



Elektrische Messtechnik, Labor

Messbrücken und Leistungsmessung

Studienassistentin/Studienassistent	Gruppe	Datum	Note

Nachname, Vorname	Matrikelnummer	Email

Beachten Sie bitte: In gezeichneten Diagrammen sind die Kurvenverläufe und Achsen zu beschriften. Bei Formeln und Schaltungsskizzen müssen alle vorkommenden Größen benannt und beschrieben werden.

Teil I

Gleichstrommessbrücke

1 Berechnung der Brückenwiderstände aus den Geräteparametern

1.1 Aufgabenstellung

Schätzen Sie vorerst die Größenordnung des unbekanntes Widerstands R_1 mit einem Multi- meter ab und verwenden Sie anschließend diese Abschätzung zur Berechnung der maximal zulässigen Hilfsspannung $U_{H,max}$, wenn der Widerstand mit maximal 250 mW Verlustleistung abführen kann. Stellen Sie für die folgenden Messungen einen Wert für U_H ein, welcher deutlich unter dem Maximum liegt.

Bestimmen Sie mit Hilfe der Geräteparameter $\Delta U_{0,min}$ des Nullinstrumentes, den kleinsten ΔR des Abgleichwiderstandes R_4 , den Wert der Brückenwiderstände R_2 und R_3 sowie den Wert des Abgleichwiderstandes R_4 . Verwenden Sie hierfür die Widerstandsverhältnisse $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{2}, \frac{1}{1}, \frac{2}{1}$.

1.2 Schaltung

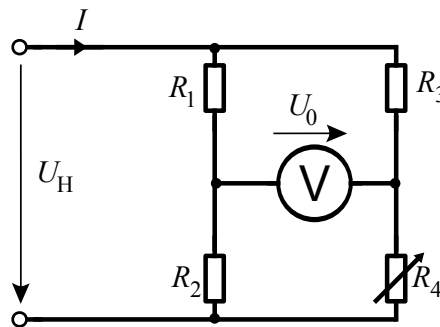


Abbildung 1: Wheatstone-Brücke.

1.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 1: Eingestellte, gemessene und berechnete Werte.

Abgelesen		Geschätzt	Vorgabe			Berechnet				
$U_{0,min}$	$\Delta R_{4,min}$	R_1	U_H	$\frac{R_2}{R_1}$	P_{max}	$U_{H,max}$	$\frac{R_3}{R_4}$	R_2	R_4	R_3
mV	Ω	k Ω	V	1	W	V	1	Ω	Ω	Ω

1.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung der maximal zulässigen Hilfsspannung $U_{H,\max}$

Berechnung des Widerstandsverhältnisses $\frac{R_3}{R_4}$

Berechnung des Widerstands R_2

Berechnung des Widerstands R_4

Berechnung des Widerstands R_3

1.5 Geräteverzeichnis

Tabelle 2: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Multimeter		
Abgleichwiderstand		
Spannungsquelle		

1.6 Anmerkungen und Diskussion

2 Bestimmung des Widerstandes im Abgleichverfahren

2.1 Aufgabenstellung

Gleichen Sie die Brücke mit den in Abschnitt 1 berechneten Werten ab und berechnen Sie den Widerstand R_1 . Stellen Sie dabei R_3 so ein, dass er dem errechneten Wert möglichst nahe kommt. Korrigieren Sie anschließend den berechneten Wert für R_1 von den Zuleitungswiderständen R_Z . Diese können mit jeweils 0.2Ω angenommen werden.

2.2 Schaltung

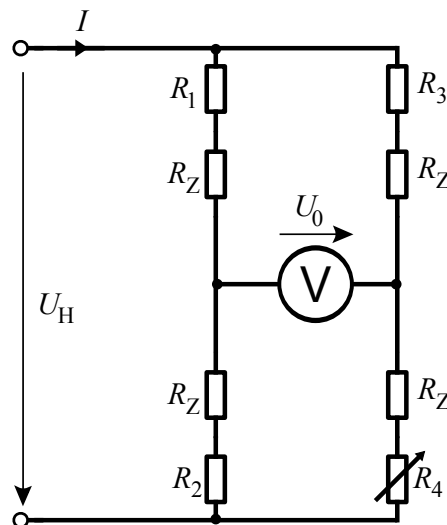


Abbildung 2: Wheatstone-Brücke mit Berücksichtigung der Leitungswiderstände R_Z .

