

Prüfungsvorbereitung Physik: Noch mehr Wellen, Optik

Die Grundlagen aus den vorhergehenden Prüfungen werden vorausgesetzt (vor allem Symbole und Einheiten).

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Prinzip von Huygens (in zwei Sätzen)
- b) Beugung
- c) Brechung
- d) Totalreflexion; Grenzwinkel für Totalreflexion
- e) Wie kommt eine Schwebung zustande? Was nehmen wir dabei wahr?
- f) Dopplereffekt
- g) Elektromagnetische Welle: Was schwingt, wenn sich eine elektromagnetische Welle ausbreitet?
- h) Nennen Sie Beispiele für elektromagnetische Wellen und geben Sie (ungefähr) den Wellenlängenbereich an.
- i) Skizzieren Sie eine Momentaufnahme einer elektromagnetischen Welle
- j) Welche Eigenschaften haben elektromagnetische Wellen?
- k) Welches ist die grösste Geschwindigkeit, die es gibt? Wie gross ist diese (gerundeter Wert)?
- l) Was deutet darauf hin, dass Licht sich als Welle ausbreitet?
- m) Wie breitet sich Licht aus?
- n) Wie sehen wir Dinge?
- o) Streuung
- p) reflektieren
- q) Abbildungsmassstab
- r) Erklären Sie den Unterschied zwischen einem reellen und einem virtuellen Bild.
- s) Bezeichnungen bei der Brechung (Skizze): Wo befindet sich das Lot, Einfallswinkel, Brechungswinkel, Reflexionswinkel?
- t) Konkav-/Konvexlinse
- u) Bezeichnungen bei der Linse (Zeichnung): Wo befinden sich die optische Achse, Brennpunkt, Brennweite, optischer Mittelpunkt, Mittelebene?
- v) Wie verläuft ein Lichtstrahl weiter, der auf eine Konvexlinse trifft, wenn er
 - parallel zur optischen Achse auf die Linse fällt
 - durch den optischen Mittelpunkt der Linse geht
 - durch den Brennpunkt geht und dann auf die Linse fällt

Fähigkeiten:

- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- Mit Diagrammen umgehen
- Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt
- Beugung, Reflexion, Brechung und Totalreflexion mit Hilfe des Prinzips von Huygens konstruieren
- Konstruktion von Schattenbildern, sowie Abbildungen mit der Lochkamera
- Konstruktion von Reflexion und Abbildung am flachen Spiegel
- Konstruktion von Strahlengang und Abbildung durch Konkavlinsen
- Konstruktionen *IMMER mit Lineal*

Erlaubte Hilfsmittel: einfacher Taschenrechner (ohne CAS), «Formeln, Tabellen, Begriffe», Formelblatt («Spick», A5 beidseitig beschrieben).

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen müssen Sie Symbol und Einheit kennen. Die Kenntnis der physikalischen Grössen aus früheren Prüfungen wird vorausgesetzt.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Einfallswinkel			Reflexionswinkel		
Brechungswinkel			Abbildungsmaassstab		
Gegenstandsgrösse			Bildgrösse		
Gegenstandsweite			Bildweite		
Brennweite			Ausbreitungsgeschwindigkeit		
Schwebungsfrequenz			Mittlere Frequenz		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Amplitude			Wellenlänge		

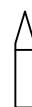
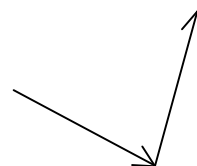
Übungsaufgaben:

Alle Arbeitsblätter sowie Aufgabenblätter A6 bis A10, Optik I, Optik II

Weitere Aufgaben

1. Hier sehen Sie einen Lichtstrahl, der an einem Spiegel reflektiert wird.
 - a) Zeichnen Sie den Spiegel ein.
 - b) Zeichnen Sie das Lot, den Einfallswinkel und den Reflexionswinkel ein.

2. Ein Bleistift wirft einen Schatten an eine Wand:
 - a) Zeichnen Sie ein, wo sich die Lampe befindet.
 - b) Was müssten Sie tun, damit der Schatten doppelt so gross wird?

