



UNIVERSITÄT REGENSBURG

Fakultät für Physik

Anleitung zum Anfängerpraktikum A2

0 - Vorversuch

26. überarbeitete Auflage 2022

Dr. Stephan Giglberger

Prof. Dr. Jascha Repp

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Lernziele	3
1.2	Vorkenntnisse	4
1.3	Literatur zum A2-Praktikum	4
2	Grundlagen	5
2.1	Bauelemente	5
2.2	Spannung und Strom	7
2.3	Messgeräte	9
2.4	Messbereiche, Multimeter	11
2.5	Wichtige Hinweise	12
2.6	Messfehler	13
3	Vorbereitende Fragen zum Versuch	14
4	Hinweise zu den Versuchsaufbauten	15
4.1	Multimeter VC250	16
4.2	Oszilloskop Siglent SDS1052DL+	17
4.3	Lineares Netzgerät (PS 1302D)	18
4.4	Getaktetes Labornetzgerät (VSP 1220)	19
4.5	Funktionsgenerator WG-1240	20
4.6	x-y-Schreiber SE 790	21
5	Aufgabenstellung	22

Vorversuch

1 Einleitung

Das zweite Anfängerpraktikum befasst sich inhaltlich mit der **Elektrizitätslehre**. Die inhaltliche Verbindung zwischen Praktikum und der Vorlesung Physik II ist nicht immer so eng wie im A1-Praktikum. Teilweise - insbesondere bei den ersten Versuchen - müssen Sie sich die theoretischen Grundlagen daher selbständig erarbeiten.

Sie arbeiten in diesem Semester mit einer Vielzahl von Geräten, die an Ihrem Arbeitsplatz auf dem Ablageboard in Augenhöhe stehen. Bitte lassen Sie diese Geräte genau da, wo sie stehen. Mit diesen Geräten werden die Praktikumsversuche des zweiten Semesters durchgeführt. Um Sie mit den Geräten vertraut zu machen, werden Ihnen einige dieser Geräte in dieser Anleitung vorgestellt. Der Bedienung des Oszilloskops ist ein eigener Versuch (V2) gewidmet.

Sollten Sie an einem Ihrer Geräte Funktionsstörungen beobachten, so sagen Sie bitte umgehend der Sie betreuenden Person Bescheid. Versuchen Sie keinesfalls, derartige Funktionsstörungen selbst zu beseitigen.

Falls Sie konstruktive Verbesserungsvorschläge - welcher Art auch immer - zum Praktikum haben, zögern Sie nicht uns zu kontaktieren.

1.1 Lernziele

- Sie werden mit den grundlegenden elektronischen Bauelementen vertraut.
- Sie werden mit grundlegenden elektronischen Messgeräten vertraut.
- Sie kennen die Bezeichnungen Effektivwert, Amplitude und Spitze-Spitze.
- Sie wissen, welche systematischen Fehler bei einer kombinierten Spannungs- und Strommessung auftreten.

1.2 Vorkenntnisse

1.3 Literatur zum A2-Praktikum

Einen Großteil der notwendigen Vorkenntnisse vermitteln Ihnen Vorlesung und Übungen. Oft wird aber auch zusätzliches Literaturstudium nötig sein. Sie sollten sich daran gewöhnen, Lehrbücher der Bibliothek zu benutzen. Viele Lehrbücher stehen in der Bibliothek auch als ebook zur Verfügung und können für die Dauer Ihres Studiums elektronisch genutzt werden. Grundlagen für die meisten Versuche finden Sie in Büchern der folgenden Literaturliste.

Diese Liste ist lediglich eine Buchempfehlung, Sie können selbstverständlich auch andere Bücher konsultieren und eigene Präferenzen entwickeln.

Literaturliste

... zu den physikalischen Grundlagen in den Versuchen

- Dransfeld, Kienle: Physik II (84/UC 174 D 764-2)
- Tipler: Physik (84/UC 194 T 595)
- Gerthsen: Physik (84/UC 156 G 384 (19))
- Berkeley Physik Kurs 2 (84/UC 162 B 512 D4-2)
- Lüscher: Experimentalphysik Band II (84/UC L 948)
- Bergmann-Schäfer: Experimentalphysik Band II (84/UC 143 B 499-2)

... spezifisch zu Praktika

- Walcher: Praktikum der Physik (84/UC 400 W 154)

... zu Elektronik

- Moeller et al.: Grundlagen der Elektrotechnik (84/UH 4000 M 693)
- Brophy: Basic electronics for scientists (84/ZN 3000 B 873)

... zu Fehlerrechnung

- Topping: Fehlerrechnung (84/UX 1100 T 675)

2 Grundlagen

2.1 Bauelemente

Im Laufe dieses Praktikums werden Sie mit unterschiedlichen elektronischen Bauelementen experimentieren. Die Wichtigsten sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden:

Widerstand		R in Ω (Ohm)	
Kondensator		C in F (Farad)	
Spule		L in H (Henry)	
Diode			
Voltmeter			
Amperemeter			
Relais			

Abbildung 1: Die wichtigsten elektronischen Bauelemente und Messgeräte, die Sie in Ihrem Praktikum benötigen, mit Schaltzeichen und Beispielfoto.