2.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 3: Eingestellte, gemessene und berechnete Werte. (Aus zeitlichen Gründen kann U_0 in Tabelle 4 gleich mitbestimmt werden.)

Messung	Eingestellt				Berechnet	
	$\frac{R_2}{R_1}$	R_2	R_3	R_4	R_1	$R_{1,\text{kor.}}$
-	1	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
1						
2						
3						

2.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung von R_1 bei abgeglicherer Brücke

Berechnung des korrigierten $R_{1,\text{korr.}}$ bei abgeglicherer Brücke

2.5 Geräteverzeichnis

Gleich wie in Abschnitt 1.5.

2.6 Anmerkungen und Diskussion

3 Bestimmung der Empfindlichkeit

3.1 Aufgabenstellung

Die Empfindlichkeit der abgeglichenen Brücke soll messtechnisch bestimmt werden. Erweitern Sie dazu den Widerstand R_1 um einen zusätzlichen Widerstand ΔR_1 im Bereich von $5\ \Omega$ bis $10\ \Omega$ für die drei Messungen in Tabelle 3. Berechnen Sie anschließend aus der Diagonalspannung U_0 die Empfindlichkeit und aus dieser wiederum die kleinste erfassbare relative Widerstandsänderung ϵ . Bestimmen Sie mit diesem Ergebnis die kleinste erfassbare absolute Widerstandsänderung $\Delta R_{1,\min}$.

3.2 Schaltung

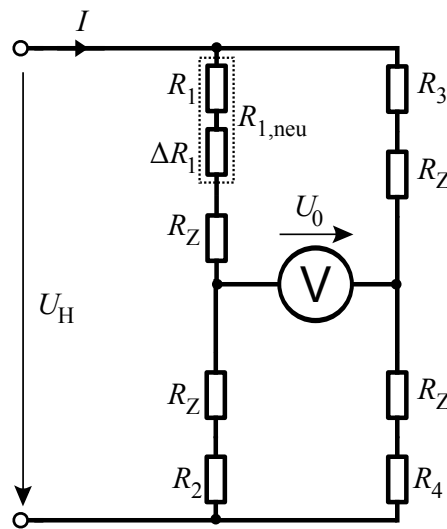


Abbildung 3: Wheatstone-Brücke zur Ermittlung der Empfindlichkeit.

3.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 4: Eingestellte, gemessene und berechnete Werte.

Messung	Eingestellt				Gemessen	Berechnet		
	R_2	R_3	R_4	ΔR_1	U_0	E	ϵ	$\Delta R_{1,\min}$
-	Ω	Ω	Ω	Ω	mV	V	%	Ω
1								
2								
3								

3.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung der Empfindlichkeit E

Berechnung der kleinsten relativen Widerstandsänderung ϵ

Berechnung der kleinsten absoluten Widerstandsänderung $\Delta R_{1,\min}$

3.5 Geräteverzeichnis

Zusätzlich zu den Geräten aus Abschnitt 1.5:

Tabelle 5: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Voltmeter		

3.6 Anmerkungen und Diskussion

4 Messung der Linearität im Ausschlagverfahren

4.1 Aufgabenstellung

Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen einer Widerstandsänderung von R_2 und der Veränderung von U_0 messtechnisch als auch rechnerisch. Gleichen Sie dafür die Brücke für $R_2 = R_3 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ mit dem Widerstand R_1 ab. Messen Sie anschließend die Spannung U_0 für alle verfügbaren Werte von R_2 im Bereich von 100Ω bis $10\,000 \Omega$. Berechnen Sie U_0 für **eine** Messung auch aus den Brückendaten und vergleichen Sie das Ergebnis mit der Messung.

