

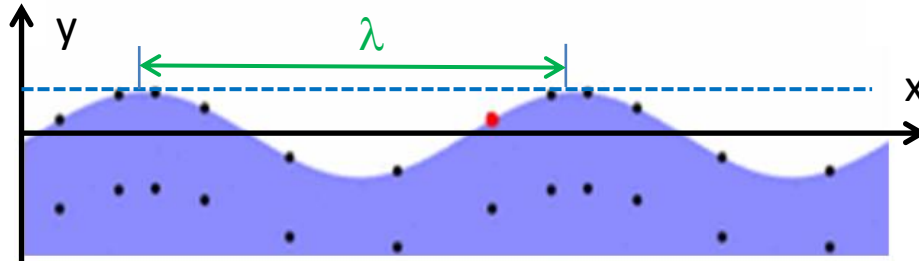
Ausbreitungseigenschaften mechanischer Wellen



Veranschaulichung von Wellen

(am Beispiel einer harmonischen Transversalwelle, z.B. Wasserwelle)

„von der Seite“



Die Ansicht entspricht dem Wellenbild $y=f(x)$

Amplitude, Auslenkung und Wellenlänge sind erkennbar.

„von oben“

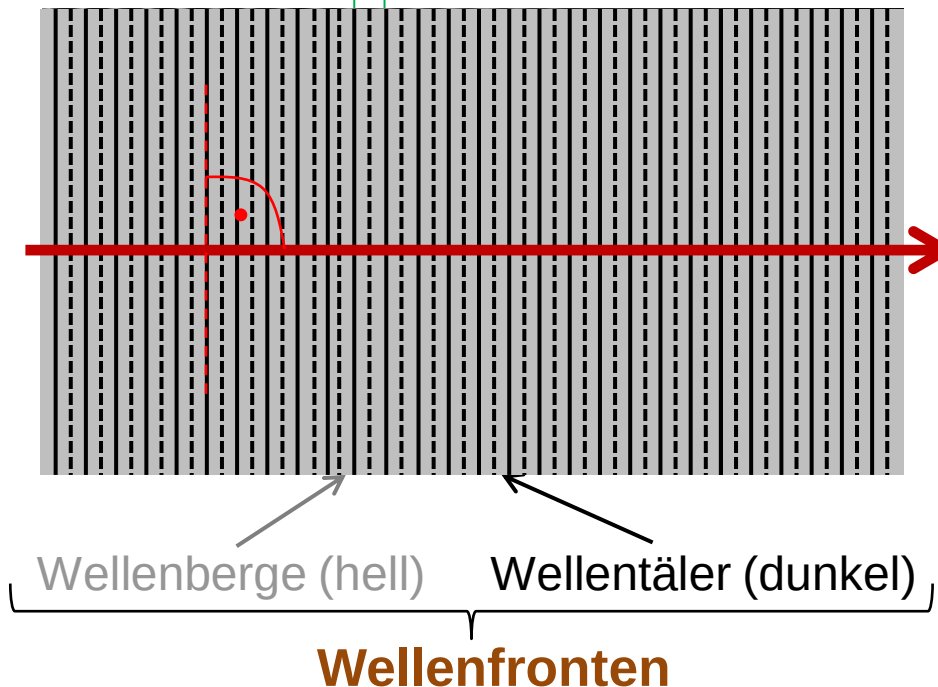


Veranschaulichung

Wellenberge, Wellentäler und Wellenlänge sind erkennbar.

→ benachbarte Teilchen im gleichen Schwingungszustand bilden Wellenfronten

Die Wellennormale (Senkrechte zu den Wellenfronten) gibt die Ausbreitungsrichtung an.



