



WORKBOOK ZUR

LEGO WELLENWANNE

Name:

Kurs:

Datum:



gefördert durch:

WILHELM UND ELSE
HERAEUS-STIFTUNG



INHALTSVERZEICHNIS

I. Ein Tag am Meer...

1.1 Der Lageplan

II. Aufbau und Funktionsweise der Wellenwanne

2.1 Welche Gefahren bestehen? - Sicherheit

2.2 Welche Bauteile gehören zur Wellenwanne? -

Die Bauteile

2.3 Wie kommen die Bauteile zusammen? - Der Aufbau

2.4 Wie muss ich die Wellenwanne einstellen? - Das Finetuning

2.5 Wie muss das Licht eingestellt werden?

2.6 Wie viel Wasser muss in die Wellenwanne?

2.7 Wieso sehen wir die Wellen unterhalb der Wellenwanne? - Die Funktionsweise

III. Alles hat seinen Ursprung an einem Punkt

Am Strand - Die Basics als Trockenübung

Ort 1 - Die Surferwelle

Ort 2 - Die Hafeneinfahrt

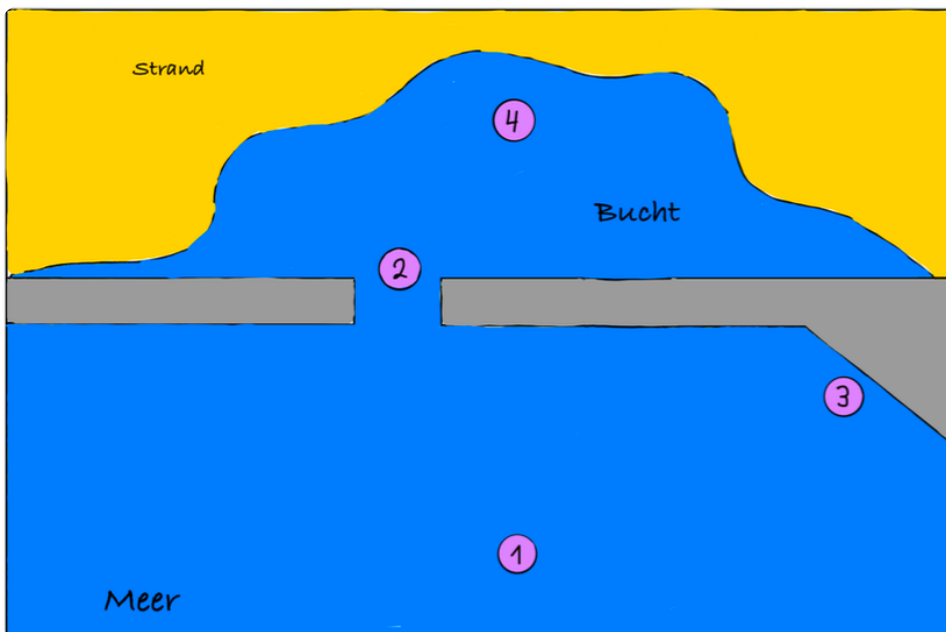
Ort 3 & 4 - Am Rande der Bucht

I. EIN TAG AM MEER...

Um die spannenden Eigenschaften von Wellen praktisch zu erforschen, nutzen wir die sogenannte Wellenwanne. Dabei kannst du selbst beobachten, wie sich Wasserwellen verhalten – und das mit einer von euch gebauten Wellenwanne aus LEGO-Komponenten. Nachdem wir Wellen bisher vor allem mathematisch und theoretisch betrachtet haben, erhältst du nun die Möglichkeit, diese Phänomene direkt und anschaulich zu erleben und zu analysieren.

Als Einstiegsbeispiel betrachten wir gemeinsam eine Bucht am Strand: Dort treffen Wellen auf Hindernisse, werden reflektiert, gebeugt, überlagern sich und brechen an unterschiedlichen Stellen. Mit dem Experiment kannst du diese Phänomene selbst untersuchen und herausfinden, wie das Huygenssche Prinzip, Beugung, Reflexion, Brechung und Überlagerung in solchen Situationen wirken und wie sich diese Effekte sichtbar machen lassen.

1. DER LAGEPLAN



Wir betrachten in der Folge die Orte 1 bis 4 nacheinander, um uns die verschiedenen Phänomene von Wellen zu untersuchen.

Um die einzelnen Phänomene auf die Schliche zu kommen schauen wir uns zunächst die Grundform von Wasserwellen an.

Doch zunächst noch ein kurzer Einstieg in die Wellenwanne...



II. AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE DER WELLENWANNE

1. WELCHE GEFAHREN BESTEHEN? - SICHERHEIT

Bei der Wellenwanne wird mit **Strom** und **Wasser** gearbeitet. Daher sollte ein direkter **Kontakt** von Kabeln, Steckern oder dem Steuergerät mit **Wasser vermieden** werden! Die Spannungen des Steuergerätes sind für Menschen **berührungsungefährlich**.

Achte daher auf einen vorsichtigen und achtsamen Umgang...

- mit **Wasser**: Überschwappen beim Eingießen vermeiden oder Wasser auf dem Tisch direkt aufwischen.
- mit den **Stromkabeln**: Kabel sicher verlegen.
- mit dem **Steuergerät**: soweit es geht in sicherer Entfernung von der Wellenwanne aufstellen.
- mit deinem **iPad** und deinem **Smartphone**: pass auf, dass es nicht mit dem Wasser in Berührung kommt.



2. WELCHE BAUTEILE GEHÖREN ZUR WELLENWANNE? - DIE BAUTEILE

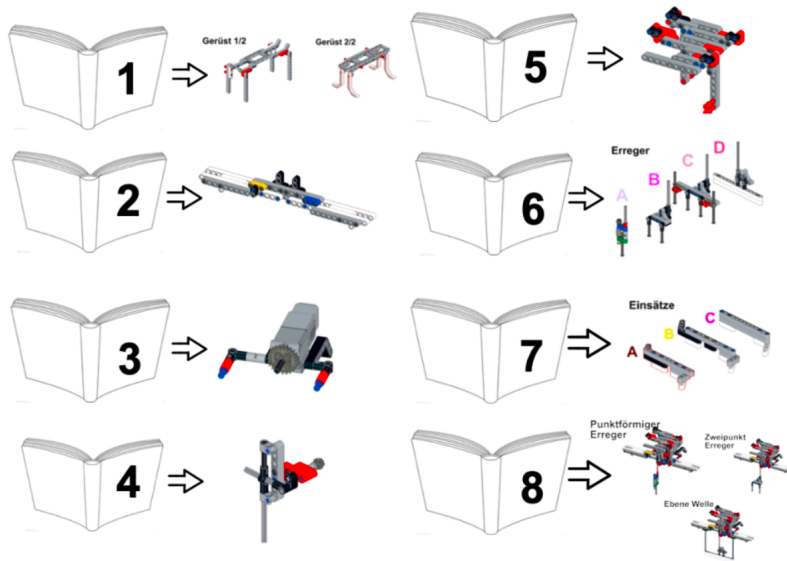
Zum Aufbau der Wellenwanne gehören folgende Bauteile:

