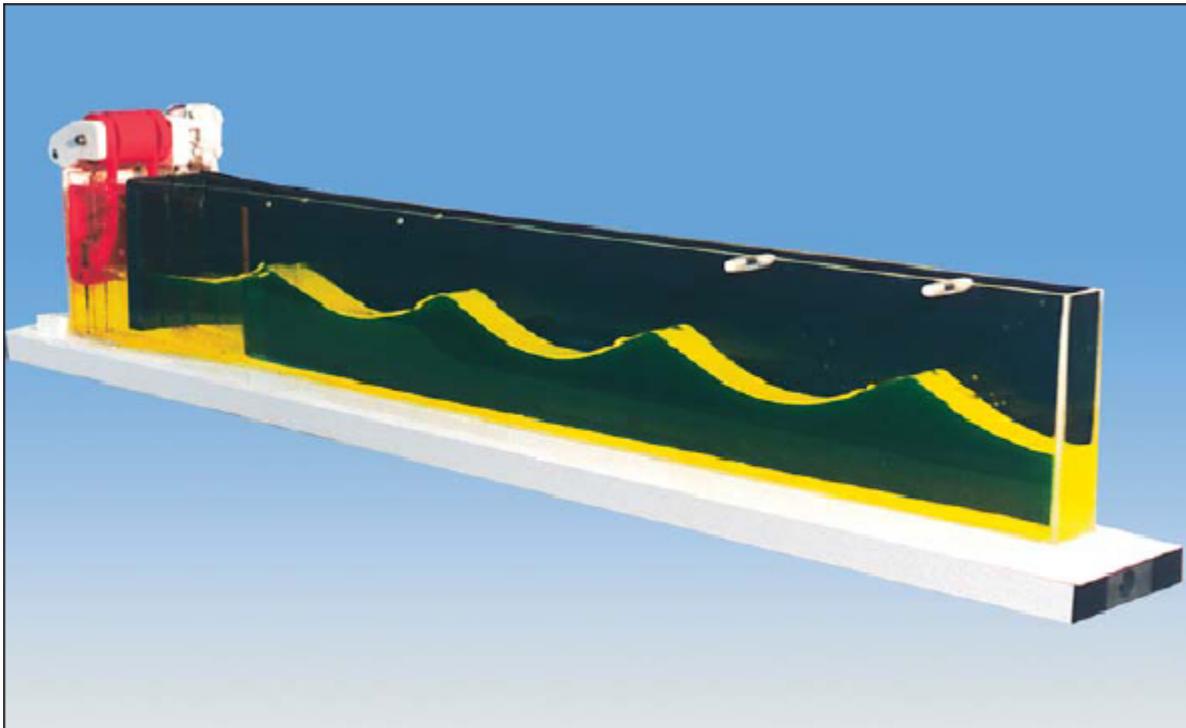




## Water Wave Channel U8431411

### Instruction sheet

11/08 ELWE/ALF



#### 1. Description

The water wave channel serves for the demonstration and investigation of surface waves in water.

It consists of a large transparent oblong trough, which is two-thirds filled with water.

The waves are produced in the short V-shaped section and studied in the I-shaped section. For the generation of the waves a motor with transmission is attached at the end of the V-shaped channel. It propels two wave exciters, which move up and down in the water. Each exciter produces a wave in a section of the V-shaped channel. Depending upon the setting, the two exciters can move in the same direction or in contra motion. The frequency of these waves can be varied by changing the operating voltage of the motor.

In both partial channels there is a frame with a fleece directly in front of the wave exciters which the waves must pass through. Thus to a large extent a sinusoidal process is achieved. Then the waves enter the I-shaped part of the channel and move along to its end. If the absorbing frame with fleece is introduced at the end of this channel, then they are dissipated as far as possible. Thus a continuous wave pattern develops in the channel. If the absorber is not inserted, the waves travel to the end of the I-shaped channel and are reflected.

With a short switch-on time of the motor, a wave train develops which travels through the channel and is reflected and travels back towards the exciter. With continuous operation of the motor the arriving and the reflected waves overlap, producing an image of a motionless standing wave.

If the wave absorbed at the end of the I-channel is produced by only one wave exciter (by blocking the second partial channel), then its amplitude is small. If both partial waves arrive into the I-shaped part of the channel, then the amplitude increases.

By inserting the separator into the transient area between the V-shaped channel and the I-shaped channel, the two partial waves run separately in the I-shaped channel and their motions can be compared with one another. If the two wave exciters are operated in contra motion then the phase shift from  $\lambda/2$  can be clearly observed in the area of the inserted glass plate. The overlap of these two partial waves leads to the fact that after they enter the rear part of the I-channel they cancel each other out to the greatest extent possible.