Betrachtung einer Kreiswelle

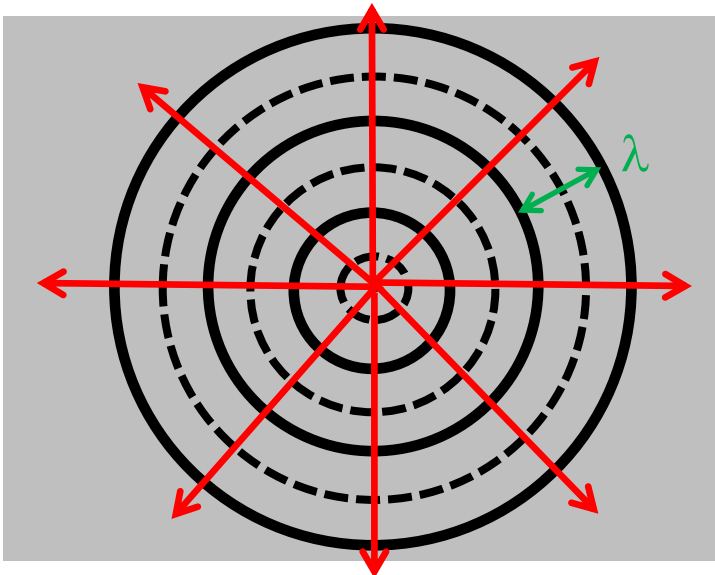
3D-Ansicht



„von oben“



Veranschaulichung

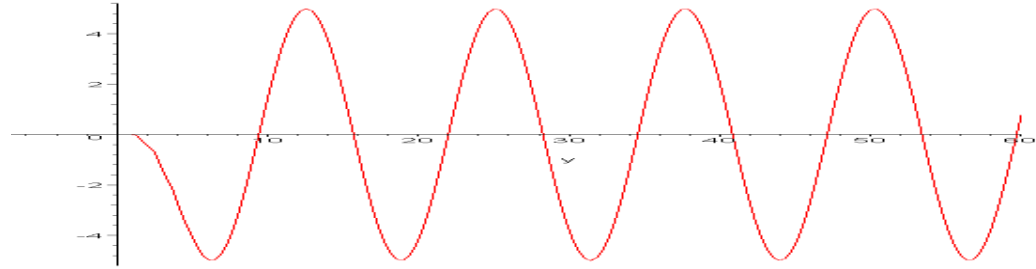


Die Wellenfronten sind konzentrische Kreise.

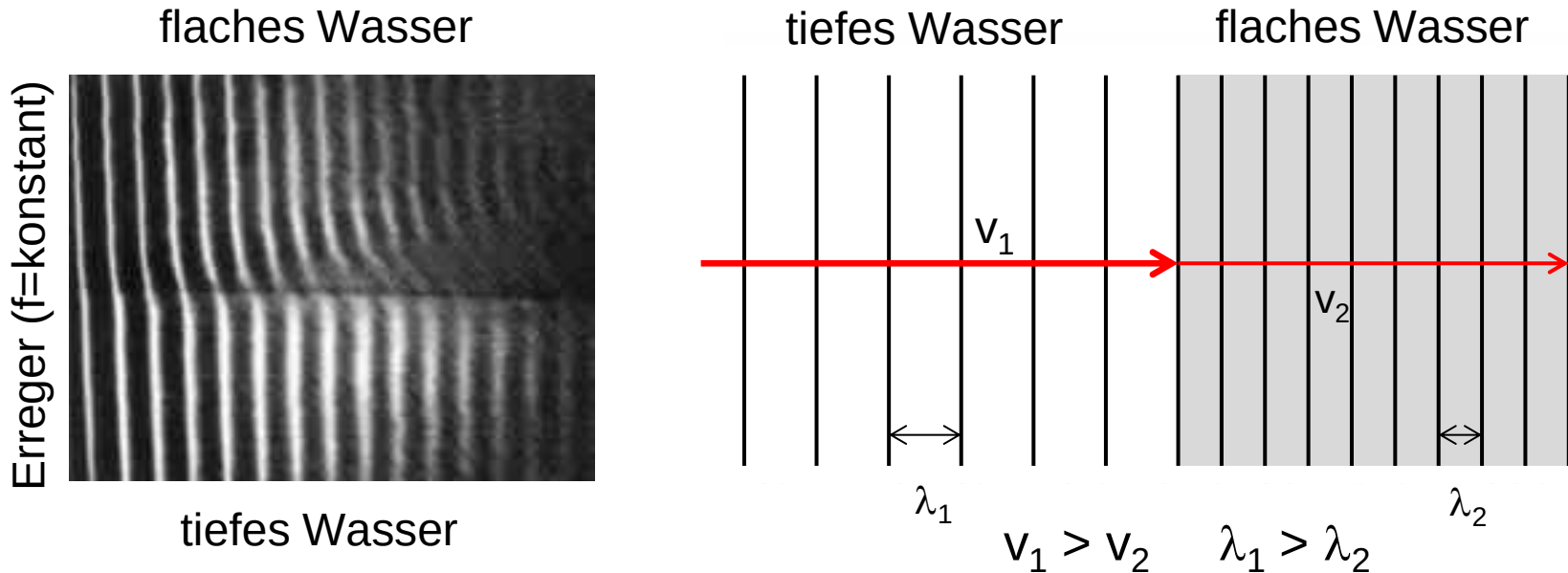
Die **Wellennormalen** verlaufen ausgehend vom Erregerzentrum strahlenförmig nach außen.

