

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de
Internet www.phywe.com

Betriebsanleitung

CE Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien.

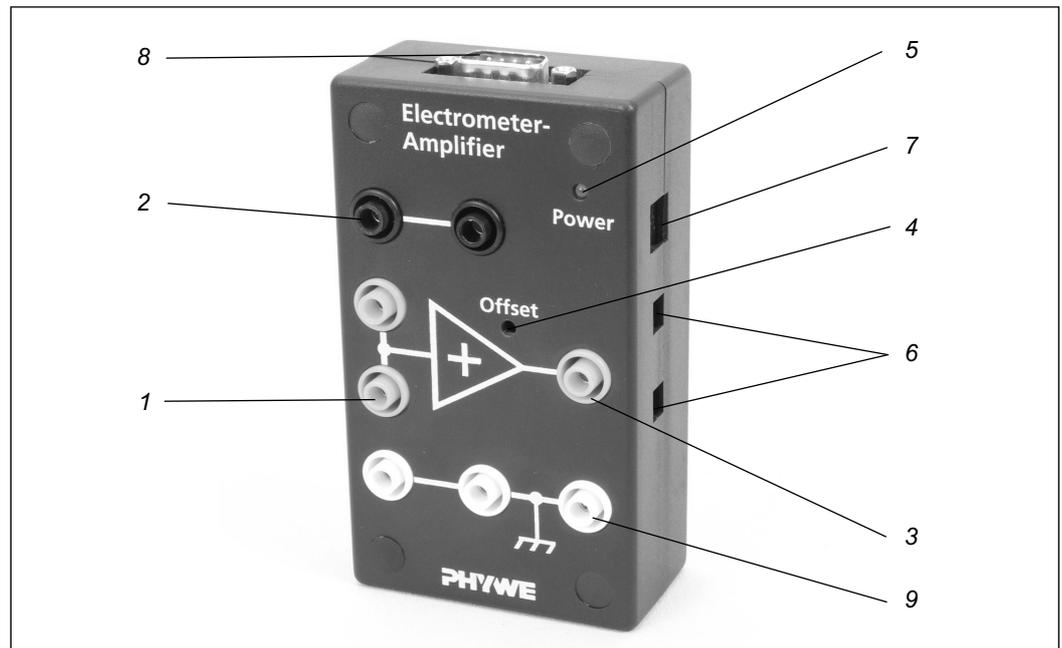


Abb. 1: Frontansicht des Elektrometer-Verstärkers 13621.00.

INHALTSVERZEICHNIS

- 1 SICHERHEITSHINWEISE
- 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN
- 3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE
- 4 BETRIEBSHINWEISE
- 5 TECHNISCHE DATEN
- 6 BETRIEBSARTEN
 - 6.1 Betrieb als eigenständiges Gerät
 - 6.2 Betrieb mit Computer-Interface "Cobra3"
 - 6.3 Betrieb mit Computer-Interface "Cobra4"
- 7 MESSMETHODEN
 - 7.1 Messung von Ladungen
 - 7.2 Messung von Gleichspannungen
 - 7.2.1 Messung von Gleichspannungen bis 10 V
 - 7.2.2 Messung von Gleichspannungen über 10 V
 - 7.2.2.1 Hochohmige Messung
 - 7.2.2.2 Quasistatische Messung
 - 7.3 Messung von kleinen Strömen
- 8 SAMMLUNGEN FÜR VERSUCHE MIT DEM ELEKTROMETER-VERSTÄRKER
- 9 GARANTIEHINWEIS
- 10 ENTSORGUNG

1 SICHERHEITSHINWEISE



- Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig und vollständig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.
- Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.
- Das Gerät nicht in Betrieb nehmen, wenn Beschädigungen am Gerät sichtbar sind.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den dafür vorgesehenen Zweck.