Farbcodierung der Widerstände

Widerstände (und viele Kondensatoren) bekommen aufgrund der kleinen Bauform ihren Wert nicht aufgedruckt, vielmehr ist ihr Wert durch Farbringe kodiert. Zu unterscheiden sind hierbei in erster Linie Standardwiderstände mit vier Ringen (sog. E24-Reihe) und Präzisionswiderstände mit fünf Ringen (sog. E96-Reihe). So hat beispielsweise ein Widerstand mit den Ringen rot-violett-gelb-gold

	Ziffern des Nennwiderstands			Multiplikator	Toleranz
	1. Ring	2. Ring	3. Ring		
schwarz	-	0	0	10^0	-
braun	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
rot	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
orange	3	3	3	10^3	-
gelb	4	4	4	10^4	-
grün	5	5	5	10^5	$\pm 0,5\%$
blau	6	6	6	10^6	$\pm 0,25\%$
violett	7	7	7	-	$\pm 0,1\%$
grau	8	8	8	-	-
weiß	9	9	9	-	-
silber	-	-	-	10^{-2}	$\pm 10\%$
gold	-	-	-	10^{-1}	$\pm 5\%$

Abbildung 2: Widerstandscodierung durch farbige Ringe.

den Wert $27 \cdot 10^4 \Omega$, also $270 \text{ k}\Omega$ bei $\pm 5\%$ Toleranz.

Bei Widerständen mit sechs Ringen gibt der letzte Ring einen Temperaturkoeffizienten an. Nicht farbringcodierte Widerstände haben einen Stempel gemäß RKM-Code: anstelle des Kommas steht „R“, „k“ oder „M“, z.B. $4,7 \Omega = 4R7$; $4,7 \text{ k}\Omega = 4k7$ etc. Das **Wendelpotentiometer** trägt eine Doppelwendel aus feinem Widerstandsdraht. Wegen der guten Linearität ist die Anzeige (0 - 1000) proportional zum Widerstand zwischen Anfang und Schleifer.

ACHTUNG: Das im Praktikum verwendete Potentiometer darf zwar als Ganzes mit $0,5 \text{ W}$ belastet werden, fließt jedoch der Strom nur durch einen Teil des Potentiometers, so darf auch lokal der maximale Strom nicht überschritten werden. Bei dem hier verwendeten Bauteil sind dies **7 mA**. Verwechselt man zum Beispiel die Anschlüsse und schließt die Spannungsquelle zwischen Schleifer und einem Ende an, so kann der Strom leicht überschritten werden. Seien Sie daher bitte vorsichtig beim Anschluss des Schleifers!

2.2 Spannung und Strom

Elektrische Spannung

Mit *elektrischer Spannung* U wird die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten (z.B. in einem elektrischen Schaltkreis) bezeichnet. Fließt eine elektrische Ladung q (zum Beispiel ein Elektron mit der Ladung $q = -e$) von einem der beiden Punkte zum anderen, so ist dies mit der Energie $E = Uq$ verbunden. Die Einheit der elektrischen Spannung ist Volt [U] = V.

Ist die Spannung zeitlich konstant spricht man von Gleichspannung bzw. DC-Spannung. Auch wenn sich DC von englisch *direct current* ableitet, wird die Abkürzung nicht nur für Ströme sondern für alle möglichen zeitlich konstanten Größen verwendet. Verändert sich die Spannung periodisch (z.B. mit sinusförmiger Amplitude) spricht man von Wechselspannung bzw. AC-Spannung (von engl. *Alternating Current*).

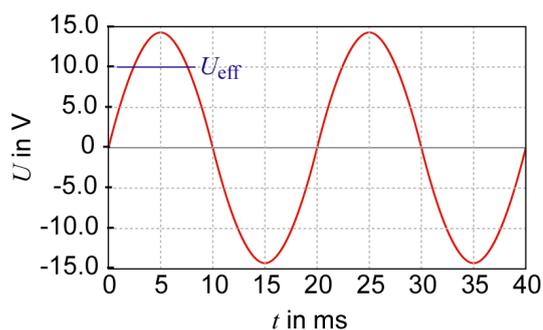


Abbildung 3: Wechselspannung $U_{\text{eff}} = 10\text{V}$, $f = 50\text{ Hz}$

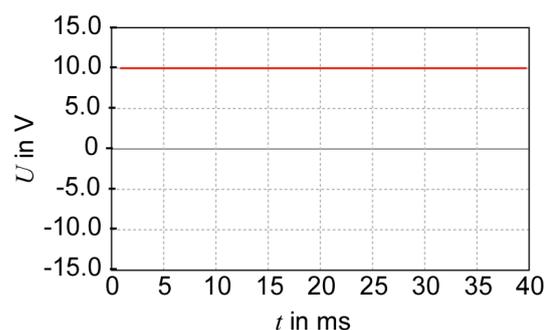


Abbildung 4: Gleichspannung $U = 10\text{V}$

Bei einer Überlagerung von Gleich- und Wechselspannung (also z.B. sinusförmige Spannung, deren Nulllinie verschoben ist) spricht man von einer Wechselspannung mit „Bias“ (oder Offset). Typische Spannungen sind: AA-Batterie 1,5 V DC; Steckdose im Haushaltsnetz 230 V AC

Messen der elektrischen Spannung

Die Spannung ist eine Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten, daher muss man das Potenzial an beiden Punkten mit einer Messleitung abgreifen. Möchte man zum Beispiel die Spannung über ein Bauelement messen, so schließt man das Messgerät (Voltmeter) parallel zu diesem Bauelement (hier ein Widerstand) an. Die Spannung über ein Bauelement wird auch als **Spannungsabfall** oder **Spannungsfall** bezeichnet (obwohl dies ein Pleonasmus ist).

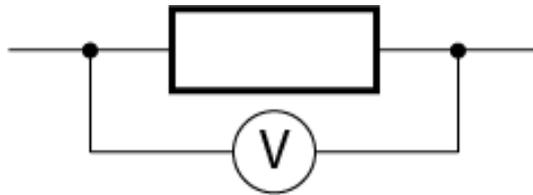


Abbildung 5: Messung des Spannungsfalls über einen Widerstand

Quantifizierung von Wechselspannungen

Bei einem zeitlich periodischen Signal sind drei unterschiedliche Bezeichnungen gebräuchlich. Zum einen kann man die **Amplitude** der Wechselspannung angeben. Die Amplitude wird alternativ auch als **Spitzenwert** oder seltener als Scheitelwert bezeichnet. Aus praktischen Gründen, ist es oft gebräuchlich, die Differenz zwischen dem negativen und dem positiven Spitzenwert anzugeben als **Spitze-Spitze** oder **peak-to-peak** anzugeben. Der **Effektivwert** ist als Wurzel aus dem Mittelwert über das Quadrat der Größe definiert, d. h. als $U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle U^2(t) \rangle}$, und wird daher auch als **root-mean-square** bezeichnet. Insbesondere ist nach dieser Definition die mittlere elektrische Leistung einer ohmschen Last $\langle P \rangle = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}}$.