The following experiments can be carried out with the water wave channel:

- Production of a non-periodic wave
- Production of a periodic wave
- Proof that waves transport energy, but not material
- Phase and group velocity of a wave
- Determination of the phase velocity
- Demonstration of the relationship between frequency and wavelength
- Reflection of a wave
- Standing waves
- Same-phase overlapping of waves
- Overlapping of waves with a phase shift of  $\lambda/2$

### 1.1 Accessories

- 2 Conical frames with fleece for the homogenisation of the waves (primary absorber)
- 1 Frame with fleece for the absorption of the wave (secondary absorber)
- 1 Tube for the temporary blocking of a partial channel
- 1 Transparent separator 40x170x6 mm with spacer pieces for inserting into the I-shaped channel
- 2 Plastic balls with thread for the proving the up and down movement

### 1.2 Additionally required apparatus

- 1 Power supply unit for DC voltage, 0 ... 20 V, continuously variable
  - 1 Reflector lamp
- Fluoreszein for colouring the water

## 2. Technical data

Operating voltage of motor:	12 V DC
Dimensiones:	1500 mm x 1500 mm x 290 mm
Mass:	approx. 12.6 kg

## 3. Operation

- Fill up the water wave channel to the marked height with water, to which some fluoreszein has been added (fig. 1).
- The lighting with the reflector lamp takes place diagonally from above, so that a fluorescent layer appears on the water surface.
- Connect the motor to the power supply unit.
- Into the two partial channels of the V-shaped part, a conical frame with fleece is introduced.
- At the end of the I-shaped part, the absorber frame with fleece is introduced at such an angle that the waves at the surface travel very flatly over it.
- Switch on the motor.

The image of a spreading wave develops.

In order to change the phase position of the two partial waves, one of the rollers on the wave exciter is rotated through  $180^\circ$  until it engages.

The voltage for the motor can be increased briefly to approximately 13 V. The amperage is smaller than 0.5 A. The switch for the motor has three positions. In the middle position the motor is switched off. When pressed to one side, the motor is switched on and remains on until the switch is returned to the off position (continuous mode). When pressed in the other direction, the motor is switched on and remains on only whilst pressure is maintained (pulse mode). In this mode short wavelengths can be produced.

- When the experiments are completed put a water bucket under the end of the I-shaped channel.

To empty the channel a fatigue proof plastic tube connected to the channel inside is stored in the grey box at the end of the channel.

- To drain the water, carefully take the tube out of the box (one end is fixed to the drain nozzle).
- Slightly stretch the tube and place the free end into the bucket.

The water will be drained automatically.

- After draining the channel fold the tube in its original zigzag configuration and push it back into the box.

## 4. Sample experiments

### 4.1 Generation of a non-periodic wave

Firstly, adjust both exciters so as to produce the same phase movement.

- Introduce the absorber frame at the end of the I-shaped part of the wave channel.
- Switch on the motor for approx. 1 s.

A short wave train develops which moves through the wave channel (fig. 2).

### 4.2 Generation of a periodic wave

- Switch on the motor for a longer time.

A progressive periodic wave develops at the exciter and travels to the end of the I-channel.

### 4.3 Proving that waves transport energy, but not material

- Attach the two plastic balls in the middle part of the I-shaped channel by their threads to different places on the channel wall.
- Switch on the motor briefly

When the balls are met by the wave train, they move rhythmically over and back like the water particles. After the wave train moves through, the balls are still in the same position.

### 4.4 Determining the phase velocity of a wave

- Measure the time which a wave peak needs to travel from the entrance of the I-shaped channel to the absorber with motor running.

The speed is calculated as a quotient of distance and time.

### 4.5 Relationship between frequency and wavelength

- First operate the motor with a low voltage.
- Measure the wavelength.
- Then increase the frequency of the motor and again determine the wavelength.
- Repeat the experiment with a still greater number of revolutions of the motor.

The greater the frequency of the wave, the smaller is the wavelength.

### 4.6 Reflection of the water wave

- Remove the absorber frame from the end of the I-channel.
- Switch on the motor for approx. 1 s.

A short wave train develops, which moves up to the end of the I-channel. There it is reflected and travels back towards the wave exciter.

### 4.7 Phase velocity and group velocity

- Switch on the motor for approx. 2 s.

It is clearly visible that the wave peaks move with greater speed to end of the I-channel and after the reflection, from there towards the wave exciter than the entire group of waves.

### 4.8 Standing waves

- Switch on the motor.

The wave is reflected at the end of the I-channel. The reflected wave overlaps with the arriving wave. A standing wave develops. A convincing image of a standing wave can be achieved with a slight adjustment of motor speed.

### 4.9 Same-phase overlapping of waves

- Introduce the wave absorber again at the end of the I-channel.
- Switch on the motor.
- First block the exit of the partial channels with the cylindrical body.
- Determine the amplitude of the wave after it enters the I-channel (fig. 3).
- Open the second partial channel again and determine the amplitude again at the same location.

