



seit 1558

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Physikalisch-Astronomische Fakultät

SS 2008

Protokollbuch

Messtechnikpraktikum

Erstellt von: Christian Vetter (89114)
Christian.Vetter@Uni-Jena.de

Helena Kämmer (92376)
HelenaKaemmer@web.de

Betreuer: A. Steppke

Erstellt am: 19. April 2008
letzte Änderung: 20. Juni 2008

Messung elektrischer Größen

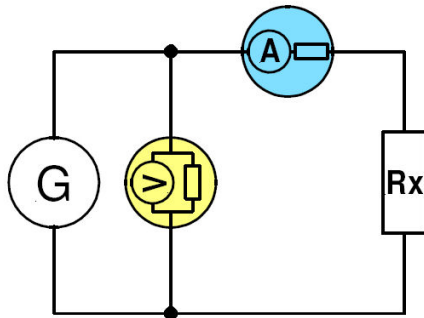
22. April 2008

I. Aufgabenstellung

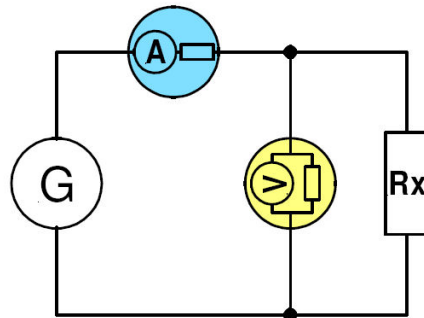
Aufgabe 1:

- Bestimmen zweier Widerstände ($R_1 = 100\Omega$ und $R_2 = 100k\Omega$)

Mit stromrichtiger Schaltung



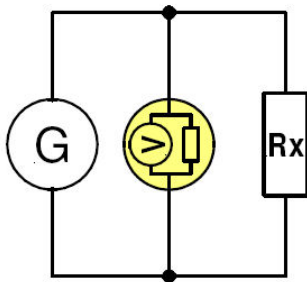
Mit spannungsrichtiger Schaltung



- Als Gleichspannungsquelle **HM 8040** verwenden.
- Zur Strom- und Spannungsmessung **HM 8011** und **Handmultimeter** verwenden.
- Vergleichswert mit **RLC-Messbrücke** aufnehmen.
- **Schlussfolgerungen** über Innenwiderstände der Strom- und Spannungsmessgeräte machen.

Aufgabe 2:

- **Frequenzverhalten** von Spannungsmessgeräten bestimmen.

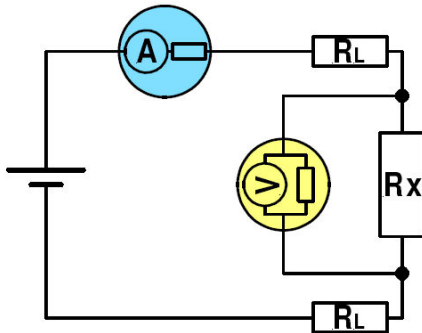


- Als Widerstand ist $R = 1\text{k}\Omega$ zu verwenden.
- zu bestimmen Messgeräte: **Oszilloskop; Röhrenvoltmeter; Digitalvoltmeter.**
- Frequenzbereich von $f = 5\text{Hz}$ bis 3MHz aufnehmen.
- Ergebnisse **grafisch darstellen** und **diskutieren!**

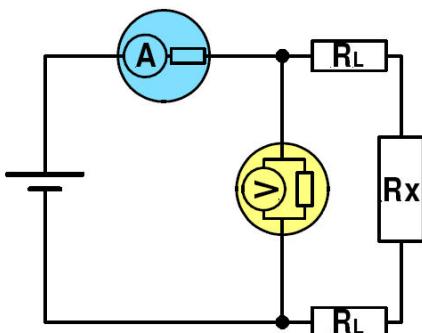
Aufgabe 3:

- Bestimmen zweier Widerstände ($R_1 = 1\Omega$ und $R_2 = 1\text{k}\Omega$)