Elektrischer Strom

Unter elektrischem Strom I versteht man die gerichtete Bewegung von Ladungen (z.B. Elektronen). Die **technische** Stromrichtung zeigt hierbei vom Plus- zum Minuspol ($\oplus \rightarrow \ominus$), während die Bewegungsrichtung der Elektronen vom Minus- zum Pluspol geht. Voraussetzung für den Stromfluss ist ein geschlossener Stromkreis.

Analog zur Spannung wird ein zeitlich konstanter Strom als Gleichstrom bzw. DC-Strom und ein periodisch veränderlicher Strom als Wechselstrom bzw. AC-Strom bezeichnet.

Die physikalische Einheit des Stromes ist Ampere $[I] = \text{A}$.

typische Stromstärken sind: MP3-Player: $I = 50 \text{ mA}$; Heizlüfter: $I = 10 \text{ A}$

Messen des elektrischen Stromes

Um den Strom zu messen, der an einer bestimmten Stelle durch den Stromkreis fließt, muss man den Stromkreis an dieser Stelle unterbrechen und das Amperemeter an dieser Stelle in den Stromkreis einfügen.

Um den Stromfluss durch ein bestimmtes Bauteil zu bestimmen, muss man folglich das Amperemeter **in Reihe** (man sagt auch: in Serie) zu diesem Bauteil angeschlossen werden:



Abbildung 6: Messung des Stromflusses durch einen Widerstand

2.3 Messgeräte

Einen wichtigen inhaltlichen Punkt dieses Praktikums stellt der Umgang mit Messgeräten dar. Sie sollen erlernen, wie elektrische Größen gemessen werden, welche Fehler dabei auftreten und wie diese vermieden bzw. berücksichtigt werden können.

Analoge Messgeräte

Auch wenn analoge Messgeräte immer weniger in Verwendung sind, lassen sich an ihnen einige Grundlagen anschaulich verstehen: Bei einem analogen Messgerät fließt ein zu messender Strom durch eine Spule, die sich gegenüber einem Permanentmagneten drehen kann (Drehspulinstrument, Abb. 7). An der Spule ist ein Zeiger befestigt, der die zum Stromfluss proportionale Drehung in einen Zeigerausschlag wandelt.

Wie oben behandelt, muss ein Amperemeter stets *in* den Stromkreis eingebracht werden. Um den

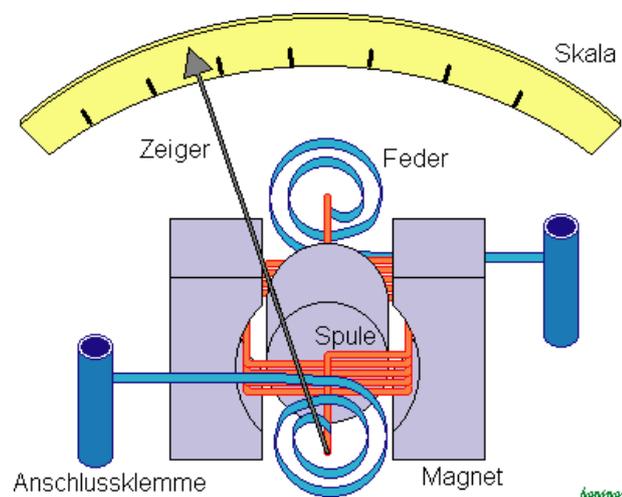


Abbildung 7: Drehspulinstrument; Quelle: Wikimedia

Schaltkreis dadurch nicht zu verändern, sollte ein ideales Amperemeter einen unendlich kleinen Widerstand besitzen. Den Widerstand, den ein Messinstrument bezüglich der seine Anschlüsse aufweist nennt man **Innenwiderstand** R_I . Da der dünne lange Draht, aus dem die Spule gewickelt ist, einen kleinen Widerstand aufweist kann man sich das Schaltbild eines Amperemeters wie ein ideales Amperemeter und seinem in Serie beschalteten Innenwiderstand vorstellen:



Abbildung 8: Der Innenwiderstand des Messgerätes wird zur besseren Veranschaulichung manchmal in das Schaltbild eingezeichnet.

Hinweis: Drehspulinstrumente sind **mechanisch empfindlich**. Bitte achten Sie auf Vermeidung von Erschütterungen! Manche Analoginstrumente können den korrekten Wert nur in einer bestimmten Position anzeigen, z.B. wenn sie waagrecht auf dem Tisch liegen. Achten Sie daher auf die entsprechenden Symbole auf der Anzeige des Instruments.

Ein **Vorteil** der analogen Zeigerinstrumente ist die schnelle intuitive Einschätzung eines Messwertes, insbesondere, wenn sich die Größe langsam zeitlich ändert.

Digitale Messgeräte

Bei digitalen Messgeräten wird das (analoge) Messsignal in einem ADC (Analog-Digital-Converter) digitalisiert, d.h. in digitale Signale umgewandelt, und anschließend als Ziffern am Display angezeigt. Zur Funktionsweise eines ADC sei auf die entsprechende Literatur verwiesen.