2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Ladungen, die durch statische Aufladungen entstehen, können bestimmt werden, indem man die Ladung auf einen Kondensator bekannter Kapazität überträgt und die sich einstellende Spannung misst. Diese Spannung kann mit üblichen Messgeräten nur schwer gemessen werden. Durch das Messgerät fließt immer ein Strom, der zum Abbau der anliegenden Ladung führt. Je kleiner der Innenwiderstand des Messgerätes, umso schneller baut sich die Spannung ab. Übliche Messgeräte haben einen Innenwiderstand von etwa 10 MΩ.

Der vorliegende Elektrometer-Verstärker verfügt über einen Spannungseingang mit einem sehr hohen Innenwiderstand ($> 10^{13}$ Ohm). Daher können mit dem Elektrometer-Verstärker Ladungen gemessen werden.

Allgemein kann der Elektrometer-Verstärker zur Messung von sog. "weichen" Spannungen - also von Spannungen, die

schon bei kleinen Strömen zusammenbrechen - eingesetzt werden.

Beispiele:

- Spannung über einen aufgeladenen Kondensator
- Spannung einer schwach beleuchteten Solarzelle
- Spannung, die an einem hochohmigen Widerstand abfällt

Der vorliegende Elektrometer-Verstärker kann also zur Demonstration vieler physikalischer Effekte aus dem Bereich der Elektrostatik verwendet werden. Die jeweiligen Messverfahren werden im Abschnitt 7 beschrieben.

3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

- 1 *Verstärkereingang (hochohmig)*
(Buchsenabstand 19 mm).
- 2 *Hilfseingang*
(Buchsenabstand 19 mm) zum Aufstecken von Spannungsteilern, Widerständen, Kondensatoren usw.
- 3 *Verstärkerausgang (niederohmig)*
zum Anschluss von Messgeräten, Schreibern usw.
- 4 *Trimmer für Offset-Spannung*
(Einstellung siehe Betriebsanleitung).
- 5 *LED für Betriebsspannungsanzeige*
Leuchtet bei angelegter Versorgungswechselspannung (12 V~) oder angeschlossener Cobra3 Basic-Unit.
- 6 *4 mm Anschlussbuchsen*
für Versorgungswechselspannung (12 V~) mit externem Netzgerät z.B. 13505.9X*.
- 7 *Anschlussbuchse für Steckernetzteil mit Hohlstecker*
Die Eingänge (6) und (7) sind parallelgeschaltet.
- 8 *SUB-D-Buchse*
zum Anschluss an Cobra3 Basic-Unit. Eine zusätzliche Versorgungsspannung ist dann nicht notwendig.
- 9 *Bezugspotential (Masse)*



Achtung!

An der Hilfsbuchse (2) darf nach entsprechender Beschaltung mit Spannungsteilerelementen eine berührungsungefährliche Gleichspannung (< 60 V oder eine auf 2 mA begrenzte Maximalspannung von 1 kV) angelegt werden. Die Dimensionierung der Spannungsteilerelemente hat so zu erfolgen, dass die zulässige Spannung am Verstärkereingang ± 10 V nicht überschritten wird.

Bei höheren Spannungen riskiert man die Zerstörung des Geräts.

In jedem Fall ist auf eine ausreichende Spannungsfestigkeit der verwendeten Spannungsteilerelemente zu achten.

4 BETRIEBSHINWEISE

Das vorliegende Qualitätsgerät erfüllt die technischen Anforderungen, die in den aktuellen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft zusammengefasst sind. Die Produkteigenschaften berechtigen zur CE-Kennzeichnung. Der Betrieb dieses Gerätes ist nur unter fachkundiger Aufsicht in einer beherrschten elektromagnetischen Umgebung von Forschungs-, Lehr- und Ausbildungsstätten (Schulen, Universitäten, Instituten und Laboratorien) erlaubt.

Dies bedeutet, dass in einer solchen Umgebung Sendefunk-einrichtungen, wie z.B. Mobiltelefone nicht in unmittelbarer Nachbarschaft verwendet werden dürfen. Die einzelnen angeschlossenen Leitungen dürfen nicht länger als 2 m sein.