Stellen Sie den Zusammenhang $U_0 = f(R_2)$ aus den Messdaten graphisch dar, wobei der Widerstand auf der Abszisse und die Spannung auf der Ordinate aufgetragen werden. Zeichnen Sie zusätzlich die Tangente im Abgleichpunkt ein.

4.2 Schaltung

Gleich wie in Abbildung 1, nur erfolgt der Abgleich mit R_1 und der Widerstand R_2 wird verändert.

4.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 6: Eingestellte, gemessene und berechnete Werte.

Eingestellt				Gemessen	Berechnet
R_1	R_2	R_3	R_4	U_0	$U_{0,\text{ber}}$
Ω	Ω	Ω	Ω	V	V

4.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung von U_0 aus den Brückendaten

4.5 Diagramme

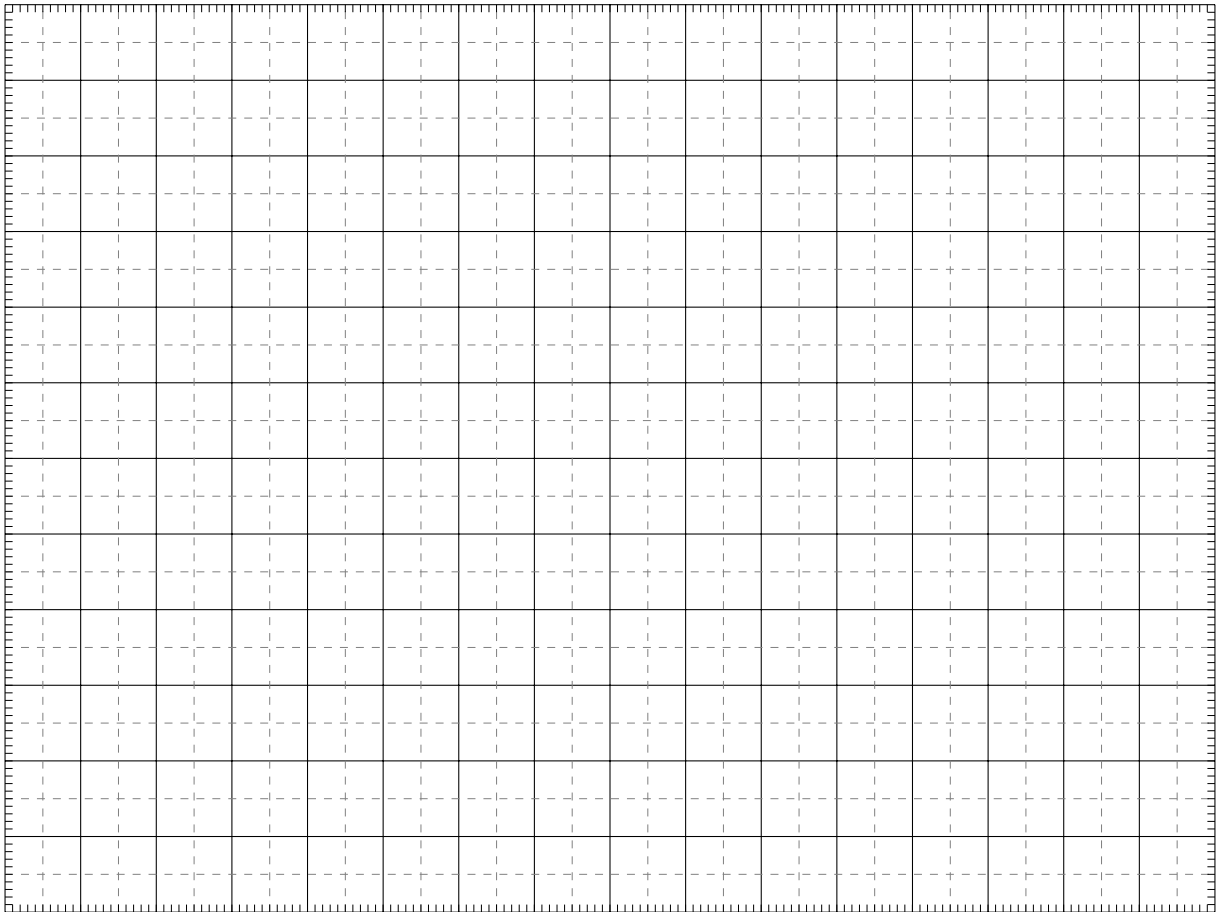


Abbildung 4: Verlauf der Spannung U_0 als Funktion des Widerstandes R_2 mit der Tangente im Abgleichpunkt.