Ausbreitungsgeschwindigkeit

„fortschreitende
Welle“



In einem homogenen Wellenträger breiten sich Welle gleichförmig mit konstanter Geschwindigkeit c aus.

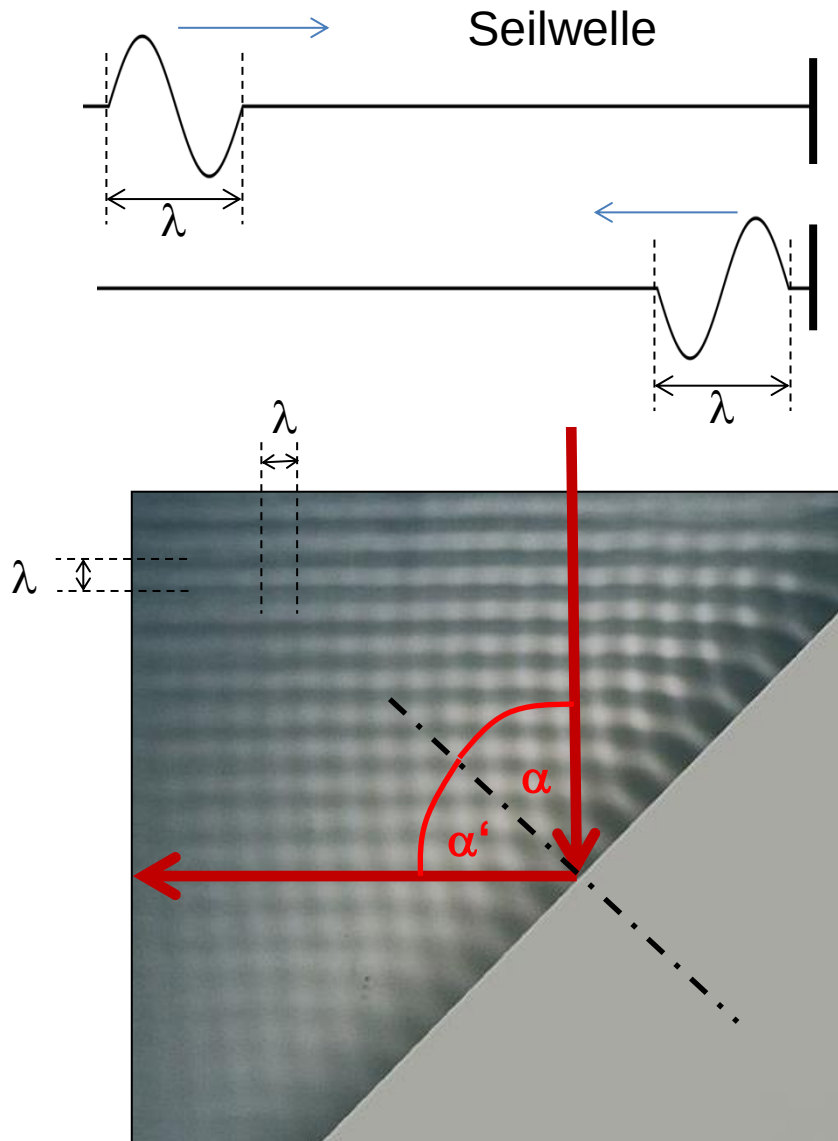


Ändert sich die Eigenschaft des Wellenträgers (z.B. Wassertiefe), so ändert sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Wellenlänge.