It is now greater than in the first instance by a factor of  $\sqrt{2}$ . (fig. 4).

### 4.10 Overlap of waves with a phase-shift of 1/2

- Rotate the sleeve on the exciter paddle in such a way that the exciters move in contra-motion.
- Introduce the separator plate into the area between the V-shaped section and the I-shaped section.
- Switch on the motor.

Where the separator is situated, the out of phase situation of the two partial waves is clearly visible. In the I-shaped part of the channel which is not separated by the plate, the two partial waves meet and cancel each other out (fig. 1).

The fact that standing waves are formed in the area of the channel with the separator plate is to be due to the reflection of the partial waves behind the separating plate. If the exciter is only switched on briefly, then it is noticed that the two partial waves move up to the overlapping position. There they are then reflected back into both channels.

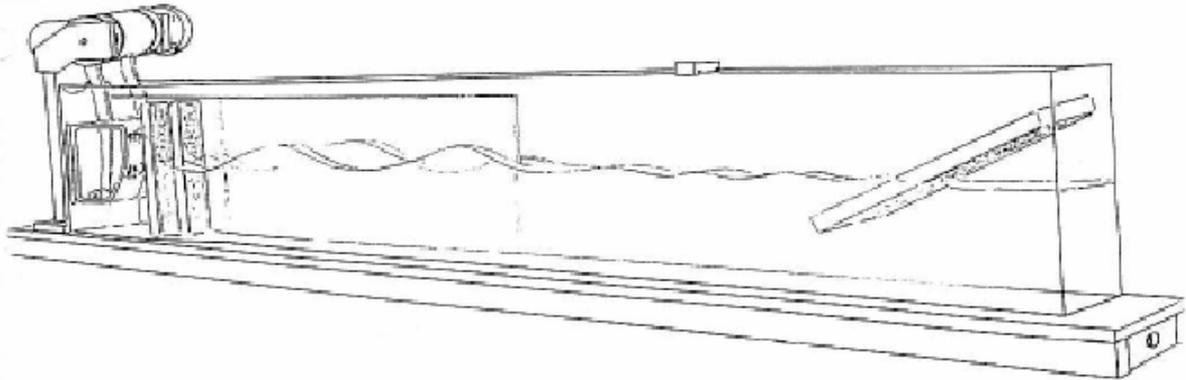


Fig. 1 Experimental set-up of the wave channel

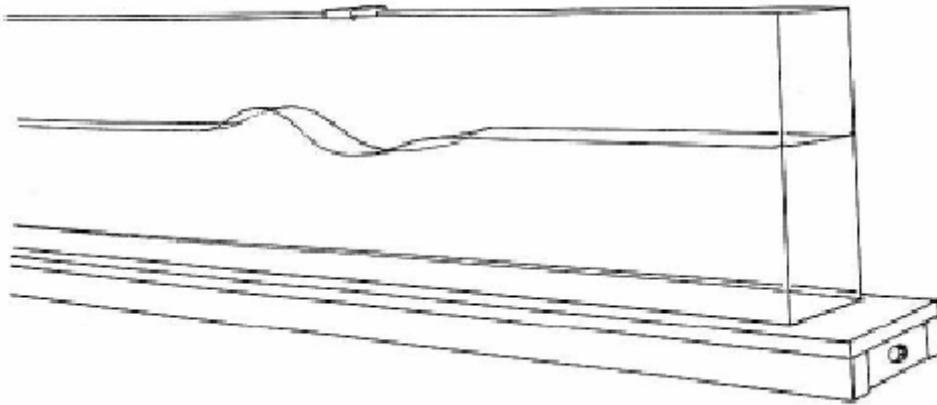


Fig. 2 Generation of a non-periodic wave

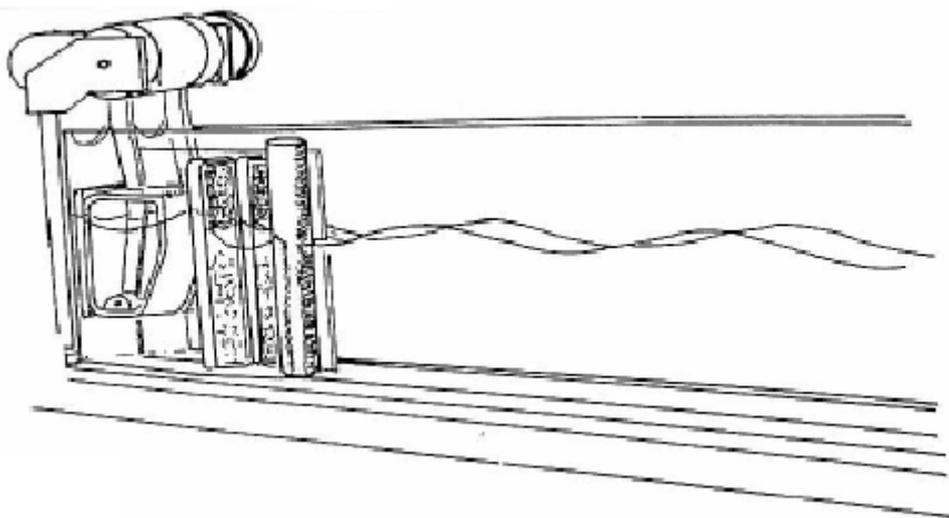


Fig. 3 Same-phase overlapping of waves

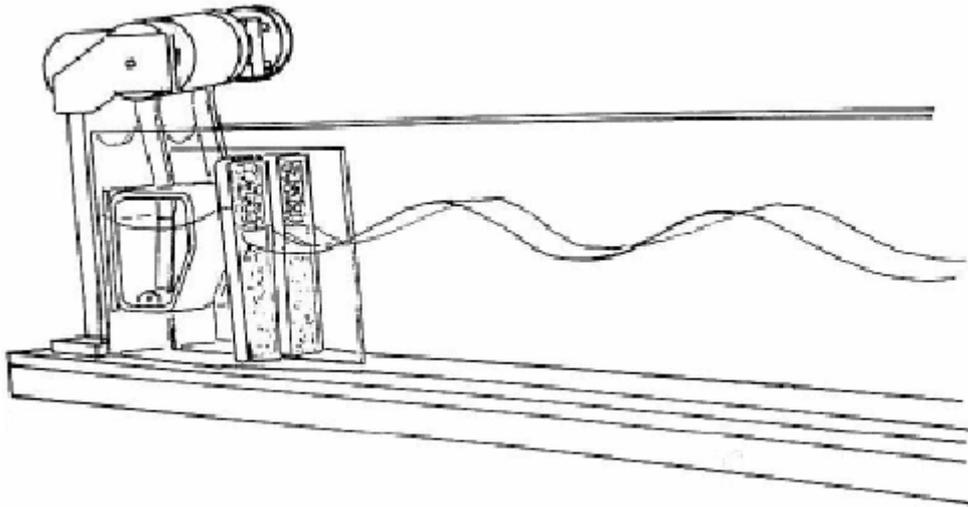


Fig. 4 Same-phase overlapping of waves



**EuroDidact®**

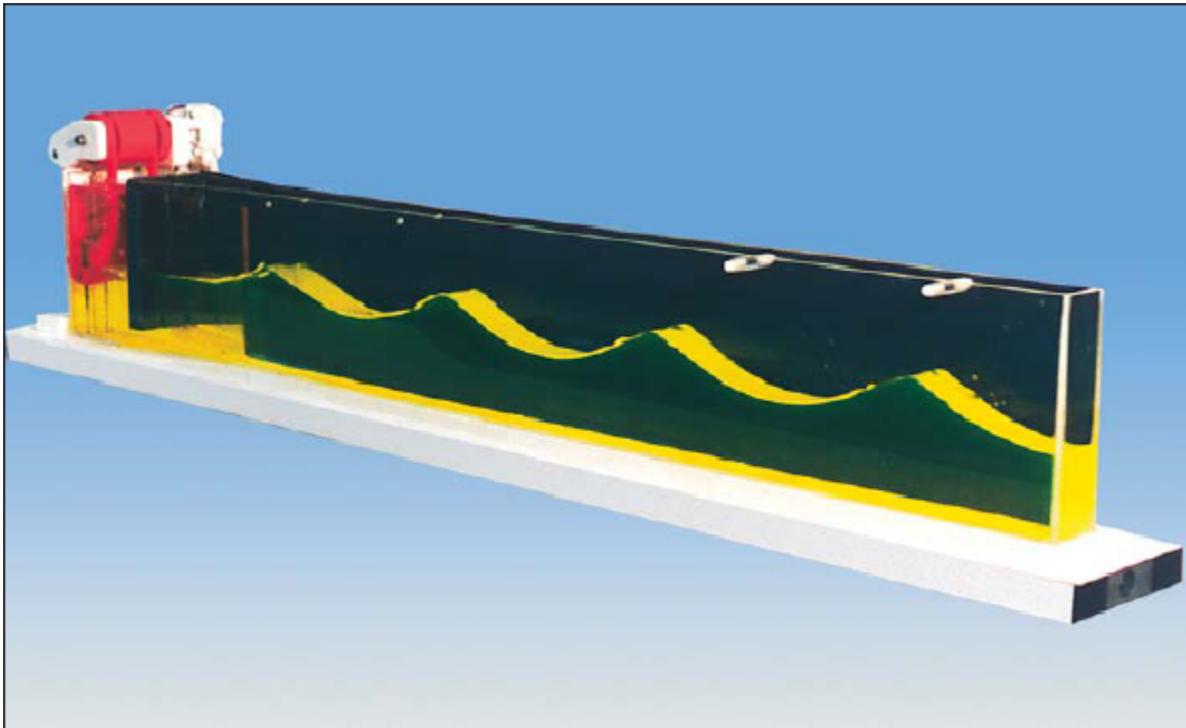
Stenkistevej 11,  
5491 Blommenslyst  
Danmark  
tlf: 60 6789 96, cvr-nr: 21223948