Abbildung 9: Digitalmessgerät: die gemessenen Größen werden in diskreten Werten, d.h. als Zahlen, angezeigt; Quelle: Conrad Electronic SE

Hinweis: Digitale Messgeräte sind **nicht** automatisch genauer. Tatsächlich **können** sehr gute digitale Messgeräte Genauigkeiten erreichen, die sich durch Ablesen eines analogen Zeigers kaum erreichen lassen. Einfache digitale Messgeräte haben jedoch oft nicht unerhebliche relative Fehler und die vielen Ziffern der Anzeige suggerieren oftmals eine Genauigkeit, die die Messung gar nicht zulässt. Ein weiterer Vorteil ist, dass ein digitales Signal leicht weiter verarbeitet werden kann und daher digitale Messgeräte oft eine Schnittstelle besitzen, über die man die Messdaten an einen Computer übertragen kann um dort die Auswertung der Messwerte durchzuführen. Das analoge Messsignal wird am ADC eines digitalen Messgerätes fast immer als Spannung und nicht als Strom detektiert.

2.4 Messbereiche, Multimeter

Ein Messgerät, mit dem sich mehrere elektrische Größen (also z.B. Strom, Spannung, Widerstand, Kapazität etc.) messen lassen, nennt man **Multimeter**. Die meisten Messgeräte erlauben auch eine Anpassung des Messbereiches. Um dies zu erreichen, muss das Zeigerinstrument bzw. der ADC entsprechend beschaltet werden.

Zur Spannungsmessung mittels eines Drehspulinstruments wird ein wohldefinierter Messwiderstand R_{mess} in Reihe zum Instrument geschaltet; diese Messanordnung selbst liegt - siehe Abb. 5 - über die zu messende Spannung. Die Spannung ist dann durch das Ohm'sche Gesetz $U = R \cdot I$ gegeben.

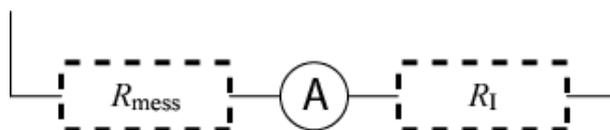


Abbildung 10: Spannungsmessung mit Drehspulinstrument: die gesamte Anordnung entspricht dem Voltmeter aus Abb. 5

Um umgekehrt ein Strom als Spannungssignal zu messen, wird die Spannung über einen niederohmigen Widerstand abgegriffen, durch den der Strom fließt. In beiden Fällen kann durch Variation des Messwiderstandes eine Bereichumschaltung erfolgen.

Sollen Strom- oder Spannungswerte erfasst werden, die über den Messbereich des Gerätes hinaus gehen, muss durch eine externe Beschaltung gem. Abb. 11 der Messbereich des Messgerätes erweitert werden.

Dies geschieht prinzipiell durch einen Spannungs- oder einen Stromteiler.

Beispiel: Angenommen, ein Strom von $100 \mu\text{A}$ führe zum Vollausschlag (d.h. der Zeiger bewegt sich bis zum rechten Rand der Skala), so soll mit einer externen Beschaltung erreicht werden, dass nun der zehnfache Strom für einen Vollausschlag notwendig ist (d.h. 1 mA).

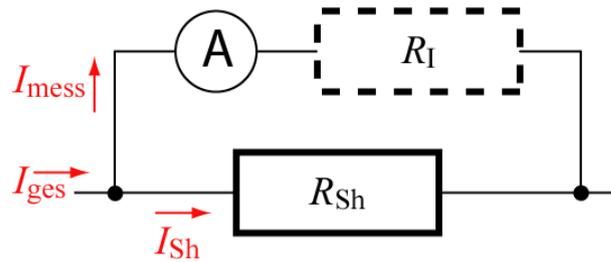


Abbildung 11: Messbereichserweiterung beim Amperemeter durch Parallelschaltung eines Shunts

Der Innenwiderstand des Messgerätes (der beispielsweise durch den Spulendraht gegeben ist) ist hier zum besseren Verständnis als (gestrichelter) Widerstand R_I eingezeichnet und liege in unserem Beispiel bei $10\ \Omega$. Durch Parallelschaltung eines niederohmigen Widerstands (Shuntwiderstand, Nebenschluss) R_{Sh} wird der Gesamtstrom I_{ges} nun aufgeteilt in den Zweig durch den Shunt hindurch (I_{Sh}) und in den Zweig durch das Messgerät hindurch (I_{mess}).

Da $R_{Sh} \parallel R_I$ gilt $U = \text{const.}$ und die Ströme teilen sich im umgekehrten Verhältnis der Widerstände auf: $I_{mess} : I_{Sh} = R_{Sh} : R_I$. Wir wollen, dass nur ein Zehntel des maximalen Gesamtstroms von $1\ \text{mA}$ durch das Spuleninstrument fließt, also gilt

$$\frac{I_{mess}}{I_{Sh}} = \frac{100\ \mu\text{A}}{900\ \mu\text{A}} = \frac{R_{Sh}}{R_I}$$

woraus mit $R_I = 10\ \Omega$ folgt

$$R_{Sh} = \frac{1}{9} \cdot R_I = 1,11\ \Omega$$

Auf diese Weise kann ein einziges Messinstrument für mehrere Messbereiche benutzt werden.

2.5 Wichtige Hinweise

Es liegt auf der Hand, dass der dünne Draht eines Drehspulinstrumentes, das bei $100\ \mu\text{A}$ Vollausschlag zeigt, durch einen deutlich höheren Stromfluss zerstört würde. Digitale Messgeräten können bei zu hohen Spannungen am Eingang oder wenn ein zu großer Strom durch das Messgerät fließt zerstört werden. Daher gilt für analoge und digitale Messgeräte:

- **vor** der Messung überprüfen, ob der Anschluss des Messgerätes zur Messung der entsprechenden Messgröße passt (parallel bei Spannung, seriell bei Strömen)
- **vor** der Messung überprüfen, ob die richtige Messgröße eingestellt ist; z.B. VDC (Gleichspannung) statt AAC (Wechselstrom)

- **vor** der Messung auf den höchsten (d.h. unempfindlichsten) Messbereich stellen
- falls der Ausschlag zu klein sein sollte: in den nächst empfindlicheren Bereich wechseln, bis sich der Zeiger einen Wert zeigt, der größer ist, als der Maximalausschlag des nächstempfindlicheren Bereiches.