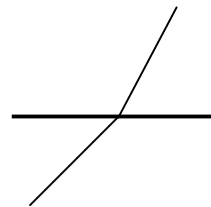


Bleistift

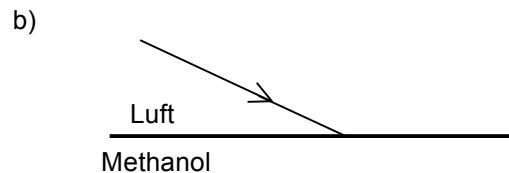
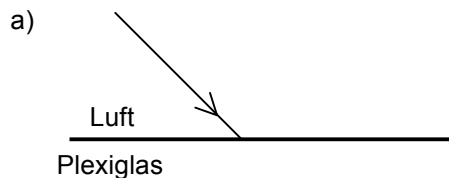


Wand

3. Im Abstand $g = 75 \text{ cm}$ vor einer Lochkamera steht ein Kind ($G = 1.50 \text{ m}$). Das Bild soll $B = 3.0 \text{ cm}$ gross werden.
 - a) Wie gross ist der Abbildungsmassstab A ?
 - b) In welchem Abstand b vom Loch muss sich die Photoplatte befinden?
4. Zeichnen Sie massstabsgetreu: Ein 3.0 cm hoher Radiergummi steht vor der Öffnung einer Lochkamera. Der Abstand zwischen Gummi und Photopapier beträgt 12 cm . Der Radiergummi soll mit einem Abbildungsmassstab von 0.50 abgebildet werden. Wie gross sind b , g und B ?
5. Ein Lichtstrahl trifft schräg auf einen ebenen Spiegel und wird daran reflektiert. Der Spiegel dreht sich um den Auftreffpunkt um den Winkel 30° . Um welchen Winkel dreht sich der reflektierte Strahl?
Tipp: Überlegen Sie sich die Lösung anhand einer Skizze.
6. Ergänzen Sie:
 - a) «In einem optisch dichteren Stoff ist die Lichtgeschwindigkeit (grösser/kleiner) als in einem optisch dünneren Stoff.»
 - b) «Wenn ein Lichtstrahl schräg auf die Grenzfläche zwischen einem optisch dichteren und einem optisch dünneren Stoff auftrifft, ist der Winkel zwischen Lot und Lichtstrahl im optisch dichteren Stoff (grösser/kleiner) als im optisch dünneren Stoff.»
7. Ein Lichtstrahl tritt von Luft in Glas über. Auf welcher Seite (oben oder unten) befindet sich das Glas?

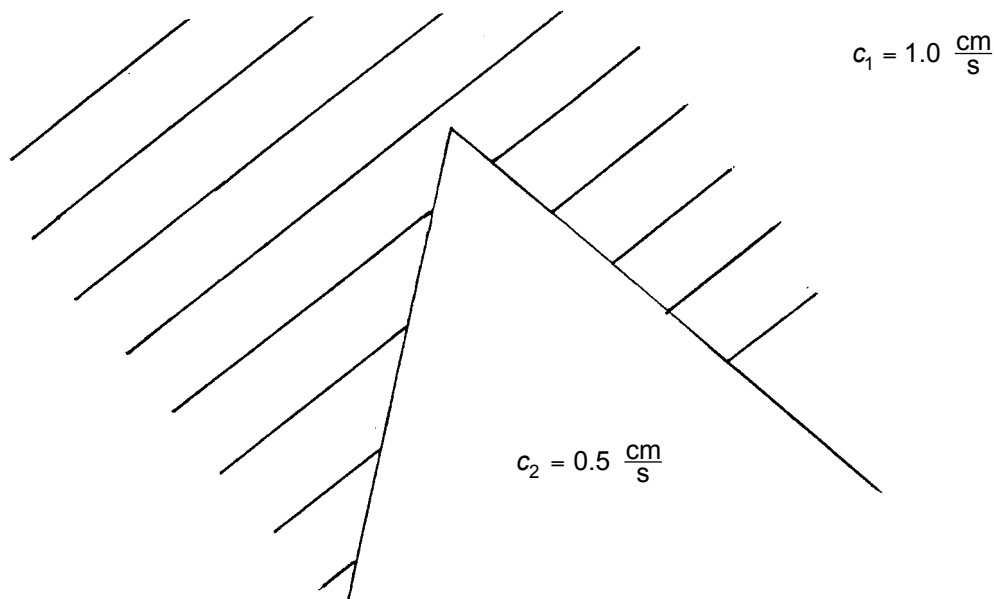


8. Ein Lichtstrahl kommt aus dem Glas (Jenaer Glas BK7) und trifft auf die Grenzfläche zwischen Glas und Luft.
 - a) Ist es möglich, dass in diesem Fall Totalreflexion auftritt? Begründen Sie Ihre Antwort.
 - b) Wenn ja: Unter welchen Bedingungen tritt Totalreflexion auf?
 - c) Wenn ja: Wie gross ist der Grenzwinkel für Totalreflexion?
9. Ein Lichtstrahl fällt aus der Luft unter dem Einfallswinkel $\alpha = 45^\circ$ auf die Oberfläche eines durchsichtigen Stoffs und wird unter dem Winkel $\beta = 17^\circ$ gebrochen. Um welchen Stoff handelt es sich?
10. Zeichnen Sie den reflektierten und den gebrochenen Strahl. Schreiben Sie an, wie gross die Winkel sind.