## Wasserwellenkanal U8431411

### Bedienungsanleitung

11/08 ELWE/ALF



#### 1. Beschreibung

Der Wasserwellenkanal dient der Demonstration und Untersuchung von Oberflächenwellen in Wasser.

Er besteht aus einer großen durchsichtigen Küvette, die zu 2/3 mit Wasser gefüllt wird. Im kurzen, V-förmigen Teil werden die Wellen erzeugt, im I-förmigen Teil werden sie untersucht. Zur Erzeugung der Wellen ist am Ende des V-förmigen Kanals ein Motor mit Getriebe angebracht. Er treibt zwei Tauchkörper an, die sich im Wasser auf und ab bewegen. Jeder Tauchkörper erzeugt in einem Teil des V-förmigen Kanals eine Welle. Je nach der Einstellung an der Erregerwelle können sich die beiden Tauchkörper gleichsinnig oder gegensinnig bewegen. Die Frequenz der Wellen kann durch

Verändern der Betriebsspannung des Motors variiert werden.

In den beiden Teilkanälen befindet sich je ein Rahmen mit einem Vlies, den die Wellen durchdringen müssen. Dadurch wird ein weitgehend sinusförmiger Verlauf erreicht. Danach treten sie in den I-förmigen Teil des Kanals ein und bewegen sich bis zu dessen Ende. Ist am Ende dieses Kanals der dämpfende Rahmen mit Vlies eingeschoben, so werden sie weitestgehend absorbiert. Dadurch tritt im Kanal das Bild einer sich ausbreitenden Welle auf. Ist der Absorber nicht eingeführt, so werden die Wellen am hinteren Ende des I-förmigen Kanals reflektiert.

Bei kurzer Einschaltzeit des Motors entsteht ein Wellenzug, der nach Durchlaufen des Kanals und nach der Reflexion wieder zum Erreger zurück-

kehrt. Bei Dauerbetrieb des Motors überlagern sich die ankommende und die reflektierte Welle, und es tritt das Bild einer stehenden Welle auf.

Wird die am Ende des I-Kanals absorbierte Welle von nur einem Wellenerreger erzeugt (Verschließen des zweiten Teilkanals), so ist ihre Amplitude klein. Gelangen beide Teilwellen in den I-förmigen Teil des Kanals, so nimmt die Amplitude zu.

Durch Einfügen der Trennplatte in den Übergangsbereich vom V-förmigen zum I-förmigen Kanal verlaufen die beiden Teilwellen auch im I-förmigen Kanal noch getrennt und können in ihrer Bewegung miteinander verglichen werden. Werden die beiden Wellenerreger gegensinnig betrieben, so ist im Bereich der eingeschobenen Glasplatte deutlich die Phasenverschiebung von  $\lambda/2$  zu erkennen. Die Überlagerung dieser beiden Teilwellen führt dazu, dass nach ihrem Eintreten in den hinteren Teil des I-Kanals weitestgehend Auslöschung auftritt.

Mit dem Wasserwellenkanal sind Experimente zu folgenden Schwerpunkten möglich:

- Erzeugung einer nichtperiodischen Welle
- Erzeugung einer periodischen Welle
- Nachweis, dass Wellen Energie, aber keinen Stoff transportieren
- Phasen- und Gruppengeschwindigkeit einer Welle
- Bestimmung der Phasengeschwindigkeit
- Demonstration des Zusammenhangs zwischen Frequenz und Wellenlänge
- Reflexion einer Welle
- Stehende Wellen
- Phasengleiche Überlagerung von Wellen
- Überlagerung von Wellen mit einer Phasenverschiebung von  $\lambda/2$

### 1.1 Zubehör

- 2 konische Rahmen mit Vlies zur Homogenisierung der Wellen (Primärabsorber)
- 1 Rahmen mit rotem Vlies zur Dämpfung der Welle (Sekundärabsorber)
- 1 Dichtungsprofil zum zeitweiligen Verschließen eines V-förmigen Teilkanals
- 1 durchsichtige Trennplatte 40x170x6 mm mit Distanzstücken zum Einführen in den I-förmigen Kanal
- 2 Schwimmerkugeln mit Faden zum Nachweis der Auf- und Abbewegung