Im Übrigen besitzen alle hier verwendeten Messgeräte zur eigenen Spannungsversorgung eine Batterie. **Bitte schalten Sie am Ende des Praktikumsnachmittags alle Messgeräte aus**, damit sich die Batterie nicht zu schnell entleert!

2.6 Messfehler

Jede Messung beeinflusst das zu untersuchende Objekt. Wenn dieser Einfluss in der Elektrizitätslehre zwar auch nicht so folgenreich sein mag wie für Schrödingers Katze in der Quantenmechanik, so muss er dennoch in einigen Fällen berücksichtigt werden, um nicht zu falschen Ergebnissen zu kommen.

Eine der spürbaren - und daher nicht vernachlässigbaren - Einfluss kann durch den Innenwiderstand des Messgerätes entstehen: Wie erwähnt, hat ein Strommessgerät einen möglichst kleinen Innenwiderstand, damit der Stromfluss durch das Messgerät keinen zusätzlichen Widerstand erfährt. Anders ausgedrückt, fällt am Strommessgerät durch seinen Innenwiderstand eine Spannung ab, die ohne das Messgerät nicht abfallen würde.

Das Spannungsmessgerät hat einen möglichst hohen Innenwiderstand, damit ein möglichst geringer Strom durch das Messgerät fließt, und so die elektrischen Potenziale an den beiden Punkten nicht beeinflusst.

In manchen Fällen ist es notwendig, an einem Bauelement Strom und Spannung gleichzeitig zu messen. Hierfür gibt es prinzipiell zwei Messanordnungen.

Abb. 12 zeigt die sog. Spannungsfehlermessung, d.h. die Messung der Spannung ist hier mit einem

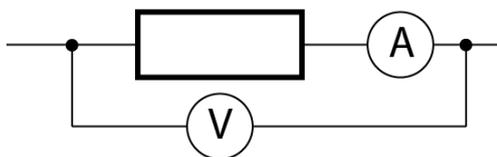


Abbildung 12: Spannungsfehlermessung

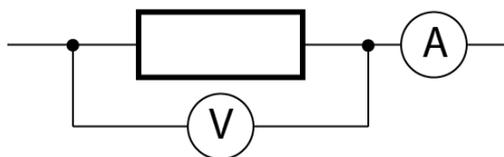


Abbildung 13: Stromfehlermessung

Fehler behaftet. Es wird der Spannungsfall über Widerstand UND Amperemeter gemessen, d.h. der Innenwiderstand des Strommessers - der zwar sehr klein, aber dennoch größer Null ist - wirkt in Reihe zum Lastwiderstand. Positive ausgedrückt, nennt man die Spannungsfehlermessung auch stromrichtige Messung. In Abb. 13 hingegen teilt sich der Strompfad in zwei Teile auf, wobei ein Pfad durch den - zugegebenermaßen großen, dennoch beeinflussenden - Innenwiderstand des Spannungsmessgerätes

führt. Somit wird nicht der Strom durch den Lastwiderstand, sondern der durch Lastwiderstand UND Messgerät gemessen. Die Stromfehlermessung wird auch als spannungsrichtige Messung bezeichnet.

3 Vorbereitende Fragen zum Versuch

Wie auch im A1 - Praktikum muss eine intensive Vorbereitung bereits **vor** dem Versuchsnachmittag erfolgen. Bearbeiten und beantworten Sie daher vor Beginn des Praktikums folgende Fragen:

1. In Abschnitt 2.4 haben Sie erfahren, wie der Messbereich bei einem Amperemeter erweitert werden kann. Zeichnen Sie einen Schaltplan für die Messbereichserweiterung bei einem Voltmeter.
2. Berechnen Sie die Widerstandswerte für die zur Erweiterung benötigten Widerstände, wenn der Innenwiderstand $1\text{ M}\Omega$ beträgt und der Vollausschlag des Voltmeters bei 100 mV erreicht wird. Der neue Messbereich soll 10 V umfassen.
3. In welchen Fällen ist eine Stromfehlermessung, in welchen eine Spannungsfehlermessung sinnvoll?
4. Im Vorversuch wird ein sogenannter Spannungsteiler aufgebaut. Berechnen Sie die zu erwartenden Werte des Gesamtstromes I , der Ströme durch die beiden Widerstände I_1 und I_2 , sowie die Spannungen über die beiden Widerstände U_1 und U_2 für eine Versorgungsspannung von $U = 5,0\text{ V}$.
5. Sie messen mit dem Multimeter VC250 den Strom durch einen $2,2\text{ k}\Omega$ -Widerstand, an dem $U = 5,0\text{ V}$ anliegen. Die möglichen Messbereiche sind $200\text{ }\mu\text{A}$, 2 mA , 20 mA , 200 mA . Die Auflösung der Digitalanzeige beträgt jeweils ein Zweitausendstel des Wertes. In welchem Messbereich sollte der Wert abgelesen werden? Wie groß ist dann die Messungenauigkeit? Wie groß wäre die Messungenauigkeit, wenn Sie das Instrument um eine Stufe unempfindlicher einstellen?

