

*Physik I für Medis 2021*



# Die Themen von heute

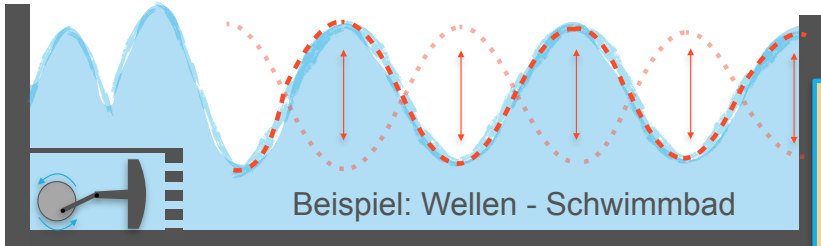


# Stehende Wellen

Wellenbäuche und -knoten bleiben an einem Ort.  
Alle Punkte der Welle schwingen exakt in Phase bzw. Gegenphase.

## Entstehung:

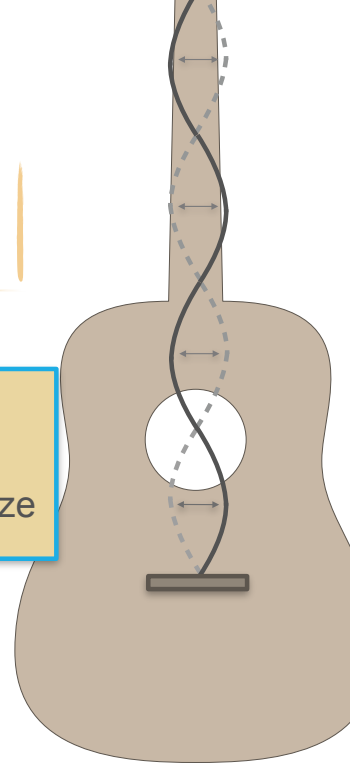
*Überlagerung gegenläufiger Wellen mit gleicher Frequenz und Amplitude* z.B. Reflexion!



**Reflexion an hartem Ende:**  
Knoten an Grenze

**Reflexion an weichem Ende:**

Bauch an Grenze



# Beugung am Einzelspalt / Doppelspalt

Wellen werden um Kanten gebeugt.  $\Rightarrow$  Interferenzen hinter den Spalten.

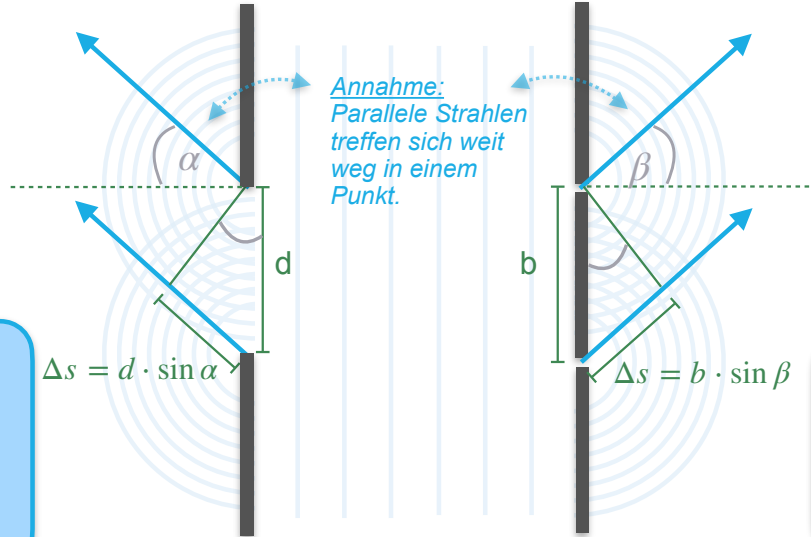
## Einzelspalt

Idee: Strahlen mit Gangunterschied  $\lambda/2$  heben sich jeweils auf.

