{Kästchen}}$. In Abbildung 6 beträgt dieser Wert für beide Kanäle $200 \frac{\text{mV}}{\text{Kästchen}}$. Nun müssen die Kästchen ab der horizontalen 0V Linie bis zur Spitze des Signals gezählt werden. Für das grüne Signal in Abbildung 6 zählt man 4 volle Kästchen plus etwa 0.6 Kästchen. Multipliziert man nun die Zahl der Kästchen mit der zuvor abgelesenen Spannungsskalierung, erhält man den Betrag von ca. 920mV.

Messung der Periodendauer/Frequenz

Analog zur Messung des Betrags kann auch die Periodendauer des Signals gemessen werden. Hierzu wird nicht wie zuvor die Spannungsachse, sondern die Zeitachse betrachtet. Die aktuelle Skalierung der Zeitachse in $\frac{\text{Sekunden}}{\text{Kästchen}}$ kann oben rechts im Display abgelesen werden. Im Beispiel von Abbildung 6 liegt eine Zeitskalierung von $500 \frac{\mu\text{s}}{\text{Kästchen}}$ vor. Um die Periodendauer zu bestimmen, werden die horizontalen Kästchen gezählt, in der eine

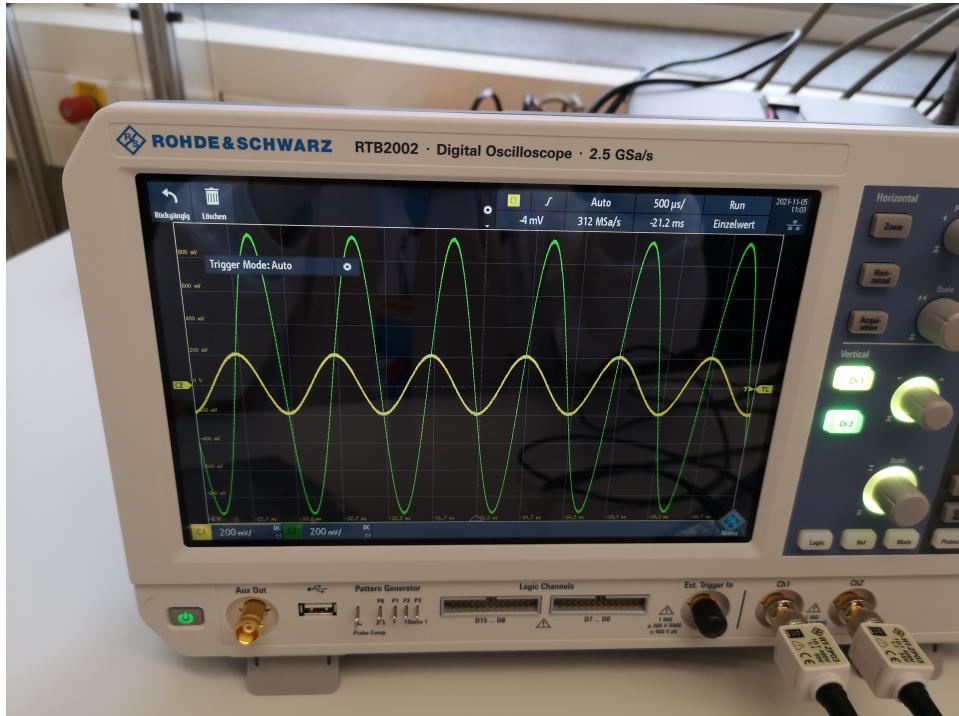


Abbildung 6: Oszilloskop im Betrieb

Sinusperiode vollständig ist. Dies ist für das grüne Signal nach 2 Kästchen der Fall, die Periodendauer beträgt also 1ms, was einer Frequenz von 1kHz entspricht.

Bildschirmfoto

Die dargestellten Spannungsverläufe können über den frontseitigen USB-Anschluss direkt auf einem USB-Stick gespeichert werden. Drücken Sie dazu im 'Action'-Bedienfeld den Foto Knopf.

Für den Bericht reicht es aus, für die Darstellung von Spannungsverläufen diese Bildschirmfotos zu verwenden.

Breadboard

Mit dem Breadboard können die Schaltungen aus den Aufgaben aufgebaut werden. Das in diesem Praktikum verwendete Breadboard ist in Abbildung 7 dargestellt.

Die rote und schwarze Anschlussklemme wird mit einer Spannungsquelle verbunden. Der rote Anschluss ist mit einem Kabel mit der '+'-Steckleiste verbunden und der Schwarze mit der '-'-Steckleiste. Diese Verbindung bleibt während des gesamten Praktikums unverändert.