1. Gerüst
2. Halterung
3. Motor und Getriebe
4. Handyhalterung/Lichtpositionierung
5. Erreger
6. Einsätze und Tools
7. Plastikbox

Für jedes einzelne Bauteil ist eine LEGO-Anleitung vorhanden. Zusätzlich sind zur Inbetriebnahme und für die einzelnen Phänomene Kurzanleitungen verfügbar.



[Link zur
Bauanleitung](#)



3. WIE KOMMEN DIE BAUTEILE ZUSAMMEN? - DER AUFBAU

Um mit der LEGO-Wellenwanne experimentieren zu können baue die Anleitungen **1-5** in euer Gruppe auf.
Zusätzlich benötigt ihr je nach Phänomen verschiedene **Erreger** und verschiedene **Einsätze**.

Welche Komponenten ihr jeweils benötigt steht am Anfang von jedem Kapitel.

In **Anleitung 8** ist das **Zusammensetzen** der einzelnen Komponenten erläutert!

Für das Verbinden mit der **EV3-App** schaue in die dazugehörige Anleitung im Anhang.

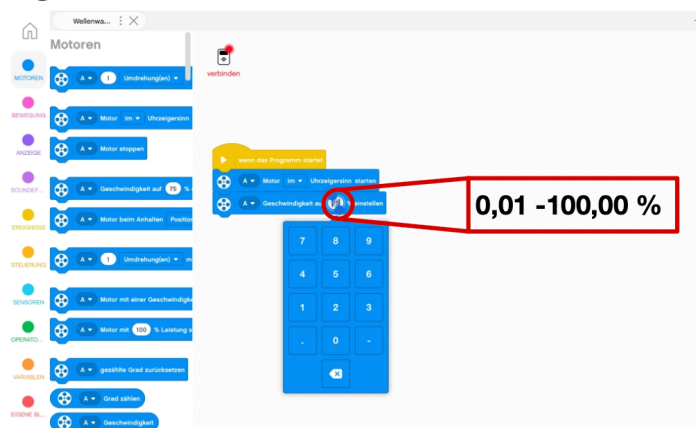


Schaue auf die **Spickzettelanleitung**, wenn du dir unsicher bist, mit welchem Aufbau sich das Phänomen untersuchen lässt! (Du findest die Anleitung im Anhang)

4. WIE MUSS ICH DIE WELLENWANNE EINSTELLEN? - DAS FINETUNING

Nachdem ihr das Steuergerät mit der EV3-App verbunden habt könnt ihr die Motorgeschwindigkeit in der App anpassen. Die Geschwindigkeit wird dabei in Prozent

angegeben und orientiert sich an der maximalen Drehzahl des Motors die bei 240-250 Umdrehungen pro Minute liegt.



5. Und wie muss nun das Licht eingestellt werden?

Um das Licht passend an die Geschwindigkeit der Wellen einzustellen muss man die Geschwindigkeitsangabe aus der EV3-App in RPM (Umdrehungen pro Minute) umrechnen. Anschließend lässt sich daraus die Frequenz berechnen, in der das Stroboskoplicht aufleuchten. Die Werte sind passend zum Übersetzungsverhältnis der Zahnräder in der unteren Tabelle angegeben.

v Motor [%]	Übersetzungsverhältnis 1:3	
	RPM [U/min]	Frequenz [Hz]
10,00	5,00	1,25
20,00	150,00	2,50
30,00	225,00	3,75
40,00	300,00	5,00
50,00	375,00	6,25
60,00	450,00	7,50
70,00	525,00	8,75
80,00	600,00	10,00
90,00	675,00	11,25
100,00	750,00	12,50

Um das Bild unterhalb der Wellenwanne noch zu **verfeinern** und die Wellen **besser beobachten** zu können lässt sich ein beliebiges Vielfaches der Frequenz in der **Stroboskop-App** einstellen:

$$\text{App-Eingabe} = \text{Frequenz} [Hz] \cdot n$$

mit $(n = 1, 2, 3, \dots)$

6. WIE VIEL WASSER MUSS IN DIE WELLENWANNE?

Das ist mit der **entscheidenste Punkt** um überhaupt Wellen unterhalb der Wanne sichtbar zu machen.

Um die Effekte sichtbar zu machen darf nicht zu viel aber auch nicht zu wenig Wasser in der Wanne vorhanden sein, da es sonst zu unerwünschten Störungen kommt.

Strobily - strobe light

thepenguin77
3.9★
1.82 Tsp. Rezensionen
100 Tsp. Downloads
100k+ ab 9 Jahren

ANDROID

< Suchen



Stroboskop-Tachometer
+ Laser-Tachometer + Mag...
Aktualisieren

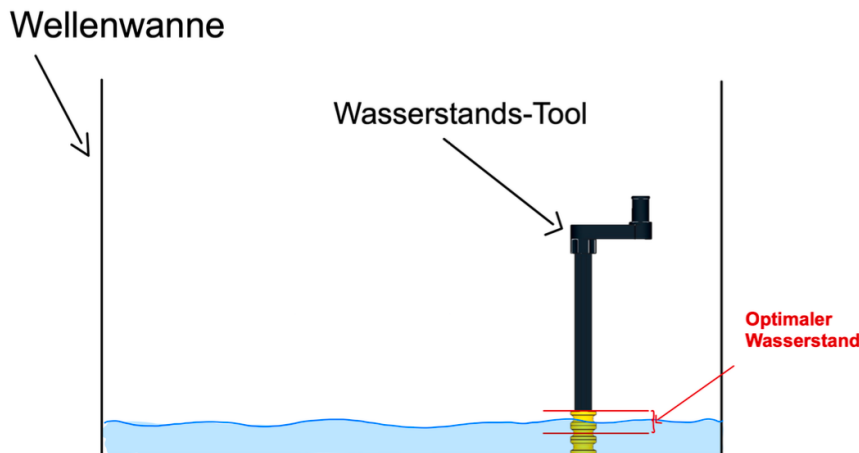
APPLE - iOS

gefördert durch:

