



## Wasserwellengerät mit LED, komplett

11260.99

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.de

### Betriebsanleitung

 Das Gerät entspricht  
den zutreffenden  
EG-Rahmenrichtlinien

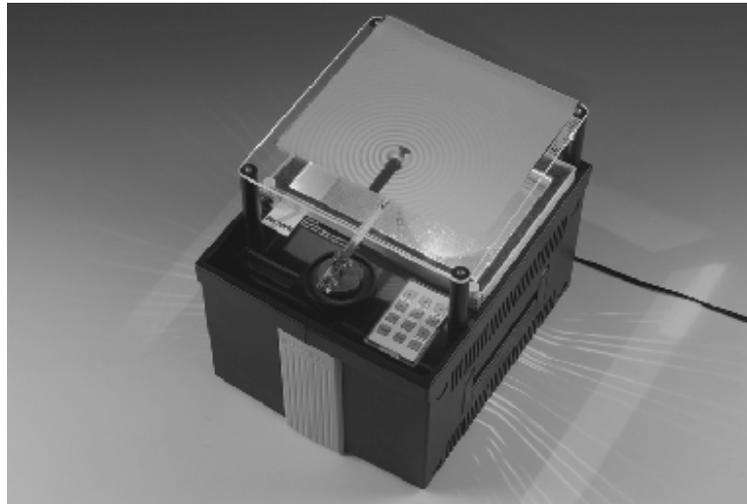


Abb. 1: 11260.99 – Gesamtansicht

## INHALTSVERZEICHNIS

- 1 SICHERHEITSHINWEISE
- 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN
- 3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE
- 4 BETRIEBSHINWEISE
- 5 HANDHABUNG
- 6 TECHNISCHE DATEN
- 7 LIEFERUMFANG
- 8 ZUBEHÖR
- 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.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den vorgesehenen Zweck.
- 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 Lüftungsschlitze der

Versuchsanordnung dürfen nicht abgedeckt werden.

- Verwenden Sie die Versuchsanordnung nur für den dafür vorgesehenen Zweck.
- Die Versuchsanordnung nicht öffnen.
- Keine anderen Geräte an das Wasserwellengerät anschließen.
- Achtung: Vor Lösen, Tausch oder Entfernen jeglicher Kabelverbindungen ist das Gerät vom Netz zu trennen!
- Während des Befüllens oder Leerens der Wellenwanne mit Wasser ist das Gerät vom Netz zu trennen.
- Längeres Betrachten der Wellenbilder unter Stroboskop-Beleuchtung kann bei gefährdeten Personen epileptische Anfälle auslösen.

## 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Das Wasserwellengerät dient zur Erzeugung und dem Studium von Oberflächenwellen in Wasser. Mit Hilfe des Gerätes lassen sich sowohl Experimente, die charakteristisch für Oberflächenwellen in Wasser sind als auch Experimente, die eine Analogie zu Experimenten mit Lichtwellen darstellen, durchführen. Viele wichtige Gesetze der Wellenoptik lassen sich anhand von Wasserwellen anschaulich und einfach demonstrieren. Im folgenden wird beschrieben, wie das Wasserwellengerät funktioniert und wie das Bild der Wasserwellen entsteht.

Die Wasserwellen werden mit Hilfe eines im Wasserwellengerät integrierten mechanischen Erregers erzeugt (Prinzip Lautsprecher). Dieser Erreger kann entweder einen einzelnen oder mehrere Tupfer zur Erzeugung von Kreiswellen oder einen Schieber zur Erzeugung von ebenen Wellen mit einer Frequenz zwischen 5 und 60 Hz in das Wasser einer Wellenwanne eintauchen. Durch das periodische Eintauchen werden Oberflächenwellen im Wasser erzeugt.