Bedingung für Maximum:

$$\Delta s = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$$



## Doppelspalt

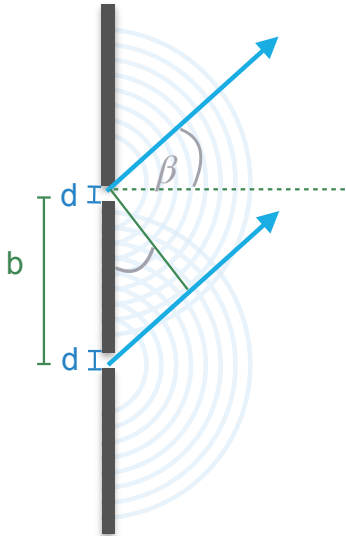
Idee: Strahlen aus beiden Spalten überlagern sich.

Bedingung für Maximum:

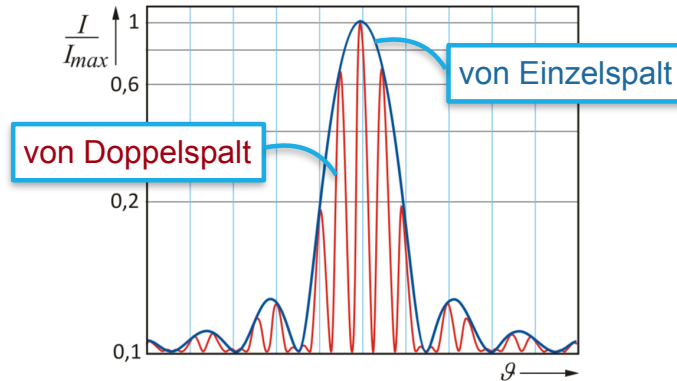
$$\Delta s = n \lambda$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{n \lambda}{b}$$

# Interferenzmuster des Doppelspalts



Muster von der Einzelspalte überlagert sich mit dem des Doppelspalts



Maxima Doppelspalt:

$$\sin \beta = \frac{n\lambda}{b}$$

Maxima Einzelspalt:

$$\sin \beta = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$$

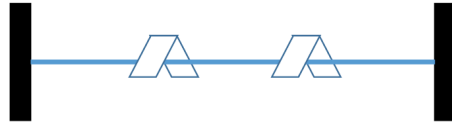
$b > d$  :

⇒ Maxima des Einzelspalts weiter auseinander

# Frage 5

Ein Seil der Länge  $l$  ist fest eingespannt. Es werden zwei Papier-Hütchen auf dem Seil an den Stellen  $\frac{1}{3}l$  und  $\frac{2}{3}l$  platziert. Nun wird das Seil angetrieben, sodass eine stehende Welle entsteht. Wie gross muss die Wellenlänge der stehenden Welle sein, damit die Hütchen auf dem Seil liegen bleiben können?

- a)  $l/3$
- b)  $2l/3$
- c)  $l$
- d)  $4l/3$



# Frage 5

Ein Seil der Länge  $l$  ist fest eingespannt. Es werden zwei Papier-Hütchen auf dem Seil an den Stellen  $\frac{1}{3}l$  und  $\frac{2}{3}l$  platziert. Nun wird das Seil angetrieben, sodass eine stehende Welle entsteht. Wie gross muss die Wellenlänge der stehenden Welle sein, damit die Hütchen auf dem Seil liegen bleiben können?

- a)  $l/3$
- b)  $2l/3$**
- c)  $l$
- d)  $4l/3$



Stehende Welle mit Knotenpunkten an  $l/3$  und  $2l/3$   
 $\rightarrow \frac{\lambda}{2} = l/3 \rightarrow \lambda = \frac{2}{3}l$

## Frage 8



Wenn man Wasser in ein Glas eingiesst, wird der «gluggernde» Ton höher, je voller das Glas wird. Woran liegt das?

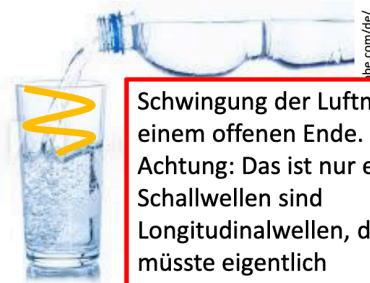
- a) Die schwingende Luftsäule im Glas über dem Wasser macht den Ton. Da diese immer kürzer wird, wird der Ton höher.
- b) Die schwingende Masse Glas+Wasser macht den Ton. Da diese immer grösser wird, wird der Ton höher.
- c) Der schwingende Wasserstrahl macht den Ton. Da dieser immer kürzer wird, wird der Ton höher.
- d) Das Wasser regt immer mehr Obertöne im Glas+Wasser an. Da diese immer höher werden, wird der Ton höher.