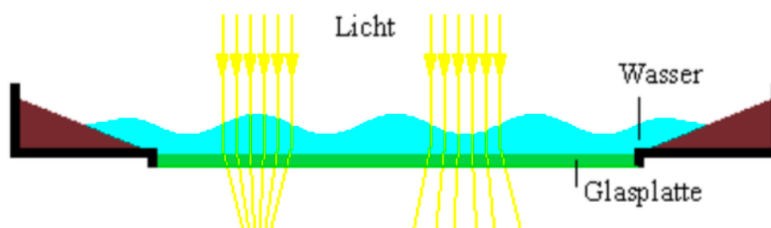
WILHELM UND ELSE
HERAEUS-STIFTUNG



Ein **Erweiterungs-Tool** hilft dabei die Wasserhöhe optimal und simpel einzustellen. Hierbei sollte der Wasserpegel in dem angegebenen Bereich liegen (siehe Abbildungen unten).



7. WIESO SEHEN WIR DIE WELLEN UNTERHALB DER WELLENWANNE? - DIE FUNKTIONSWEISE



Durch gezielte Störungen an der Wasseroberfläche werden Wellen erzeugt und durch ein dauerhaftes Licht oder Stroboskop unter der Wanne sichtbar. Durch das Beleuchten von oben erzeugen die Wellen linsenartige Effekte (s. Abbildung). Die Wellenberge wirken wie Sammellinsen und bündeln die Lichtstrahlen, so dass unter der Wanne eine hellere Stelle erscheint. Umgekehrt wirken die Wellentäler wie Zerstreuungslinsen. Das Licht wird aufgefächert und unter der Wanne erscheint eine dunklere Stelle. Um die jeweilige Bündelung oder Zerstreuung sichtbar zu machen, ist es nötig, die Wellenwanne zu erhöhen, so dass unterhalb der Wanne die hellen und dunklen Stellen auf einem Schirm sichtbar werden. Um Reflexionen der Wellen an den Rändern zu verhindern, muss auf die Wassertiefe in der Wanne geachtet werden. Auch die verschiedenen Erreger sollten höhenverstellbar sein, sodass möglichst sichtbare Wellen erzeugt werden können.

Das Stroboskoplicht sorgt dafür, dass die Wellen unter der Wanne als stehende Wellen sichtbar werden. Dies hilft die Phänomene und Bewegungen noch deutlicher zu beobachten. Des Weiteren ist es dadurch möglich Abstände von Wellentälern bzw. -bergen zu messen.

III. ALLES HAT SEINEN URSPRUNG AN EINEM PUNKT.

WELCHE BAUTEILE BEI WELCHEM EXPERIMENT?



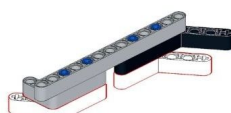




Für die Durchführung der Experimente benötigst du verschiedene Bauteile. Nicht alle Bauteile lassen sich jedoch gleichzeitig aufbauen, da die Verfügbarkeit der LEGO-Teile begrenzt ist.

Die nachfolgende Liste gibt dir einen Überblick, welche Komponenten für welches Experiment benötigt werden (zusätzlich steht dies auch in jedem Kapitel).

!ACHTUNG - NICHT ALLE BAUTEILE KÖNNEN GLEICHZEITIG AUFBAUEN!



TEILEÜBERSICHT

	Erreger	Einsatz
III. Alles beginnt an einem Ort		
Ort 1		
Ort 2		
Ort 3&4		



Ergänze in einer weiteren selbstangelegten Spalte, welches Wellenphänomen sich in an den verschiedenen Orten beobachten lässt.



AM STRAND - DIE BASICS ALS TROCKENÜBUNG

Um etwas über Wellen und ihre Phänomene zu erfahren betrachten wir zunächst wie sich Wellen ausbreiten und welche Form sie dabei haben. Dafür untersuchen wir zwei Grundformen von Wellen: Die Kreiswelle und die ebene Welle. Beide wirst du bereits in deinem Alltag kennengelernt haben.

*Stelle Vermutungen aus deinem Alltag auf, wo dir **Kreiswellen** und **ebene Wellen** begegnet sein könnten.*



☐ **Kreiswellen:**

Ebene Wellen:

☐

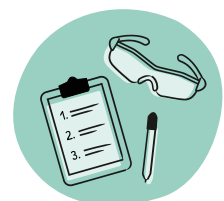
1. Die Grundform - *Kreiswelle*

A) VORBEREITUNG

- Baue die Wellenwanne in ihrer Grundform auf (Anleitung 1 bis 5)
- Baue nun den **Erreger A** an das Getriebe an (Hilfe findest du in Anleitungsabschnitt 8)

B) DURCHFÜHRUNG

- Beginne zunächst mit einer **niedrigen** Geschwindigkeit des Motors
- Stelle zunächst in der Stroboskop-App auf dauerhafte Beleuchtung



C) BEOBACHTUNG

- Skizziere das projizierte Wellenmuster hier in dein Workbook



- Betrachte das Wellenmuster. Beschreibe deine Beobachtungen zu Form, Abstand und Helligkeitsunterschieden.

- Variiere nun die Frequenz des Wellengenerators f_w (Geschwindigkeit in der App) und stelle von Dauerbeleuchtung auf Stroboskop um. Beschreibe deine Beobachtungen.



Wie du das Stroboskop passend einstellst siehst du auf Seite 6.

D) AUSWERTUNG

Christian **Huygens** (1629-1695) führte aus, dass sich die Ausbreitung von Wellen im Raum dadurch beschreiben lässt, dass man **jeden Punkt** auf einer Phasenfläche der Welle als **Ausgangspunkt** einer neuen Kugelwelle ansieht. Diese Kugelwellen, auch Sekundar- oder Elementarwellen genannt, breiten sich in **alle Richtungen** aus und überlagern sich. Die Punkte der Welle dienen als neue Ausgangspunkte für Sekundarwellen.