Durch elektrostatische Aufladungen o.ä. elektro-magnetische Phänomene (HF, Burst, indirekte Blitzentladungen usw.) kann das Gerät beeinflusst werden, so dass es nicht mehr innerhalb der spezifizierten Daten arbeitet. Folgende Maßnahmen vermindern bzw. beseitigen den störenden Einfluss: Teppichboden meiden; für Potenzialausgleich sorgen; Experimentieren auf einer leitfähigen, geerdeten Unterlage, Verwendung von Abschirmungen, abgeschirmte Kabel. Hochfrequenzsender (Funkgeräte, Mobiltelefone) nicht in unmittelbarer Nähe betreiben.

Nach längerer Betriebszeit kann es erforderlich sein, einen Offset-Abgleich vorzunehmen. Dazu ist der Verstärkereingang (Buchse 1) mit der Massebuchse (9) zu verbinden und die Ausgangsspannung des Verstärkers bei angeschlossenem Voltmeter mit dem Offset-Trimmer (4) auf 0 Volt abzugleichen.

5 TECHNISCHE DATEN (typisch für 25°C)

Betriebstemperaturbereich	5... 40°C
Rel. Luftfeuchte	< 80%
Verstärkung	1.0
Eingangswiderstand	$\geq 10^{13} \Omega$
Eingangsstrom	$\leq 0,5 \text{ pA}$
Eingangsspannung	
Verstärker (Buchse 1)	$\pm 10 \text{ V}$
Hilfseingang (Buchse 2)	1 kV-
Versorgung extern	12 V~/25 mA
	<u>wahlweise:</u>
	über 2x4 mm Buchsen
	oder Hohlstecker,
	$d_i = 2,1 \text{ mm}$, $d_a = 5,5 \text{ mm}$
	oder $\pm 15 \text{ V}$ über
	SUB-D-Buchse an Cobra3.
Ausgangsspannung	$\pm 10 \text{ V}$ (bei Versorgungs-
	spannung von 12 V~)
Ausgang	1 mA, kurzschlussfest
Ausgangswiderstand	$\leq 500 \Omega$
Abmessungen (mm)	ca. 65 x 113 x 35 (B, H, T)
Masse	ca. 150 g

6 BETRIEBSARTEN

6.1 Betrieb als eigenständiges Gerät

Erforderliches Zubehör:

geeignete Spannungsversorgung wie z.B.	
Netzgerät 12 V~/500 mA	11074.9X*
Netzgerät 0 - 12 V-/6 V, 12 V~	13505.9X*
Netzgerät, universal	13500.9X*
Kabel mit 4 mm Büchelstecker	

* Anschlussspannung und Netzfrequenz (siehe Typenschild) abhängig vom lokalen Versorgungsnetz.

xxxxx.93 = 230 V/50 - 60 Hz

xxxxx.90 = 115 V/50 - 60 Hz

xxxxx.99 = 110 - 240 V/50 - 60 Hz

Sonderspannungen und Festfrequenzen auf Anfrage.

Anzeige der Ausgangsspannung wie z.B.	
Digitalmultimeter	07128.00
Analog-Demo-Multimeter, ADM 1	13810.00
Analog-Demo-Multimeter, ADM 2	13820.00
Kabel mit 4 mm Büchelstecker	

Das weitere Zubehör hängt von der durchzuführenden Messung ab und wird in Abschnitt 7 näher beschrieben.

6.2 Betrieb mit Computer-Interface "Cobra3"

In diesem Fall wird die notwendige Versorgungsspannung über das Computer-Interface "Cobra3" und das Verbindungskabel 12150.07 zur Verfügung gestellt. Über das Softwaremodul "Universalschreiber" 14504.61 wird das Ausgangssignal angezeigt.