## Frage 8

- b) falsch: wenn die Masse grösser wird, müsste die Schwingungsfrequenz tiefer werden.
- c) falsch: Dann müsste jeder Wasserstrahl welcher auf eine Oberfläche trifft so eine Art Ton erzeugen.
- d) falsch: die Obertöne verändern die Klangfarbe, nicht die Tonhöhe.

Wenn man Wasser in ein Glas eingiesst wird voll das Glas wird. Woran liegt das?

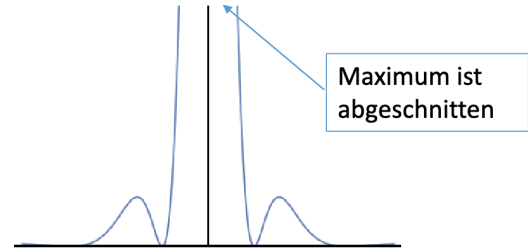


Schwingung der Luftmoleküle mit einem offenen Ende.  
Achtung: Das ist nur eine Skizze!  
Schallwellen sind Longitudinalwellen, d.h. man müsste eigentlich Dichteunterschiede zeichnen!

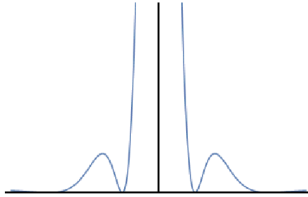
- a) Die schwingende Luftsäule im Glas über dem Wasser macht den Ton. Da diese immer kürzer wird, wird der Ton höher.
- b) Die schwingende Masse Glas+Wasser macht den Ton. Da diese immer grösser wird, wird der Ton höher.
- c) Der schwingende Wasserstrahl macht den Ton. Da dieser immer kürzer wird, wird der Ton höher.
- d) Das Wasser regt immer mehr Obertöne im Glas+Wasser an. Da diese immer höher werden, wird der Ton höher.

# Frage 3

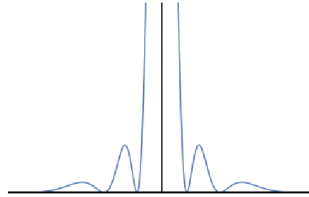
Ein Laser wird auf einen Einzelspalt gerichtet. Was passiert mit dem Beugungsmuster, wenn die Breite des Spaltes reduziert wird?



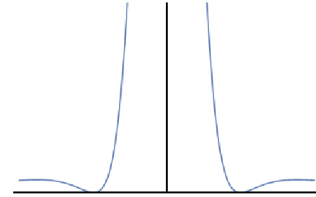
a)



b)



c)

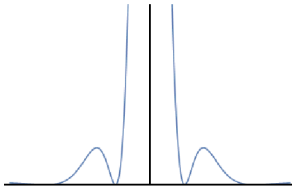


## Frage 3

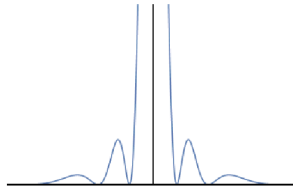
Je schmaler der Spalt, desto eher haben die einzelnen Wellen denselben Gangunterschied, da sie fast von der gleichen Stelle kommen. Sie müssen also weiter propagieren um einen signifikanten Gangunterschied zu erzeugen.  
→ c). Mathematisch:  $\sin(\alpha) = \lambda/b$  wobei  $b$  die Spaltbreite ist.  
a) Ist falsch, da die Spaltbreite sicher einen Einfluss hat.

Ein Laser wird auf einen Einzelspalt gerichtet. Was passiert mit dem Beugungsmuster, wenn die Breite des Spaltes reduziert wird?