Mit **Vier-Punkt-Schaltung**



Mit **Zwei-Punkt-Schaltung**



- R_L wird durch die „Aufhängung“ des Widerstandes simuliert.
- Ergebnisse **grafisch darstellen** und **quantitativ diskutieren.**

II. Messwerte

Aufgabe 1:

$$R_1 = 100\Omega$$

$$\text{mit Messbrücke: } R_1 = 99.80\Omega$$

Stromrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,00	3,00	4,00	5,01	10,00	15,00
Strom [mA]	14,3	19,1	28,5	38,4	48,0	95,9	144,1

Spannungsrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,00	3,00	4,00	5,06	10,05	15,2
Strom [mA]	15,05	19,85	30,01	40,1	50,6	100,5	152,8

$$R_2 = 1k\Omega$$

$$\text{mit Messbrücke: } R_2 = 1,011k\Omega$$

Stromrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,00	3,00	4,00	5,01	10,00	15,00	20,00
Strom [mA]	1,47	1,94	2,92	3,90	4,88	9,79	14,64	19,54

Spannungsrichtig:

Spannung [V]	1,52	2,05	3,03	4,02	5,03	10,03	15,00	20,07
Strom [mA]	1,49	2,00	2,97	3,93	4,93	9,84	14,41	19,69

$$R_3 = 100k\Omega$$

$$\text{mit Messbrücke: } R_2 = 101,3k\Omega$$

Stromrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,03	3,00	4,03	5,00	10,07	15,02	20,03
Strom [μ A]	14,7	19,8	29,4	39,5	49,1	98,7	147,2	196,5

Spannungsrichtig:

Spannung [V]	1,53	2,05	3,02	4,05	5,03	10,01	15,15	20,03
Strom [μ A]	15,1	20,0	29,9	40,2	49,9	99,3	150,4	200,0

Aufgabe 2:

Frequenz [Hz]	5	11	50	100	200	500	2000	5000
Oszilloskop	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Digitalmultimeter	1,95	2,0	2,02	2,02	2,02	2,01	2,01	2,01
Röhrenvoltmeter	2,4	2,1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,0

Frequenz [kHz]	10	35	45	50	80	100	500
Oszilloskop	2,0			2,0		2,0	2,0
Digitalmultimeter	2,01	1,99	1,97	1,96	1,87	1,79	0,2
Röhrenvoltmeter	2,0			2,0		2,0	2,0

Frequenz [kHz]	1600	2000	2600	3000
Oszilloskop				1,95
Digitalmultimeter		0,012		0,01
Röhrenvoltmeter	1,95	1,9	1,85	1,8

Aufgabe 3:

$$R_1 = 1\Omega$$

mit Messbrücke: $R_1 = 1,53\Omega$ (schwankend)

Zwei-Punkt-Messung:

Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,20	0,34	0,45	0,60	0,74
Strom [mA]	59	118	197	264	345

Vier-Punkt-Messung:

Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,076	0,16	0,25	0,33	0,41
Strom [mA]	62	138	210	278	338

$$R_2 = 1k\Omega$$

mit Messbrücke: $R_1 = 1,01k\Omega$

Zwei-Punkt-Messung:

Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,52	1,01	1,43	1,94	2,45
Strom [mA]	0,5	0,96	1,4	1,9	2,33

Vier-Punkt-Messung:

Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,52	1,02	1,47	2,03	2,49
Strom [mA]	0,49	0,99	1,45	1,93	2,47

III. Auswertung**Aufgabe 1:**

$$R_1 = 100\Omega$$

mit Messbrücke: $R_1 = 99.80\Omega$

Stromrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,00	3,00	4,00	5,01	10,00	15,00
Strom [mA]	14,3	19,1	28,5	38,4	48,0	95,9	144,1
Widerstand [Ω]	105,6	104,7	105,3	104,2	104,4	104,3	104,1

