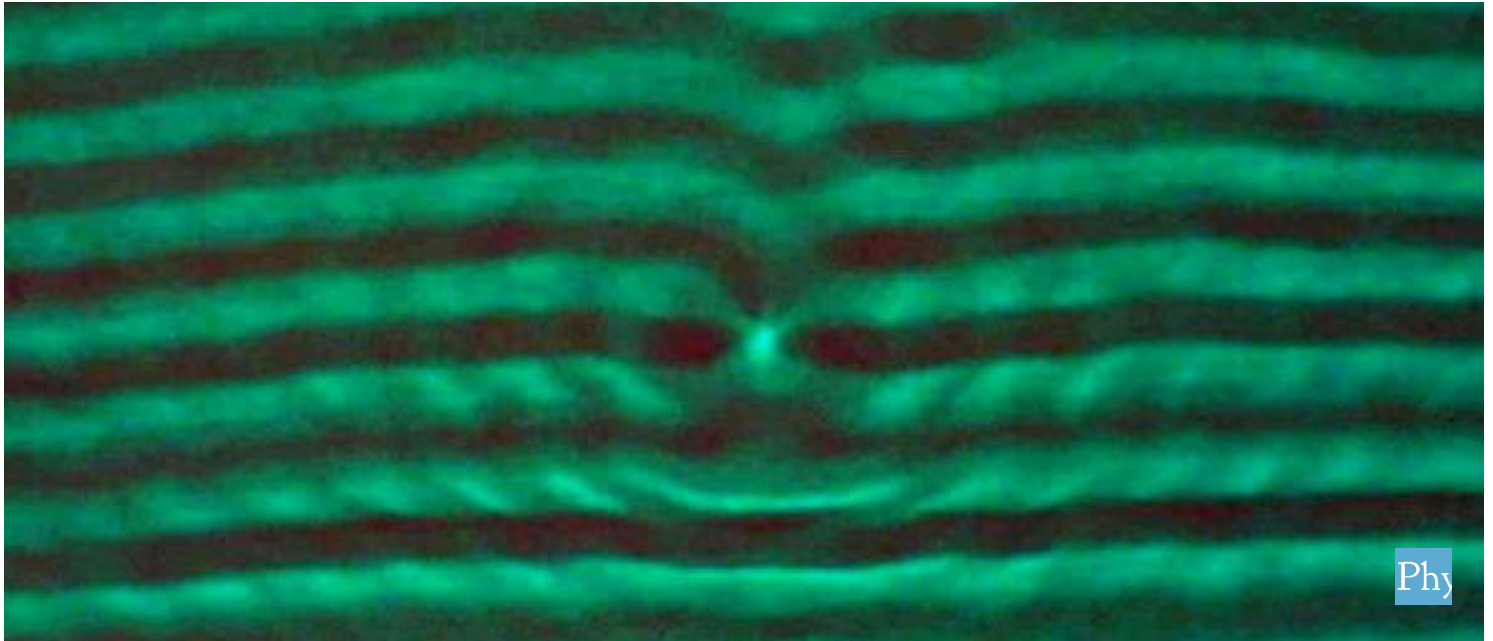


# Beugung an Hindernissen und Spalten



Die Schüler und Studenten lernen, wie sich die Beugung und Interferenz von Wellen an Hindernissen und Spalten gestaltet.

Physik

Mechanik

Schwingungen & Wellen



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



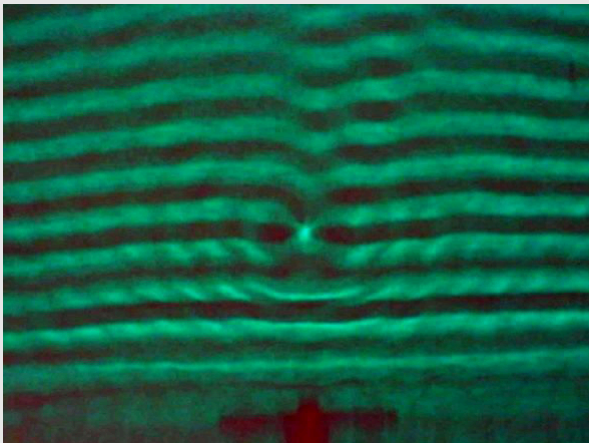
Durchführungszeit

20 Minuten



# Allgemeine Informationen

## Anwendung



Versuchsbeobachtung

Dieser Versuch besteht aus drei Teilversuchen:

- Teilversuch 1: Beugung an einem kleinen Hindernis und an einem engen Spalt
- Teilversuch 2: Beugung an einer Kante
- Teilversuch 3: Beugung und Interferenz an einem breiten Spalt.