Für diese Betriebsart notwendiges Zubehör:

Cobra3 Basic-Unit	12150.00
Spannungsversorgung für Cobra3	12151.99
Verbindungskabel	14602.00
Cobra3-Kabel für Sensoren (9/9)	12150.07
Softwaremodul "Universalschreiber"	14504.61

Das weitere Zubehör hängt von der durchzuführenden Messung ab und wird in Abschnitt 7 näher beschrieben.

6.3 Betrieb mit Computer-Interface "Cobra4"

Für diese Betriebsart notwendiges Zubehör:

Netzgerät 12 V~/500 mA	11074.93
Cobra4 Wireless Manager	12600.00
Cobra4 Wireless-Link	12601.00
Cobra4 Sensor-Unit Electricity, Strom/Spannung ± 6 A, ± 30 V	12644.00
Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, blau	07360.04
Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, rot	07360.01

Das weitere Zubehör hängt von der durchzuführenden Messung ab und wird in Abschnitt 7 näher beschrieben.

7 MESSMETHODEN

7.1 Messung von Ladungen



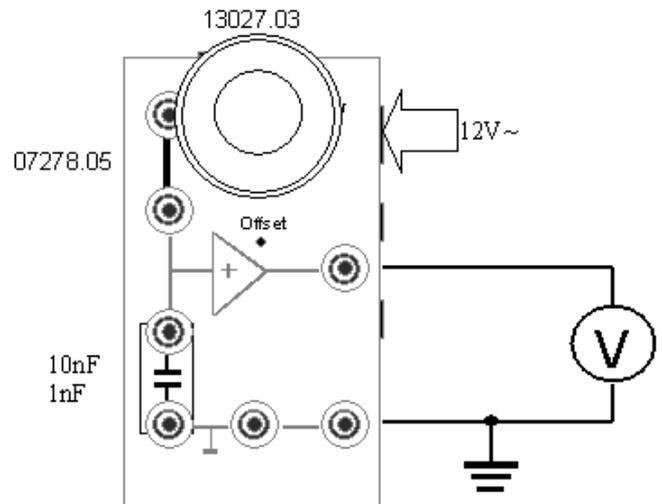
Abb. 2: Versuchsaufbau zur Messung von Ladung, die mittels einer graphitbeschichteten Kugel in einen Faraday-Becher eingefüllt wird.

Die zu messende Ladung wird z.B. über einen Faraday-Becher auf einen Kondensator mit bekannter Kapazität gebracht. Die sich einstellende Spannung über den Kondensator wird gemessen. Über die Beziehung:

$$Q = C \cdot U; \text{ mit } Q: \text{ Ladung [Cb]; } C: \text{ Kapazität } \left[\frac{\text{Cb}}{\text{V}} \right] \text{ und } U: \text{ Spannung [V]}$$

wird die vorliegende Ladungsmenge errechnet.

Schematischer Versuchsaufbau:



Achtung!

Hier ist auf eine zweckmäßige Erdung der experimentierenden Person zu achten, um zusätzliche elektrostatische Einflüsse zu reduzieren. Darüber hinaus sollte der Elektrometer-Verstärker über den vorhandenen Masseanschluss ebenfalls geerdet werden.

Hinweis:

Die Angaben der Kapazität auf den Kondensatoren sind Nominalwerte und können von den tatsächlich vorliegenden Werten abweichen. Um genaue Messwerte zu erhalten, muss die tatsächliche Kapazität experimentell bestimmt werden.

Beispielexperimente:

Bestimmung der Kapazität eines Kugelkondensators

Ein Kugelkondensator wird mit einer Spannung von 500 V aufgeladen. Die Ladung wird in den Faraday-Becher gefüllt. Am Kondensator 1 nF wird dadurch eine Spannung erzeugt. Man kann zeigen, dass die Ladung "portionsweise" transportiert wird. Die Formel für die Kapazität "C" eines Kugelkondensators kann so experimentell überprüft werden:

$$C = 4\pi\epsilon_0 \cdot r, \text{ mit } \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Cb}}{\text{V} \cdot \text{m}}; r: \text{ Kugelradius [m].}$$

Messung von durch Reibung erzeugter Ladung

Zwei Reibstäbe unterschiedlicher Materialien werden aneinander gerieben und nacheinander in den Faraday-Becher getaucht. Man erkennt, dass die erzeugten Ladungen entgegengesetzt sind. Wenn nur der vordere Teil der Stäbe genutzt wird, kann man auch zeigen, dass die Ladungen entgegengesetzt gleich groß sind.