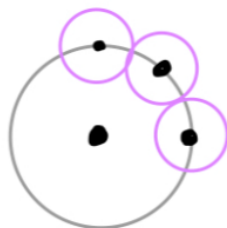
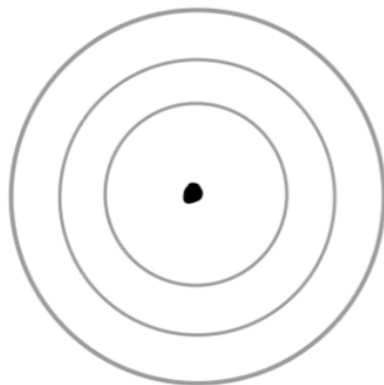
Aufgabe:

1. **Erkläre** mit Hilfe des Huygensschen Prinzips, wie sich eine Kreiswelle von ihrem Entstehungspunkt ausbreitet.

a) **Zeichne** eine Kreiswelle in eine Skizze ein.

b) **Markiere** mehrere Punkte auf der Wellenfront und zeichne um sie die entsprechenden Elementarwellen.

c) **Lege** eine gemeinsame Einhüllende um die Elementarwellen und **zeige**, wie daraus die neue Lage der Wellenfront entsteht.



[Hilfe zum Huygensschen Prinzip](#)



① Ergänze den Lückentext.

Jeder Punkt einer [] kann als
[] einer Elementarwellen betrachtet
werden. Wellenfronten lassen sich als []
dieser Elementarwellen darstellen. Die Elementarwellen haben
stets die gleiche [] und Wellenlänge wie die
Welle, aus der sie [] sind.

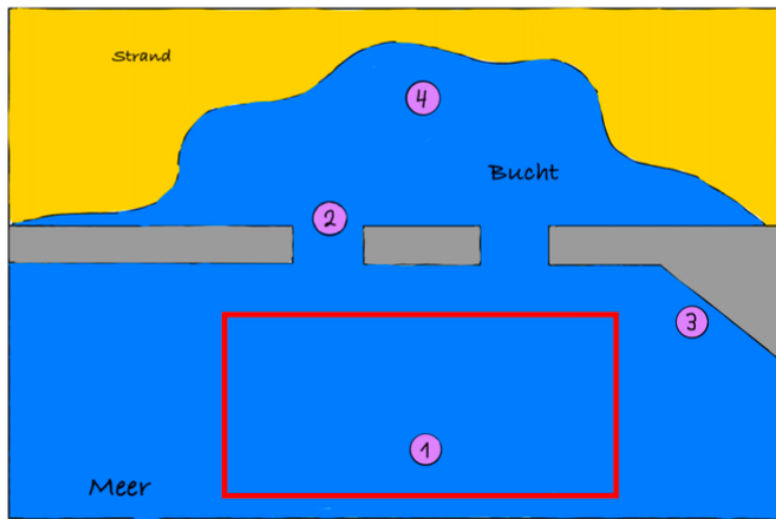


WÖRTER

Einhüllende
Frequenz
Wellenfront
Ausgangspunkt
entstanden

Raum für Notizen:

ORT 1 - DIE SURFERWELLE ...



1. Die Grundform

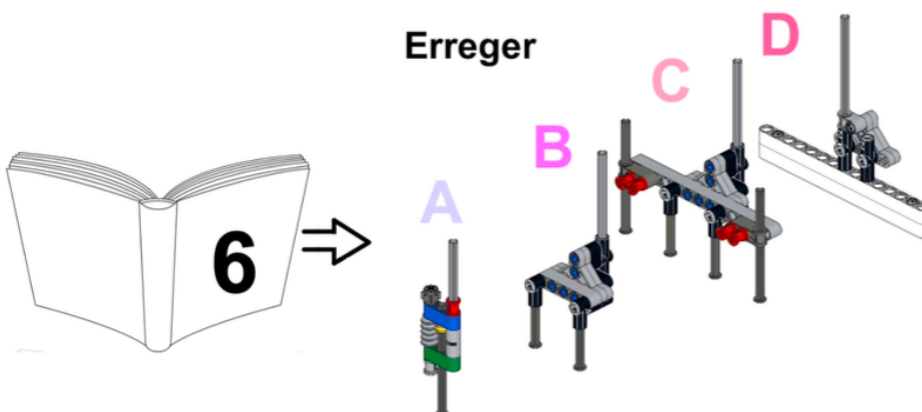
A) VORBEREITUNG

- Baue die Wellenwanne in ihrer Grundform auf (Anleitung 1 bis 5)
- Baue nun den **Erreger D** an das Getriebe an (Hilfe findest du in Anleitungsabschnitt 8)



B) DURCHFÜHRUNG

- Beginne zunächst mit einer **niedrigen** Geschwindigkeit des Motors und steigere dich nach und nach
- Stelle zunächst in der Stroboskop-App auf dauerhafte Beleuchtung und ändere anschließend zum Stroboskoplicht



C) BEOBACHTUNG

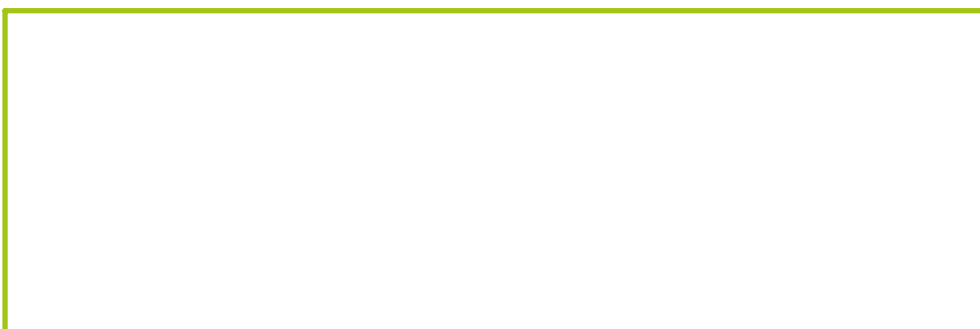
- Skizziere das projizierte Wellenmuster hier in dein Workbook



- Betrachte das Wellenmuster. Beschreibe deine Beobachtungen zu Form, Abstand und Helligkeitsunterschieden.



- Variiere nun die Frequenz des Wellengenerators f_w (Einstellung in der App). Beschreibe deine Beobachtungen.



D) AUSWERTUNG

Im Kapitel zur Kreiswelle hast du bereits das **Huygenssche Prinzip** kennengelernt. Nun stellt sich die Frage, ob sich **ebene Wellen** ebenfalls mit dem Huygensschen Prinzip erklären lassen.

