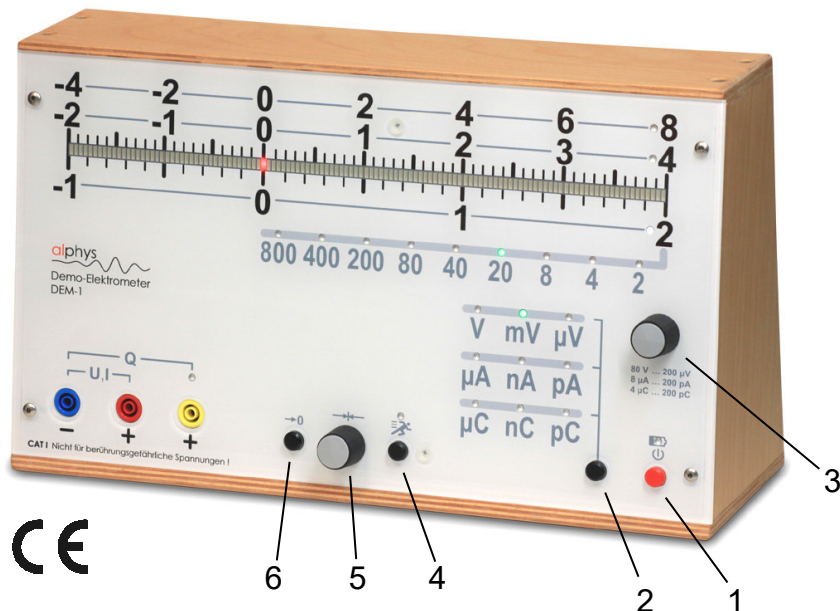


## alphys Demo-Elektrometer (DEM-1)

### Bedienung und technische Beschreibung

Nicht für berührungsgefährliche Spannungen! Beachten Sie die Sicherheitshinweise auf der folgenden Seite.



Inhalt:

1. Bedienelemente
2. Sicherheitshinweise
3. technische Daten
4. Beschreibung
  - a) Überblick
  - b) Messarten und -bereiche
  - c) Tiefpassfilter
  - d) Nullpunktseinstellung
  - e) Ladungsmessung
  - f) Anschlüsse, Eingangsschutz
  - g) Einschaltverhalten, Stromversorgung
  - h) Hinweise zur Verwendung der empfindlichsten Messbereiche
5. Problembehandlung, Gewährleistung, Zertifizierung, Entsorgung

### 1. BEDIENELEMENTE

<p><b>1 Ein/Aus-Taste</b>                  Nach dem Drücken der Ein/Aus-Taste ist das Gerät sofort betriebsbereit und nimmt den zuletzt benutzten Zustand ein. Durch erneutes Drücken der Taste oder rund 45 min nach der letzten Bedienung wird das Gerät ausgeschaltet. Eine <b>rot leuchtende LED oberhalb der Taste</b> weist auf einen niedrigen Ladezustand des Akkus (&lt; 15%) hin. Das Gerät bleibt jedoch weiterhin voll funktionstüchtig, bis es sich zum Schutz des Akkus vor Tiefentladung selbst ausschaltet.</p>
<p><b>2 Messart-Taste</b>                  zur Umschaltung zwischen Spannungs-, Stromstärke- und Ladungsmessung.</p>
<p><b>3 Messbereichs-Drehknopf</b>                  zur Wahl des Messbereiches in durchgängigen 8-4-2-Schritten in den Bereichen 80 V ... 200 µV, 8 µA ... 200 pA und 4 µC ... 200 pC. Angegeben ist jeweils der positive Skalenendwert. Grün leuchtende LEDs geben den Zahlenwert und die Maßeinheit des gewählten Messbereiches an. Eine weiß leuchtende LED markiert die zum gewählten Messbereich passende Skala.</p>
<p><b>4 Schnellmodus-Taste</b>                  ermöglicht das Aus- und Einschalten des Tiefpassfilters, mit dem sich Störungen, z.B. durch das Wechselstromnetz, unterdrücken lassen. Eine blau leuchtende LED oberhalb der Taste zeigt an, dass sich das Gerät im Schnellmodus (Filter ausgeschaltet) befindet.</p>
<p><b>5 Nullpunkts-Drehknopf</b>                  erlaubt die Korrektur bzw. Verschiebung des Anzeige-Nullpunktes.</p>
<p><b>6 Null-Taste</b>                  Bei <b>Ladungsmessung</b> bewirkt ein Tastendruck das Zurücksetzen des Ladungswertes.                  Bei den Messarten <b>Spannung</b> und <b>Stromstärke</b> wird – solange die Null-Taste gedrückt ist – der eingebaute Messverstärker von den Eingangsbuchsen getrennt. So kann der Nullpunkt überprüft bzw. justiert werden, ohne das Gerät vom Messstromkreis zu trennen.</p>