Mit diesen Versuchen untersuchen die Schüler und Studenten die Beugung und Interferenz von Wellen an Hindernisse und Spalten.

## Sonstige Informationen (1/8)

**PHYWE**  
excellence in science

### Vorwissen



Die Schüler und Studenten sollten bereits mit der Entstehung und Weiterleitung von Wasserwellen vertraut sein. Außerdem sollten sie bereits mit dem Wellenerreger und mehreren Erregerzentren gearbeitet haben.

### Prinzip



Im Beugungsbereich eines Spaltes, dessen Breite größer ist als die Wellenlänge, ist ein charakteristisches Interferenzmuster zu beobachten. Auch im geometrischen Schattenbereich hinter einem breiten Hindernis sind Interferenzen der gebeugten Wellenzüge zu beobachten.

## Sonstige Informationen (2/8)

**PHYWE**  
excellence in science

### Lernziel



Die Schüler und Studenten lernen, wie sich die Beugung und Interferenz von Wellen an Hindernissen und Spalten gestaltet.

### Aufgaben



Die Schüler und Studenten führen drei Teilversuche durch: Die Beugung von Wellen an einem kleinen Hindernis und an einem engen Spalt, die Beugung an einer Kante und die Beugung und Interferenz an einem breiten Spalt.

## Sonstige Informationen (3/8)

**PHYWE**  
excellence in science

### Methode (1/2)

#### Versuch 1:

In der Wellenwanne werden ebene Wellen erzeugt. Die Beugung an einem kleinen Hindernis und an einem engen Spalt wird mit kontinuierlichen Wellenzügen demonstriert. Um zu zeigen, dass auch in Richtung auf den Wellenerreger Kreiswellen vom Hindernis ausgehen, werden kurze Wellenzüge erzeugt (Pulse-Modus). Auf diese Weise wird die störende Überlagerung der vom Erreger ausgehenden Wellen mit den vom Hindernis reflektierten Wellen vermieden.

#### Versuch 2:

Die Beugung an einer Kante wird mit Hilfe ebener Wellen demonstriert, die auf ein Hindernis treffen, das parallel zur Wellenfront orientiert ist. Um auch hier zu zeigen, dass sich von der Kante eine Elementarwelle (Kreiswelle) nach allen Richtungen ausbreitet, werden kurze Wellenzüge erzeugt.

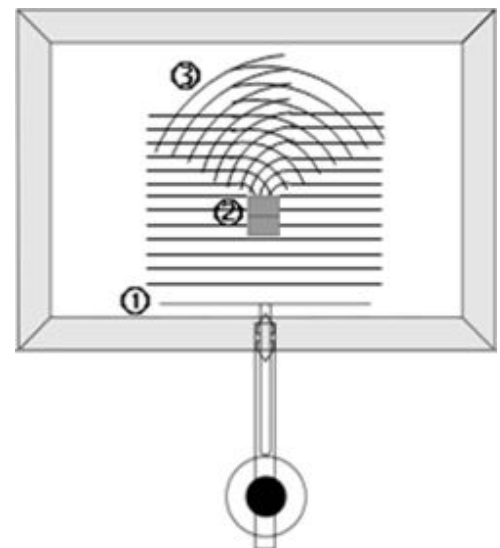
## Sonstige Informationen (4/8)

**PHYWE**  
excellence in science

### Methode (2/2)

#### Versuch 3:

Ebene Wellen treffen senkrecht auf einen Spalt, dessen Breite größer ist als die Wellenlänge. Das dabei hinter dem Spalt zu beobachtende Interferenzmuster wird untersucht. Im zweiten Teil dieses Versuchs wird an Stelle des Spaltes ein Hindernis von annähernd gleicher Größe in das Wellenfeld gebracht. Das Hindernis ist parallel zur Wellenfront orientiert (Abb. rechts).

