

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

## Betriebsanleitung



Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien

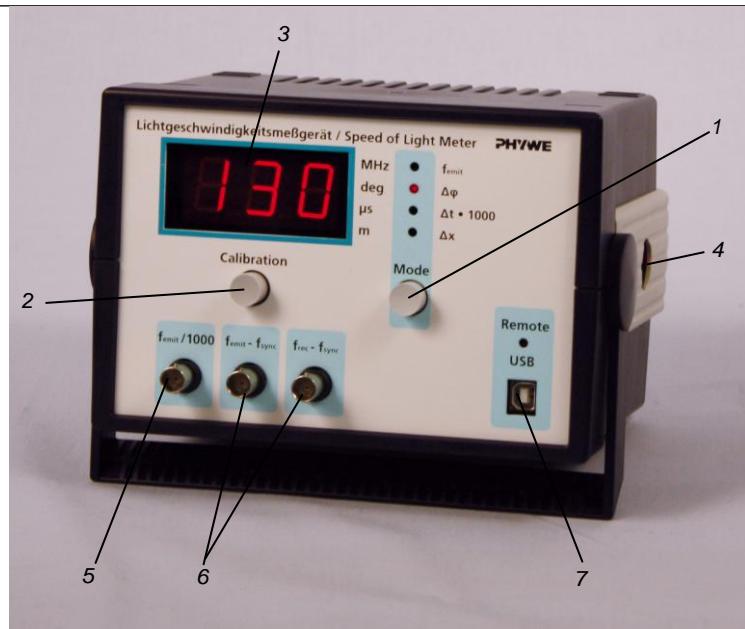


Abb. 1: 11226-99, Lichtgeschwindigkeitsmessgerät.

## INHALTSVERZEICHNIS

### 1 SICHERHEITSHINWEISE

### 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

### 3 HANDHABUNG

### 4 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

### 5 BETRIEBSHINWEISE

### 6 TECHNISCHE DATEN

### 7 LIEFERUMFANG

### 8 ZUBEHÖR

### 9 GARANTIEHINWEIS

### 10 ENTSORGUNG

## 1 SICHERHEITSHINWEISE



Laserstrahlung  
Nicht in den Strahl blicken  
Laser Klasse 2  
entsprechend DIN EN 60825-1

- 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.
- Vor dem Anlegen der Netzspannung muss sichergestellt werden, dass der Schutzleiter des Netzteils ordnungsgemäß mit dem Schutzleiter des Netzes verbunden ist. Der Netzstecker darf nur in eine Netzsteckdose mit Schutzleiter eingesteckt werden. Die Schutzwirkung darf nicht durch die Verwendung eines Verlängerungskabels ohne Schutzleiter aufgehoben werden.
- Achten Sie darauf, dass die auf dem Typenschild des Netzteils angegebene Netzspannung mit der ihres Stromnetzes übereinstimmt.
- Die Versuchsanordnung ist so aufzustellen, dass das Netzteil bzw. der Gerätestecker frei zugänglich sind. Die Lüftungsschlitzte der Versuchsanordnung dürfen nicht abgedeckt werden.
- Verwenden Sie die Versuchsanordnung nur für den dafür vorgesehenen Zweck.
- Die Versuchsanordnung nicht öffnen.
- Keine anderen Geräte als die vorgesehenen an das Gerät anschließen.
- Achtung: Vor Lösen, Tausch oder Entfernen jeglicher Kabelverbindungen ist das Gerät vom Netz zu trennen!

## 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Das Lichtgeschwindigkeitsmessgerät dient zur Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit sichtbaren (roten) Lichts in Luft oder in transparenten Flüssigkeiten bzw. festen Medien. Als Lichtquelle dient eine Laserdiode, deren Lichtintensität mit einer hochfrequenten Wechselspannung von ca. 50 MHz moduliert wird; der Lichtstrahl weist somit Zeitmarken auf. Mit Hilfe eines Retroreflektors wird der Lichtstrahl nach Durchlaufen einer gewissen Wegstrecke auf eine Photodiode gelenkt und erzeugt dort eine Wechselspannung gleicher Frequenz. Diese Wechselspannung ist jedoch in Abhängigkeit von der Länge des Lichtweges gegenüber dem ursprünglichen Ausgangssignal phasenverschoben.