## 2. SICHERHEITSHINWEISE

- Das Gerät ist **für Demonstrations- und Schülereperimente** im naturwissenschaftlichen Unterricht bestimmt. Betreiben Sie das Gerät nicht unbeaufsichtigt und informieren Sie alle Personen, die damit arbeiten, über diese Sicherheitshinweise.
- Verwenden Sie das Gerät nur in Stromkreisen, in denen **keine berührungsgefährlichen elektrischen Spannungen** auftreten können. Als berührungsgefährlich gilt eine elektrische Gleichspannung über 60 V bzw. eine elektrische Wechselspannung über 25 V (Effektivwert), wenn die Kurzschlussstromstärke an 2 k $\Omega$  mehr als 12 mA bzw. 3 mA beträgt oder die Entladeenergie mehr als 350 mJ.
- Das Gerät darf nur in **trockenen Räumen**, die **kein Explosionsrisiko** aufweisen, benutzt werden. Schützen Sie das Gerät vor eindringenden Flüssigkeiten, Feuchtigkeit, starken Stößen, intensiver Sonnenstrahlung und hoher Temperatur.
- Das Gerät darf nur mit einem **Lithium-Ionen-Akku, Typ 18650 mit integrierter Schutzelektronik**, betrieben werden.
- Laden Sie den Akku nur mit einem **für diesen Akkutyp geeigneten Ladegerät**. Beachten Sie die gesonderten Benutzungs- und Sicherheitshinweise des Ladegerätes.
- Verwenden und laden Sie den Akku nicht, wenn sein Gehäuse oder seine Isolierung **beschädigt** ist oder wenn Sie einen ungewöhnlichen **Geruch** oder eine überhöhte **Temperatur** (> 60 °C) feststellen. Trotz der Schutzelektronik darf der Akku **nicht kurzgeschlossen** werden.
- **Öffnen Sie das Gerät nicht**. Die enthaltene Schmelzsicherung kann nur infolge eines schweren Geräteschadens durchbrennen.

## 3. TECHNISCHE DATEN

Messwertanzeige	LED-Balken mit 121 Leuchtdioden; Skalenlänge ca. 307 mm
Spannungsmessung	18 Messbereiche; 80 V ... 200 $\mu$ V in 8-4-2-Schritten Eingangswiderstand 1 M $\Omega$ $\pm$ 1 %; Eingangskapazität ca. 180 pF
Strommessung	15 Messbereiche; 8 $\mu$ A ... 200 pA in 8-4-2-Schritten Spannungsabfall max. 120 mV
Ladungsmessung	14 Messbereiche; 4 $\mu$ C ... 200 pC in 8-4-2-Schritten Eingangswiderstand ca. 60 k $\Omega$
Frequenzgang (-3dB) bei Spannungs- und Strommessung	Tiefpassfilter eingeschaltet: 0 ... ca. 10 Hz Tiefpassfilter aus (Schnellmodus): 0 ... ca. 10 kHz
Kalibrier-Genauigkeit	V-mV- $\mu$ A-nA-Messbereiche: besser als 1 LED-Schritt (1,25 %) $\mu$ V-pA- $\mu$ C-nC-Messbereiche: besser als 2 LED-Schritte (2,5 %) pC-Messbereiche: besser als 3 LED-Schritte (3,75 %)
Linearität	besser als 1 LED-Schritt (1,25 %)
Äquivalentes Eingangsrauschen	< 2,5 $\mu$ V <sub>eff</sub> bei aktivem Tiefpassfilter (0 ... 10 Hz) < 15 $\mu$ V <sub>eff</sub> im Schnellmodus (0 ... 10 kHz)
Eingangsschutz	In allen Messbereichen und Eingängen: 100 V dauerhaft; 200 V für wenige Minuten; impulsfest
Energieversorgung	Li-Ionen-Akku Typ 18650 3,7 V / 3,5 Ah mit Schutzelektronik; Akkulaufzeit bei mittlerer LED-Auslastung etwa 20 Stunden; Akku wird zum Laden entnommen; Ladedauer ca. 4 Stunden
Temperaturbereich	10 ... 40 °C, kalibriert bei etwa 20°C
Gehäuse	Holzrahmengehäuse mit integriertem Tragegriff; Abmessungen ca. 362 mm x 215 mm x 140 mm (BxHxT), ca. 3,0 kg