Am Gehäuseboden des Wasserwellengerätes ist eine grüne LED-Leuchte befestigt. Diese beleuchtet die Wellenwanne von unten und ermöglicht über das optische Prinzip der Schattenprojektion (Abb. 2) eine kontrastreiche Darstellung der Wasserwellen. Es ist sowohl kontinuierliches Licht, als auch Stroboskoplicht möglich. Das Stroboskoplicht ermöglicht es, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wasserwellen bis zum völligen Stillstand zu verlangsamen. Genaueres zum Gebrauch des Stroboskoplichts finden Sie unter Kapitel 5 „Handhabung“.

Der zum Lieferumfang gehörende Experimentier-tisch wird auf das Wellengerät gestellt. Durch ein darauf zulegendes weißes Blatt Papier lassen sich die Wasserwellen auf dem Papier betrachten.

Bei der Abbildung der Wellenbilder wird vollständig auf fokussierende optische Bauelemente

verzichtet. Die Bildentstehung ist vielmehr ausschließlich auf die brechenden Eigenschaften der Wasseroberfläche zurückzuführen.

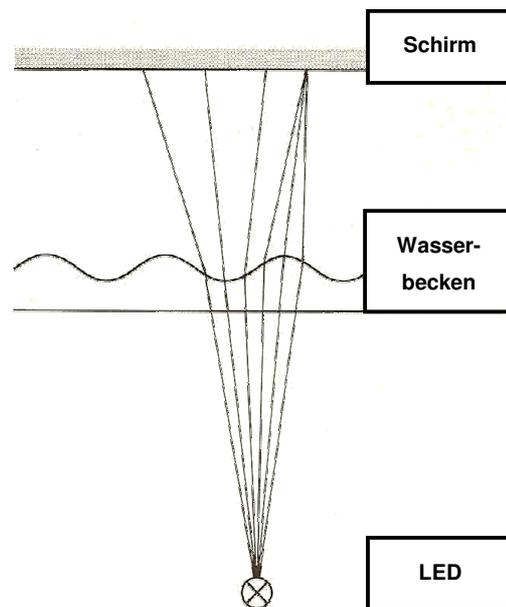


Abb. 2: Prinzip der Schattenprojektion – das Licht einer punktförmigen Lichtquelle durchtritt das Wasserbecken und erleidet entsprechend der Struktur der Oberflächenwellen teilweise eine Ablenkung, die zu einem Hell-Dunkel-Muster auf einem Schirm führt.

Das Licht der LED wird durch die Wellentäler divergent, durch die Wellenberge konvergent gemacht. Dies bewirkt, dass die Wellentäler als dunkle und die Wellenberge als helle Streifen auf einem Schirm als Betrachtungsfläche (Blatt Papier) zu erkennen sind. Durch dieses Prinzip werden kontrastreiche und scharfe Wellenbilder erzeugt. Zu beachten ist hierbei, dass sich ein guter Bildkontrast nur bei kleinen Wellenamplituden einstellt. Bei größeren Amplituden werden die von der LED-Leuchte ausgehenden Lichtstrahlen schon vor der Betrachtungsfläche vereinigt und laufen auf ihrem weiteren Weg zur Betrachtungsfläche wieder auseinander, was zu einem Verschwinden des Wellenbildes führt. Aus diesem Grund ist der Wellenerreger mit einem Amplitudensteller ausgestattet. Dadurch können die für die einzelnen Versuche unterschiedlichen optimalen Erregeramplituden in jedem Fall eingestellt werden.

## 3 FUNKTIONS-UND BEDIENELEMENTE

### 3.1 Bedienfeld

Das Wasserwellengerät verfügt über ein Bedienfeld mit 12 Tasten (Abb. 3) und eine LCD-Anzeige. Im Folgenden werden die Einstellungs-

möglichkeiten sowie die zur Erzeugung von Wasserwellen nötigen Wellenerreger genannt:



Abb. 3: Bedienfeld bestehend aus 12 Tasten an der Gehäuseoberseite des Wasserwellengeräts.

#### 1 LED

Schaltet zwischen den folgenden Einstellungen der LED-Leuchte hin und her:

- Stroboskoplicht
- Kontinuierliches Licht
- Aus

#### 2 Vib

Schaltet den Erreger an bzw. aus.