Die Verbindungen der einzelnen Stecklöcher sind in Abbildung 7 grün markiert. Ihnen stehen außerdem 8 Stekkabel zur Verfügung, mit denen zusätzliche Verbindungen auf dem Breadboard hergestellt werden können.

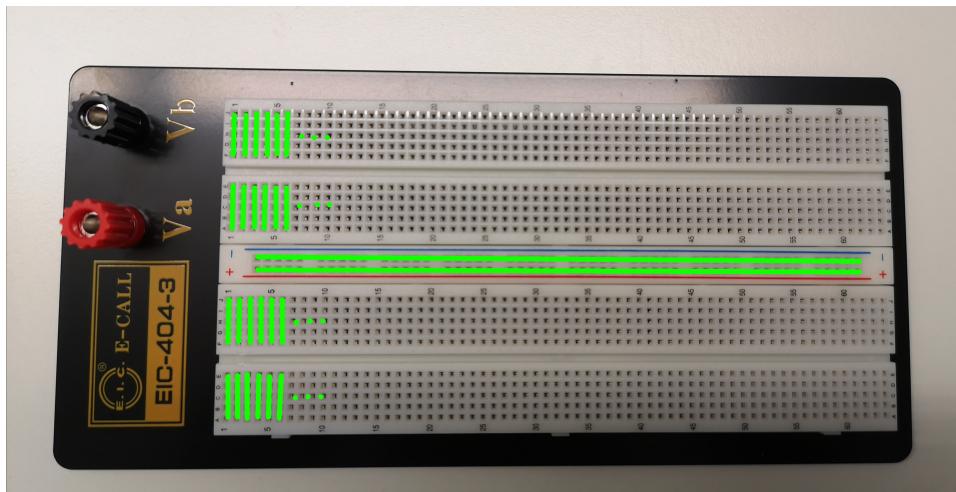


Abbildung 7: Breadboard mit Verbindungen in Grün

Verfügbare Bauteile

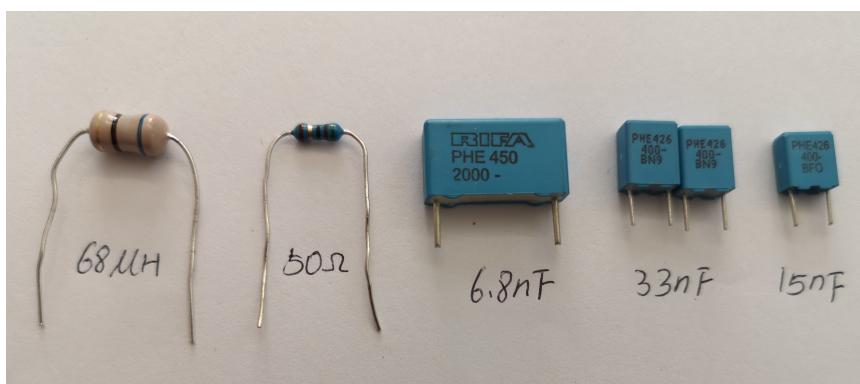


Abbildung 8: Verfügbare Bauteile

Nützliche Hilfsmittel

Bitte bringen Sie pro Praktikumsgruppe einen USB-Stick zum Labortermin mit, damit Sie Bildschirmfotos vom Oszilloskop machen können. Der Stick muss im FAT32-Format formatiert sein, damit das Oszilloskop ihn erkennt.

Zusätzlich ist ein Taschenrechner hilfreich, idealerweise mit Unterstützung für komplexe Zahlen. So können Sie während des Labortermins bereits Teile der Auswertung bearbeiten.

Es gibt 2 Aufgaben in dem Praktikum. Jede Aufgabe besteht aus einem Vorbereitungsteil und einem Praxisteil. Die Vorbereitungsaufgaben müssen vor dem Praktikumstermin fertig bearbeitet und zum Praktikum mitgebracht werden.

Die bearbeiteten Aufgaben der Vorbereitungsteile müssen Teil Ihres Praktikumsberichts sein.

Aufgabe 1

Gegeben ist ein Zweitor mit Speisung am Eingang.