1. Übertrage dieses Prinzip nun auf die ebene Welle.

a) **Ergänze** die ebene Wellenfront (siehe unten) und markiere auch hier Einzelpunkte als Ausgangspunkte für die einzelnen Kreiswellen.

b) **Zeichne** die zugehörigen Elementarwellen und konstruiere die nächste Lage der Wellenfront mit der Einhüllenden.

c) **Zeichne** dies für mindestens **eine** weitere Wellenfronten.



Wellenfront



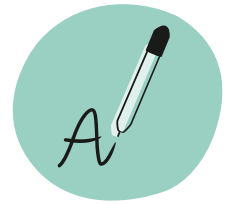
Ausbreitungsrichtung



- Vervollständige die unteren Sätze ...

Es hat sich gezeigt, auch bei ebenen Wellen ...

Diese breiten sich in alle Richtungen aus und bilden ...



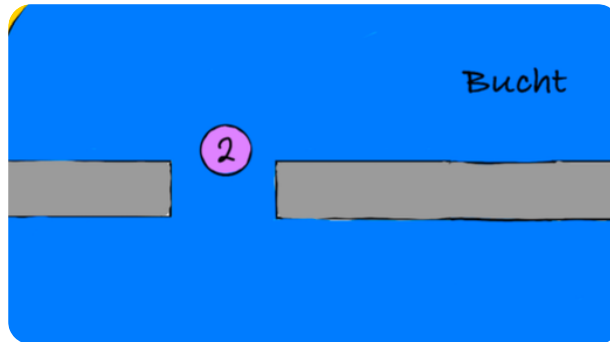
Raum für Notizen:

Large empty orange rectangular area for notes.



ORT 2 - DIE HAFENEINFAHRT

Am Ort 2, an der Hafeneinfahrt, verändert sich das Verhalten der Wasserwellen auf eine ganz besondere Weise. Wenn die Wellen durch die enge Einfahrt laufen, sieht man, dass sie sich hinter der Öffnung anders ausbreiten, als man es von offenen Wasserflächen gewohnt ist. Dieses Verhalten ist nicht sofort offensichtlich und lädt zum genauen Beobachten und Erkunden ein.



Ort 2 - Die Hafeneinfahrt.

Im nächsten Schritt wirst du im Experiment untersuchen, was sich beobachten lässt und wie die Wellen sich dabei verändern.

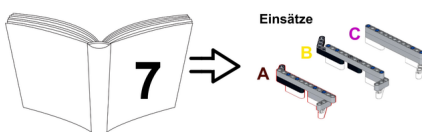
A) VORBEREITUNG

- Baue die Wellenwanne in ihrer Grundform auf (Anleitung 1 bis 5)
- Baue nun den **Erreger D** an das Getriebe an (Hilfe findest du in Anleitungsabschnitt 8)

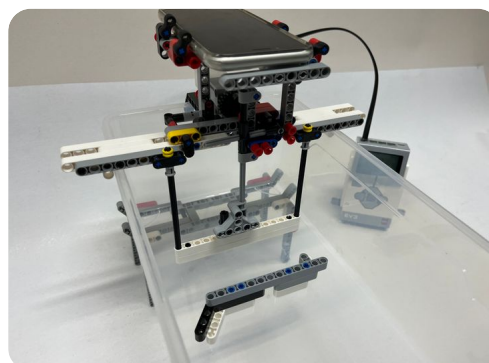
Baue nun **zusätzlich** den Einsatz für einen **Einfachspalt (Anleitung 7 (A), S. 106f.)** auf und stelle in **mittig** in die Wellenwanne

B) DURCHFÜHRUNG

- Beginne zunächst mit einer **niedrigen** Geschwindigkeit des Motors und steigere dich nach und nach
- Stelle zunächst in der Stroboskop-App auf dauerhafte Beleuchtung und ändere anschließend zum Stroboskoplicht



Anleitung 7, Einsatz A.



Versuchsaufbau: Ebene Welle mit Einfachspalt.

C) BEOBACHTUNG

- Skizziere das projizierte Wellenmuster hier in dein Workbook



- Beobachte genau, wie sich die Wasserwellen nach dem Durchlaufen der engen Öffnung in der Hafeneinfahrt verändern. Beschreibe, was dir auffällt.



- Variiere nun die Frequenz des Wellengenerators f_w (Einstellung in der App). Beschreibe deine Beobachtungen.