#### 3 Pulse

Durch Drücken wird dem Erreger ein einzelner Impuls gegeben, wodurch der Tupfer ein einziges Mal in das Wasser eintaucht. Durch Loslassen wird der Tupfer wieder in seine Ausgangsposition gebracht.

#### 4 Amplitude

Über (+) wird die Amplitude des Erregers (8 Stufen) erhöht, über (-) verringert.

#### 5 f

Erhöht (+) bzw. verringert (-) die Erregerfrequenz zwischen 5 und 60 Hz.

#### 6 $\Delta f$

Stellt einen Frequenzunterschied zwischen Erreger und Stroboskoplicht ein. Im Grundzustand sind beide Frequenzen gleich, die Wellen erscheinen dann unter stroboskopischer Beleuchtung als stehende Welle. Mit den Tasten (+) und (-) lässt sich ein Frequenzunterschied herstellen, um eine „Zeitlupendarstellung“ der Wellen zu erhalten.

#### 7 $\Delta\phi$

Stellt einen Phasenunterschied zwischen dem integrierten Erreger und einem zusätzlichen, externen Erreger (11260.20) her. Im Grundzustand schwingen beide Erreger gleichphasig. Es lässt sich ein Phasenunterschied zwischen  $0^\circ$  und  $360^\circ$  in jeweils  $15^\circ$ -Schritten einstellen.

#### 8 Reset

Versetzt alle Einstellungen wieder in den Grundzustand zurück.

### 3.2 Weitere Funktionselemente

Neben dem Bedienfeld weist das Wasserwellengerät weitere Funktionselemente aus:



Abb. 4: Buchsen zur Stromversorgung und zum Anschluss des externen Erregers an der Seite des Gehäuses.

#### 9 Anschlussbuchse 12 V

Anschluss des Wasserwellengeräts über ein externes Netzteil (im Lieferumfang enthalten). Die Anschlussbuchse befindet sich an der Seite des Gehäuses.

#### 10 Verbindungsbuchsen externer Erreger

Zum Anschluss des externen Erregers mit Hilfe zweier 4mm-Verbindungskabel.

#### 11 Wellenwanne

Im Wasser der Wellenwanne werden die Wasserwellen erzeugt. Die inneren Ränder der Wellenwanne sind mit Schaumstoff abgeklebt. Dies ermöglicht eine nahezu vollständige Absorption der auf die Wannenträger auftreffenden Wasserwellen, um unerwünschten Wellenreflexionen vorzubeugen.

#### 12 Montierstab mit Tupfer

Dient der Erzeugung von Kreiswellen.

#### 13 Montierstab mit Schieber

Dient der Erzeugung von ebenen Wellen.

#### 14 Integrierter Erreger

Zur Befestigung der unterschiedlichen Wellenerreger.

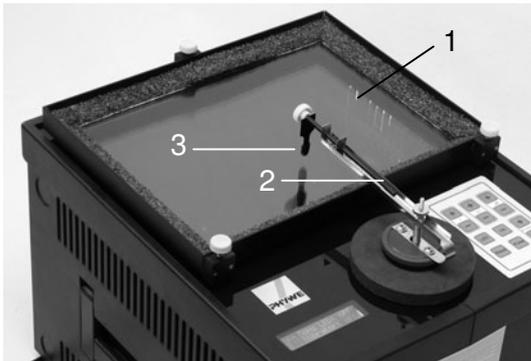


Abb. 5: Interner Erreger mit Wellenwanne (1), Montierstab (2) und Tupfer (3).

#### 15 Externer Erreger (Zubehör; 11260.10)

Als zusätzlicher zweiter Erreger verwendbar sowie nötig für den Versuch „Dopplereffekt“.



Abb. 6: Externer Erreger (11260.10) mit Zubehör.

### 4 BETRIEBSHINWEISE

Das Wasserwellengerät erfüllt die technischen Anforderungen, die in den aktuellen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft zusammengefasst sind. Die Produkteigenschaften berechtigen zur CE-Kennzeichnung.