Alle für die Berechnung der Lichtgeschwindigkeit notwendigen Messgrößen werden auf dem Display dargestellt. Durch das Einbringen unterschiedlicher transparenter Medien – Wasser, Öl, Kunstharz, Acrylglass – in den Strahlengang kann die Änderung der Lichtgeschwindigkeit in Abhängigkeit des Materials gemessen werden. Kennt man die Lichtgeschwindigkeit, kann mit demselben Gerät eine Abstandsmessung durchgeführt werden.

Ein Oszilloskop ist für die Versuchsdurchführung nicht nötig. Es sind jedoch Ausgangsbuchsen für die Signale vorhanden, so dass mit einem einfachen 2-Kanal-Oszilloskop die Messmethode tiefgehender didaktisch dargestellt werden kann.

## 3 HANDHABUNG

**Vor Beginn von Messungen den Laser mindestens 10 Minuten eingeschaltet lassen, damit thermisch bedingte Schwankungen seiner Intensität, welche sich auf das Messergebnis auswirken könnten, möglichst vermieden werden.**

Das Lichtgeschwindigkeitsmessgerät wird auf seine Halterung an der optischen Bank gestellt. Die am Boden des Gerätes angebrachte Magnetfolie gewährleistet einen stabilen Lage, lässt aber gleichzeitig eine horizontale Ausrichtung zu. Die Ausrichtung von Gerät und Retroreflektor ist so vorzunehmen, dass der Reflektor unabhängig von seiner x-Position auf der optischen Bank möglichst zentral getroffen wird.

## 4 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

Das Gerät ist in einem schlagfesten Kunststoffgehäuse untergebracht. In das Gehäuse ist ein klappbarer Tragegriff eingesetzt. Nach unten geklappt ermöglicht er das nach hinten geneigte Aufstellen des Gerätes. Vier Gummifüße sorgen für Rutsch- und Standfestigkeit. Das Gerät kann mit anderen Geräten im gleichen Gehäuse gestapelt werden, wobei die Gummifüße zur Erhöhung der Verschiebesicherheit in den pfannenförmigen Vertiefungen des unteren Gerätes stehen. Die geneigte Gebrauchsliste ist beim Stapeln nur für das oberste Gerät zulässig.

Zum Anschluss des Gerätes an das Wechselstromnetz dient die mitgelieferte Anschlussleitung, die in den Anschlussgerätestecker an der Gehäuserückseite gesteckt wird. Der Netzschatz zur Inbetriebnahme des Gerätes befindet sich in unmittelbarer Nähe des Anschlussgerätesteckers an der Rückseite des Gehäuses.

Mittig befindet sich an der Rückseite ein Gewinde zur Aufnahme der optionalen Stativklemme für Kleingedäuse 02043-10 (Abb. 2). Damit lässt sich das Gerät an verschiedenen Stativstangen befestigen, wodurch ein besserer Blickwinkel in Demonstrationsversuchen ermöglicht wird.



Achtung!

Um Schäden an den innenliegenden Bauteilen und eine Gefährdung durch elektrischen Schlag zu vermeiden, ist ausschließlich die dafür vorgesehene Stativklemme 02043-10 zu verwenden.

Keine Schrauben mit einer Länge von über 16 mm benutzen!



Abb. 2: Rückseite eines Geräts im Systemkleingedäuse mit Stativklemme.

Alle übrigen Funktions- und Bedienelemente befinden sich an der Frontplatte des Gerätes (siehe Abbildung 1):

### 1 Taste Mode

Die Taste Mode schaltet die fünf verschiedenen Modi des Gerätes bzw. der Anzeige durch. Der jeweils aktive Anzeigenmodus wird durch eine rot leuchtende LED gekennzeichnet:

#### a) OFF

Dies ist der Anfangszustand sobald an das Gerät Spannung angelegt wird. Der Laser ist ausgeschaltet, die Digitalanzeige zeigt OFF an, alle LEDs sind aus.