Da $f = \text{konstant}$ ergibt sich:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Reflexion:



Trifft eine mechanische Welle auf ein Hindernis (Ende des Wellenträgers), so ändert sie ihre Ausbreitungsrichtung, sie wird **reflektiert**.

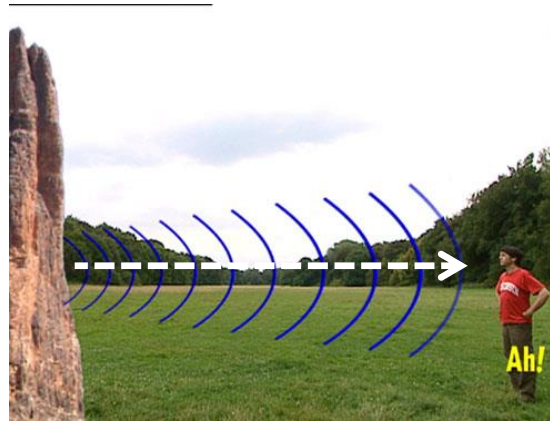
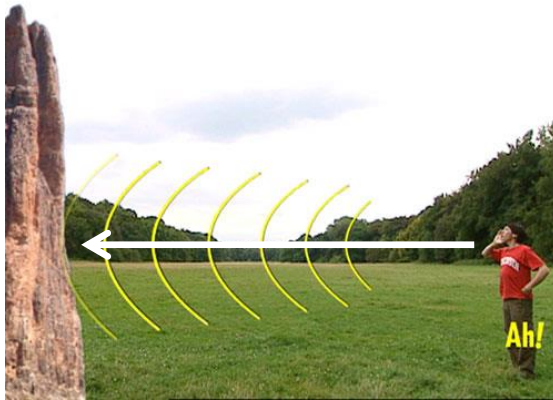
Die Wellenlänge bleibt unverändert.

Treffen die Wellenfronten schräg auf das Hindernis, so ist der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel.

Es gilt das **Reflexionsgesetz**:

$$\alpha = \alpha'$$

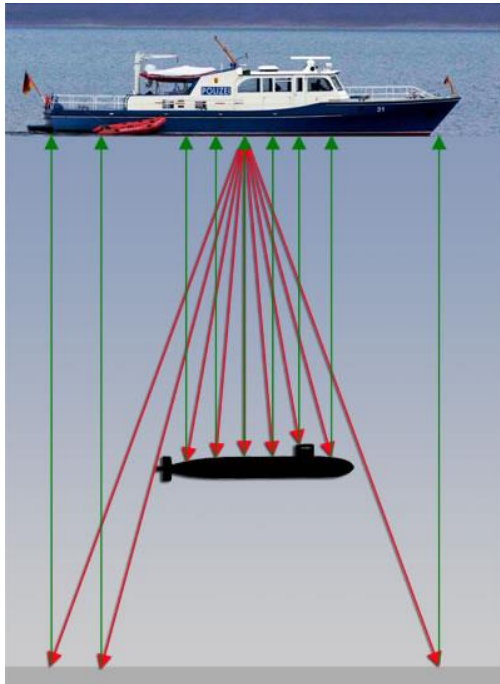
Reflexion von Schallwellen:



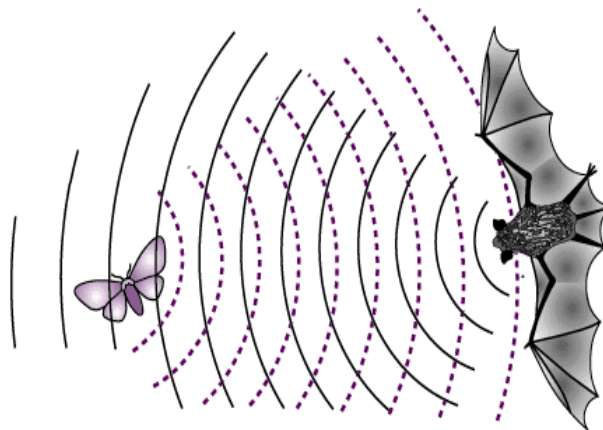
Echo

*Aus dem Laufzeit-
unterschied können
Entfernungen
bestimmt werden.*

Echolotung (Sonar):



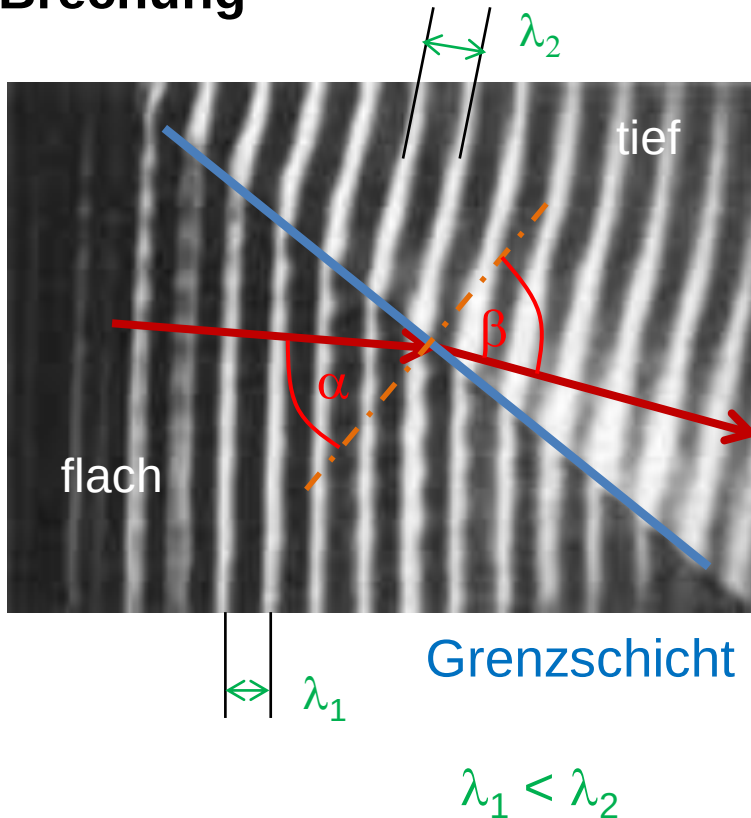
Orientierung im Tierreich:



Ultraschall- Untersuchungen:



Brechung



Beim Übergang einer Welle vom Medium kleinerer zu größerer Ausbreitungsgeschwindigkeit wird die Welle vom **Lot** weg gebrochen.