### 1.2 Zusätzlich benötigte Geräte

- 1 Stromversorgungsgerät für Gleichspannung, 0 - 20 V, stufenlos stellbar
  - 1 Reflektorlampe
- Fluoreszein zum Anfärben des Wassers

## 2. Technische Daten

Betriebsspannung Motor:	12 V DC
Abmessungen:	1500 x 150 x 290 mm
Gewicht:	ca. 12,6 kg

## 3. Bedienung

- Den Wasserwellenkanal bis zur markierten Höhe mit Wasser füllen, dem etwas Fluoreszein zugesetzt wurde (Fig. 1).
- Die Beleuchtung mit der Reflektorlampe erfolgt schräg von oben, so dass die Wasseroberfläche als fluoreszierende Schicht erscheint.
- Den Motor mit dem Stromversorgungsgerät verbinden.
- In die beiden Teilkanäle des V-förmigen Teils je einen Primärabsorber einschieben.
- Am hinteren Ende des I-förmigen Teils den Sekundärabsorber so einführen, dass die Wellen an der Oberfläche sehr flach auf ihn auflaufen.
- Den Motor einschalten.

Es entsteht das Bild einer sich ausbreitenden Welle. Um die Phasenlage der beiden Teilwellen zu verändern, wird eine der Walzen auf der Erregerwelle um  $180^\circ$  verdreht, bis sie einrastet.

Die Spannung für den Motor kann kurzzeitig bis etwa 13 V erhöht werden. Die Stromstärke ist kleiner als 0,5 A. Der Motorschalter besitzt 3 Stellungen. In der Mittelstellung ist der Motor abgeschaltet. Betätigt man den Schalter nach der einen Seite, so wird der Motor eingeschaltet (Dauerbetrieb). Betätigt man den Schalter nach der anderen Seite, so arbeitet der Motor nur so lange, wie der Schalter gedrückt wird. Auf diese Weise können kurze Wellenlängen erzeugt werden.

- Nach dem Experimentieren unter den hinteren Teil des I-förmigen Kanals einen Wassereimer unterstellen.

Zur Entleerung des Wasserwellenkanals ist ein fest mit dem Kanalinneren verbundener Ablaufschlauch vorgesehen.

Der Schlauch aus ermüdungssicherem Kunststoff befindet sich in der kleinen Aufbewahrungsbox am Kanalende (hinter der grauen Verschlussplatte).

- Zum Entnehmen des Wassers den Schlauch vorsichtig (das eine Ende ist fest mit einem Anschlussstutzen verbunden) aus der Box nehmen.
- Das freie Ende durch leichtes Straffen bis zum Ablaufgefäß führen.

Das Wasser entläuft selbständig.

- Nach erfolgter Entleerung den Schlauch wieder zickzackförmig zusammenlegen und in die Box zurückschieben.

## 4. Versuchsbeispiele

### 4.1 Erzeugung einer nichtperiodischen Welle

- Zunächst eine gleichphasige Bewegung der beiden Erreger einstellen.
- Am Ende des I-förmigen Teils des Wellenkanals den Absorber einschieben.
- Den Motor etwa 1 s lang einschalten.

Es entsteht ein kurzer Wellenzug, der sich durch den Wellenkanal bewegt (Fig. 2).

### 4.2 Erzeugung einer periodischen Welle

- Den Motor für längere Zeit einschalten.

Es entsteht eine fortschreitend periodische Welle, die vom Erreger bis zum hinteren Ende des I-Kanals verläuft.

### 4.3 Nachweis, dass Wellen Energie, aber keinen Stoff transportieren

- Im mittleren Teil des I-förmigen Kanals an verschiedenen Stellen die beiden Schwimmerkugeln mit ihren Fäden an der Kanalwandung befestigen.
- Den Motor kurzzeitig einschalten.

Wenn die Kugeln von dem Wellenzug getroffen werden, bewegen sie sich wie die Wasserteilchen rhythmisch auf und ab. Nach der Weiterbewegung des Wellenzuges befinden sich die Kugeln noch an der gleichen Stelle.

### 4.4 Bestimmung der Phasengeschwindigkeit einer Welle

- Bei laufendem Motor die Zeit messen, die ein Wellenberg braucht, um von der Eintrittsstelle in den I-förmigen Kanal bis zum Absorber zu gelangen.

Die Geschwindigkeit wird als Quotient aus Weg und Zeit berechnet.

### 4.5 Zusammenhang zwischen Frequenz und Wellenlänge

- Den Motor zunächst mit einer geringen Spannung betreiben.
- Die Wellenlänge abschätzen.
- Danach die Frequenz des Motors vergrößern und erneut die Wellenlänge ermitteln.
- Das Experiment mit noch größerer Drehzahl des Motors wiederholen.