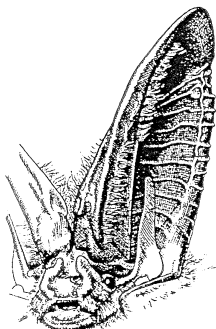


11. Löse durch Konstruktion auf Häuschenpapier: Eine 3.0 cm hohe Kerze steht in 12 cm Abstand vor einer Sammellinse der Brennweite 3.0 cm .
 - a) Wo befindet sich das Bild?
 - b) Wie gross ist das Bild?
 - c) Ist das Bild reell oder virtuell?

12. Sie stehen im Abstand von 1.10 m vor einer Blume, die 5.2 cm hoch ist. Sie fotografieren sie, so dass das scharfe Bild auf dem Photopapier 2.7 mm gross ist.
- Wie gross ist die Brennweite der Sammellinse des Photoapparates?
 - Aus welcher Distanz müssten Sie fotografieren (bei gleicher Brennweite wie in a), wenn das Bild 4.0 mm gross sein soll?
13. Eine Schwingung der Periode $T_1 = 2.40$ ms wird mit einer zweiten Schwingung mit der Periode T_2 überlagert. Das ergibt eine Schwebung mit der mittleren Periode $T_m = 2.42$ ms. Wie gross ist die Schwebungsfrequenz?
14. Eine ebene Welle trifft auf ein Hindernis. Dabei wird ein Teil der Welle gebrochen und ein Teil reflektiert. Konstruieren Sie mit dem Prinzip von Huygens die gebrochene und die reflektierte Welle (je drei neue Wellenfronten). Verwenden Sie Zirkel und Lineal!

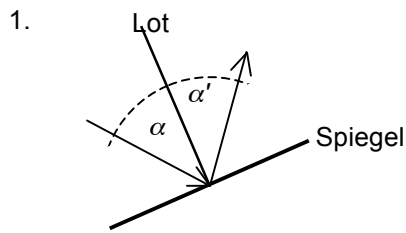


15. Eine ebene Welle ($f = 10.0$ Hz, $\lambda = 2.0$ cm) befindet sich im Medium 1 und trifft unter einem Einfallswinkel von 25° auf die Grenzlinie zum Medium 2. Der Brechungswinkel beträgt 40° .
- Welches Medium besitzt die grössere Ausbreitungsgeschwindigkeit?
 - Wie gross sind die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den beiden Medien?
 - Wie gross sind Wellenlänge und Frequenz im Medium 2?
 - Wie gross ist der Winkel für Totalreflexion, und in welchem Medium tritt diese auf?
16. Ein Zug fährt mit $72.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ auf einen Tunnel zu und pfeift mit der Frequenz 500 Hz. Der Schall wird am Eingang des Tunnels reflektiert.
- Zwischen Zug und Tunnel steht Fritzli. Welche Höhe hat der Ton, der direkt vom Zug zu ihm kommt, und welche Höhe hat das Echo des Tons, der am Tunnelportal reflektiert wird?
 - Welche Tonhöhe hört er, wenn der Zug an ihm vorbeigefahren ist? (Direkter Ton und Echo)
 - Welche Tonhöhe hat das Echo für Hansli, der im Zug fährt?



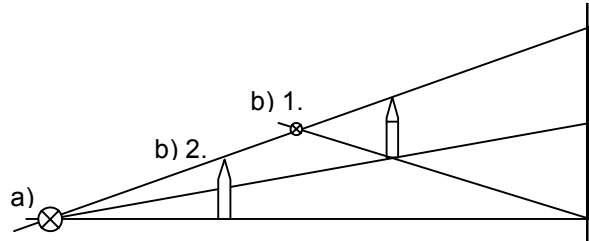
17. Fledermäuse stossen in rascher Folge kurze, laute Ultraschallsignale aus, fangen das Echo mit den Ohren auf und «berechnen» aus dem reflektierten Signal Ort und Geschwindigkeit eines Beutetiers. Die Fledermaus Berta ist soeben aus ihrem Mittagsschlaf erwacht und bemerkt eine Mücke. Schnell sendet sie ein Ultraschallsignal aus ($f = 80.0$ kHz). Dieses kommt nach 0.100 s mit der Frequenz 78.0 kHz zurück. Aha! Jetzt weiss Berta, ob die Mücke
- von ihr weg, oder auf sie zu fliegt,
 - sie kennt auch ihre Distanz,
 - und die Geschwindigkeit!
- Sie auch???