Das Wasserwellengerät 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 Sendefunkleinrichtungen, 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 Potentialausgleich sorgen; Experimentieren auf einer leitfähigen, geerdeten Unterlage, Verwendung von Abschirmungen, abgeschirmte Kabel. Hochfrequenzsender (Funkgeräte, Mobiltelefone) nicht in unmittelbarer Nähe betreiben.

Dieses Gerät entspricht der Klasse A, Gruppe 1, der Norm EN 55011 und darf nur außerhalb von Wohnbereichen uneingeschränkt betrieben werden. Sollten trotz Beschränkung des Einsatzes auf den Fachraum einer Schule oder einer anderen Ausbildungsstätte im umgebenden Wohnbereich elektromagnetische Störungen auftreten, so kann vom Betreiber verlangt werden, angemessene Maßnahmen (z.B. Abschirmung, große Abstände zu empfindlichen Geräten, kurze Betriebsdauer, kürzestmögliche Verbindungsleitungen usw.) durchzuführen und dafür aufzukommen.

### 5 HANDHABUNG

Dieser Abschnitt beschreibt die Inbetriebnahme des Wasserwellengerätes und die Erzeugung von Wasserwellen. Bitte lesen Sie diesen Abschnitt sorgfältig durch, um Misserfolge oder Fehlbetriebungen zu vermeiden.

#### 5.1 Inbetriebnahme Wasserwellengerät

Zu Beginn ist das Wasserwellengerät mit dem Netzteil über Anschlussbuchse (9) an die externe Spannungsversorgung anzuschließen. Das LCD-Display leuchtet auf; das Wasserwellengerät ist betriebsbereit.

#### 5.2 Wellenwanne füllen

Zum Befüllen der Wellenwanne kann die mitgelieferte Spritzflasche verwendet werden. Die Wanne sollte zu etwa zweidrittel mit Wasser befüllt werden. Damit die Reflexion der Wasserwellen an den Rändern unterdrückt werden kann, wird mit dem Finger nach dem Befüllen über den gesamten Schaumstoffrand gestrichen, damit das Wasser den Schaumstoff besser benetzen kann.

Mit Hilfe der drei Verstellerschrauben lässt sich die Wellenwanne waagrecht ausrichten. Dazu schaut man zweckmäßigerweise flach über die Wasseroberfläche und nimmt die Höhe des Wasserspiegels an den einzelnen Wannenträndern als Referenz. Durch Verstellen der drei Schrauben lässt sich nun die Wanne waagrecht ausrichten, bis der Wasserspiegel an allen Seiten in etwa die gleiche Höhe besitzt.

### 5.3 Reinigung

Die Deckelplatte des Wasserwellengeräts und die Wellenwanne bestehen aus Plexiglas. Bitte reinigen Sie die Platten nur mit geeigneten und nicht-kratzenden Tüchern ohne Unterstützung aggressiver Chemikalien.

### 5.4 Erzeugung von Kreiswellen

Der Montierstab mit individuellem Tupfer (12) wird am integrierten Erreger (14) befestigt und über die Mitte der Wellenwanne gebracht. Durch Drehen der Einspannschraube am Erreger lässt sich der Tupfer soweit absenken, bis dieser in das Wasser der Wellenwanne eintaucht. Dann stellt man kontinuierliches Licht, eine Erregerfrequenz zwischen 5 Hz und etwa 20 Hz sowie eine kleine Amplitude (1 oder 2) ein. Als Betrachtungsoberfläche dient der Experimentiertisch mit einem darauf gelegten weißen Blatt Papier. Dieser wird über die Wellenwanne gestellt. Für eine bessere Sichtbarkeit des Wellenbildes könnte es nützlich sein, den Raum abzudunkeln.

Sollte das Wellenbild verzerrt oder undeutlich sein, so kann die Erregerfrequenz  $f$  und / oder die Amplitude variiert werden, bis ein Wellenbild sichtbar wird, das dem in Abb. 7 dargestelltem Wellenbild ähnelt.