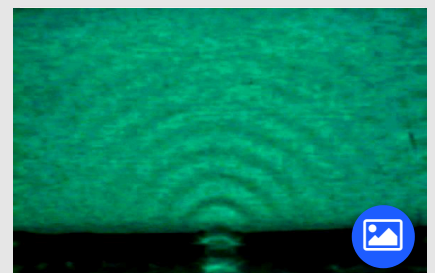
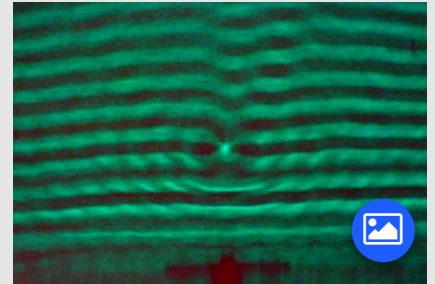


## Sonstige Informationen (5/8)

**PHYWE**  
excellence in science

### Ergebnis - Teilversuch 1

Von dem Hindernis (Abb. rechts oben) gehen ebenso wie von dem Spalt (Abb. rechts unten) Kreiswellen aus. Im Falle des Hindernisses interferieren diese Kreiswellen mit den ankommenden ebenen Wellen. Diese Interferenzen können im Bereich vor dem Hindernis durch die Erzeugung kurzer Wellenzüge anstelle von kontinuierlichen Wellen vermieden werden. Allerdings ist eine Momentaufnahme (Foto) bei kurzen Wellenzügen kaum möglich, deswegen sieht man auf dem Foto Interferenzen. Man erkennt außerdem, dass sich die Wellen in den geometrischen Schattenbereich des Hindernisses fortsetzen.



## Sonstige Informationen (6/8)

**PHYWE**  
excellence in science

### Interpretation - Teilversuch 1

Der analoge Versuch mit Lichtwellen wird stets mit einem Hindernis durchgeführt, dessen Durchmesser wesentlich größer ist als die Wellenlänge.

In diesem Fall beobachtet man im Schattenbereich eine Interferenzfigur. Der gegenüber der Wellenlänge schmale Spalt wird ebenfalls Ausgangspunkt einer Elementarwelle. Man beobachtet dabei die Beugung in reiner Form, d. h. ohne überlagertes Interferenzmuster.

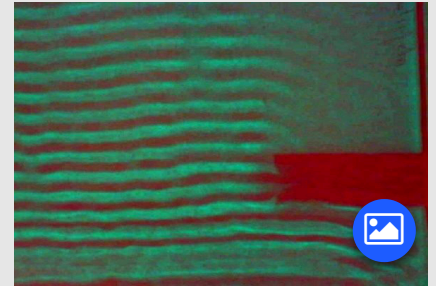
Bei der Durchführung des analogen Versuches mit Lichtwellen ist man zur Erzielung einer ausreichenden Bildhelligkeit auf Spalte angewiesen, deren Breite größer als die Wellenlänge ist. In diesem Fall beobachtet man ein Interferenzmuster, dass sich der Intensitätsverteilung der reinen Beugung überlagert.

## Sonstige Informationen (7/8)

**PHYWE**  
excellence in science

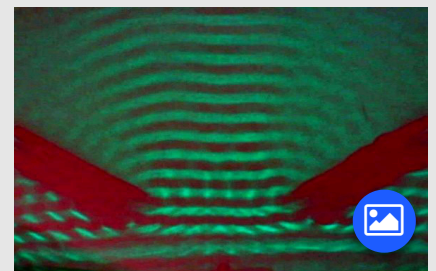
### Ergebnis - Teilversuch 2

Die ebenen Wellen laufen ungehindert am Hindernis vorbei. Von der Kante der Barriere läuft eine Kreiswelle in deren geometrischen Schattenbereich (Abb. rechts oben). Der Teil der ebenen Wellen, der auf das Hindernis trifft, wird reflektiert, so dass vor dem Hindernis eine stehende Welle entsteht. Beim Arbeiten mit kurzen Wellenzügen erkennt man, dass sich die von der Kante der Barriere ausgehende Kreiswelle nach allen Richtungen hin ausbreitet.



### Ergebnis - Teilversuch 3

Hinter dem Spalt ist ein Interferenzmuster erkennbar. Die nullte Interferenzordnung ist dabei deutlich breiter als die höheren Ordnungen (Abb. rechts unten). Hinter dem Hindernis (Schattenzone) ist ein ähnliches Interferenzmuster wie hinter dem Spalt zu erkennen.



## Sonstige Informationen (8/8)

**PHYWE**  
excellence in science

### Interpretation - Teilversuch 2 und 3

Beide Versuchsergebnisse lassen sich mit dem Huygensschen Prinzip erklären. Dies besagt, dass von jedem Punkt eines Wellenfeldes kreisförmige Elementarwellen ausgehen. Während sich im ungestörten Wellenfeld unendlich viele solcher Elementarwellen zu einem ebenen Wellenfeld überlagern, erfährt die von der Kante in Versuch 2 ausgehende Elementarwelle im Schattenbereich des Hindernisses keine Überlagerung mit anderen Wellen und kann dort direkt beobachtet werden. In Versuch 3 kann die Spaltöffnung als Ort unendlich vieler punktförmiger Erreger betrachtet werden. Die von diesen Erregern ausgehenden Elementarwellen interferieren hinter dem Spalt zu einem wie in Abb. 9 erkennbaren charakteristischen Muster.