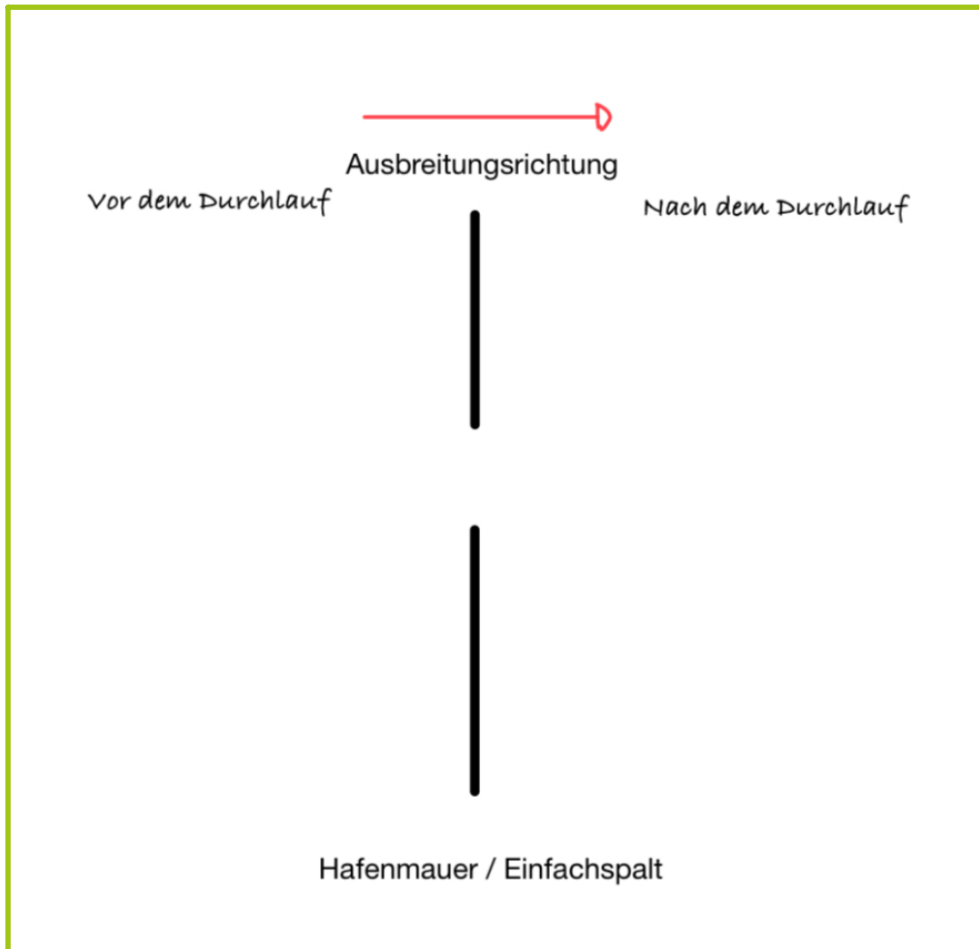


D) AUSWERTUNG

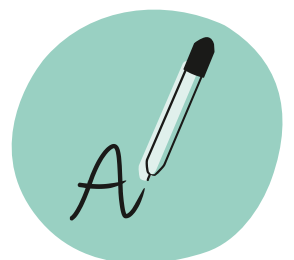
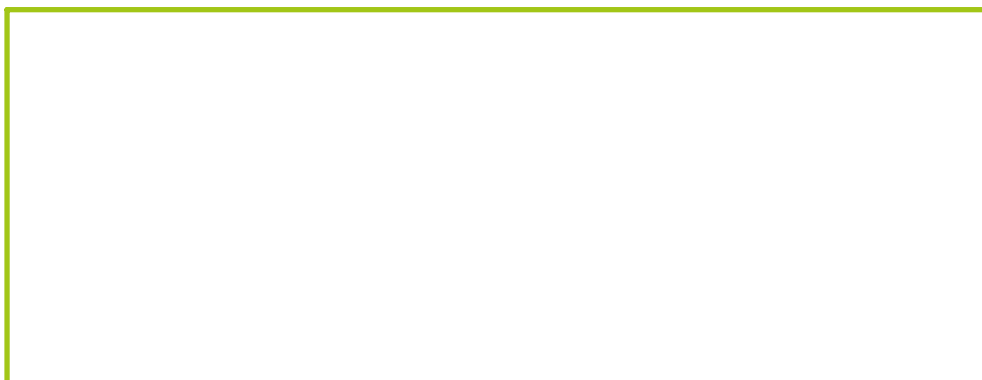
1. **Zeichne** in einer Skizze die Wellenfront vor und hinter der Öffnung ein.

Markiere auf der Wellenfront mehrere Punkte an der Öffnung.

2. Nutze das Huygenssche Prinzip: **Erkläre** anhand der Skizze, wie von den markierten Punkten Elementarwellen ausgehen, die sich hinter der Öffnung ausbreiten und so die neue Wellenfront bilden.



3. **Beschreibe**, warum sich die Wellen hinter der Öffnung auch in den Bereich ausbreiten, der von einer geradlinigen Ausbreitung „abgeschattet“ wäre.



4. Fallen dir Phänomene ein, wo sich ein ähnliches Verhalten beobachten lässt? Notiere.



Sprinteraufgabe:

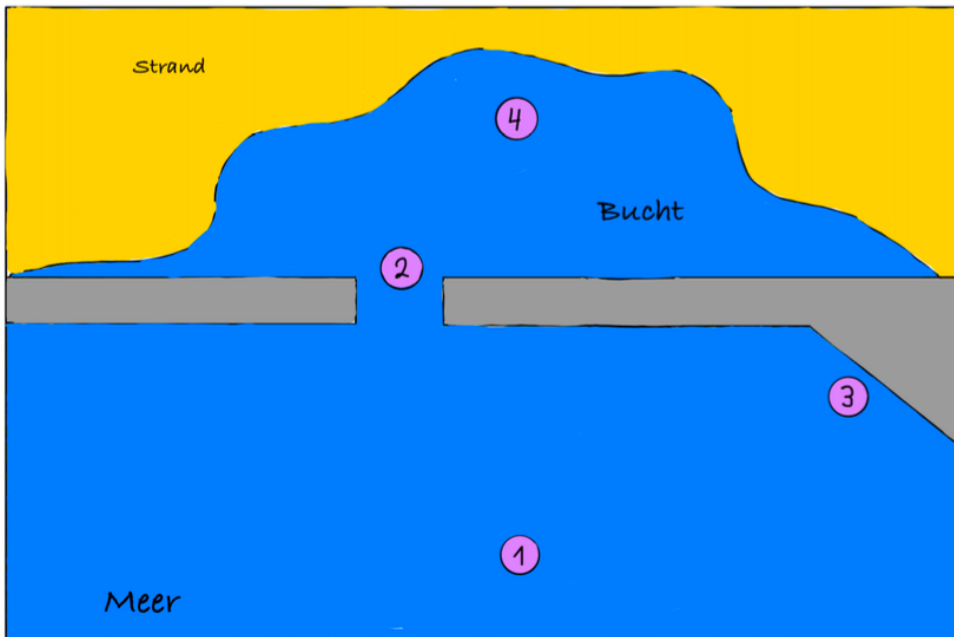
Überlege, welche Auswirkungen die Größe der Öffnung im Verhältnis zur Wellenlänge auf das Beugungsverhalten hat.



Raum für Notizen:



ORT 3 & 4 - AM RANDE DER BUCHT



An der Hafenmauer, **Ort 3**, treffen die Wasserwellen auf eine feste Begrenzung. Dabei wird ein Teil der Wellen zurückgeworfen – dieses Phänomen nennt man **Reflexion**. Doch wie genau sich die Wellen an der Grenzfläche verhalten, wirst du im Experiment beobachten und mit dem Huygensschen Prinzip erklären.

Die **Brechung**, also das Ändern der Ausbreitungsrichtung der Wellen beim Übergang zwischen verschiedenen Wasserzonen, betrachten wir später am Strand, **Ort 4**. Dort verändert sich die Wassertiefe, was die Geschwindigkeit der Wellen beeinflusst und zu einer gebogenen Ausbreitung führt.