Je größer die Frequenz der Welle ist, umso kleiner ist die Wellenlänge.

### 4.6 Reflexion der Wasserwelle

- Den Sekundärabsorber im hinteren Teil des I-Kanals entfernen.
- Den Wellenerreger etwa 1 s lang einschalten.

Es entsteht ein kurzer Wellenzug, der sich bis zum Ende des I-Kanals bewegt. Dort wird er reflektiert und verläuft zurück zum Wellenerreger.

### 4.7 Phasengeschwindigkeit und Gruppengeschwindigkeit

- Den Wellenerreger etwa 2 s lang einschalten.

Es ist deutlich zu erkennen, dass sich die Wellenberge mit größerer Geschwindigkeit zum Ende des I-Kanals bewegen und nach der Reflexion von dort zum Wellenerreger zurück als die gesamte Wellengruppe.

### 4.8 Stehende Wellen

- Den Motor einschalten.

Die Welle wird am Ende des I-Kanals reflektiert. Die reflektierte Welle überlagert sich mit der ankommenden Welle. Es entsteht eine stehende Welle. Durch geringfügiges Ändern der Motordrehzahl kann ein überzeugendes Bild einer stehenden Welle eingestellt werden.

### 4.9 Phasengleiche Überlagerung der Wellen

- Den Wellenabsorber wieder am hinteren Ende des I-Kanals einschieben.
- Den Motor einschalten.
- Zunächst den Ausgang eines Teilkanals mit dem Dichtungsprofil verschließen.
- Nach dem Eintreten der Welle in den I-Kanal ihre Amplitude bestimmen (Fig. 3).
- Danach den zweiten Teilkanal wieder frei geben und erneut die Amplitude an der gleichen Stelle ermitteln.

Sie ist jetzt um den Faktor  $\sqrt{2}$  größer als im ersten Falle (Fig. 4).

### 4.10 Überlagerung der Wellen bei einer phasenverschiebung von 1/2

- Eine Muffe auf der Erregerwelle so verdrehen, dass sich die Erreger gegensinnig bewegen.
- In den Bereich des Übergangs vom V-förmigen in den I-förmigen Teil die Trennplatte einführen.
- Den Motor einschalten.

Im Bereich der Trennplatte ist deutlich die phasenverschobene Lage der beiden Teilwellen zu erken-

nen. Im I-förmigen Teil des Kanals, der nicht durch die Platte getrennt ist, treffen die beiden Teilwellen zusammen und löschen sich aus (Fig. 1).

Die Tatsache, dass sich im Bereich des Kanals mit Trennplatte stehende Wellen ausbilden, ist auf die Reflexion der Teilwellen hinter der trennenden

Platte zurückzuführen. Schaltet man den Erreger nur kurzzeitig ein, so ist zu erkennen, dass sich die beiden Teilwellen bis zur Überlagerungsstelle bewegen. Dort werden sie in den beiden Kanälen zurück reflektiert.