4 Hinweise zu den Versuchsaufbauten

Um die Experimente durchführen zu können brauchen Sie die nachfolgend aufgelisteten Messgeräte und Bauelemente. Sie finden sie in dem Ihnen zugeordneten Laborschrank unter Ihrem Arbeitstisch bzw. an der Fensterbank:

- 2 St. Multimeter [VC250](#)
- Oszilloskop [Siglent SDS1052DL+](#)
- Lineares Netzgerät [PS1302D](#)
- Schaltnetzteil [VSP 1220](#)
- Frequenzgenerator [WG-1240](#)
- *x-y*-Schreiber [SE 790](#)
- Bauelemente:
 - Steckbrett
 - Widerstände, Widerstandskaskade
 - Wendelpotentiometer
 - Kondensatoren, Kondensatorkaskade
 - Drehkondensator
 - Spule, Induktivität
 - Gleichrichter
 - Reed-Relais
 - Lautsprecher
 - Diverse Kabel

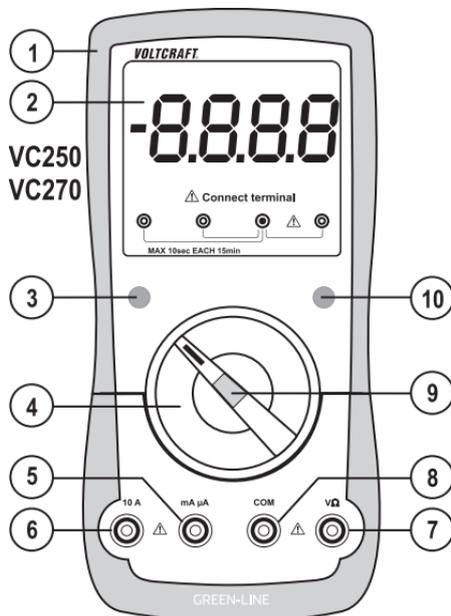
Achtung: Sollte eines Ihrer Geräte oder Bauteile defekt sein oder fehlen, sagen Sie bitte sofort Ihrem Betreuer Bescheid. Nehmen Sie **KEINE** Geräte oder Bauteile von einem anderen Tisch.

4.1 Multimeter VC250

Das Digital-Multimeter VC250 wird im Praktikum für die Messung von Strömen und Spannungen verwendet. **Achtung!** Bitte nach Gebrauch stets **ausschalten** (Batteriebetrieb!)



Abbildung 14: Die Multimeter VC250 und VC270 werden im Praktikum zum Messen von Spannungen und Strömen verwendet; Quelle: Conrad Electronic SE.



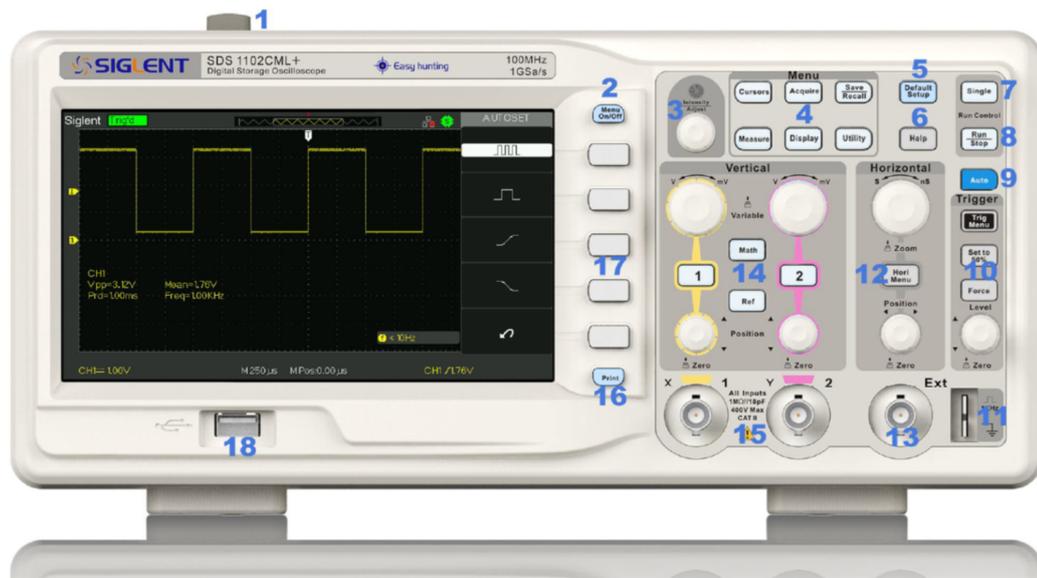
1. Gummischutz
2. Display
3. Betriebsschalter
4. Drehschalter
5. mA/μA-Messbuchse
6. 10A-Messbuchse
7. V- und Ω-Buchse (bei Gleichgrößen „Plus“)
8. COM-Messbuchse (Bezugspotential, „Minus“)
9. Funktionstaste
10. LowImp-400kΩ-Taste zur Impedanzumschaltung

Beachten Sie bitte insbesondere bei der Messung von Strömen, dass sich der Drehschalter auf einem ausreichend großen Messbereich befindet und das Gerät somit vor einer Überlastung geschützt ist.

Die Genauigkeit des Gerätes hängt vom Messbereich ab. Für Gleichstrom bis 2 A ist sie mit $\pm 1\%$ zuzüglich dem Fünffachen der Auflösung (letzte Ziffer der Digitalanzeige) angegeben.

4.2 Oszilloskop Siglent SDS1052DL+

Mit dem Oszilloskop lassen sich zeitliche Veränderungen von Spannungen darstellen und ausmessen (siehe z.B. Fig. 3 und Fig. 4). Die Spannung wird als Funktion der Zeit als Graph dargestellt.



No.	Description	No.	Description
1	Power button	10	Trigger Control Area
2	Menu On/Off	11	Probe Compensation
3	Universal Knob	12	Horizontal Control Area
4	Functions Menus	13	Ext Trigger Terminal
5	Default Setup	14	Vertical Control Area
6	Help button	15	Channel Input Terminal
7	Single Trigger	16	Print key
8	Run/Stop Control	17	Menu Softkey
9	Auto Setup	18	USB Host

Abbildung 15: Oszilloskop Siglent SDS1052DL+; Quelle: SIGLENT Technologies

4.3 Lineares Netzgerät (PS 1302D)

Zur Erzeugung von Gleichspannungen bei gleichzeitiger Begrenzung des maximalen Stromes (z.B. um Zerstörung von elektronischen Bauelementen zu verhindern) dient das regelbare Netzteil PS 1302D. Auf dem Display wird die eingestellte Spannung oder wahlweise der aktuell fließende Strom angezeigt.