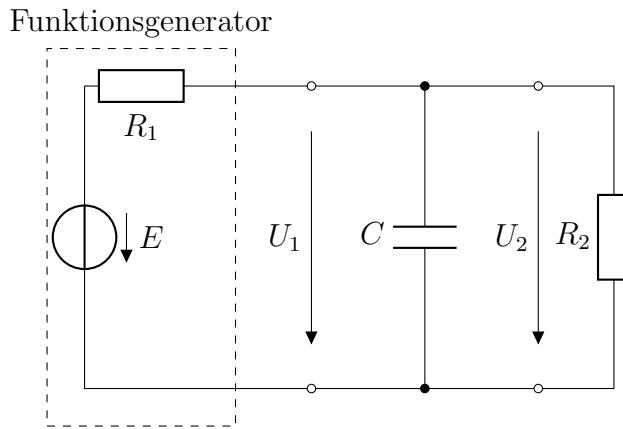


Abbildung 9: Zweitor mit Speisung am Eingang

Es gilt: $R_1 = R_2 = R = 50\Omega$, $|E| = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 1V$.

1.1 Vorbereitungsteil

1. Bestimmen Sie P_{\max} .
2. Bestimmen Sie $S_{21}(j\omega)$.
3. Bestimmen Sie $|S_{21}(j\omega)|^2$ und $A_{\text{dB}}(\omega)$.
4. Zeichnen Sie $A_{\text{dB}}(\omega)$ qualitativ.
5. Handelt es sich um ein Hochpass- oder ein Tiefpassfilter? Begründen Sie Ihre Antwort.
6. Bestimmen Sie C in Abhängigkeit von der Durchlasskreisfrequenz ω_g und dem Rippel im Durchlassbereich A_D . Nutzen Sie dazu den Ansatz $A_{\text{dB}}(\omega_g) = A_D$.

7. Bestimmen Sie den Wert von C für $f_g = 100\text{kHz}$ und $A_D = 0,28\text{dB}$. Runden Sie Ihr Ergebnis auf den nächsten in der E6-Bauteilreihe¹ verfügbaren Wert.

1.2 Praxisteil

1. Schalten Sie den Funktionsgenerator aus und das Oszilloskop ein.
2. Drücken Sie den Knopf 'Save Load' auf dem Oszilloskop und wählen Sie die Option 'Einstellungen/Set Up' aus. Stellen Sie das Oszilloskop auf den Modus 'Werkseinstellungen/Factory Default' ein.
3. Bauen Sie die Schaltung aus Abbildung 9 auf dem Breadboard auf.
4. Verbinden Sie den Signalausgang des Funktionsgenerators ('OUTPUT') mit dem roten und schwarzen Anschluss des Breadboards.
5. Schließen Sie einen Tastkopf an Kanal 1 des Oszilloskops an.
6. Verbinden Sie den Masseanschluss des Tastkopfs über ein Steckkabel mit der '-- Leiste des Breadboards. Verbinden Sie die Messspitze so, dass Sie die Spannung U_2 messen.
7. Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard. Und fügen Sie es dem Bericht bei.
8. Schalten Sie den Funktionsgenerator ein und stellen Sie die Amplitude auf 1VPP (entspricht Scheitelwert). Stellen Sie die Frequenz auf 100kHz.
9. Stellen Sie die Zeit- und Spannungsskalierung am Oszilloskop so ein, dass Sie die Amplitude und die Periodendauer des Signals möglichst genau ablesen können.
10. Notieren Sie die abgelesene Amplitude und die Periodendauer. Machen Sie ein Bildschirmfoto des Oszilloskops.
11. **Auswertung:** Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise bei der Einstellung des Oszilloskops.
12. **Auswertung:** Zeichnen Sie die abgelesene Amplitude und die Periodendauer gut sichtbar in Ihrer Abbildung ein. Berechnen Sie die Frequenz f aus der Periodendauer.
13. Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 1 aufgelisteten Frequenzen f .
14. **Auswertung:** Rechnen Sie die gemessenen Beträge von U_2 in Werte der Transmittanz $|S_{21}(j\omega)|$ um.

¹Sie können dazu beispielsweise den Onlinerechner unter https://elektro.turanis.de/html/tools/calc_eseries.html verwenden.

f in kHz	10	50	90	100	150	170	180	200	300	500	1000	2000
------------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Tabelle 1: Einzustellende Frequenzen

15. **Auswertung:** Rechnen Sie die Werte von $|S_{21}(j\omega)|$ in Werte der Betriebsdämpfung $A_{dB}(\omega)$ um.
16. **Auswertung:** Stellen Sie die Werte von $A_{dB}(\omega)$ in einem Diagramm über der Frequenz dar. Verwenden Sie eine logarithmisch (Zehnerlogarithmus) skalierte Frequenzachse. Kennzeichnen Sie die einzelnen Datenpunkte und verbinden Sie diese anschließend mit einer glatt verlaufenden Linie.
17. **Auswertung:** Vergleichen Sie die Darstellung mit dem im Vorbereitungsteil skizzierten Verlauf von $A_{dB}(\omega)$.