## 4. BESCHREIBUNG

### a) ÜBERBLICK

Das Demo-Elektrometer (DEM) dient zur Darstellung elektrischer Spannungen, kleiner Stromstärken und elektrostatischer Ladungen mit Hilfe eines Lichtbalkens, der von rechteckigen Leuchtdioden (LED) gebildet wird. Dies bietet im Vergleich zu Zeigerinstrumenten den wesentlichen Vorteil, dass der Anzeigewert dem Messsignal praktisch verzögerungslos folgen kann. So lassen sich auch veränderliche Größen wie z.B. Induktionsspannungen wiedergeben. Die rund 31 cm lange Anordnung enthält 80 LEDs für positive Messwerte, 40 für negative sowie eine permanent leuchtende LED als Nullpunkts-Markierung. Da der Skalennullpunkt bei einem Drittel der Skalenlänge liegt, können Signale auch bei wechselnden Vorzeichen problemlos dargestellt werden. Durch die große Zahl der LEDs in der Zeile ergibt sich ein annähernd analoger Eindruck, der zusätzlich durch eine weiche Überblendung von einer LED zur benachbarten verstärkt wird (außer im Schnell-Modus, siehe Abschnitt c). Dadurch lassen sich auch kleine Änderungen des Messwertes erkennen und Zwischenwerte können abgeschätzt werden.

Drei Skalen ober- und unterhalb der LED-Zeile ermöglichen die quantitative Ablesung des Messwertes, wobei die jeweils relevante Skala durch eine weiße LED markiert wird. Die erzielbare Ablesegenauigkeit ist ähnlich wie bei einem Zeigerinstrument. Weil die LED-Zeile und die Skalen in der gleichen Ebene liegen, tritt jedoch kein Parallaxenfehler auf.

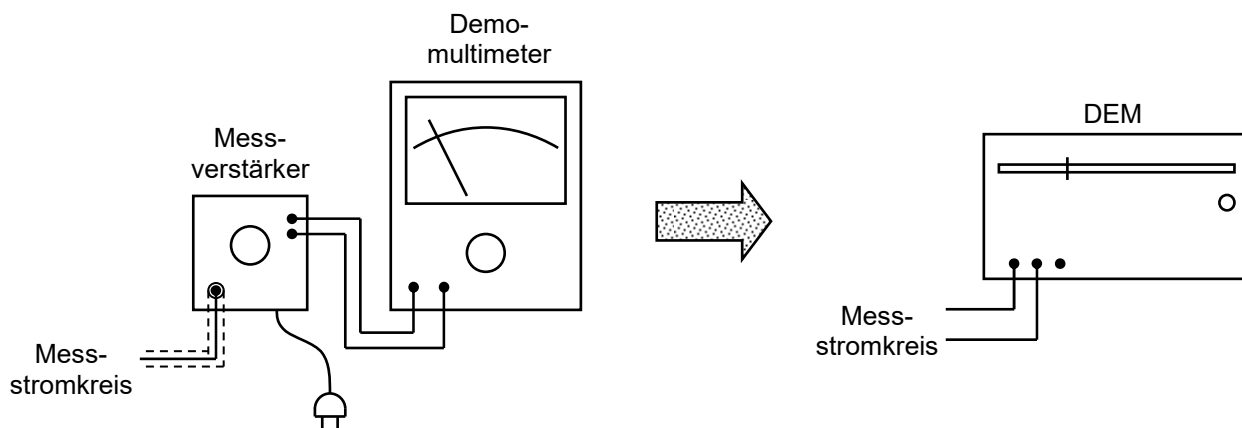
Bei Spannungsmessung hat der Eingangswiderstand in allen Messbereichen den gleichen Wert von  $1,0\text{ M}\Omega$  (wie bei üblichen Oszilloskopen). Bei Strommessung wird je nach Messbereich ein Shuntwiderstand zugeschaltet, so dass der maximale Spannungsabfall höchstens 120 mV beträgt.

Ein empfindlicher, rauscharmer und stabiler Verstärker erlaubt die Beobachtung auch sehr kleiner Spannungen und Stromstärken. Mit Hilfe einer Integratorschaltung lassen sich zusätzlich Ladungen messen, wie sie bei Experimenten zur Elektrostatik auftreten. Das DEM verfügt über drei Messbereiche je Dekade mit 8-4-2-Teilung, so dass die Skalenlänge bei allen Messwerten gut genutzt werden kann.

Messungen mit hoher Empfindlichkeit werden in der Praxis oft von elektrischen oder magnetischen Störfeldern beeinträchtigt, deren Ursache in der 50-Hz-Netzwechselspannung liegt. Um diese Störungen zu vermeiden, ist ein abschaltbares Tiefpassfilter eingebaut, das Frequenzen über etwa 10 Hz effizient unterdrückt. In den meisten Fällen kann dadurch auf die Verwendung von Abschirmungen und Koaxialkabeln im Messstromkreis verzichtet werden, was auch didaktisch von Vorteil ist.