#### b) $f_{\text{emit}}$

In der Digitalanzeige wird die Modulationsfrequenz des ausgestrahlten Laserlichtes angezeigt.

#### c) $\Delta\phi$

In diesem Modus wird die Phasenverschiebung zwischen dem ausgesendeten und dem empfangenen Signal in Grad angezeigt. Die Auflösung beträgt 1 Grad, der Wertebereich 0 bis 359 Grad.

#### d) $\Delta t \cdot 1000$

Aus der Phasenverschiebung und der Modulationsfrequenz lässt sich direkt die Laufzeit des Signals errechnen und hier anzeigen. Da die Phasenverschiebung nach einem Heterodynverfahren bei 1/1000 der Modulationsfrequenz gemessen wird, soll hier das 1000-fache der Laufzeit dargestellt werden um nicht den falschen Eindruck zu erwecken es würden hier direkt Zeiten im ns Bereich gemessen.

## e) $\Delta x$

Dieser Modus ist für differenzielle Abstandsmessungen geeignet. Hier wird intern der Literaturwert der Lichtgeschwindigkeit in Luft verwendet um aus den Laufzeitunterschieden  $\Delta t$  Änderungen des Abstandes zum Retroreflektor  $\Delta x$  zu berechnen. Entsprechend der Modulationsfrequenz von 50 MHz und dem Messverfahren kann  $\Delta x$  nur im Bereich von 0 m bis 2,99 m eindeutig sein, die Auflösung der Anzeige beträgt 1 cm, die Toleranz maximal 5 %.

## 2 Taste Calibration

Durch Drücken der Taste „Calibration“ wird der Ausgangspunkt für die Messungen von  $\Delta\phi$ ,  $\Delta t \cdot 1000$  und  $\Delta x$  festgesetzt. Beim Drücken werden diese Werte zu null gesetzt, sofern der Laserstrahl zum Gerät zurückgespiegelt wird. Der Ort des Spiegels zu diesem Zeitpunkt wird damit sozusagen zum räumlichen Nullpunkt der Messung gemacht. Im Prinzip ist die Funktion dieser Taste vergleichbar mit dem „Tara“-Knopf bei einer digitalen Waage.

Das Nullsetzen der Phasendifferenz zwischen ausgesendeten- und empfangenen Signal wirkt sich auch sofort auf die Signale an den BNC-Buchsen aus und ist somit mit einem Oszilloskop auch gut zu verfolgen.

Nach dem Einschalten des Gerätes ist diese Prozedur einmal durchzuführen bevor Messungen durchgeführt werden können. Empfängt das Gerät den reflektierten Laserstrahl so blinkt in der Digitalanzeige „CAL“ sofern dies noch nicht geschehen ist.

## 3 Digitalanzeige

Auf dem 3-stelligen LED-Display mit einer Ziffernhöhe von 20 mm werden entsprechend dem Modus die gemessenen Werte dargestellt. Die jeweilige Einheit des dargestellten Wertes wird durch eine der vier roten LEDs rechts des Displays angezeigt.

Ist das zurückgespiegelte Lasersignal zu schwach um ausgewertet werden zu können, wird im Display eine nach rechts laufende Welle dargestellt.

## 4 Austrittsöffnung für Laserstrahl

Der an dieser Stelle aus dem Gerät austretende rote Laserstrahl, hat eine Leistung von unter 1 mW. Damit ist das Gerät der Laserklasse 2 zuzuordnen und darf gemäß der gültigen Richtlinien in Schulen eingesetzt werden.

**Achtung: Nicht in den Strahl blicken!**

**Regeln für den Umgang mit Lasern beachten!**

## 5 BNC-Buchse Modulationsfrequenz

Die Modulationsfrequenz des Laserlichtes ist um den Faktor 1000 heruntergesetzt an diesen Ausgang geführt um mit einem einfachen Oszilloskop gemessen werden zu können. Dies gestattet, zusammen mit den Signalen an den anderen zwei BNC-Buchsen, Messungen die unabhängig von den Werten im Digitaldisplay sind.