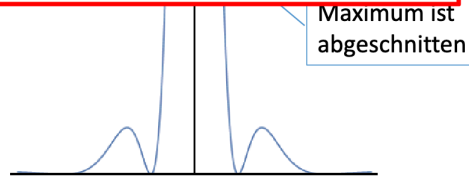
a)



b)



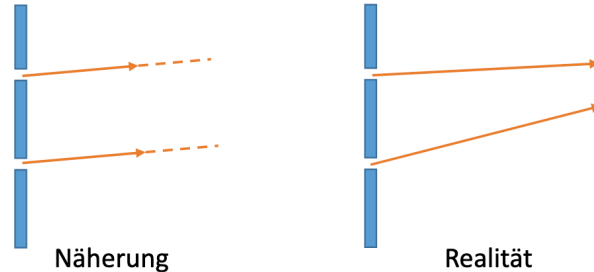
c)



# Frage 8

Beim Doppelspalt machen wir die Näherung, dass die Strahlen parallel auf den Mess-Schirm treffen. Wird dadurch der Gangunterschied  $\Delta s$  zwischen 2 Wellen unterschätzt oder überschätzt im Vergleich zur Wirklichkeit?

- a) Unterschätzt
- b) Überschätzt

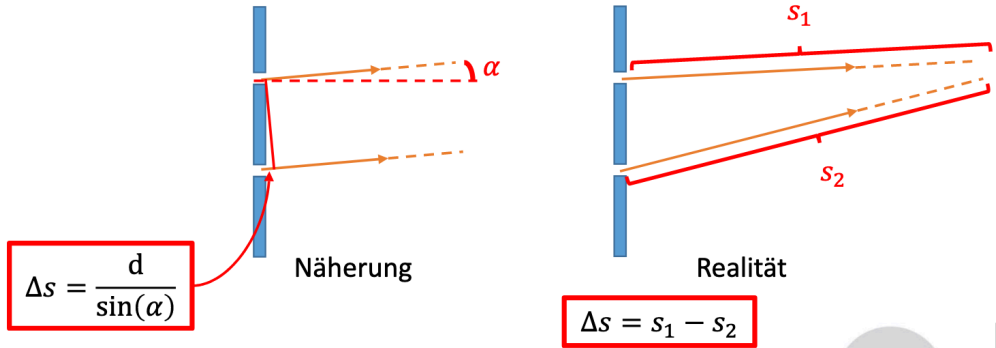


# Frage 8

Die Skizze zeigt, dass der Gangunterschied bei der Näherung nur durch den kleinen Weg  $\Delta s$  gegeben ist. In Wirklichkeit ist der Gangunterschied allerdings durch den vollen Weg bis zum Mess-Schirm gegeben. Dieser Wegunterschied ist immer länger als der, der Näherung.

Beim Doppelspalt machen wir die Näherung, dass die Strahlen parallel auf den Mess-Schirm treffen. Wird dadurch der Gangunterschied  $\Delta s$  zwischen 2 Wellen unterschätzt oder überschätzt im Vergleich zur Wirklichkeit?

- a) Unterschätzt
- b) Überschätzt



## Frage 5



Credit: Getty Images/Michael Steele

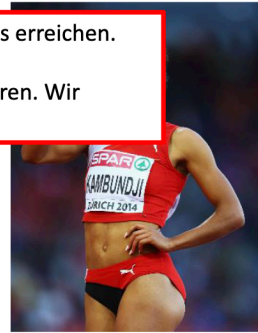
Mujinga Kambundji ist gerade mit 4-facher Schallgeschwindigkeit an euch vorbeigeflogen (vorbeigerannt?) und wünscht «Frohe Weihnachten!». Welche Aussage stimmt?

- a) Leider hört ihr nichts, denn die Schallwellen können euch nicht erreichen.
- b) Ihre Stimme ist 5 mal tiefer.
- c) Nichts besonderes passiert, ihr müsst nur etwas warten bis ihr den Gruss hört.
- d) Laut Formel werden negative Frequenzen erzeugt, d.h. ihr hört sie rückwärts reden.

## Frage 5

Zu a): die Schallwellen breiten sich ja trotzdem aus. Irgendwann werden sie uns erreichen.  
Zu c): Der Dopplereffekt wird die Tonhöhe ändern!  
Zu d) falsch: das würde bei ruhender Quelle und bewegtem Beobachter passieren. Wir müssen allerdings die andere Formel benutzen, da geschieht dies nicht.