Das DEM wird von einem Akku mit elektrischer Energie versorgt. Der Akkubetrieb bietet neben dem Wegfall eines Netzkabels den weiteren Vorteil, dass die Messungen potenzialfrei durchgeführt werden können und keine "Erdschleifen" die Messergebnisse verfälschen. Bei mittlerer Auslastung der LED-Zeile reicht eine Ladung des Lithium-Ionen-Akkus für eine Betriebszeit von rund 20 Stunden. Der Akku kann zum Aufladen oder Wechseln problemlos auf der Geräterückseite entnommen werden. Das stabile und funktionelle Gehäuse aus Holz mit integriertem Tragegriff bietet eine hohe Standsicherheit.

Das DEM besitzt für Messungen mit hoher Empfindlichkeit ähnliche Messbereiche wie ein schulüblicher Messverstärker. Es ist jedoch wegen der integrierten LED-Balkenanzeige kein Demomultimeter erforderlich und wegen des Akkubetriebs kein Netzanschlusskabel. Dadurch ergibt sich ein deutlich vereinfachter Aufbau bei vielen Experimenten. Außerdem können die Schülerinnen und Schüler den Messwert direkt ablesen, ohne die Einstellungen von zwei Geräten (Verstärker und Multimeter) berücksichtigen zu müssen.



## **b) MESSARTEN UND MESSBEREICHE**

In der Tabelle rechts sind alle 47 Messbereiche des DEM aufgelistet. Angegeben ist jeweils der positive Skalenendwert. Das DEM ist ausgelegt für **elektrische Spannungen im nicht berührungsfährlichen Bereich** sowie für elektrische Stromstärken und für Ladungen, wie sie z.B. bei Elektrostatikexperimenten oder Ionisationsvorgängen auftreten. Für die Bestimmung größerer Stromstärken muss bei Bedarf der Spannungsabfall an einem externen Shuntwiderstand gemessen werden.

Die Messart wird mit der **Messart-Taste (2)** umgeschaltet. Die Wahl des Messbereichs erfolgt mit dem leichtgängigen **Messbereichs-Drehknopf (3)**, so dass in Sekundenschnelle der passende Bereich eingestellt ist. Durch die drei Messbereiche je Dekade in 8-4-2-Teilung lässt sich die Skalenlänge bei jedem Messwert zu mindestens 40 % nutzen. Alle Messbereiche besitzen den gleichen Eingangsschutz und daher besteht keine Gefahr für das DEM, wenn bei anliegender Spannung ein beliebig empfindlicher Messbereich gewählt wird. Es spricht auch nichts dagegen, den Messbereich umzuschalten, während eine Messung durchgeführt wird. So lässt sich z.B. die elektrische Spannung beim Entladen eines Kondensators durch einen Widerstand über mehrere Größenordnungen verfolgen.

Die Auflösung, definiert als Messwertänderung für einen LED-Schritt, beträgt jeweils ein Achtzigstel des Skalenendwertes, in den empfindlichsten Bereichen also 2,5  $\mu\text{V}$ , 2,5  $\text{pA}$  bzw. 2,5  $\text{pC}$ . Bei Messungen in den  $\mu\text{V}$ -,  $\text{pA}$ - oder  $\text{pC}$ -Bereichen können Effekte auftreten oder sogar dominant werden, die normalerweise vernachlässigbar sind (siehe Abschnitt h).

Spannungsmessbereiche	Strommessbereiche	Ladungsmessbereiche
80 V	---	---
40 V	---	---
20 V	---	---
8 V	8 $\mu\text{A}$	---
4 V	4 $\mu\text{A}$	4 $\mu\text{C}$
2 V	2 $\mu\text{A}$	2 $\mu\text{C}$
800 mV	800 nA	800 nC
400 mV	400 nA	400 nC
200 mV	200 nA	200 nC
80 mV	80 nA	80 nC
40 mV	40 nA	40 nC
20 mV	20 nA	20 nC
8 mV	8 nA	8 nC
4 mV	4 nA	4 nC
2 mV	2 nA	2 nC
800 $\mu\text{V}$	800 pA	800 pC
400 $\mu\text{V}$	400 pA	400 pC
200 $\mu\text{V}$	200 pA	200 pC

## **c) TIEFPASSFILTER**

Wegen der praktisch verzögerungsfrei reagierenden LED-Zeile ist das DEM für die Wiedergabe auch schnell veränderlicher Signale mit Frequenzen bis etwa 10 kHz geeignet. Aus mehreren Gründen ist es jedoch normalerweise sinnvoll, den Frequenzbereich mit Hilfe eines Tiefpassfilters auf etwa 10 Hz zu beschränken:

- Das menschliche Auge kann periodische Bewegungen von Objekten, wie hier dem Leuchtbalken, bei einer Frequenz von mehr als etwa 10 Hz nicht mehr aufgelöst wahrnehmen.
- Schwache Messsignale werden sehr häufig von Störungen überlagert, die auf elektrische und magnetische Streufelder durch das 50-Hz-Wechselstromnetz zurückzuführen sind. Mit dem Tiefpassfilter lassen sich diese Störungen sehr effizient unterdrücken. Das Filter fünfter Ordnung schwächt Störspannungen mit einer Frequenz von 50 Hz um etwa 47 Dezibel (auf etwa 0,45 %) ab.
- Mit Hilfe des Tiefpassfilters werden die höherfrequenten Rauschteile der Verstärkerstufen des DEM wirksam verringert. Bei aktivem Filter treten auch in den empfindlichsten Messbereichen nur geringe Rauscheffekte auf.