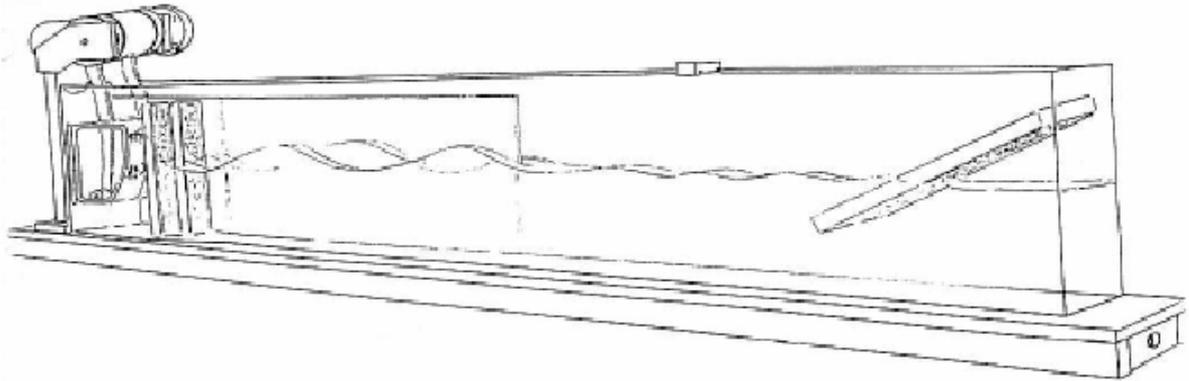


Fig. 1 Aufbau des Wellenwannenkanals

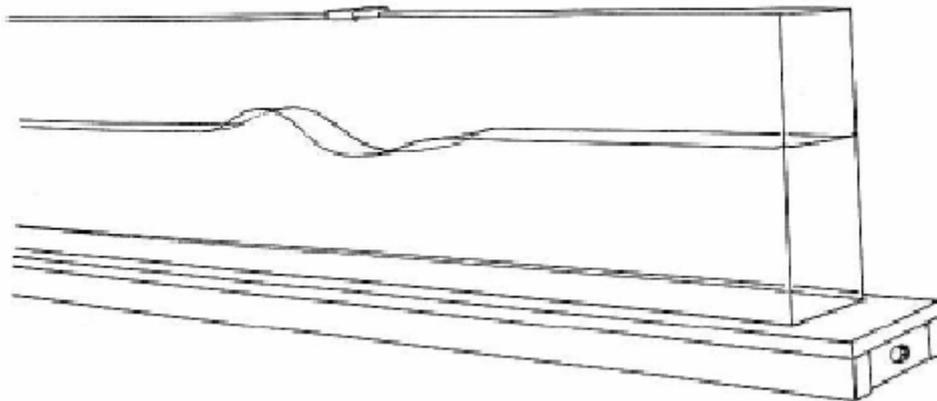


Fig. 2 Erzeugung einer nichtperiodischen Welle

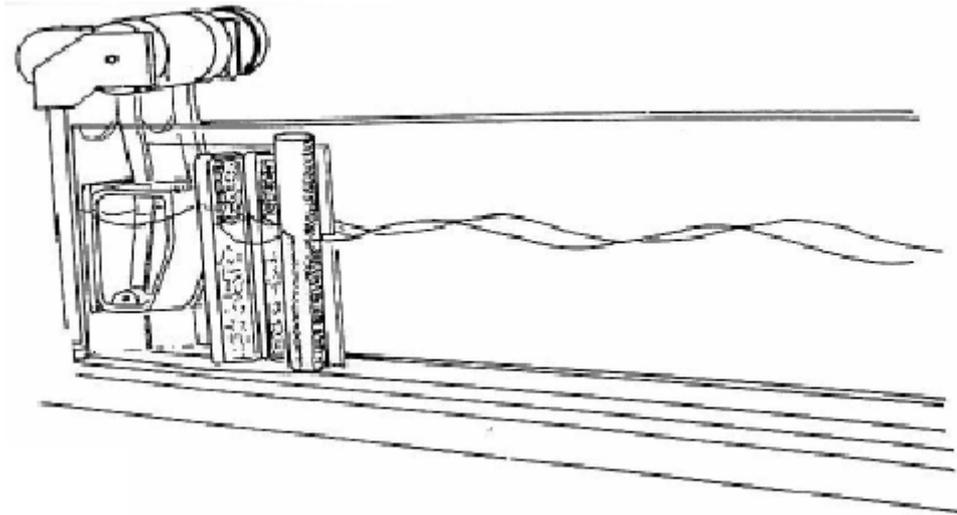


Fig. 3 Phasengleiche Überlagerung der Wellen

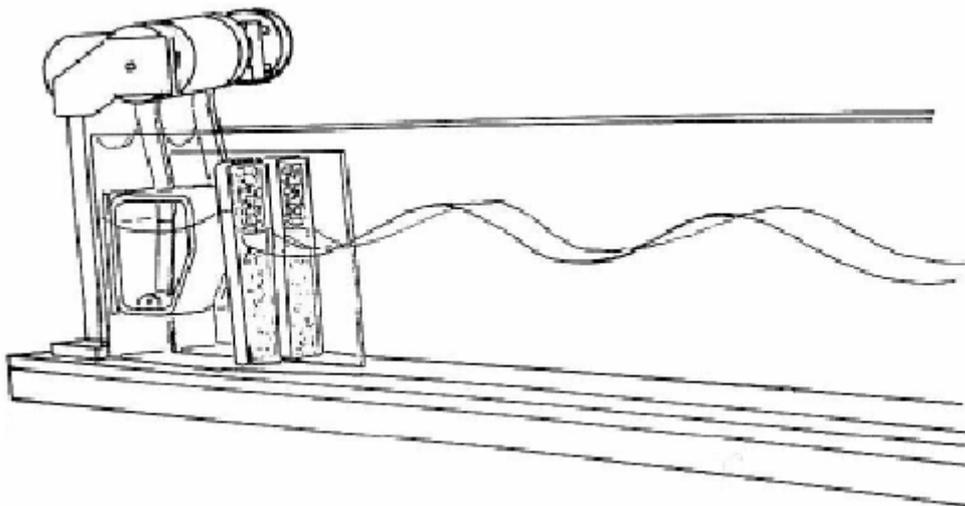


Fig. 4 Phasengleiche Überlagerung der Wellen



**EuroDidact®**

Stenkistevej 11,  
5491 Blommenslyst  
Danmark  
tlf: 60 6789 96, cvr-nr: 21223948