## 6 BNC-Buchsen Sendesignal/Empfangssignal

Über diese beiden Buchsen können Sendesignal und Empfangssignal auf einem 2-Kanal-Oszilloskop ausgewertet werden. Insbesondere kommt es hierbei auf die Phasenlage der zwei Signale zueinander an. Um nicht die schnellsten Oszilloskope für diese Aufgabe einzusetzen zu müssen, werden die Signale jeweils additiv mit einem Synchronisationssignal gemischt welches mit einer um 50 kHz niedrigere Frequenz als das Laserlicht moduliert ist. Dies führt zu Signalen im 50-kHz-Bereich deren Phasenlage zueinander immer noch genau den Originalsignalen entspricht, die aber nun bequem mit einem normalen Oszilloskop ausgewertet werden können.

## 7 Buchse für USB-Anschluss

Über den USB-Anschluss können alle Messgrößen, die vom Lichtgeschwindigkeitsmessgerät bestimmt werden, zu einem Rechner übertragen und erfasst werden. Die dazu nötige Software ist die „Software Lichtgeschwindigkeitsmessgerät“ (14411-61). Sie gehört zur Softwarefamilie „measure“ und zeichnet sich durch ihre einfache und intuitiv zu erlernende Bedienbarkeit aus. Insbesondere die optische Abstandsmessung per Software aufzuzeichnen bietet sich an. So kann die Dynamik von Bewegungen (Pendel, Farbahnwagen, etc.) kontinuierlich (1000 Hz) erfasst werden ohne den Ablauf mechanisch zu stören.

Des Weiteren kann der USB-Anschluss dafür verwendet werden, eventuell später nötige Änderungen an der internen Software auf das Gerät zu spielen.

## 5 BETRIEBSHINWEISE

Das Lichtgeschwindigkeitsmessgerät erfüllt die technischen Anforderungen, die in den aktuellen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft zusammengefasst sind.

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 oder ähnliche elektromagnetische 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.

## 6 TECHNISCHE DATEN

Lichtgeschwindigkeitsmessgerät 11226-00

Modulationsfrequenz 50,0 MHz (quarzstabilisiert)

Toleranz max. 5 %

Schutzklasse Laser Klasse 2  
nach DIN EN 60825-1

Digitalanzeige 3-stelliges LED-Display  
Ziffernhöhe 20 mm

Betriebsspannung 12 VDC  
(geeignetes Netzgerät 12 VDC/2,25 A,  
12151-99 im Lieferumfang von  
11226-99 enthalten)

Leistungsaufnahme 5 W

Versorgungs-  
anschluss Anschlussbuchse für Hohlstecker  
 $d_i = 2,1$  mm auf der Geräterückwand  
12 VDC/400 mA

Gehäusemaße 206 mm x 130 mm x 160 mm  
Masse ca. 2 kg

## 7 LIEFERUMFANG

- 11226-00 Lichtgeschwindigkeitmessgerät
- 12151-99 Netzgerät 12 VDC/2,25 A
- 11226-01 Retroreflektor mit Stiel
- 09822-00 Reiter für Stativbank

## 8 ZUBEHÖR

- 11226-02 Optische Bank  $l = 1800$  mm für Lichtgeschwindigkeitsmessung
- 11226-03 Halterung für Lichtgeschwindigkeitsmessgerät
- 09822-00 Reiter für Stativbank
- 11226-04 Acrylglaszylinder mit Halterung
- 11226-05 Rohrküvette mit Halterung
- 14411-61 Software Lichtgeschwindigkeitsmessgerät
- 02043-10 Stativklemme für Kleingehäuse

*empfohlenes Oszilloskop:*

- 11456-99 Digitales Speicheroszilloskop, 25 MHz, 2 Kanal

## 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 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 (Haushmüll).  
Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie bitte zur fachgerechten Entsorgung an die 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