Empfohlenes Zubehör:

Faraday-Becher, $d = 40 \text{ mm}$, $h = 75 \text{ mm}$ 13027.03
(kleine Ausführung)
Krokodilklemme, blank, 10 Stück 07274.03
Verbindungsstecker, 2 Stück 07278.05

alternativ:

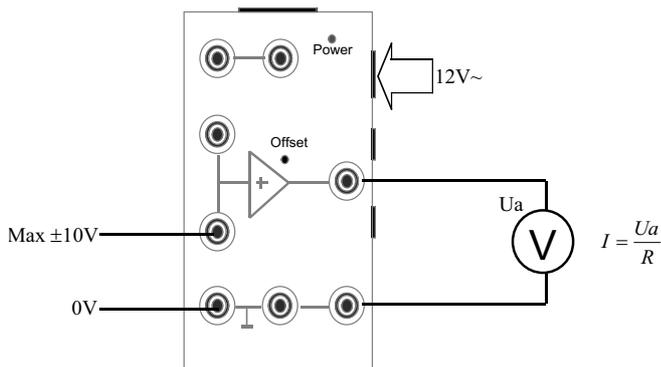
Faraday-Becher 06231.00
(große Ausführung)
Stecker mit 3 Buchsen, rot, 2 Stück 07206.01

Kurzschlussstecker 4 mm/19 mm, weiß 39170.00
Stativstange mit 4 mm Bohrung 02036.01
(als Erdung für den Experimentator)
Kondensator 10 nF, 250 V, 39105.14
im G1-Gehäuse
Kondensator 1 nF, 100 V, 39105.10
im G1-Gehäuse
Kunststoffhohlkugel mit Öse 06245.00
(leitfähige Oberfläche)
Angelschnur, $d = 0,7 \text{ mm}$, $l = 20 \text{ m}$ 02089.00
Polypropylenstab, 13027.07
 $d = 8 \text{ mm}$, $l = 175 \text{ mm}$
Acrylstab, $d = 8 \text{ mm}$, $l = 175 \text{ mm}$ 13027.08
Kabel mit 4 mm Büchelstecker

7.2 Messung von Gleichspannungen:

7.2.1 Messung von Gleichspannungen bis 10 V

Schematischer Versuchsaufbau:



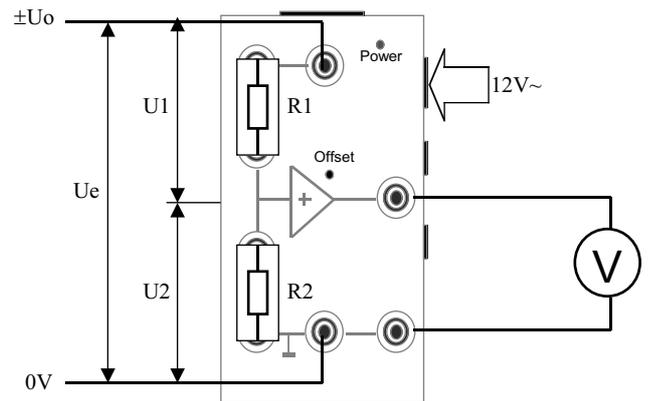
Empfohlenes Zubehör:

Kabel mit 4 mm Büchelstecker

7.2.2 Messung von Gleichspannungen über 10 V

7.2.2.1 Hochohmige Messung

Schematischer Versuchsaufbau:



Folgendes Prinzip liegt dieser Messung zu Grunde:

Die anliegende Spannung wird über einen Ohmschen Spannungsteiler geteilt :

$$U_e = U_1 + U_2; \text{ mit } \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

$$\Rightarrow U_e = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot U_2,$$

wählt man $R_1 \gg R_2$, so gilt näherungsweise:

$$\Rightarrow U_e \approx \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2.$$

R_1 und R_2 sind so zu wählen, dass die Spannung am Verstärkereingang (1) 10 V nicht überschreitet. Ebenso darf die maximale Spannung zwischen Hilfseingang (2) und Masse des Elektrometer-Verstärkers 1 kV nicht überschreiten, um Schäden am Gerät zu vermeiden.

Achtung!

Es ist darauf zu achten, entsprechend spannungsfeste Widerstände zu verwenden.

Hinweis:

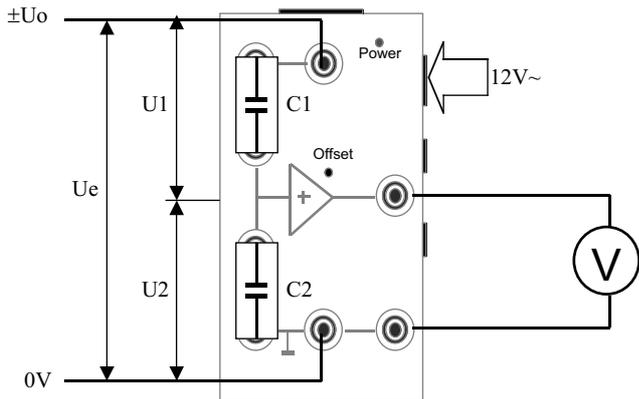
Die Angaben der Widerstandswerte auf den Widerständen sind Nominalwerte und können bis zu 5% von den tatsächlich vorliegenden Widerständen abweichen. Um genaue Messwerte zu erhalten, muss der tatsächliche Widerstand experimentell bestimmt werden.

Empfohlenes Zubehör:

Schichtwiderstand 10 G Ω , 5%, 39104.77
im G1-Gehäuse
Schichtwiderstand 1 G Ω , 5%, 39104.76
im G1-Gehäuse
Schichtwiderstand 100 M Ω , 5%, 39104.75
im G1-Gehäuse
Schichtwiderstand 10 M Ω , 5%, 39104.58
im G1-Gehäuse
Kabel mit 4 mm Büchelstecker

7.2.2.2 Quasistatische Messung

Schematischer Versuchsaufbau:



Folgendes Prinzip liegt dieser Messung zu Grunde:
Die anliegende Spannung wird über einen kapazitiven Spannungsteiler geteilt:

$$U_e = U_1 + U_2; \text{ mit } C_1 \cdot U_1 = C_2 \cdot U_2$$

$$\Rightarrow U_e = \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right) \cdot U_2,$$

wählt man $C_2 \gg C_1$, so gilt näherungsweise:

$$\Rightarrow U_e = \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right) \cdot U_2,$$

C_1 und C_2 sind so zu wählen, dass die Spannung am Verstärkereingang (1) 10 V nicht überschreitet. Ebenso darf die maximale Spannung zwischen Hilfeingang (2) und Masse des Elektrometer-Verstärkers 1 kV nicht überschreiten, um Schäden am Gerät zu vermeiden.

Achtung!

Es ist darauf zu achten, entsprechend spannungsfeste Kondensatoren zu verwenden.