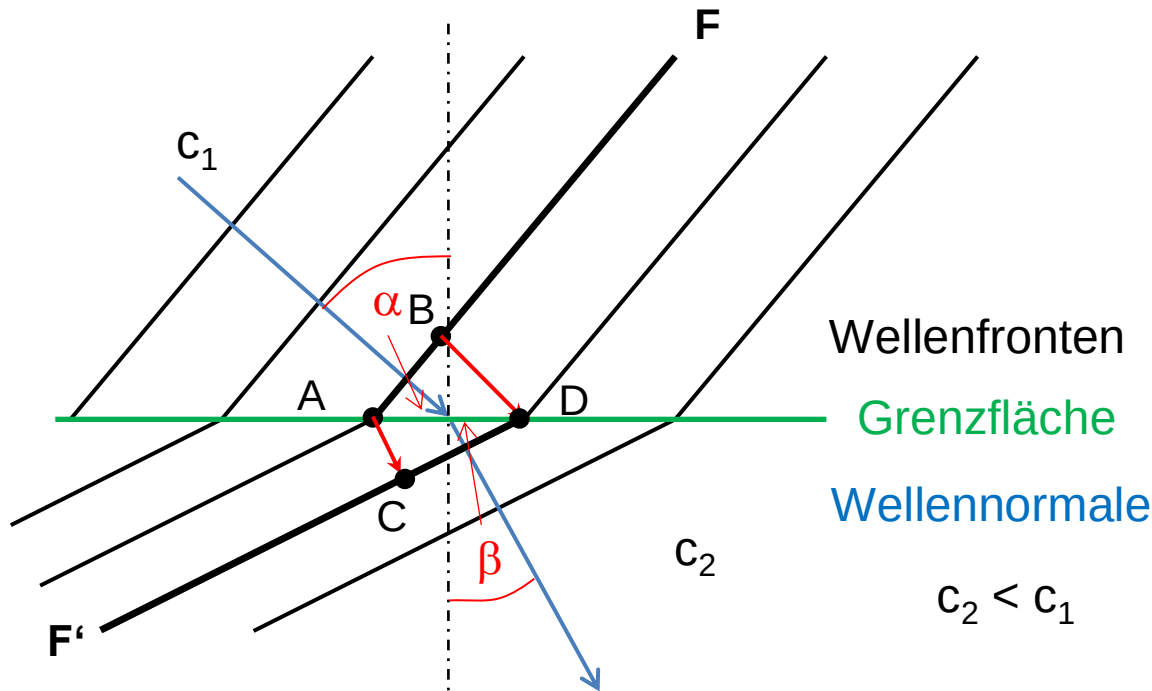
$$\alpha < \beta$$

Trifft die Welle schräg auf eine **Grenzschicht** (Wellenträger mit anderen Eigenschaften), so ändert die Welle auch ihre Ausbreitungsrichtung, sie wird **gebrochen**.

- Ursache der Brechung sind die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Welle
- Bei der Brechung ändert sich auch die Wellenlänge der gebrochenen Welle.

Es gilt das **Brechungsgesetz**.

Brechungsgesetz:



Zur Zeit $t=0$ werden zwei Punkte A und B der Wellenfront **F** betrachtet. Punkt A befindet sich auf der Grenzfläche, Punkt B im Medium 1

Nach der Zeit Δt hat sich der Punkt B der Wellenfront F mit der Geschwindigkeit c_1 bis zur Grenzfläche zum Punkt D bewegt.

In der gleichen Zeit Δt bewegt sich der Punkt A mit der Geschwindigkeit c_2 bis zum Punkt C.

Die Punkte C und D bilden die Wellenfront **F'** im Medium 2.

Es gilt: $AC < BD$, da $c_1 < c_2$
 Winkel(DAB) = α (Einfallswinkel)
 Winkel(ADC) = β (Brechungswinkel)

$$\left. \begin{aligned} \sin(\alpha) &= \frac{BD}{AD} = \frac{c_1 \cdot \Delta t}{AD} \\ \sin(\beta) &= \frac{AC}{AD} = \frac{c_2 \cdot \Delta t}{AD} \end{aligned} \right\} \quad \boxed{\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2}}$$

Erklärung von Reflexion und Brechung:

Chr. Huygens schuf im 17. Jhdt. ein Modell zur Erklärung der Ausbreitungseigenschaften von Wellen.