4.6 Geräteverzeichnis

Siehe Tabelle 5.

4.7 Anmerkungen und Diskussion

Teil II

Wechselstrommessbrücke

5 Messung an Kondensatoren

5.1 Aufgabenstellung

Leiten Sie die Abgleichbedingung für eine Wien-Brücke zur Bestimmung einer RC-Parallelschaltung ab. Setzen Sie dabei die Abgleichimpedanz Z_2 ebenfalls als Parallelschaltung an. Verwenden Sie ein Oszilloskop als Nullindikator.

Verlegen Sie den Abgleichwiderstand an die Position von R_3 und führen Sie den Abgleich erneut durch (Abgleichkondensator C_2 und Abgleichwiderstand R_3). Für die zweite Abgleichmethode soll ein schematisches Zeigerdiagramm erstellt werden.

5.2 Schaltung

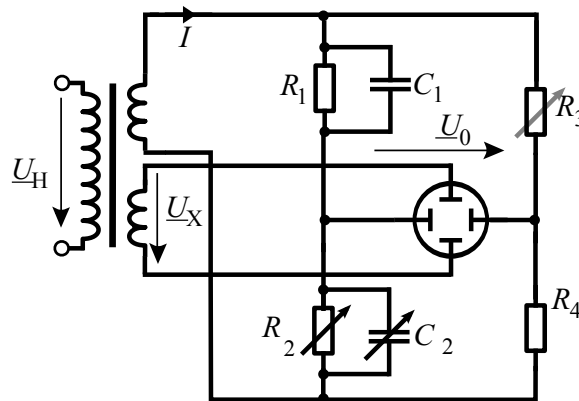


Abbildung 5: Wien-Brücke mit den Abgleichelementen C_2 und R_2 für die erste Abgleichmethode und C_2 und R_3 für die zweite Abgleichmethode.

5.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 7: Daten der eingestellten Hilfsspannung U_H .

Eingestellt		
Signalform	f	$U_{H,SS}$
–	Hz	V

Tabelle 8: Eingestellte, gemessene und berechnete Werte der Brücke beim Abgleich mit verschiedenen Elementen.

Abgleich- elemente	Eingestellt				Berechnet	
	C_2 nF	R_2 k Ω	R_3 k Ω	R_4 k Ω	C_1 nF	R_1 Ω
C_2 und R_2			2.2	2.2		
C_2 und R_3		2.2		2.2		