Das Filter ist mit der **Schnellmodus-Taste (4)** abschaltbar, so dass dann Frequenzen bis etwa 10 kHz wiedergegeben werden. Damit kann z.B. eine 50-Hz-Wechselspannung oder ein Tonfrequenzsignal dargestellt werden, wobei dann der Leuchtbalken beiderseits des Skalennullpunktes in so schneller Folge abwechselnd aufleuchtet, dass der Betrachter ein gleichmäßiges, zum Skalennullpunkt ungefähr symmetrisches Band wahrnimmt, dessen Länge durch den Scheitelwert des Signals bestimmt ist. Auch bei der Darstellung von sprunghaften Änderungen eines Messwertes (z.B. bei Ein- und Ausschaltvorgängen) ist es oft zweckmäßig, das Filter auszuschalten. Die weiche Überblendung von LED zu LED ist im Schnellmodus aus technischen Gründen außer Funktion.

#### d) NULLPUNKTSEINSTELLUNG

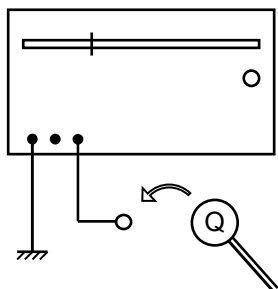
Das DEM verfügt über sehr stabile und temperaturunabhängige Verstärkerbausteine. Trotzdem kann es in den Messbereichen mit hoher Empfindlichkeit erforderlich sein, den Nullpunkt geringfügig zu korrigieren (siehe auch Abschnitt h). Hierfür sind zwei Bedienelemente vorgesehen.

Mit dem **Nullpunkts-Drehknopf (5)** lässt sich der angezeigte Wert in jedem Messbereich kontinuierlich um etwa 45 % des Skalenendwertes nach links oder rechts verschieben.

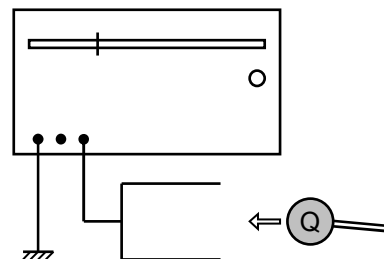
Das Betätigen der **Null-Taste (6)** bewirkt **bei Ladungsmessung**, dass der angezeigte Ladungswert auf Null gesetzt wird (siehe unten). **Bei Spannungs- oder Strommessung** bewirkt die gedrückte Null-Taste, dass der eingebaute Messverstärker von den Anschlussbuchsen getrennt und sein Eingang kurzgeschlossen wird. Damit kann die Nullpunktseinstellung überprüft oder justiert werden, ohne das DEM vom Messstromkreis zu trennen. Das Betätigen der Null-Taste hat hierbei keinen Einfluss auf den Messstromkreis.

#### e) LADUNGSMESSUNG

Für Ladungsmessungen enthält das DEM eine Integrator-Schaltung, die das Zeitintegral der Stromstärke erfasst, die über die gelbe Ladungs-Eingangsbuchse zur blauen Minus-Eingangsbuchse fließt. Durch Drücken der Null-Taste (6) wird die Integration zurückgesetzt. Die gelb leuchtende LED über der Ladungs-Eingangsbuchse signalisiert, dass der Integrator aktiv ist und erinnert an die Verwendung der richtigen Eingangsbuchse. Die Ladungsmessung ist sowohl für kurzzeitige Stromstöße als auch für langsame Umladevorgänge geeignet.

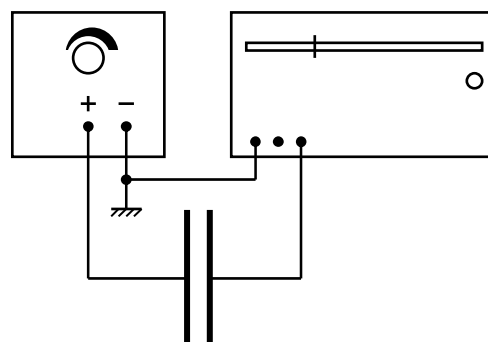


Beispiel 1: Die von einer Metallkugel als Stromstoß abfließende Ladung wird bestimmt. Es ist kein externer Vorwiderstand erforderlich. Für quantitative Messungen muss die Minus-Eingangsbuchse geerdet werden. Für qualitative Versuche genügt die "Erdung" durch das Holzgehäuse.