Mittelwert: $R = (104,6 \pm 0,6)\Omega$

Spannungsrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,00	3,00	4,00	5,06	10,05	15,2
Strom [mA]	15,05	19,85	30,01	40,1	50,6	100,5	152,8
Widerstand [Ω]	100,3	100,8	100,0	99,8	100,0	100,0	99,5

Mittelwert: $R = (100,0 \pm 0,4)\Omega$

$$R_2 = 1k\Omega$$

$$\text{mit Messbrücke: } R_2 = 1,011k\Omega$$

Stromrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,00	3,00	4,00	5,01	10,00	15,00	20,00
Strom [mA]	1,47	1,94	2,92	3,90	4,88	9,79	14,64	19,54
Widerstand [$k\Omega$]	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02

$$\text{Mittelwert: } R = (1,03 \pm 0,003) k\Omega$$

Spannungsrichtig:

Spannung [V]	1,52	2,05	3,03	4,02	5,03	10,03	15,00	20,07
Strom [mA]	1,49	2,00	2,97	3,93	4,93	9,84	14,41	19,69
Widerstand [Ω]	1,02	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,04	1,02

$$\text{Mittelwert: } R = (1,02 \pm 0,01) k\Omega$$

$$R_3 = 100k\Omega$$

$$\text{mit Messbrücke: } R_3 = 101,3k\Omega$$

Stromrichtig:

Spannung [V]	1,51	2,03	3,00	4,03	5,00	10,07	15,02	20,03
Strom [μA]	14,7	19,8	29,4	39,5	49,1	98,7	147,2	192,5
Widerstand [$k\Omega$]	107,7	102,5	102,0	102,0	101,8	102,0	102,0	101,9

$$\text{Mittelwert: } R = (102,1 \pm 0,3) k\Omega$$

Spannungsrichtig:

Spannung [V]	1,53	2,05	3,02	4,05	5,03	10,01	15,15	20,03
Strom [μA]	15,1	20,0	29,9	40,2	49,9	99,3	150,4	200,0
Widerstand [$k\Omega$]	101,3	102,5	101,0	101,8	100,8	100,8	100,7	100,2

$$\text{Mittelwert: } R = (101,0 \pm 0,7) k\Omega$$

Die verschiedenen Versuchsaufbauten haben gezeigt, dass man je nach Größe des Widerstandes unterschiedliche Schaltungen verwenden sollte.

Bei kleinen Widerständen, wie 100Ω zeigt sich deutlich, dass eine stromrichtige Schaltung zur Verfälschung der Messwerte führt. Laut RLC-Messbrücke hatte der Widerstand eine Größe von $99,89\Omega$. Die stromrichtige Schaltung ergab jedoch $104,64\Omega$, was wesentlich stärker vom Kontrollwert abweicht als der gemessene Widerstand aus der spannungsrichtigen Schaltung mit $100,04\Omega$ (lediglich $0,15\Omega$ Unterschied).

Für größere Widerstände ist es günstiger eine stromrichtige Schaltung zu verwenden, da bei einem spannungsrichtigen Aufbau die Parallelschaltung aus Voltmeter (hoher Innenwiderstand) und großem Messwiderstand zu einem verhältnismäßig hohen Strom durch das Voltmeter führt und somit die Messung verfälscht wird.

Aus der Messung des $1,0k\Omega$ Widerstandes ergab sich kein großer Unterschied zwischen den Schaltungen. Die beiden Messergebnisse liegen leicht über dem Vergleichswert $1,001k\Omega$.

Auch bei $101,3k\Omega$ ergab unsere Messung keine starken Abweichungen zwischen spannungs- und stromrichtiger Schaltung. Mit $101,01k\Omega$ und $102,41k\Omega$ lie-

gen beide Werte verhältnismäßig nahe am Messbrückenwert. Dies lässt darauf schließen, dass das verwendete Amperemeter (VC230) wohl einen vergleichsweise geringen Innenwiderstand besitzt.