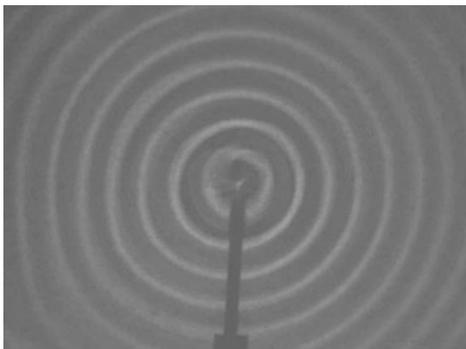


Abb. 7: Kreiswellen erzeugt mit dem tupferförmigen Erreger.

### 5.5 Erzeugung von ebenen Wellen

Die Erzeugung ebener Wellen ist etwas schwieriger, da sie eine genauere Ausrichtung der Wellenwanne und des zu verwendenden Schiebers erfordert. Gegebenenfalls sollte dem Wasser zur besseren Benetzung 1 bis 2 Tropfen Seifenlösung hinzugefügt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Dosierung nicht überschritten wird, da andernfalls Trübung und Schaumbildung auftritt, welche die Bildqualität verschlechtert.

Der Montierstab mit Schieber wird am Erreger befestigt und zum unteren Ende der Wellenwanne gebracht. Anschließend muss die Wellenwanne richtig justiert werden, da der Schieber exakt gleichmäßig in das Wasser eintauchen muss. Andernfalls ist das Wellenbild verzerrt und

undeutlich. Hinweise zur richtigen Justierung der Wellenwanne befinden sich im Abschnitt 5.2 „Wellenwanne“.

Auch der Schieber muss waagrecht justiert werden. Hierzu wird dieser annähernd waagrecht am integrierten Erreger befestigt und die Einspannschraube am Erreger solange gedreht, bis sich der Schieber knapp über der Wasseroberfläche befindet. Mit der Wasseroberfläche als Referenzfläche lässt sich nun der Schieber waagrecht ausrichten. Wenn dies geschehen ist, wird die Einspannschraube am Erreger weiter gedreht, bis der Schieber in das Wasser der Wellenwanne eintaucht (etwa 1 bis 2 mm). Dann wird eine Erregerfrequenz zwischen 18 Hz und 25 Hz, eine kleine Amplitude (zwischen 1 und 3) sowie kontinuierliches Licht eingestellt. Es sollte ein Wellenbild sichtbar werden, wie es in Abb. 8 zu sehen ist.

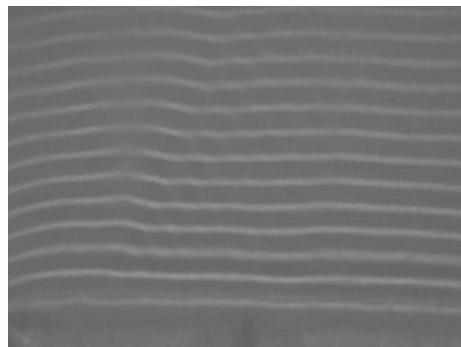


Abb. 8: Ebene Wellen erzeugt mit dem planaren Erreger.

Sollte das Wellenbild verzerrt oder undeutlich sein, so sollte die Erregerfrequenz, die Amplitude und / oder die Eintauchtiefe variiert werden. Sollte dies keine Verbesserung des Wellenbildes zur Folge haben, so könnte es sein, dass der Schieber nicht richtig justiert ist und somit nicht gleichmäßig in das Wasser eintaucht. Dann sollte dieser gemäß der obigen Beschreibung erneut ausgerichtet werden.

### 5.6 Gebrauch des Stroboskoplichts

In den einzelnen Versuchsbeschreibungen wird die Benutzung des Stroboskoplichts nur dann vorgeschrieben, wenn sie zur Erreichung des jeweiligen Versuchsziels erforderlich ist. Alle anderen Experimente sollten zunächst ohne Stroboskoplicht durchgeführt werden, da durch die stroboskopische Beleuchtung der Bildeindruck zum Teil erheblich verändert wird. Interferenzmuster sind bei kontinuierlicher Projektion wesentlich eindrucksvoller zu sehen als bei Stroboskop-Beleuchtung.