Beispiel 2: Die Ladung eines Körpers (Leiter oder Isolator) wird ermittelt, indem die gleich große Influenzladung eines über das DEM geerdeten Metallbeckers gemessen wird. Der Körper sollte möglichst vollständig in den Becher eintauchen.

Beispiel 3: In einem Stromkreis mit Plattenkondensator, Netzgerät und DEM lässt sich die Ladung messen, die bei Spannungsänderungen (Auf- oder Entladen) oder Änderungen des Plattenabstandes zu- bzw. abfließt. Auch hier ist es empfehlenswert, den Minuseingang des DEM zu erden. Bei einer Spannung bis zu 3 kV aus einem **nicht berührungsgefährlichen Netzgerät** besteht weder für den Experimentator noch für das DEM eine Gefahr. Trotzdem sollten Funkenüberschläge vermieden werden.



Bitte beachten Sie die Hinweise zu Kriechströmen und Streuladungen im Abschnitt h.

Der Integrator arbeitet unabhängig vom eingestellten Ladungsmessbereich. Deshalb kann der Messbereich während oder nach dem Integrationsvorgang ohne Einfluss auf den Messwert umgeschaltet werden. Falls also z.B. nach einer Ladungsmessung Vollausschlag oder ein sehr kleiner Messwert angezeigt wird, muss die Messung nicht mit einem anderen Messbereich wiederholt, sondern nur der Messbereich nachträglich passend eingestellt werden.

## **f) ANSCHLÜSSE, EINGANGSSCHUTZ**

Zum Anschluss an den Messstromkreis sind drei 4mm-Buchsen vorgesehen: Bei Spannungs- oder Strommessung werden die blaue und die rote Buchse verwendet, bei Ladungsmessung die blaue und die gelbe Buchse. An der Geräteoberfläche befinden sich keine Metallteile, die mit den Eingangsbuchsen elektrisch leitend verbunden sind. **Trotzdem darf das Gerät nicht an berührungsgefährliche elektrische Spannungen angeschlossen werden!**

Die geräteinterne Abschirmung ist mit der blauen (Minus-)Eingangsbuchse verbunden. Bei Messungen mit hoher Empfindlichkeit oder schnellen Signalen ist es empfehlenswert, die blaue Buchse an den geerdeten Teil des Messstromkreises anzuschließen.

Das Gerät nimmt unabhängig von Messart und Messbereich und unabhängig von den verwendeten Eingangsbuchsen keinen Schaden durch ...

- eine dauerhafte Spannung von bis zu 100 V.
- eine Spannung von bis zu 200 V für wenige Minuten.
- kurzzeitige (< 0,1 ms) Spannungsimpulse bis in den kV- Bereich.

Die Eingangsschutz-Bauteile im Gerät erwärmen sich bei Eingangsspannungen über 100 V. Wegen der damit einhergehenden Temperaturspannungen kann anschließend in den empfindlichsten Messbereichen eine Verschiebung des Nullpunktes auftreten, die solange anhält, bis die Bauteile wieder abgekühlt sind. **Eine dauerhafte Überlastung des Gerätes mit einer Eingangsspannung über 200 V kann zu schwerwiegenden Beschädigungen (einschließlich Brand) führen.**

## **g) EINSCHALTVERHALTEN, STROMVERSORGUNG**

Durch Drücken der roten **Ein/Aus-Taste (1)** wird das DEM ein- bzw. ausgeschaltet. Nach dem Einschalten nimmt das Gerät den gleichen Betriebszustand ein, den es vor dem Ausschalten hatte und ist sofort betriebsbereit. Beim Einschalten nach einem Akkuwechsel wird der Messbereich 80 V eingenommen. Etwa 45 Minuten nach der letzten Bedienung erfolgt eine automatische Abschaltung.

Wegen des in allen Messbereichen gleichen Eingangsschutzes besteht keine Gefahr für das Gerät, wenn es sich z.B. bei einer anliegenden Eingangsspannung von 50 V nach dem Einschalten im 200- $\mu$ V-Messbereich befindet!

Das DEM wird von einer Akkuzelle mit elektrischer Energie versorgt, die auf der Rückseite des Gerätes in einem Batteriefach mit Schiebeverschluss untergebracht ist. Das Entnehmen, Einsetzen oder Wechseln des Akkus erfolgt werkzeuglos mit wenigen Handgriffen. Im Foto rechts ist die Geräterückseite mit geöffnetem Schiebeverschluss des Batteriefaches und eingesetztem Akku (Abbildung ähnlich) zu erkennen. Achten Sie auf die richtige Polung des Akkus. Wenn die Eingangsbuchsen des Gerätes mit dem Messstromkreis verbunden sind, muss das Batteriefach geschlossen sein.