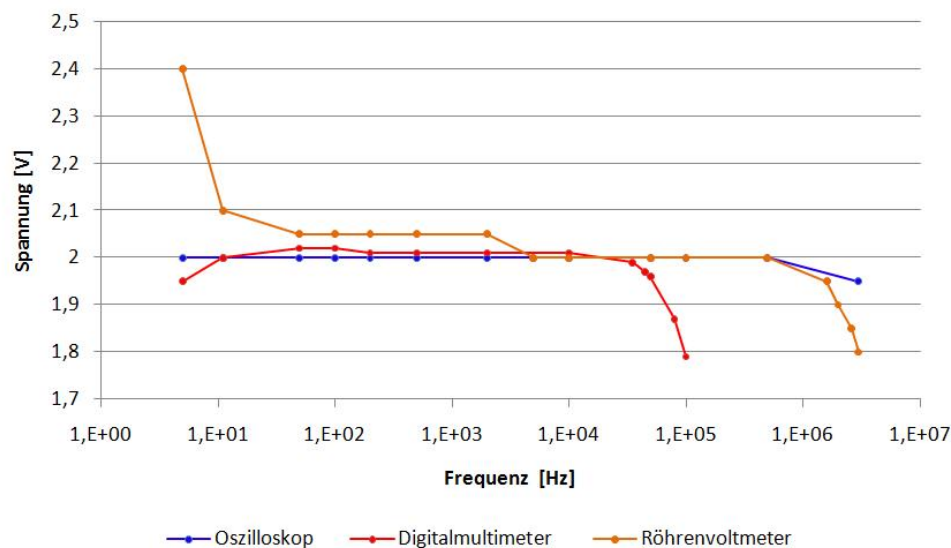
Aus der Messung ergibt sich, dass der Innenwiderstand von Spannungsmessgeräten groß sein sollte, damit möglichst der gesamte Strom zum Widerstand oder dem jeweilig verwendeten Bauteil fließt. Amperemeter hingegen sollten möglichst geringe Innenwiderstände haben, um zu gewährleisten, dass der Strom nahezu ungehindert passieren kann. Da es keine perfekten Messgeräte gibt sollte also je nach Aufgabenstellung darauf geachtet werden die bessere Schaltung zu verwenden.

Aufgabe 2:

Frequenz [Hz]	5	11	50	100	200	500	2000	5000
Oszilloskop	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Digitalmultimeter	1,95	2,0	2,02	2,02	2,02	2,01	2,01	2,01
Röhrenvoltmeter	2,4	2,1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,0

Frequenz [kHz]	10	35	45	50	80	100	500
Oszilloskop	2,0			2,0		2,0	2,0
Digitalmultimeter	2,01	1,99	1,97	1,96	1,87	1,79	0,2
Röhrenvoltmeter	2,0			2,0		2,0	2,0

Frequenz [kHz]	1600	2000	2600	3000
Oszilloskop				1,95
Digitalmultimeter		0,012		0,01
Röhrenvoltmeter	1,95	1,9	1,85	1,8



Bemerkung: Die Spannung wurde stets auf 2V eingestellt. Je nach Messgerät auf 2V Amplitude bzw. 2V Effektivwert.

Dieser Versuchsteil hat sehr schön gezeigt, wie unterschiedlich verschiedene Messgeräte auf Frequenzänderungen reagieren und dadurch die Ergebnisse beeinträchtigen.

Das Oszilloskop lieferte die besten Werte über das gesamte Frequenzspektrum. Im Vergleich dazu weicht das Digitalmultimeter bei hohen Frequenzen sehr stark ab. Ab ca. 100kHz kommt es zu einem Abfall der gemessenen Spannung. Erklärt werden kann dieser Effekt durch das sogenannte Abtasttheorem. Für große Frequenzen ist die Abtastfrequenz des Digitalmultimeters zu gering, so dass es zu keiner vollständigen Übertragung des Signals kommt und die Messwerte verfälscht werden. Bei sehr kleinen Frequenzen kommt es lediglich zu einer geringen Abweichung. Einen zu großen Spannungswert zeigt das Röhrenvoltmeter bei kleineren Frequenzen an. Das Gerät sollte zwischen 50Hz und 500kHz betrieben werden. Für größere Frequenzen kommt es ebenso zu einem absinken, wie beim Digitalmultimeter.