5.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Abgleichbedingung

5.5 Diagramme

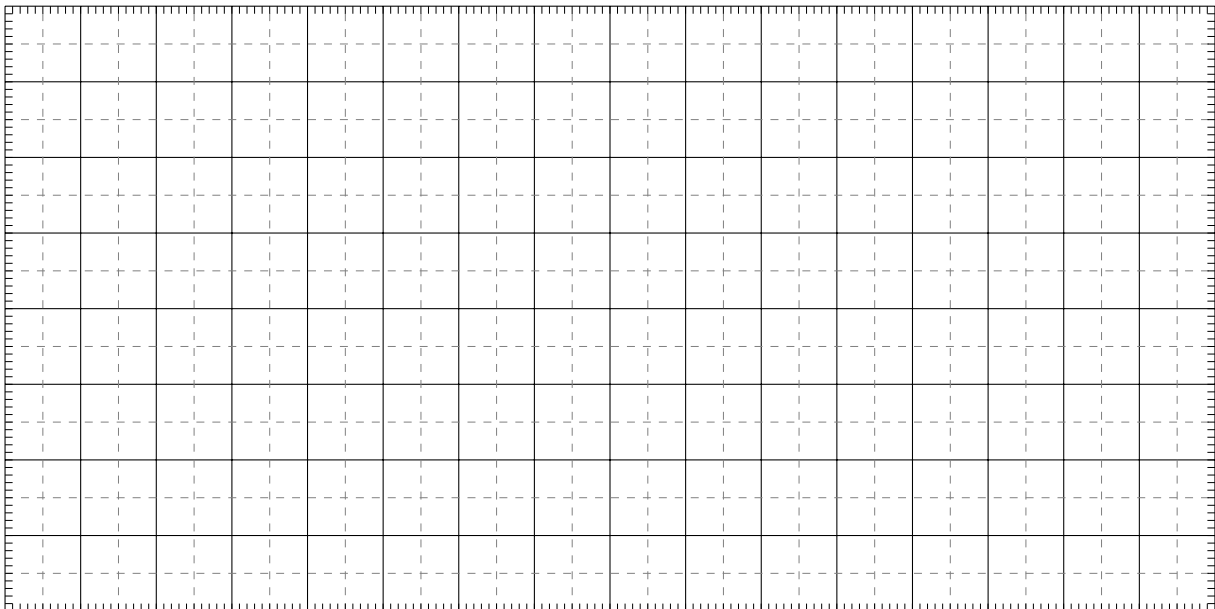


Abbildung 6: Zeigerdiagramm für den Abgleich mit R_3 .

5.6 Geräteverzeichnis


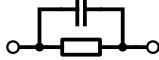


Tabelle 9: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Funktionsgenerator		
Oszilloskop		

5.7 Anmerkungen und Diskussion

Erklären Sie wie mit einem Multimeter und einer Spannungsquelle bestimmt werden kann, ob eine unbekannte Impedanz ohmsch-kapazitiv oder -induktiv ist. Füllen Sie dazu Tabelle 10 aus.

Tabelle 10: Mögliche Grundsaltungen und deren Impedanz bei AC und DC.

				
$ Z $ bei DC				
$ Z $ bei AC verglichen mit $ Z $ bei DC				

Allgemeine Bemerkungen/Kommentare:

6 Frequenzmessung

6.1 Aufgabenstellung

Unter Verwendung eines Stereopotentiometers soll eine Wien–Robinson–Brücke zur Frequenzmessung aufgebaut werden. Nach Abgleich der Brücke bei einer Frequenz von ca. 200 Hz, soll anschließend der Frequenzgang der Ausgangsspannung für einen Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 2 kHz bestimmt werden.

6.2 Schaltung

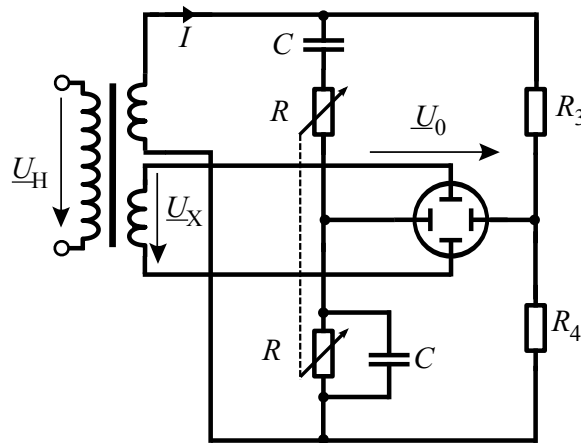


Abbildung 7: Robison-Brücke mit dem Stereopotentiometer.

6.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 11: Eingestellte und gemessene Werte für den Abgleich der Robinson-Brücke.

Eingestellt				Gemessen
C	R_3	R_4	f	U_0
nF	k Ω	k Ω	Hz	mV
330	10			

Tabelle 12: Messwerte des Frequenzganges der Robinson-Brücke.