Mujinga Kambundji ist gerade mit 4-facher Schallgeschwindigkeit an euch vorbeigeflogen (vorbeigerannt?) und wünscht «Frohe Weihnachten!». Welche Aussage stimmt?



Credit: Getty Images/Michael Steele

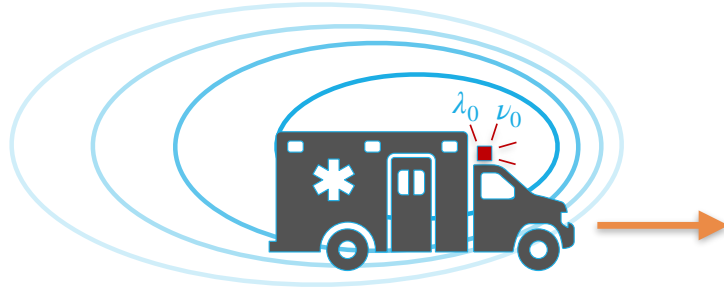
- a) Leider hört ihr nichts, denn die Schallwellen können euch nicht erreichen.
- b) Ihre Stimme ist 5 mal tiefer.
- c) Nichts besonderes passiert, ihr müsst nur etwas warten bis ihr den Gruss hört.
- d) Laut Formel werden negative Frequenzen erzeugt, d.h. ihr hört sie rückwärts reden.

# Dopplereffekt

Welle wird "gezogen"

$$\lambda' = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

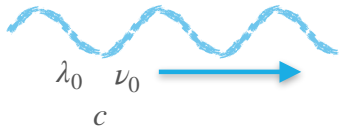
$$\nu' = \frac{\nu_0}{\left(1 + \frac{v}{c}\right)}$$



Welle wird "gestaucht"

$$\lambda' = \lambda_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$$

$$\nu' = \frac{\nu_0}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$



Sicht des Radlers

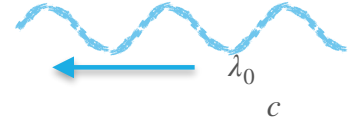
$$\lambda' = \frac{\lambda_0}{\left(1 + \frac{v}{c}\right)}$$

$$\nu' = \nu_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$



$$\lambda' = \frac{\lambda_0}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$

$$\nu' = \nu_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$$





# Auf der Jagd



Fledermäuse verwenden das Echo ihrer Schreie im Ultraschall-Bereich, um sich bei Nacht zu orientieren und Beute zu finden.

Schallgeschwindigkeit:

$$c = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Einige Arten benutzen auch den Dopplereffekt.

Die Hufeisennase passt beim Anflug ihren langen Ruf so an, dass das Echo mit einer Frequenz von etwa 82 kHz zurückkommt (entsprechend ihrem Hörmaximum).

**Frage:** Bei welcher Frequenz muss eine Hufeisennase schreien, wenn sie an einem Ast hängt und sich ein Falter mit 5 m/s auf sie zubewegt?

Bei welcher Frequenz muss eine Hufeisennase schreien, wenn sie an einem Ast hängt und sich ein Falter mit 5 m/s auf sie zubewegt?

Die gesuchte Frequenz sei  $\nu_0$

**Fledermaus  $\Rightarrow$  Falter**      Quelle in Ruhe, Empfänger in Bewegung

Beim Falter kommt die folgende Frequenz an:  $\nu' = \nu_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$

**Falter  $\Rightarrow$  Fledermaus**      Quelle in in Bewegung, Empfänger in Ruhe

Die Fledermaus hört die Frequenz:  $\nu'' = \frac{\nu'}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$

**gegeben:**

$$c = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\nu'' = 82 \text{ kHz}$$

$$v_{\text{rel}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\nu'' = \nu_0 \frac{\left(1 + \frac{v}{c}\right)}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$

Bei welcher Frequenz muss eine Hufeisennase schreien, wenn sie an einem Ast hängt und sich ein Falter mit 5 m/s auf sie zubewegt?

$$\nu'' = \nu_0 \frac{\left(1 + \frac{v}{c}\right)}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}, \text{ also gilt für die ausgestossene Frequenz}$$

$$\nu_0 = \nu'' \frac{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}{\left(1 + \frac{v}{c}\right)} = 79.6 \text{ kHz}$$

Auf dieser Frequenz hört die Fledermaus schon deutlich schlechter. Also wird ihr Signal nicht so stark von ihrem eigenen Ton gestört.