#### Anmerkung:

Das Interferenzmuster des breiten Einfachspaltes unterscheidet sich in charakteristischer Weise von demjenigen eines Doppelspaltes. In großer Entfernung vom Einfachspalt ist die nullte Interferenzordnung genau doppelt so breit wie die höheren Ordnungen. Beim Doppelspalt ergeben sich dort für alle Ordnungen die gleichen Breiten.

## Sicherheitshinweise

**PHYWE**  
excellence in science

- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

## Theorie

**PHYWE**  
excellence in science

Treffen ebene Wellen auf ein Hindernis oder einen engen Spalt mit Abmessungen, die klein gegenüber der Wellenlänge sind, so gehen von dem Hindernis bzw. dem Spalt Kreiswellen aus.

Treffen sie auf eine Kante, so werden sie gebeugt und eine Kreiswelle (Elementarwelle) geht von dieser Kante aus in den geometrischen Schattenbereich.

Im Beugungsbereich eines Spaltes, dessen Breite größer ist als die Wellenlänge, ist ein charakteristisches Interferenzmuster zu beobachten. Auch im geometrischen Schattenbereich hinter einem breiten Hindernis sind Interferenzen der gebeugten Wellenzüge zu beobachten.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	<a href="#">PHYWE Wasserwellengerät mit LED-Lichtquelle, komplett</a>	11260-88	1

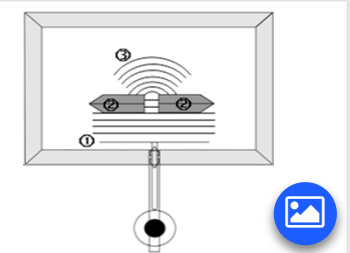
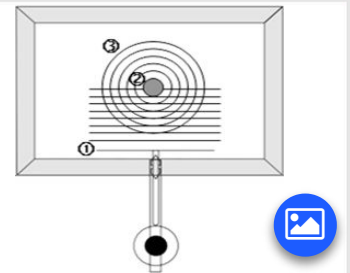




# Aufbau und Durchführung

## Aufbau - Teilversuch 1

- Der Planwellenerreger wird an der internen Erregereinheit befestigt und zum unteren Wellenwanne rand gebracht.
- Für den ersten Teilversuch wird der Gummistopfen in die Wellenwanne gelegt (Abb. rechts oben).
- Um die Beugung an einem engen Spalt zu demonstrieren, wird mittels der beiden 71-mm-Barrieren ein etwa 10 mm breiter Spalt aufgebaut (Abb. rechts unten).



## Durchführung - Teilversuch 1

**PHYWE**  
excellence in science

Der Wellenerreger wird sorgfältig einjustiert und am Wasserwellengerät eine Frequenz zwischen 18 und 25 Hz eingestellt.

### ◦ **Beugung an einem Hindernis:**

- Man beobachtet das Wellenbild zunächst bei kontinuierlicher Wellenerregung, wobei man die Erregeramplitude so einstellt, dass sich ein deutliches Wellenbild ergibt.
- Anschließend erzeugt man über die Taste „Pulse“ kurze Wellenzüge und beobachtet dabei die vom Hindernis ausgehenden Wellen.

### ◦ **Beugung an einem Spalt:**

- Man beobachtet das Wellenbild bei kontinuierlicher Wellenerregung.
- Die Erregeramplitude wird dabei so eingestellt, dass die ebenen Wellen vor dem Hindernis gut zu erkennen sind.

## Aufbau und Durchführung - Teilversuch 2

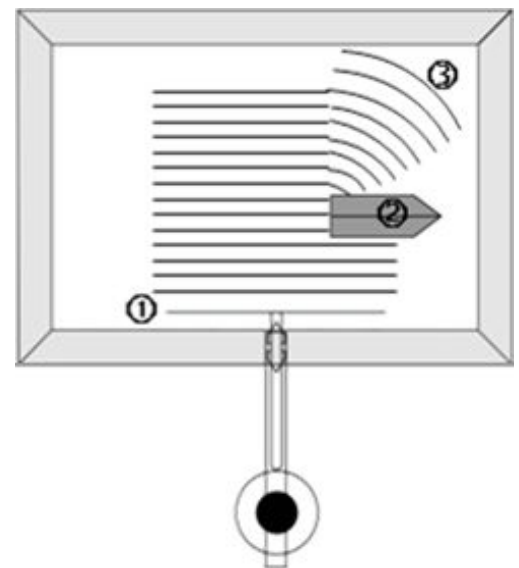
**PHYWE**  
excellence in science

### **Aufbau**

- Der planare Wellenerreger wird wie in Teilversuch 1 justiert und die 71 mm Barriere in die Wellenwanne gelegt (Abb. rechts).