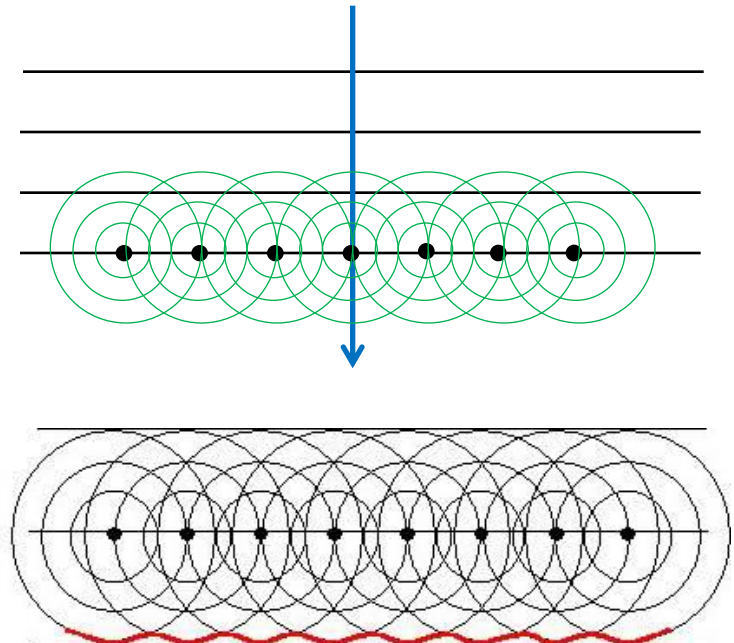
► Huygens'sche Prinzip

Grundaussagen:

- (1) jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt einer neuen Kreiswelle, der sogenannten Elementarwelle, betrachtet werden.
- (2) die Überlagerung von (vielen) Elementarwellen ergibt als Einhüllende die neue Wellenfront.