Wellenlänge der von ihr ausgestossenen Schallwelle:

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = \frac{343 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{79600 \text{ Hz}} = 4.3 \text{ mm}$$

$$c = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\nu'' = 82 \text{ kHz}$$

$$v_{rel} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

# Auf der Jagd - Exkurs



## Problem:

Wie kann die Fledermaus zwischen einem fliegenden Falter und einem im Wind fliegenden Blatt unterscheiden?

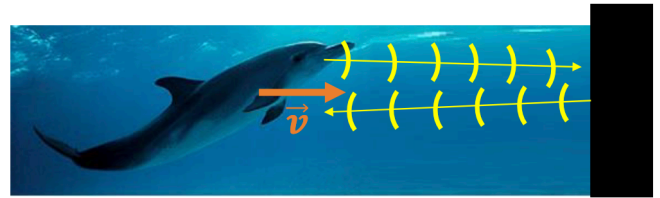
Durch die bewegten Flügel wird die Tonhöhe bei einem Teil des reflektierten Schalls zeitlich verändert. Hört die Fledermaus einen schnell schwingenden Ton, schlägt sie zu.

## Überlebensstrategie:

Viele Falter können das Geschrei der Fledermaus hören. Was kann der Falter tun, um nicht erwischt zu werden?

Flügel einklappen und nur eine konstante Frequenz reflektieren!

## Frage 6

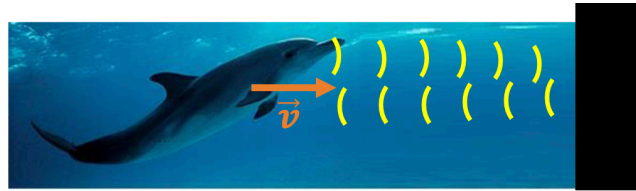


Ein Delfin kann mithilfe von hochfrequenten Lauten seine Umgebung erkunden indem er den reflektierten Schall interpretiert.

Ein neugieriger Delfin steuert voll auf ein Boot zu! Er sendet Schallwellen mit Frequenz  $f_0$  aus und schwimmt mit Geschwindigkeit  $v$ . Der Schall (Geschwindigkeit  $c$ ) wird an der Boots-Wand reflektiert. Welche Schall-Frequenz  $f$  misst der Delfin?

- a) Eine höhere Frequenz  $f \propto \frac{1}{1-v/c}$
- b) Eine höhere Frequenz  $f \propto \frac{1+v/c}{1-v/c}$
- c) Die gleiche Frequenz  $f = f_0$
- d) Eine tiefere Frequenz  $f \propto 1/v$

## Frage 6



Ein Delfin kann mithilfe von hochfrequenten Lauten seine Umgebung erkunden indem er den reflektierten Schall interpretiert.

Ein neugieriger Delfin steuert voll auf ein Boot zu! Er sendet Schallwellen mit Frequenz  $f_0$  aus und schwimmt mit Geschwindigkeit  $v$ .

c) wird an der Boots-Wand reflektiert. Welche Schallfrequenz

Aus Sicht des Delfins erhält er eine Welle mit Frequenz  $f$  welche dopplerverschoben ist, da er (Empfänger) sich bewegt  $\rightarrow f = f_{W \rightarrow D} (1 + \frac{v}{c})$ .

Die Wand sendet allerdings die Frequenz aus, die sie als Empfänger vom Delfin bekommen hat (bewegte

Quelle):  $f_{W \rightarrow D} = f_0 \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$ .

Insgesamt sieht der Delfin also eine doppelte

Dopplerverschiebung!  $f = f_0 \frac{1+v/c}{1-v/c} \rightarrow$  b)

- a) Eine höhere Frequenz  $f \propto \frac{1}{1-v/c}$
- b) Eine höhere Frequenz  $f \propto \frac{1+v/c}{1-v/c}$
- c) Die gleiche Frequenz  $f = f_0$
- d) Eine tiefere Frequenz  $f \propto 1/v$