Eingestellt	Gemessen	Eingestellt	Gemessen	Eingestellt	Gemessen
f	U_0	f	U_0	f	U_0
Hz	mV	Hz	mV	Hz	mV

6.4 Diagramme

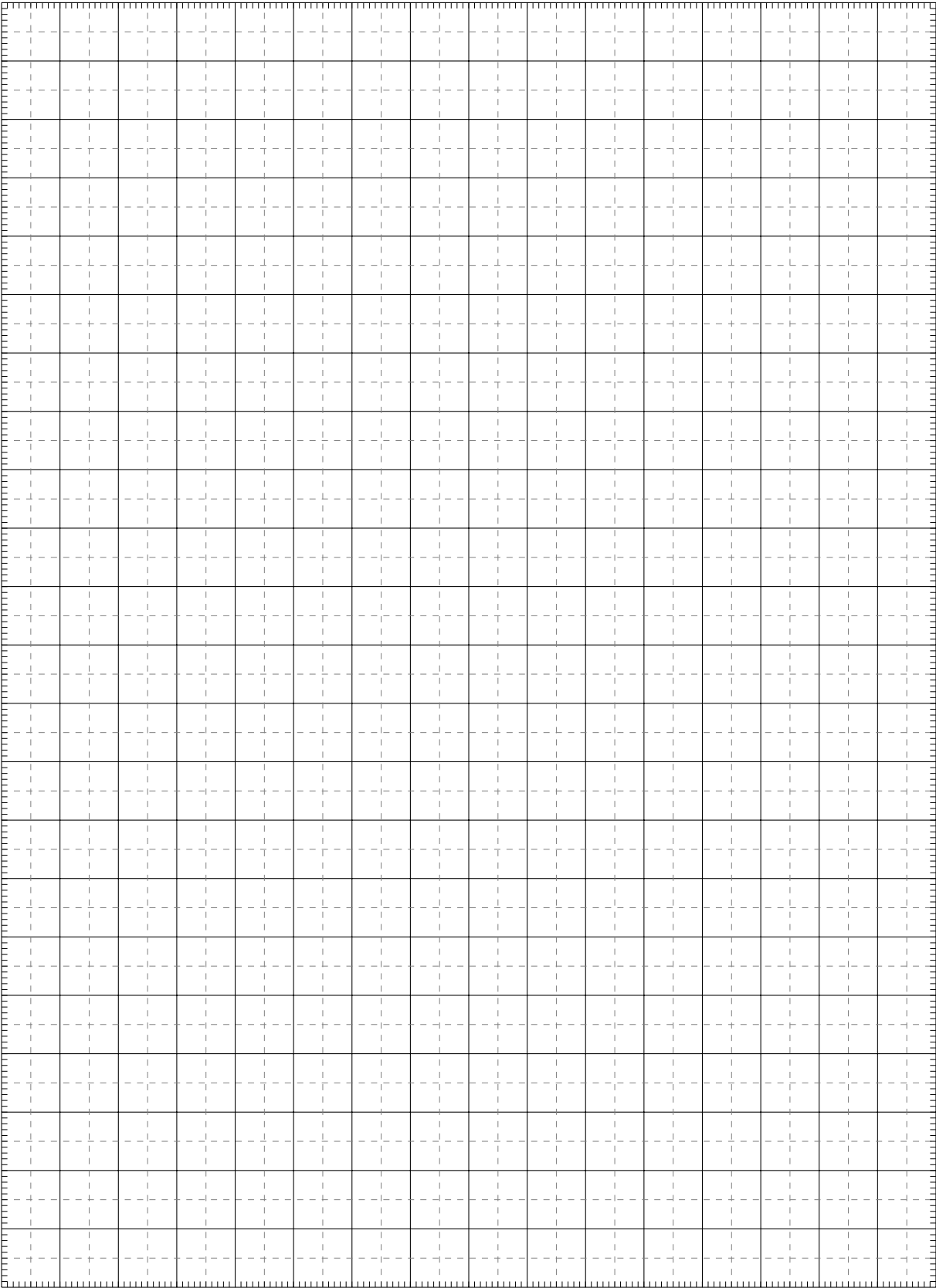


Abbildung 8: Frequenzgang der Robinson-Brücke.