So lernst du, wie Reflexion und Brechung das Verhalten von Wasserwellen an unterschiedlichen Orten bestimmen und wie beides mit den Elementarwellen des Huygensschen Prinzips zusammenhängt



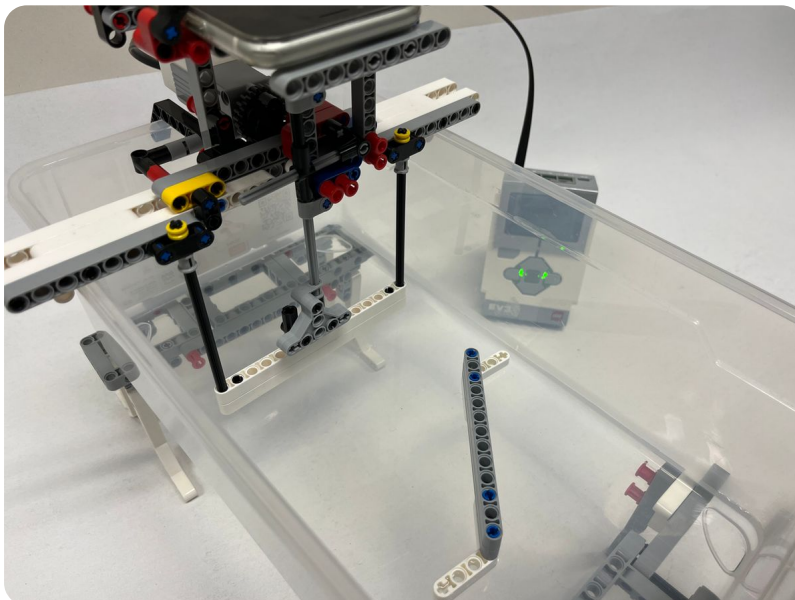
A) VORBEREITUNG

- Baue die Wellenwanne in ihrer Grundform auf (Anleitung 1 bis 5)
- Baue nun den **Erreger D** an das Getriebe an (Hilfe findest du in Anleitungsabschnitt 8)

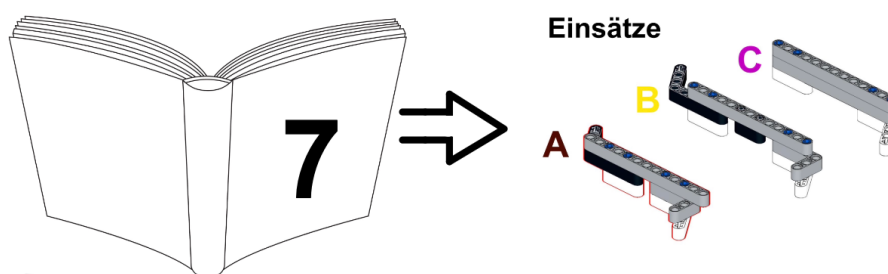
Baue nun **zusätzlich** den Einsatz für einen **flache Ebene (Anleitung 7 (C), S. 112f.)** auf und stelle in **mittig im 45 Grad Winkel** in die Wellenwanne

B) DURCHFÜHRUNG

- Beginne zunächst mit einer **niedrigen** Geschwindigkeit des Motors und steigere dich nach und nach
- Stelle zunächst in der Stroboskop-App auf dauerhafte Beleuchtung und ändere anschließend zum Stroboskoplicht

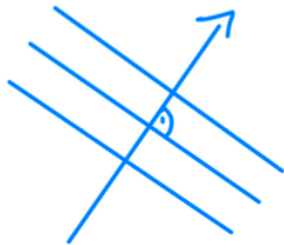


Versuchsaufbau: Reflektion



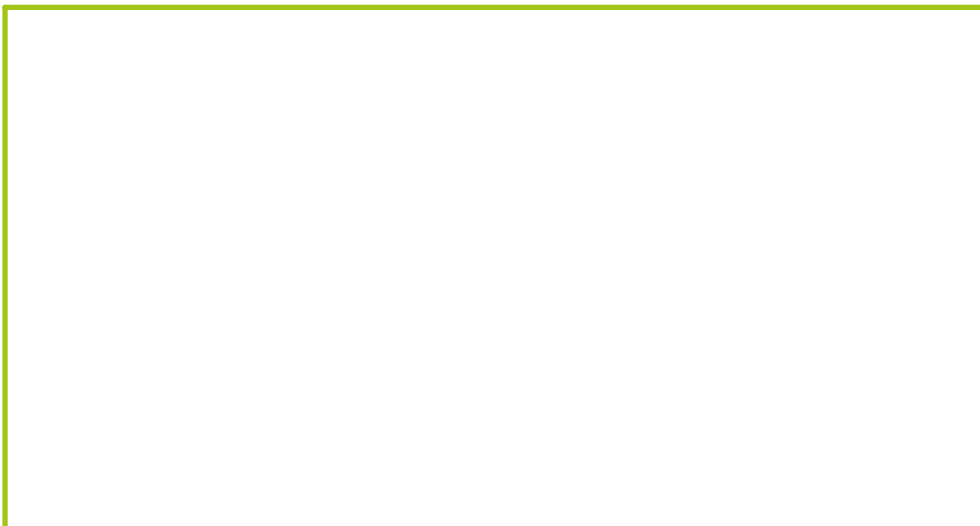
Anleitung 7, Einsatz C.



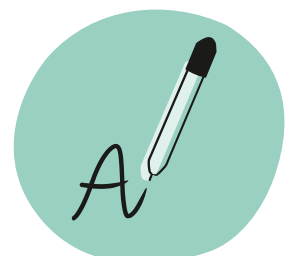
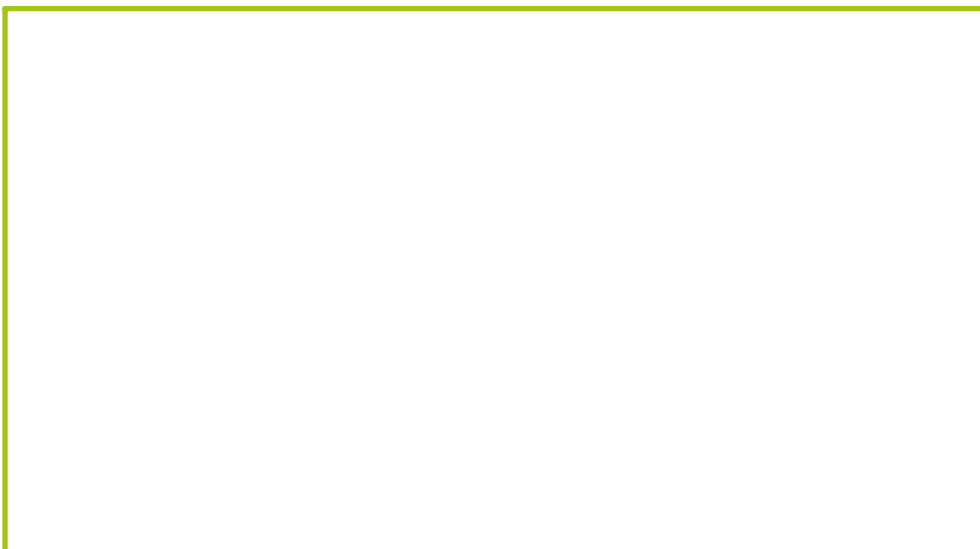


C) BEOBACHTUNG

- Skizziere das projizierte Wellenmuster hier in dein Workbook. Benenne in deiner Zeichnung die einfallende und die ausfallende Welle. Zeichne als Hilfe ein *Lot* ein.