Lösungen



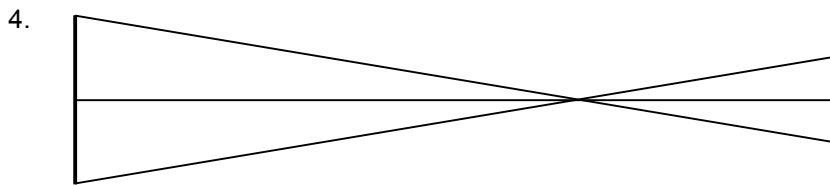
Die Winkelhalbierende zwischen dem einfallenden und dem reflektierten Strahl konstruieren. Die Winkelhalbierende ist das Lot.
Die Spiegeloberfläche verläuft senkrecht zum Lot.

2. a) Siehe Skizze
b) Zwei Möglichkeiten:
1. Lampe näher zum Bleistift
2. Bleistift näher zur Lampe



3. a) $A = \frac{B}{G} = \frac{3.0 \text{ cm}}{150 \text{ cm}} = \underline{0.020}$

b) $b = \frac{B \cdot g}{G} = \frac{3.0 \text{ cm} \cdot 75 \text{ cm}}{150 \text{ cm}} = \underline{1.5 \text{ cm}}$



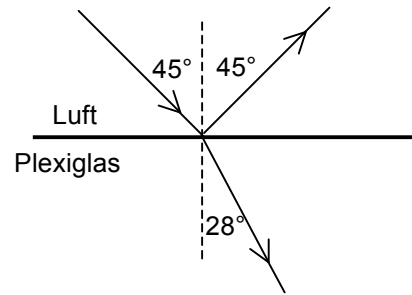
$B = 1.5 \text{ cm}, b = 4 \text{ cm}, g = 8 \text{ cm}$

5. Der reflektierte Strahl dreht sich um 60° . Der Einfallswinkel wird um 30° vergrößert, dadurch wird der Reflexionswinkel auch um 30° vergrößert, macht zusammen 60° .
6. a) kleiner
b) kleiner
7. oben (der Winkel in Glas ist kleiner als der Winkel in Luft, weil Glas optisch dichter ist als Luft)
8. a) Ja. Totalreflexion kann nur im optisch dichteren Stoff auftreten. Glas ist optisch dichter als Luft.
b) Wenn der Lichtstrahl flach genug auf die Grenzfläche trifft (unter einem Winkel, der grösser als der Grenzwinkel für Totalreflexion ist).
- c) $\frac{\sin(\alpha_{\text{Glas}})}{\sin(\alpha_{\text{Luft}})} = \frac{c_{\text{Glas}}}{c_{\text{Luft}}} = \frac{n_{\text{Luft}}}{n_{\text{Glas}}} = \frac{1}{n_{\text{Glas}}}$ Totalreflexion tritt auf, wenn $\alpha_{\text{Luft}} = 90^\circ$, d.h. $\sin(\alpha_{\text{Luft}}) = 1$
- $\sin(\alpha_{\text{Grenz(Glas)}}) = \sin(90^\circ) \cdot \frac{c_{\text{Glas}}}{c_{\text{Luft}}} = \frac{1}{n_{\text{Glas}}}$ $\alpha_{\text{Grenz(Glas)}} = \arcsin\left(\frac{1}{n_{\text{Glas}}}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{1.5163}\right) = \underline{41.26^\circ}$
9. $\frac{\sin(\alpha_{\text{Luft}})}{\sin(\alpha_{\text{unbekannt}})} = \frac{c_{\text{Luft}}}{c_{\text{unbekannt}}} = \frac{n_{\text{unbekannt}}}{n_{\text{Luft}}} = \frac{n_{\text{unbekannt}}}{1} = n_{\text{unbekannt}}$
- $n_{\text{unbekannt}} = \frac{\sin(\alpha_{\text{Luft}})}{\sin(\alpha_{\text{unbekannt}})} = \frac{\sin(45^\circ)}{\sin(17^\circ)} = \underline{2.42}$ Diamant