Das DEM ist ausschließlich für den Betrieb mit einer Lithium-Ionen-Akkuzelle vom Typ 18650 mit integrierter Schutzelektronik ("protected") geeignet. Die Schutzelektronik verhindert unter anderem, dass gefährliche Stromstärken auftreten, wenn z.B. ein in einer Schublade aufbewahrter Akku versehentlich kurzgeschlossen wird.

Bei Lithium-Ionen-Akkus tritt kaum Selbstentladung auf und der Ladezustand kann durch die Akkuspannung gut abgeschätzt werden. Eine rote LED über der Ein/Aus-Taste (1) warnt bei eingeschaltetem DEM davor, dass die Akkuspannung den Wert von 3,3 V unterschritten hat (Ladezustand unter etwa 15 %). Trotzdem ist das DEM noch weiterhin voll funktionsfähig. Wenn die Akkuspannung 2,8 V unterschreitet, erfolgt eine automatische Abschaltung, um den Akku vor einer schädlichen Tiefentladung zu schützen. Für die Lebensdauer des Akkus ist es vorteilhaft, wenn er bald nach dem Aufleuchten der roten LED geladen wird. Laden Sie den Akku nur mit einem für diesen Akkutyp geeigneten Ladegerät. Nach Abschluss des Ladevorgangs sollte der Akku aus dem Ladegerät entnommen werden.

Durch konsequenten Einsatz energiesparender Bauteile und Schaltungstechnik beträgt die Leistungsaufnahme des DEM nur etwa 0,3 W im Leerlauf und rund 1,1 W bei maximaler LED-Auslastung. Der geladene Akku (3,4 Ah / 3,7 V) versorgt das DEM bei mittlerer Auslastung (0,6 W) für rund 20 Stunden mit elektrischer Energie. Im ausgeschalteten Zustand ist die Leistungsaufnahme extrem gering, daher kann der Akku auch bei längeren Betriebspausen im DEM verbleiben.

## **h) HINWEISE FÜR DIE VERWENDUNG DER EMPFINDLICHSTEN MESSBEREICHE**

Bei Verwendung der empfindlichsten Messbereiche (Maßeinheiten  $\mu\text{V}$ , pA und pC) können Effekte auftreten, welche die (quantitative) Beobachtung der gewünschten Größe erschweren. Im Folgenden sind einige Beispiele angegeben.

- Durch Thermoelektrizität (Seebeck-Effekt) treten zwischen verschiedenartigen Leitern Temperaturspannungen auf. Für das Elementpaar Kupfer (z.B. Kabel) und Eisen (z.B. Krokoklemme) beträgt diese Spannung rund  $12 \mu\text{V}$  pro Kelvin Temperaturdifferenz. Allein das Anfassen einer Krokoklemme in einem Stromkreis kann so Fehlspannungen in diesem Bereich hervorrufen. Abhilfe: Temperatenausgleich abwarten oder einheitliche Materialien im Messstromkreis verwenden.  
Auch im Inneren des Gerätes treten an den Relais Temperaturspannungen auf, die zu kleinen Nullpunktsfehlern in den empfindlichsten Messbereichen führen (typisch zwei LED-Schritte im  $200 \mu\text{V}$ - und im  $200 \text{ pA}$ -Messbereich und vier LED-Schritte im  $200 \text{ pC}$ -Messbereich). Daher ist es sinnvoll, zwischen der Wahl des Messbereiches und der Justierung des Nullpunktes etwa 1-2 Minuten abzuwarten, bis sich ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hat.
- Die Bewegung eines Kabels im Erdmagnetfeld induziert je nach Kabellänge, Geschwindigkeit und Richtung eine Spannung im Bereich von einigen  $10 \mu\text{V}$ . Abhilfe: Kabel nicht oder paarweise ( $\rightarrow$  konstante Fläche) bewegen.
- An Isolatoroberflächen können Streuladungen anhaften, die zu Influenzströmen und -ladungen führen. Zum Beispiel kann bereits durch das Herausziehen einer 4 mm-Steckers aus einer Eingangsbuchse eine kleine Ladung an der Kunststoffhülse der Buchse auftreten, die anschließend langsam abfließt und so zu einer kleinen Fehlspannung bzw. zu einem kleinen Fehlstrom führt. Auch die Frontplatte aus Acrylglas kann ebenso wie alle anderen Isolatoren in der Umgebung des Messstromkreises Ladungen tragen, die störende Effekte hervorrufen. Abhilfe: Ladungsausgleich abwarten, Isolatoroberflächen (auch Kabeloberflächen) nicht unnötig durch Reibung aufladen.
- Störend können Kriechströme bei Ladungsmessung sein, die sich als stetig wachsender Messwert zeigen. Damit der angezeigte Ladungswert z.B. um weniger als  $0,1 \text{ nC}$  pro Sekunde wächst, muss ein Kriechstrom auf den +Q-Eingang kleiner sein als  $100 \text{ pA}$ . Hierfür ist bei einer Spannung von  $1,0 \text{ kV}$  im Messstromkreis ein Isolationswiderstand von über  $10^{13} \Omega = 10\,000 \text{ G}\Omega$  (!) erforderlich. Die üblichen, PVC-isolierten Messleitungen erreichen diesen Wert nicht. Abhilfe: Das mit dem +Q-Eingang verbundene Kabel sollte "freihängend" verlegt sein, also nicht auf dem Tisch liegen und keine anderen Gegenstände berühren. Bei Versuchen mit einem Plattenkondensator sollte die isolierte (nicht mit dem Standfuß verbundene) Platte an den +Q-Eingang angeschlossen werden.
- Beim Zurücksetzen der Ladungsmessung mit der Null-Taste können in den empfindlichsten Ladungsmessbereichen zwei störende Effekte auftreten: Zum einen kann durch elektrische Wechselfelder in der Umgebung des Messstromkreises eine wechselnde Influenzladung hervorgerufen werden. Nach dem Loslassen der Null-Taste wird der Wert dieser Ladung zum zufälligen Zeitpunkt des Loslassens der Taste angezeigt. Abhilfe: Abschalten oder Abschirmen des störenden Wechselfeldes. Zum anderen verbleibt nach dem Tastendruck wegen der unvermeidbaren dielektrischen Absorption ein kleiner Ladungsrest im eingebauten Integrationskondensator. Dieser Ladungsrest kann stören, wenn nach der Messung eines großen Ladungswertes anschließend ein sehr viel kleinerer gemessen werden soll. Abhilfe: Null-Taste mehrmals mit zeitlichem Abstand betätigen.