Aufgabe 2

2.1 Vorbereitungsteil

1. Entwerfen Sie ein Cauer Tiefpassfilter dritter Ordnung gemäß der aus Vorlesung und Übung bekannten Vorgehensweise. Folgende Anforderungen sind gegeben: $\Omega_S \leq 2$, $a_S \geq 28\text{dB}$, $R_1 = R_2 = 50\Omega$. Verwenden Sie die Filtertabellen aus dem moodle-Kurs.
2. Welche Filterkatalognummer und welches Θ haben Sie gewählt, welches r_1, r_2 ?
3. Das Filter wird am Eingang mittels Funktionsgenerator gespeist. Zeichnen Sie den Schaltplan des gewählten Filters inklusive der hier verwendeten Eingangs- und Ausgangsbeschaltung. Verwenden Sie die Bauweise mit möglichst wenigen Spulen.
4. Nun sei weiterhin gegeben: $f_S = 200\text{kHz}$. Berechnen Sie die erforderlichen Bauteilwerte des Filters.
5. Runden Sie die Bauteilwerte auf die nächsten in der E6-Bauteilreihe verfügbaren Werte.
6. Rechnen Sie die normierte Unendlichkeitsstelle $\Omega_{\infty 2}$ und Nullstelle Ω_{02} in die zugehörigen Frequenzen $f_{\infty 2}$ und f_{02} um.

2.2 Praxisteil

1. Bauen Sie die im Vorbereitungsteil dimensionierte Schaltung auf dem Breadboard auf.
2. Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard und fügen Sie es dem Bericht bei.
3. Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 2 aufgelisteten Frequenzen f .

f in kHz	10	50	90	100	150	170	180	200	300	500	1000	2000
------------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Tabelle 2: Einzustellende Frequenzen

4. Messen Sie den Betrag von U_2 an der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$ und Nullstelle f_{02} .
5. **Auswertung:** Rechnen Sie die gemessenen Beträge von U_2 in Werte der Transmittanz $|S_{21}(j\omega)|$ um.
6. **Auswertung:** Rechnen Sie die Werte von $|S_{21}(j\omega)|$ in Werte der Betriebsdämpfung $A_{\text{dB}}(\omega)$ um.

7. **Auswertung:** Stellen Sie die Werte von $A_{\text{dB}}(\omega)$ zusammen mit den Werten von $A_{\text{dB}}(\omega)$ aus Aufgabe 1 in einem Diagramm über der Frequenz dar. Verwenden Sie eine logarithmisch (Zehnerlogarithmus) skalierte Frequenzachse. Kennzeichnen Sie die einzelnen Datenpunkte und verbinden Sie diese anschließend mit einer glatt verlaufenden Linie pro Verlauf. Kennzeichnen Sie außerdem die Frequenzen $f_{\infty 2}$ und f_{02} .
8. **Auswertung:** Vergleichen Sie die beiden Verläufe von $A_{\text{dB}}(\omega)$ von den zwei Aufgaben. Gehen Sie insbesondere auf das Verhalten für kleine und große Frequenzen, Unterschiede im Durchlass- und Sperrbereich, sowie die Steilheit der Verläufe ein. Erklären Sie, wodurch diese Unterschiede entstehen.
9. **Auswertung:** Vergleichen Sie den Verlauf von $A_{\text{dB}}(\omega)$ mit dem Dämpfungsverlauf von dem Filterkatalog an der Nullstelle f_{02} und der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$. Beschreiben Sie die Unterschiede und erläutern Sie die möglichen Gründe dafür.
10. **Auswertung:** Werden die Anforderungen an den Filterentwurf in der Praxis erfüllt? Bestimmen Sie die tatsächlichen Werte von a_S und Ω_S aus Ihren Messwerten und vergleichen Sie diese mit den Anforderungen. Erklären Sie die Ursachen für mögliche Abweichungen.
11. Bauen Sie das Tiefpassfilter zu einem Hochpassfilter mit gleicher Ordnung und gleichem Typ (Cauer) um. Verwenden Sie die selben Bauteile. Die Bauteilwerte sind nicht relevant. Machen Sie ein Kamerabild vom Aufbau auf dem Breadboard und fügen Sie es dem Bericht bei.
12. **Auswertung:** Begründen Sie Ihr Vorgehen beim vorherigen Aufgabenteil. Geben Sie die Schaltung und den allgemeingültigen Dämpfungsverlauf des Hochpassfilters an.