### **Durchführung**

- Man behält die Erregerfrequenz aus dem ersten Teilversuch bei und wählt die Erregeramplitude so, dass sich ein deutliches Wellenbild ergibt.
- Nachdem man das Wellenbild beobachtet hat, wiederholt man den Versuch mit kurzen, über die Taste „Pulse“ erzeugten Wellenzügen.



## Aufbau und Durchführung - Teilversuch 3

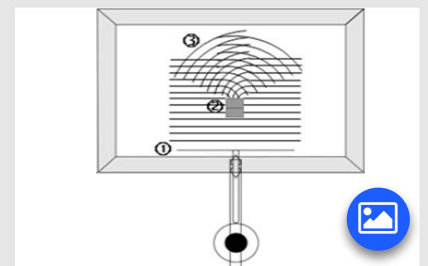
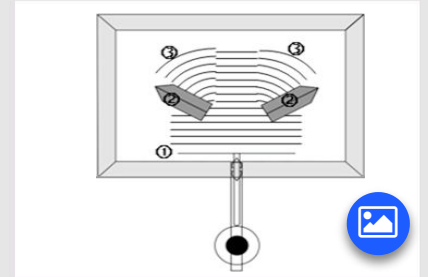
**PHYWE**  
excellence in science

### Aufbau

- Mithilfe der beiden 71 mm Barrieren wird ein Spalt mit einer Breite von etwa 3 cm in der Wellenwanne realisiert (Abb. rechts oben).

### Durchführung

- Die Erregerfrequenz liegt erneut zwischen 18 Hz und 25 Hz und die Erregeramplitude sollte so gewählt werden, dass sich vor und hinter dem Spalt ein deutliches Wellenbild ergibt.
- Das hinter dem Spalt entstehende Interferenzmuster wird beobachtet. Anschließend entfernt man die beiden 71-mm-Barrieren und legt die 30-mm-Barriere an die Stelle, wo vorher der Spalt war (Abb. rechts unten). Man vergleicht das hinter der Barriere zu erkennende Interferenzmuster mit demjenigen, das im ersten Teil dieses Versuchs zu erkennen war.



**PHYWE**  
excellence in science



## Protokoll

## Aufgabe 1

**PHYWE**  
excellence in science

Mit welchem Prinzip lassen sich die beiden Versuchsergebnisse von Teilversuch 2 und 3 erklären?

- Die Versuchsergebnisse von Teilversuch 2 und 3 lassen sich mit dem Antonischen Prinzip erklären.
- Die Versuchsergebnisse von Teilversuch 2 und 3 lassen sich mit dem elektrostatischen Prinzip erklären.
- Die Versuchsergebnisse von Teilversuch 2 und 3 lassen sich mit dem Huygensschen Prinzip erklären.

✓ Überprüfen

## Aufgabe 2

**PHYWE**  
excellence in science

Was geschieht, wenn Wellen auf ein Hindernis oder engen Spalt treffen, dessen Abmessung klein gegenüber den Wellenlängen sind?

- Treffen die Wellen auf ein Hindernis oder engen Spalt, so gehen von dem Hindernis bzw. dem Spalt Kreiswellen aus.
- Treffen die Wellen auf ein Hindernis oder engen Spalt, so löschen sich die Wellen gegenseitig aus.
- Treffen die Wellen auf ein Hindernis oder engen Spalt, so gehen von dem Hindernis bzw. dem Spalt Wellen zurück zum Erregerzentrum.

✓ Überprüfen

## Aufgabe 3

Was ist im geometrischen Schattenbereich hinter einem breiten Hindernis zu beobachten?

- Keine der Antworten ist richtig.
- Im geometrischen Schattenbereich hinter einem breiten Hindernis sind Interferenzen der gebeugten Wellenzüge zu beobachten.
- Im geometrischen Schattenbereich hinter einem breiten Hindernis sind keine Interferenzen der gebeugten Wellenzüge zu beobachten.

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 20: Prinzip	0/1
Folie 21: Hindernis bzw. Spalt	0/1
Folie 22: Geometrischer Schattenbereich	0/1

Gesamtsumme  0/3

👁️ Lösungen

🔄 Wiederholen