Hinweis:

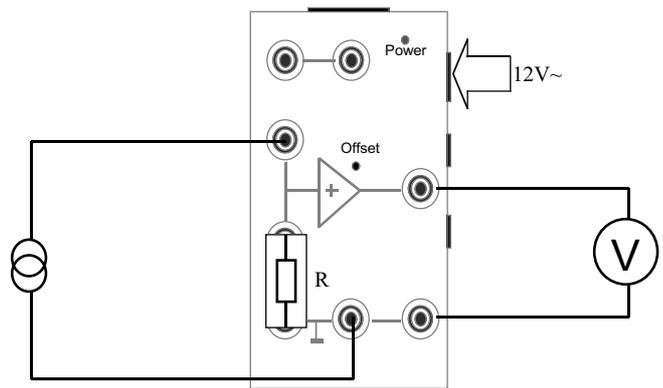
Die Angaben der Kapazität auf den Kondensatoren sind Nominalwerte und können von den tatsächlich vorliegenden Werten abweichen. Um genaue Messwerte zu erhalten, muss die tatsächliche Kapazität experimentell bestimmt werden.

Empfohlenes Zubehör:

0,1 μ F Kondensator 0,1 μ F, 250 V, im G1-Gehäuse	39105.18
Kondensator 10 nF, 250 V, im G1-Gehäuse	39105.14
Kondensator 1 nF, 100 V, im G1-Gehäuse	39105.10
Kondensator 100 pF, 100 V, im G1-Gehäuse	39105.04
Kabel mit 4 mm Büschelstecker	

7.3 Messung von kleinen Strömen

Schematischer Versuchsaufbau:



Der Messung liegt das Ohmsche Gesetz zu Grunde:
Durch die Messung der an einem bekannten Widerstand

$$I = U/R = U_e/R = U_a/R$$

abfallenden Spannung kann der durch den Widerstand fließende Strom berechnet werden. Diese Methode wird immer dann angewandt, wenn kleine Ströme zu messen sind, die bei Parallelschaltung eines niederohmigen Messgerätes verfälscht werden würden.

Empfohlenes Zubehör:

Kabel mit 4 mm Büschelstecker

8 SAMMLUNGEN FÜR VERSUCHE MIT DEM ELEKTROMETER-VERSTÄRKER:

Elektrometerverstärker, Set 1	07650.88
für Versuche zur Messung von Ladungen bestehend aus:	
Faraday-Becher, $d = 40$ mm, $h = 75$ mm (kleine Ausführung)	13027.03
Krokodilklemme, blank, 10 Stück	07274.03
Verbindungsstecker, 2 Stück	07278.05
Kurzschlussstecker 4 mm/19 mm, weiß	39170.00
Stativstange mit 4 mm Bohrung (als Erdung für den Experimentator)	02036.01
Kondensator 1 nF, 100 V. im G1-Gehäuse	39105.10
Polypropylenstab, $d = 8$ mm, $l = 175$ mm	13027.07
Acrylstab, $d = 8$ mm, $l = 175$ mm	13027.08
Elektrometer-Verstärker	13621.00

Elektrometerverstärker, Set 2	07651.88
für Versuche zur Messung von Ladungen, Spannungen und kleinen Strömen	
bestehend aus:	
Schichtwiderstand 10 G Ω , 5%, im G1-Gehäuse	39104.77
Schichtwiderstand 1 G Ω , 5%, im G1-Gehäuse	39104.76
Schichtwiderstand 100 M Ω , 5%, im G1-Gehäuse	39104.75
Schichtwiderstand 10 M Ω , 5%, im G1-Gehäuse	39104.58
Kondensator 0,1 μ F, 250 V, im G1-Gehäuse	39105.18
Kondensator 10 nF, 250 V, im G1-Gehäuse	39105.14
Kondensator 100 pF, 100 V, im G1-Gehäuse	39105.04
Zinkelektrode, 76 mm x 40 mm	(2x) 45214.00

9 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten. Von der Garantie ausgenommen sind: Schäden, die auf Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, unsachgemäße Behandlung oder natürlichen Verschleiß zurückzuführen sind.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich hierfür ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

10 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.



Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll).
Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es bitte zur fachgerechten Entsorgung an unten stehende Adresse.

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Abteilung Kundendienst
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-274
Fax +49 (0) 551 604-246