## 5. PROBLEMBEHANDLUNG, GEWÄHRLEISTUNG, ZERTIFIZIERUNG, ENTSORGUNG

### Problembehandlung:

Jedes Gerät wird vor Auslieferung anhand eines ausführlichen Prüfprotokolls intensiv getestet. Falls Sie eine Fehlfunktion feststellen, überprüfen Sie bitte zunächst, ob der Akku geladen (Spannung 3 bis 4,2 V) und mit richtiger Polung eingelegt ist, und ob die für die jeweilige Messart passenden Eingangsbuchsen verwendet werden. Bitte öffnen Sie das Gerät nicht. Falls das Problem weiterhin besteht, wenden Sie sich am besten per Mail an [info@alphys.de](mailto:info@alphys.de). Natürlich freuen wir uns auch über Erfahrungen und Anregungen zu dem neu entwickelten Gerät!

### Gewährleistung:

Es gilt die gesetzliche Gewährleistung von zwei Jahren ab Auslieferung. Mängel durch unsachgemäße Behandlung oder natürlichen Verschleiß sind von der Gewährleistung ausgeschlossen. Bei allen Mängeln, auch nach Ablauf der Garantiezeit, werden wir versuchen, Probleme mit dem Gerät einvernehmlich zu lösen, sofern dies technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll ist. Bitte wenden Sie sich auf jeden Fall zunächst an [info@alphys.de](mailto:info@alphys.de) oder an die unten angegebene Postanschrift, um die konkrete Vorgehensweise abzuklären. Der Hersteller ist nur dann verantwortlich für die Funktion und die Sicherheitseigenschaften des Gerätes, wenn keine unautorisierten Eingriffe vorgenommen wurden.

### CE-Zertifizierung:

Das Gerät trägt die CE-Kennzeichnung. Es erfüllt die Anforderungen gemäß

*DIN EN 61326-1; VDE 0843-20-1:2013-07*

*Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61326-1:2012); EN 61326-1:2013,*

sowie

*DIN EN 61326-2-2; VDE 0843-20-2-2:2013-08*

*Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen –*

*Teil 2-2: Besondere Anforderungen – Prüfanordnung, Betriebsbedingungen und Leistungsmerkmale für ortsveränderliche Prüf-, Mess- und Überwachungsgeräte für den Gebrauch in Niederspannungs-Stromversorgungsnetzen (IEC 61326-2-2:2012); EN 61326-2-2:2013.*

### Entsorgung:



Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die bei den lokalen Recyclingstellen abgegeben werden können.

Dieses Gerät gehört nicht in den normalen Hausmüll. Zur Entsorgung können Sie es an die unten angegebene Postanschrift senden.

alphys Andreas Urban  
Kyreinweg 12  
83661 Lenggries  
Deutschland