Zur Einstellung der Strombegrenzung wird der geregelte Ausgang mit einem Laborkabel kurzgeschlossen, der maximal erlaubte Strom wird über den Strombegrenzungsregler 8 eingestellt, anschließend wird das Laborkabel für den Kurzschluss entfernt.

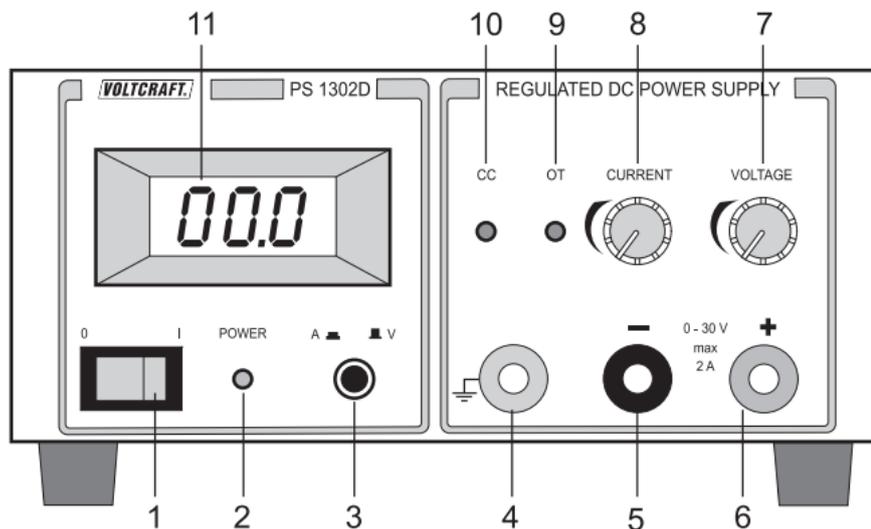


Abbildung 16: Regelbares Netzteil PS 1302D; Quelle: Conrad Electronic SE

- (1) Netzschalter
- (2) Betriebsanzeige
- (3) Umschalttaste Strom-/Spannungsanzeige
- (4) Buchse „Erdungspotential“, Masse
- (5) Buchse „Minus“
- (6) Buchse „Plus“
- (7) Einstellregler für die Ausgangsspannung von 0 bis 30 V
- (8) Einstellregler für die Strombegrenzung von 0 bis 2 A
- (9) Warnanzeige Übertemperaturabschaltung
- (10) CC-Anzeige bei aktiver Strombegrenzung
- (11) LC-Display

4.4 Getaktetes Labornetzgerät (VSP 1220)

Zur Erzeugung von Gleichspannungen bei gleichzeitig hohem Strombedarf werden Schaltnetzteile eingesetzt (z.B. im Versuch Hall-Effekt). Ebenso wie beim PS 303 ist eine Strombegrenzung möglich.

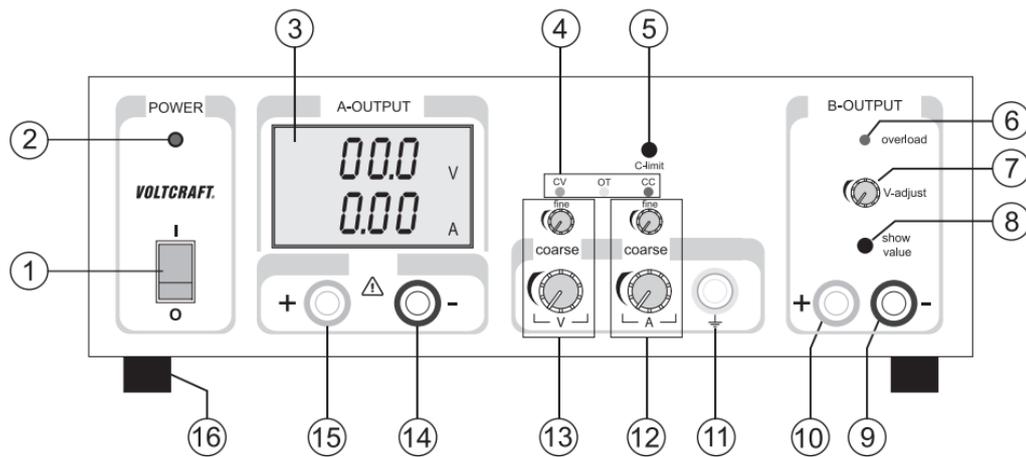


Abbildung 17: Getaktetes Labornetzgerät VSP 1220; Quelle: Conrad Electronic SE

- (1) Netzschalter
- (2) Betriebsanzeige
- (3) LC-Display Ausgang A
- (4) Statusanzeige (CV: Konstantspannung, OT: Übertemperatur, CC: Strombegrenzung)
- (5) Taste C-limit zur Einstellung der Strombegrenzung
- (6) Überlastanzeige Ausgang B
- (7) Spannungsregler Ausgang B
- (8) Taste zur Strom- und Spannungsanzeige Ausgang B
- (9) Buchse „Minus“ Ausgang B
- (10) Buchse „Plus“ Ausgang B
- (11) Buchse Erdpotential, „Masse“
- (12) Stromeinstellregler Ausgang A (coarse: grob, fine: fein)
- (13) Spannungseinstellregler Ausgang A (coarse: grob, fine: fein)
- (14) Buchse „Minus“ Ausgang A
- (15) Buchse „Plus“ Ausgang A

Ausgang A	Ausgang B
0.1 - 20 V DC	0.1 - 6 V DC
0.1 - 20 A	1.5 A max.