6.5 Geräteverzeichnis

Tabelle 13: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Funktionsgenerator		
Voltmeter		

6.6 Anmerkungen und Diskussion

Teil III

Leistungsmessung

7.1 Aufgabenstellung

Von einem Verbraucher sind die Wirk- und Scheinleistung sowie der Leistungsfaktor zu bestimmen. Die maximal zulässigen Messbereiche der verwendeten Geräte sind zu beachten! Das Leistungsdreieck für die Stufe *Kalt* ist zu zeichnen.

7.2 Schaltung

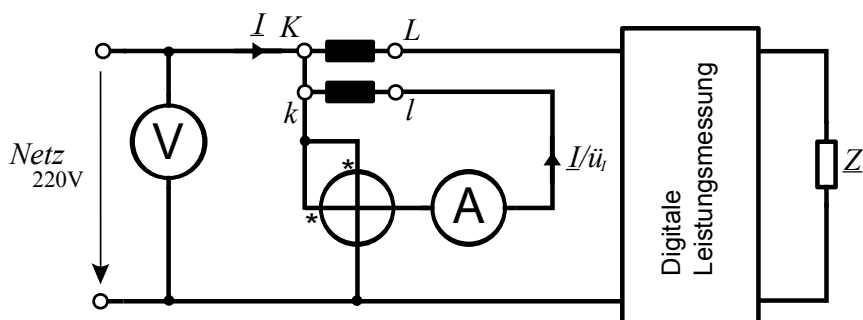


Abbildung 9: Leistungsmessung an einem Verbraucher.

7.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 14: Eingestellte, gemessene und berechnete Werte der analogen Leistungsmessung bei den Heizstufen Kalt (K), Warm I (W I) und Warm II (W II).

	Eingestellt			Gemessen			Berechnet				
	\ddot{u}_i	U_N	I_N	U	I	α	c_w	S	P	Q	$\cos(\varphi)$
-	1	V	A	V	A	Skt	$\frac{W}{Skt}$	VA	W	var	1
K											
W I											
W II											

Tabelle 15: Gemessene Leistungen des digitalen Messgeräts bei den Heizstufen Kalt (K), Warm I (W I) und Warm II (W II).

Eingestellt	Gemessen			
Stufe	S_{dig}	P_{dig}	Q_{dig}	$\cos(\varphi)_{\text{dig}}$
-	VA	W	var	1
K				
W I				
W II				

7.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung der Wattmeterkonstante