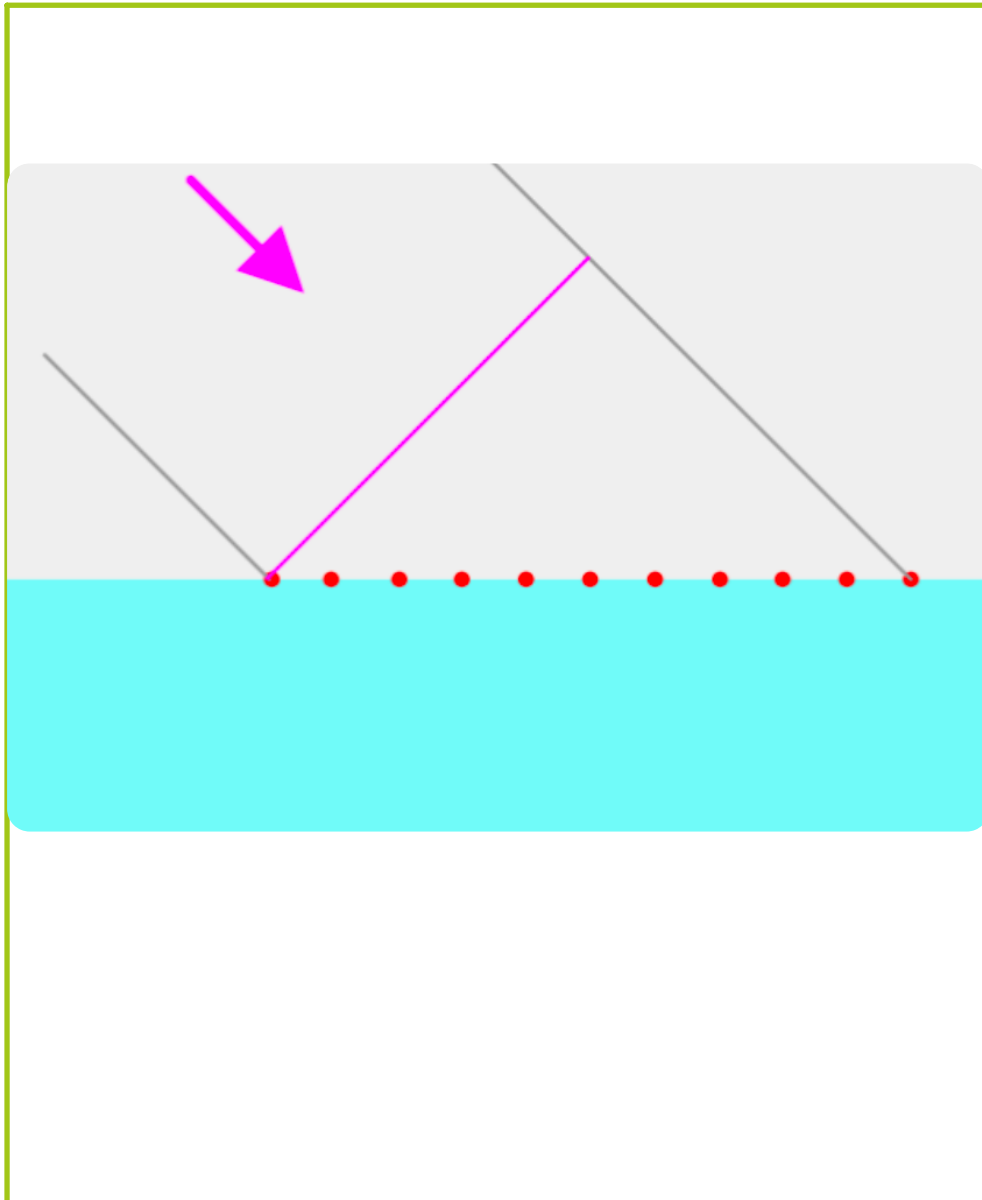
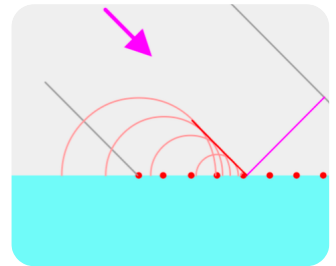


- Beobachte genau, wie sich die Wasserwellen nach dem Auftreffen der Hafenmauer verändern. Beschreibe, was dir auffällt.



D) AUSWERTUNG

1. **Zeichne** in einer Skizze die einfallende Wellenfront vor dem Auftreffen an der Mauer ein und die ausfallende Wellenfront nach dem Auftreffen.
2. Nutze das Huygenssche Prinzip: **Erkläre** anhand der Skizze, wie von den markierten Punkten Elementarwellen ausgehen, die sich zu einer neuen Wellenfront bilden.



„DIE WELLE WIRD GEBROCHEN“

Durchführung:

- Tausche nun den LEGO-Einsatz gegen ein übliches **Geodreieck** aus
- Erzeuge nun wie zuvor ebene Wellen und beobachte wie sich diese hinter dem Geodreieck verhalten.
- Ändere die Position des Geodreiecks beliebig und beobachte die Wellen.

Notiere deine Beobachtungen stichpunktartig.



Übertrage nun die obige Situation auf den Fall, dass die Welle in die Ebene gebrochen wird. Gehe dabei vom Prinzip her so vor wie bei der Reflektion, nur das die Wellen nun unter einem Winkel gebrochen werden.

Ergänze die untere Skizze. Wie verlaufen die Wellen und wie ergibt sich eine neue Wellenfront?