In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass das menschliche Auge nur im unteren Frequenzbereich in der Lage ist, die Wellenbilder bei kontinuierlicher Beleuchtung zu

erkennen. Aus diesem Grund wird empfohlen, beim Arbeiten mit kontinuierlicher Beleuchtung nur Frequenzen bis etwa 30 Hz zu verwenden. Bei kürzeren Wellenlängen (höhere Frequenzen) sollte dann das Stroboskoplicht eingesetzt werden, um so die Wellenausbreitung zu verlangsamen und für das Auge sichtbar zu machen.

### 5.7 Gebrauch des Demosets (Zubehör; 11260.20)

Das Demoset zum Wasserwellengerät (11260.20) ermöglicht die Aufzeichnung der Wellenbilder, um sie zum Beispiel über einen Beamer der gesamten Klasse zeigen zu können. Darüber hinaus lassen sich schnell Einzelaufnahmen der Wellenbilder machen, um diese für eine weitere Bearbeitung zu verwenden.

Ungünstige Einstellungen der Bildrate der Webcam, der Stroboskopfrequenz der LED und der Frequenz des Vibrationsgenerators können zu störenden Überlagerungen (Hell-Dunkel-Schwankungen des Bildes insgesamt) führen. Folgende Einstellungen vermeiden diese störenden Überlagerungen:

Bildrate Webcam (Hz):	15
LED-Modus:	Dauerlicht
Erregerfrequenz (Hz):	15, 30, 45, 60

Bei der Installation der zur Webcam gehörenden Software sind die Hinweise des Herstellers zu beachten. Die Halterung lässt sich gemäß Abb. 9 am Experimentiertisch befestigen.



Abb. 9: Montage des Demosets zum Wasserwellengerät (11260.20) an den Zeichentisch.

## 6 TECHNISCHE DATEN

Erregerfrequenz (Hz):	5...60
Erregeramplitude:	1...8
Stroboskopfrequenz ( $\Delta$ Hz):	-2,5...2,5
Phasenunterschied ( $^\circ$ ):	0...360
Anschlussspannung (V):	110...240
Netzfrequenz (Hz):	50/60
Abmessungen L x B x H (mm):	300 x 370 x 330
Wannenfläche (mm):	280 x 210
Masse (kg):	5,7

## 7 LIEFERUMFANG

Der Lieferumfang des Wasserwellengerät mit LED, komplett (11260.99) enthält folgende Komponenten:

- Basisgerät  
11260-00
- Netzgerät 12 V DC / 2 A  
12151-99
- Zeichentisch zum Wasserwellengerät 11260-13
- Wellenwanne zum Wasserwellengerät, nivellierbar  
11260-14
- Zubehörset  
11260-12

## 8 ZUBEHÖR

Für verschiedene Versuche wie zum Beispiel „Dopplereffekt“ oder zur Demonstration der Versuche über einen Beamer oder über einen Spiegel sind folgende Zubehörkomponenten erhältlich:

- Vibrationsgenerator für Wasserwellengerät  
11260.10
- Demo-Set für Wasserwellengerät  
11260.20
- Demo-Spiegel für Wasserwellengerät  
11260.30

## 9 GARANTIEHINWEIS

Für die von uns gelieferten Geräte mit Ausnahme der Webcam (88040-00) als Teil des Zubehörsets Demo-Set für Wasserwellengerät (11260.20) übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von vierundzwanzig Monaten, außerhalb der EU von zwölf Monaten. Sie umfasst nicht den natürlichen Verschleiß sowie Mängel, die durch unsachgemäße Behandlung entstehen.