Berechnung der Wirkleistung

Berechnung der Scheinleistung

Berechnung der Blindleistung

Berechnung des Leistungsfaktors

7.5 Diagramme

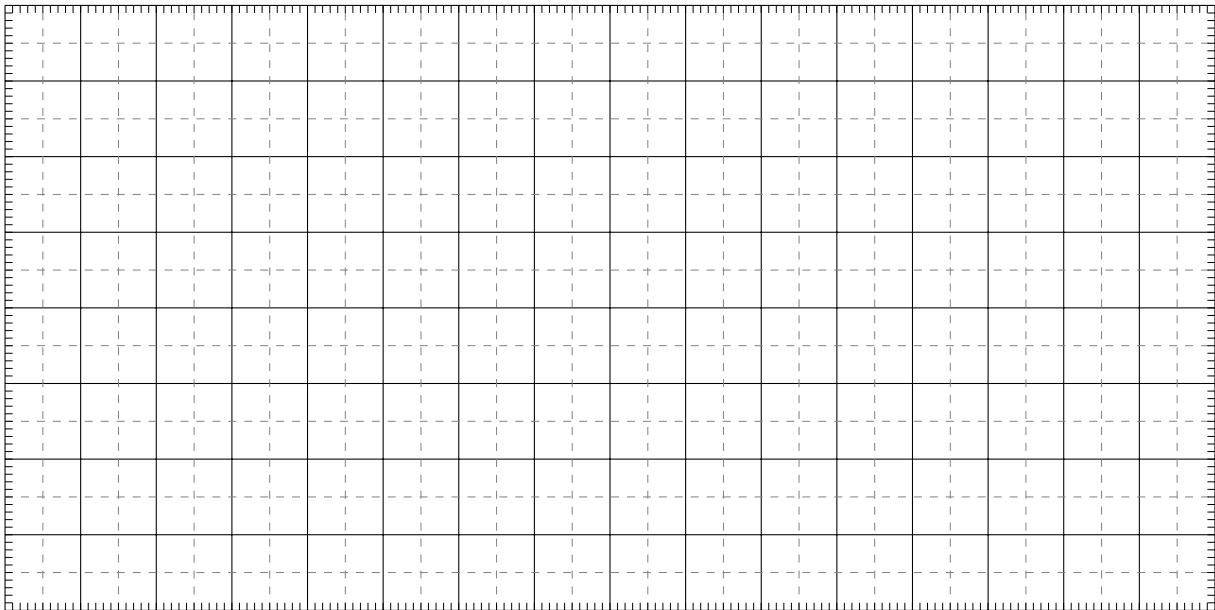


Abbildung 10: Zeigerdiagramm für den Betriebsmodus *Kalt* des Verbrauchers.

7.6 Geräteverzeichnis

Tabelle 16: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Verbraucher		
Stromwandler		
Wattmeter		
Amperemeter		
Voltmeter		
dig. Wattmeter		

7.7 Anmerkungen und Diskussion

Teil IV

Messunsicherheit

8 Systematische Messabweichungen

8.1 Aufgabenstellung

Ein unbekannter ohmscher Widerstand ist durch Verwendung einer geeigneten Messschaltung zu bestimmen. Die Unsicherheit des Widerstandswertes ist mittels Fehlerfortpflanzung zu berechnen.

8.2 Schaltung

(Strom- oder spannungsrichtige Schaltung zeichnen!)

Abbildung 11: Messschaltung für die Widerstandsbestimmung.

8.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 17: Innenwiderstand bei verschiedenen Betriebsmodi der Multimeter für den relevanten Messbereich.

Messgerät 1:		Messgerät 2:	
$R_{i,V}$	$R_{i,A}$	$R_{i,V}$	$R_{i,A}$
$k\Omega$	Ω	$k\Omega$	Ω

Tabelle 18: Festlegung der Gerätefunktion (Amperemeter/Voltmeter) in strom- und spannungsrichtiger Schaltung.

	stromrichtige Schaltung	spannungsrichtige Schaltung
Messgerät 1:		
Messgerät 2:		

Tabelle 19: Messabweichung der Messgeräte.

Gerät	Messabweichung
Amperemeter:	
Voltmeter:	

Tabelle 20: Messung des Widerstands.

Eingestellt	Gemessen		Berechnet			
	U	I	ΔU	ΔI	R	ΔR
V	V	A	V	A	Ω	Ω

8.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

ΔU und ΔI aus den Datenblättern

ΔR mittels Fehlerfortpflanzung

8.5 Geräteverzeichnis

Tabelle 21: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Multimeter 1		
Multimeter 2		

8.6 Anmerkungen und Diskussion

9 Statistische Messabweichungen

9.1 Aufgabenstellung

Ein weiterer ohmscher Widerstand ist zu bestimmen. Dabei sind von jeder Person der Gruppe zwei Messungen bei verschiedenen Werten der Versorgungsspannung. Anschließend ist diese Messreihe statistisch auszuwerten. Geben Sie die Vertrauensbereiche für ein Vertrauensniveau von 99.5 % an.

9.2 Schaltung

Gleiche wie in Abbildung 11.

9.3 Messwerte und Tabellen

Tabelle 22: Messung des Widerstands bei verschiedenen Eingangsspannungen U_H .

Eingestellt	Gemessen		Berechnet	Eingestellt	Gemessen		Berechnet
U_H	U	I	R	U_H	U	I	R
V	V	mA	Ω	V	V	mA	Ω

9.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung des Widerstands R

Mittelwertbildung der Messwerte

Berechnung der Standardabweichung

Berechnung des Vertrauensbereiches und Angabe des Widerstands samt Vertrauensbereich

9.5 Geräteverzeichnis

Gleich wie in Tabelle 21.

9.6 Anmerkungen und Diskussion