Aufgabe 3:

$$R_1 = 1\Omega$$

mit Messbrücke: $R_1 = 1,53\Omega$ (schwankend)

Zwei-Punkt-Messung:

Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,20	0,34	0,45	0,60	0,74
Strom [mA]	59	118	197	264	345
Widerstand [Ω]	3,38	2,89	2,28	2,27	2,14

Mittelwert: $R = (2,59 \pm 0,52)\Omega$

Vier-Punkt-Messung:

Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,076	0,16	0,25	0,33	0,41
Strom [mA]	62	138	210	278	338
Widerstand [Ω]	1,22	1,16	1,19	1,19	1,21

Mittelwert: $R = (1,19 \pm 0,02)\Omega$

$$R_2 = 1k\Omega$$

mit Messbrücke: $R_1 = 1,01k\Omega$

Zwei-Punkt-Messung:

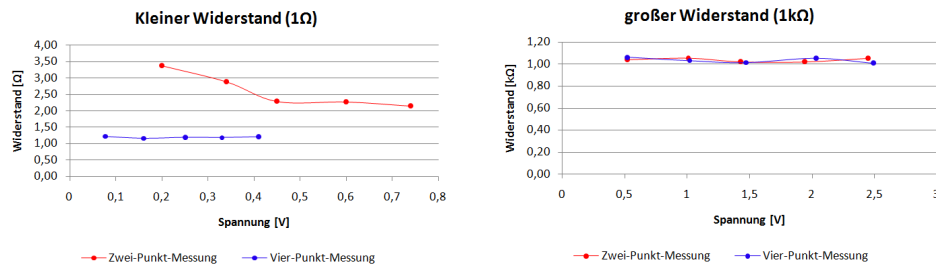
Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,52	1,01	1,43	1,94	2,33
Strom [mA]	0,5	0,96	1,4	1,9	2,33
Widerstand [$k\Omega$]	1,04	1,05	1,02	1,02	1,05

Mittelwert: $R = (1,04 \pm 0,02)k\Omega$

Vier-Punkt-Messung:

Spannung (Generator) [V]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Spannung (Am Widerstand) [V]	0,52	1,02	1,47	2,03	2,49
Strom [mA]	0,49	0,99	1,45	1,93	2,47
Widerstand [$k\Omega$]	1,06	1,03	1,01	1,05	1,01

Mittelwert: $R = (1,03 \pm 0,02)k\Omega$



Bei der Verwendung von Widerständen im Bereich von $1k\Omega$ sind die Kontaktierungswiderstände nicht ausschlaggebend, die aufgenommenen Kurven sind nahezu identisch. Sowohl bei der Zweipunkt-, als auch bei der Vierpunktschaltung ergab sich im Mittel ein Widerstand von $1,03k\Omega$, was unter Einbezug der Standardabweichung von $0,02k\Omega$ den Kontrollwert von $1,01k\Omega$ einschließt. Untersucht man jedoch kleine Widerstände, so kommt es zu erheblichen Abweichungen. Mit $1,19\Omega$ liegt die Vierpunktschaltung nah am Vergleichswert von $1,53\Omega$. Die Zweipunktschaltung liegt $1,06\Omega$ darüber, was deutlich stärker abweicht. Anhand des Graphen für den kleineren Widerstand sieht man besonders gut die nichtlinearität der Kontaktwiderstände bei der Zweipunktmessung (rote Kurve). Für steigende Spannung fällt der gemessene Widerstand ab und nähert sich etwas dem eigentlich zu messenden Wert, liefert trotz allem aber zu große Ergebnisse. Somit sind für kleine Widerstände Vierpunktschaltungen zu bevorzugen.