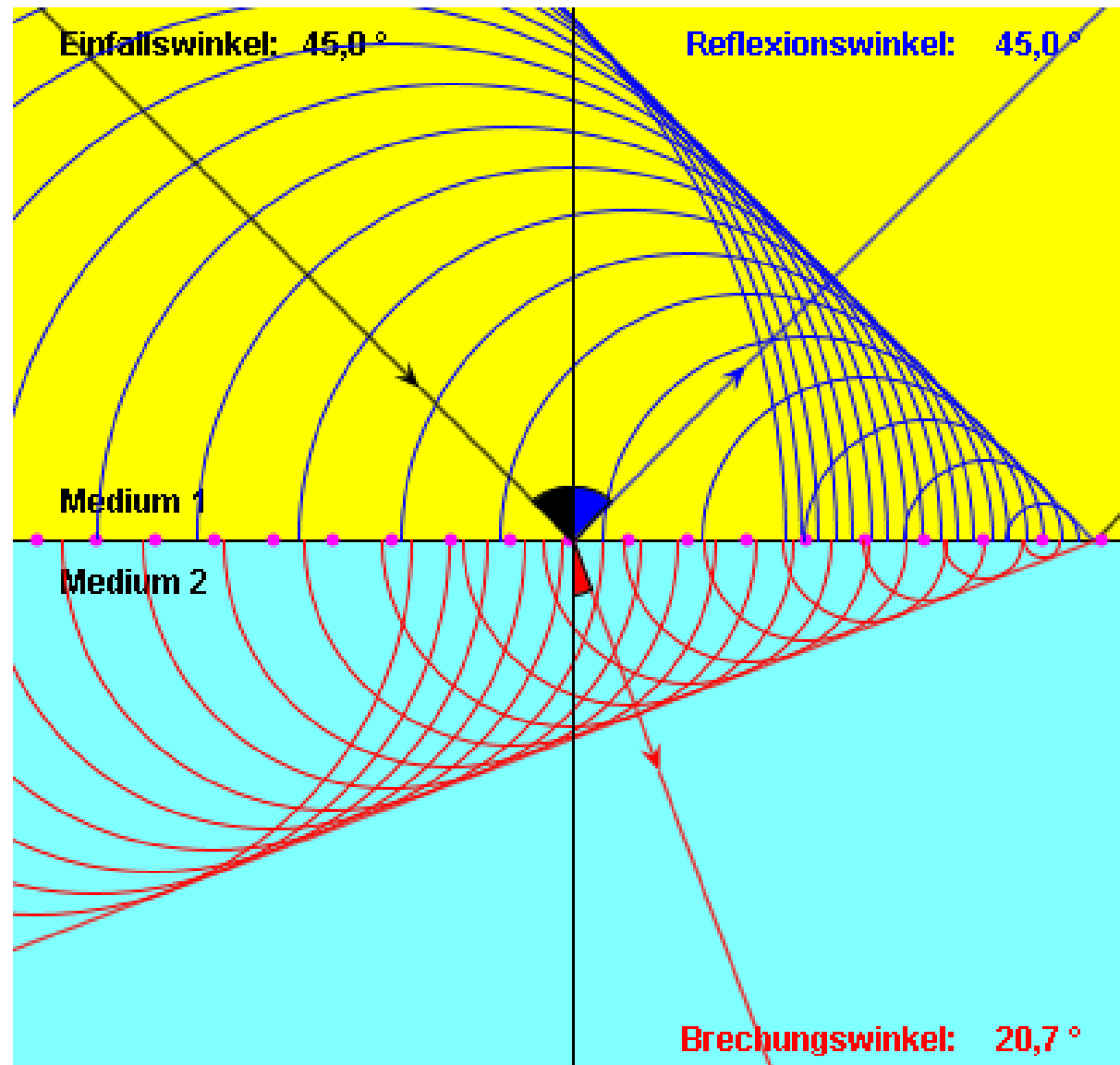


Christiaan
Huygens
(1629 - 1695)



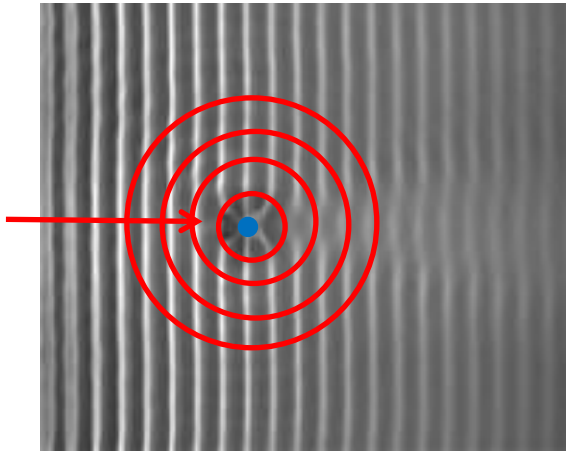
Reflexion und Brechung nach dem Huygenschen Prinzip:

→ Animation:
Fendt



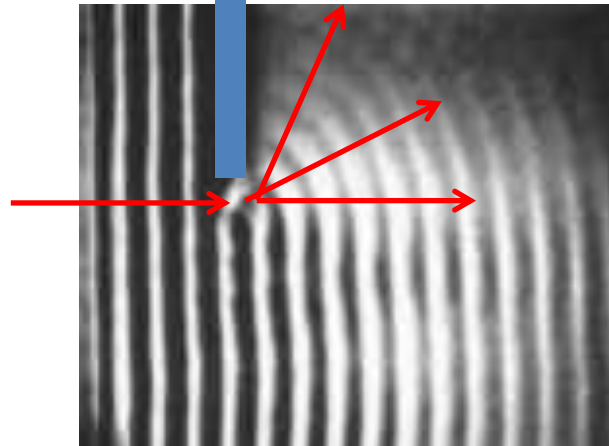
Beugung:

(sehr) schmales
Hindernis



Um das Hindernis
bildet sich eine
kreisförmige Welle
aus
→ Elementarwelle

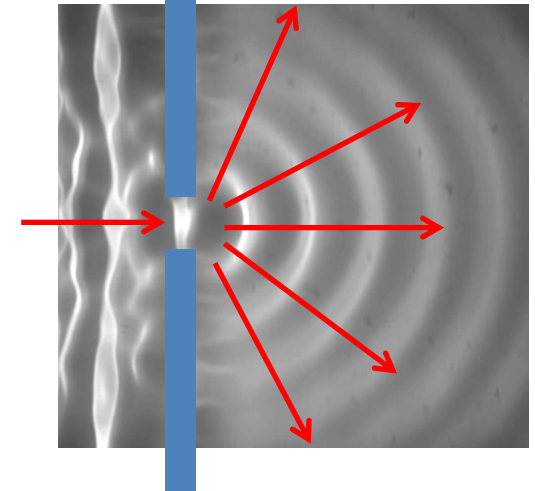
Kante



Hinter der Kante
dringt die Welle in
das geometrische
Schattengebiet ein.

Die Welle wird **gebeugt**.

Öffnung



Die Welle wird an
der Öffnung gebeugt
und erzeugt eine
Kreisswelle

Die Beugung einer Welle entspricht dem Huygenschen Prinzip !