4.5 Funktionsgenerator WG-1240

Der Funktionsgenerator erzeugt Wechselspannungen bestimmter Form (z.B. Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck) mit einstellbarer Frequenz und Amplitude. Zusätzlich kann diese Wechselspannung mit einer Gleichspannung überlagert werden (sog. *Offset*).



Abbildung 18: Funktionsgenerator WG-1240

4.6 x - y -Schreiber SE 790

Mit dem x - y - bzw. x - t -Schreiber können Spannungsverläufe als Graphen auf Papier gezeichnet werden. Im x - y -Modus bestimmt die Höhe der Spannung am x -Eingang die Auslenkung des Stiftes in x -Richtung, die angelegte Spannung am y -Eingang lenkt den Plotterstift in der y -Richtung ab. Dieser Modus ist z.B. geeignet für die Darstellung eines Weg-Geschwindigkeits-Diagramm.

Im y - t -Modus sorgt ein eingebauter Rampengenerator für einen zeitlich kontinuierlichen Vorschub in x -Richtung, ähnlich wie beim Oszilloskop. Auf diese Weise können zeitlich veränderliche Vorgänge - z.B. die Entladekurve eines Kondensators - aufgezeichnet werden.

x - y -Schreiber (Plotter) werden insbesondere bei sich zeitlich langsam verändernden Signalen eingesetzt.



Abbildung 19: x - t -Schreiber

Bedienung des Schreibers:

- 1 Netzschalter
- 2 Wahlschalter Schreibgeschwindigkeit in s/cm (bei y - t -Betrieb) bzw. x - y -Betrieb
- 3 Starttaste zum Starten des Zeichenvorgangs
- 4 *off*: Papier wird nicht gehalten
chart: das Papier wird elektrostatisch festgehalten
pen: der Stift wird auf's Papier abgesenkt
- 5 (x) bzw. 9 (y) Wahlschalter für variable bzw. kalibrierte Skalierung
- 6 (x) bzw. 10 (y) Skalierungsschalter
- 7 (x) bzw. 11 (y) Abschwächer
- 8 (x) bzw. 12 (y) Umschalter mV/cm bzw. V/cm

5 Aufgabenstellung

Dieser Vorversuch dient dem Kennenlernen der Messinstrumente. Sie sollen erste Erfahrungen in der Benutzung dieser Instrumente und mit dem Messvorgang selbst gewinnen.

Für alle Versuche in diesem Praktikum gilt:

In diesem Praktikum werden Sie verschiedene Schaltungen aufbauen und unterschiedliche physikalische Größen messen. Durch unsachgemäßen Aufbau bzw. durch falsches Anschließen des Messgerätes können Bauteile oder Messgeräte zerstört werden. Aus diesem Grund gilt:

Holen Sie sich VOR dem Anlegen der Betriebsspannung die Freigabe eines Betreuers!

Messaufgaben

1. Verbinden Sie das Spannungsmessgerät PM 2505 mit dem regelbaren Netzteil.
Achtung: Beachten Sie, dass der Spannungsregler des Netzteils ganz nach links auf Null gedreht ist, **bevor** Sie das Netzteil einschalten!
Stellen Sie am Netzteil die Spannungswerte 0,15 V; 0,27 V; 1,99 V; 3,2 V; 6,6 V; 12 V ein und messen Sie diese Werte mit dem Spannungsmesser PM 2505 nach, ohne seinen Messbereich zu verändern. Vergleichen Sie in einer Tabelle die am Netzteil angezeigten mit den gemessenen Werten.
2. Wiederholen Sie Aufgabe 1, wobei Sie nun den jeweils sinnvollsten Messbereich verwenden.
3. Messen Sie mit dem Multimeter die Widerstände $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$. Schätzen Sie die Genauigkeit des Ergebnisses ab. Berücksichtigen Sie dazu die Toleranzangabe der Widerstände und die Genauigkeit des Messinstrumentes. Mit wie vielen Nachkommastellen müssten eigentlich die Werte $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$ angegeben werden?
4. Bauen Sie auf dem Steckbrett folgende einfache Schaltung auf und legen Sie eine Gleichspannung von $U = 5 \text{ V}$ an.
 - a) Messen Sie den durch die Schaltung fließenden Strom I sowie den Spannungsfall U_1 über R_1 und U_2 über R_2 .
 - b) Berechnen Sie aus den Daten die Widerstandswerte R_1 und R_2 .
 - c) Vergleichen Sie die Messergebnisse mit denen aus Aufgabe 3 und den aufgedruckten Werten in einer Tabelle. Führen Sie eine Fehlerbetrachtung für 4a durch und berücksichtigen Sie den Toleranzring beim Ablesen des aufgedruckten Wertes.
5. Berechnen Sie den Gesamtwiderstand der Schaltung aus Aufgabe 4 aus den Messungen für I , U_1 und U_2 und vergleichen Sie ihn mit dem berechneten Wert.

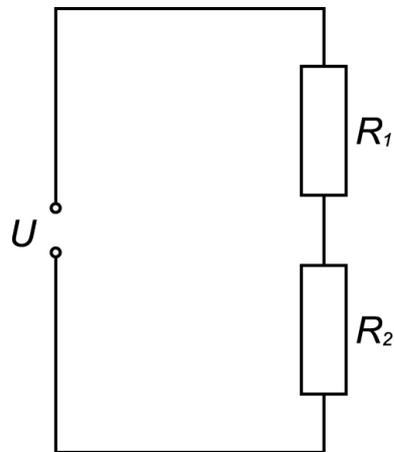


Abbildung 20: Schaltbild zu Aufgabe 4 mit den Werten $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2,2\text{ k}\Omega$

6. Legen Sie an die Schaltung eine Wechselspannung von $U = 5\text{ V}$ bei einer Frequenz von 50 Hz mit dem Funktionsgenerator an. Führen Sie damit nochmals die Messaufgaben 4a und 4b durch.