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

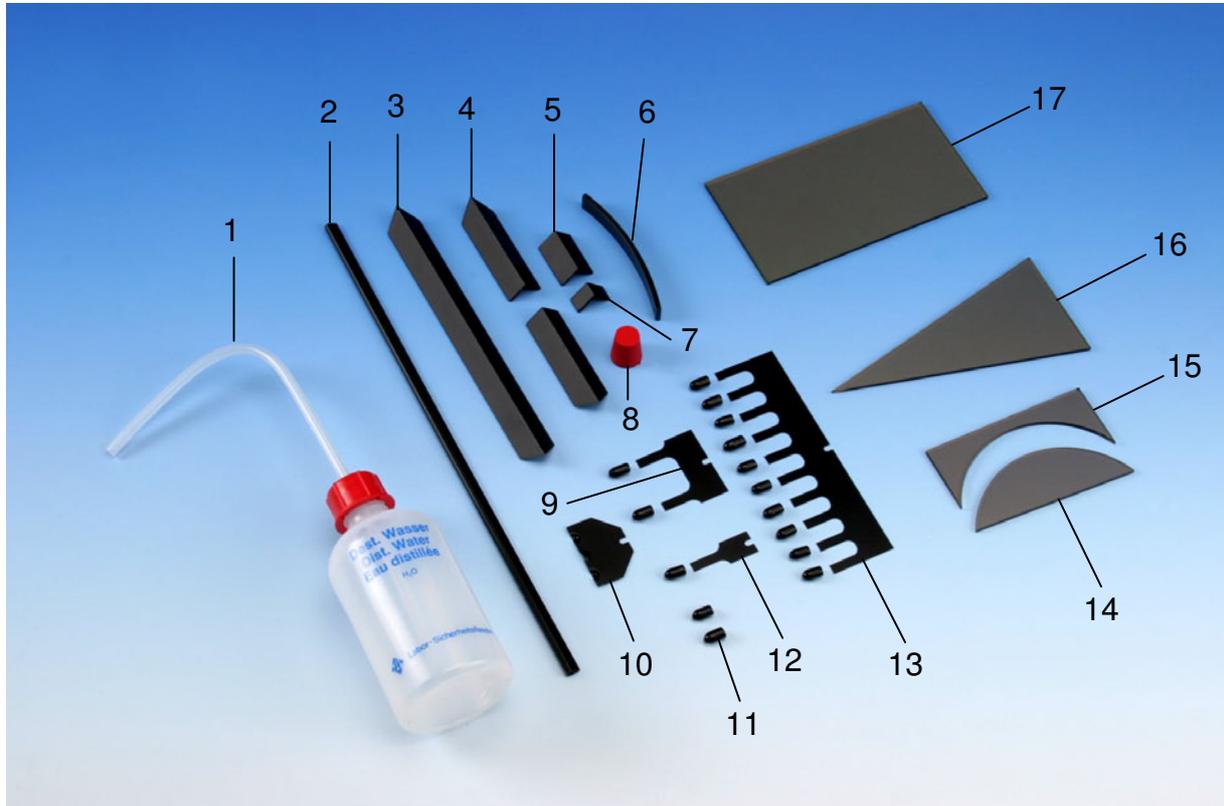
Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.



Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll). Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es 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



Bezeichnung:	Anzahl
(1) Spritzflasche, 500 ml, Kunststoff	1
(2) Planwellenerreger	1
(3) Barriere, $l = 190$ mm	1
(4) Barriere, $l = 71$ mm	2
(5) Barriere, $l = 30$ mm	1
(6) Reflektor konkav/konvex	1
(7) Barriere, $l = 10$ mm	1
(8) Gummistopfen 14/18, ohne Bohrung	4
(9) Wellenerreger, doppelt	1
(10) Halter für Planwellenerreger	1
(11) Aufsteckfuß	15
(12) Wellenerreger, einzeln	1
(13) Wellenerreger, Kamm, 10 Zinken	1
 Brechungsobjekte, Satz:	
(14) Linse, plankonvex	1
(15) Linse, plankonkav	1
(16) Prisma	1
(17) Planparallele Platte	1