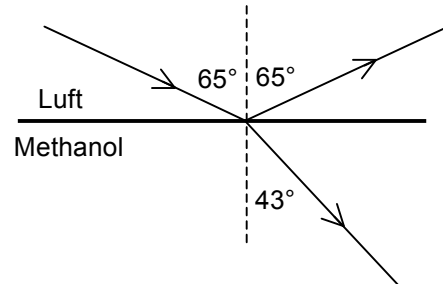
$$10. a) \frac{\sin(\alpha_{\text{Plexiglas}})}{\sin(\alpha_{\text{Luft}})} = \frac{c_{\text{Plexiglas}}}{c_{\text{Luft}}} = \frac{n_{\text{Luft}}}{n_{\text{Plexiglas}}} = \frac{1}{n_{\text{Plexiglas}}}$$

$$\sin(\alpha_{\text{Plexiglas}}) = \frac{\sin(\alpha_{\text{Luft}})}{n_{\text{Plexiglas}}}$$

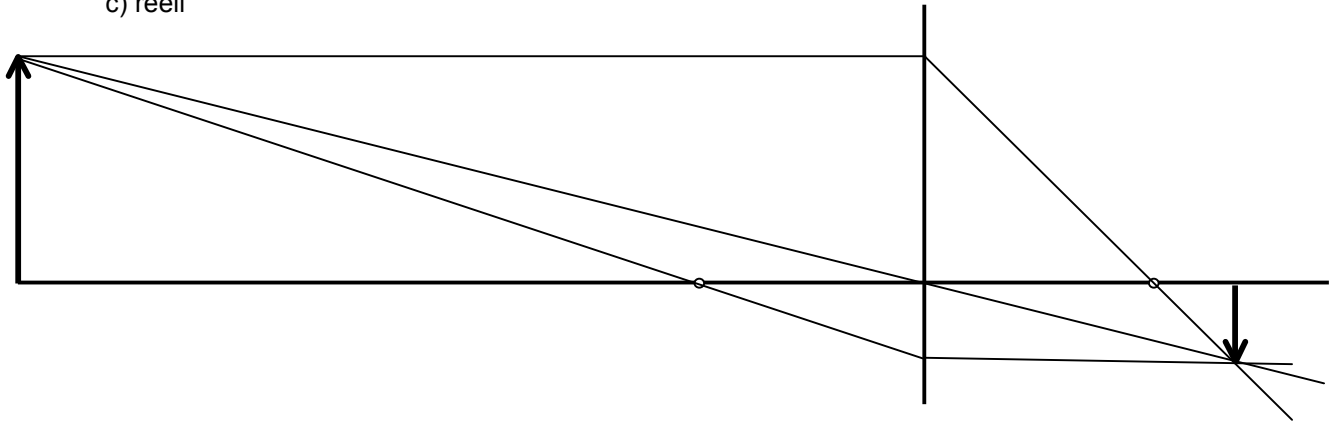
$$\alpha_{\text{Plexiglas}} = \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha_{\text{Luft}})}{n_{\text{Plexiglas}}}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin(45^\circ)}{1.491}\right) = \underline{\underline{28^\circ}}$$



$$b) \alpha_{\text{Methanol}} = \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha_{\text{Luft}})}{n_{\text{Methanol}}}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin(65^\circ)}{1.3290}\right) = \underline{\underline{43^\circ}}$$



11. a) 4.0 cm von der Linse entfernt auf der anderen Seite wie der Gegenstand
 b) 1.0 cm
 c) reell



$$12. a) b = \frac{B \cdot g}{G} = \frac{0.27 \text{ cm} \cdot 110 \text{ cm}}{5.2 \text{ cm}} = 5.71 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{110 \text{ cm}} + \frac{1}{5.71 \text{ cm}} = 0.0091 \frac{1}{\text{cm}} + 0.1751 \frac{1}{\text{cm}} = 0.1842 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\Rightarrow f = -\frac{1}{0.1842} \text{ cm} = \underline{\underline{5.4 \text{ cm}}}$$

$$b) \frac{B}{G} = \frac{0.4 \text{ cm}}{5.2 \text{ cm}} = \frac{1}{13} = \frac{b}{g} \quad \Rightarrow \quad g = 13 \cdot b$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{13b} + \frac{1}{b} = \frac{1}{13b} + \frac{13}{13b} = \frac{14}{13b} \Rightarrow f = \frac{13b}{14} \Rightarrow b = \frac{14f}{13} = \frac{14 \cdot 5.4 \text{ cm}}{13} = 5.85 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow g = 13 \cdot b = 13 \cdot 5.85 \text{ cm} = \underline{\underline{76.0 \text{ cm}}}$$

$$13. f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{0.00240 \text{ s}} = 417 \text{ Hz}$$

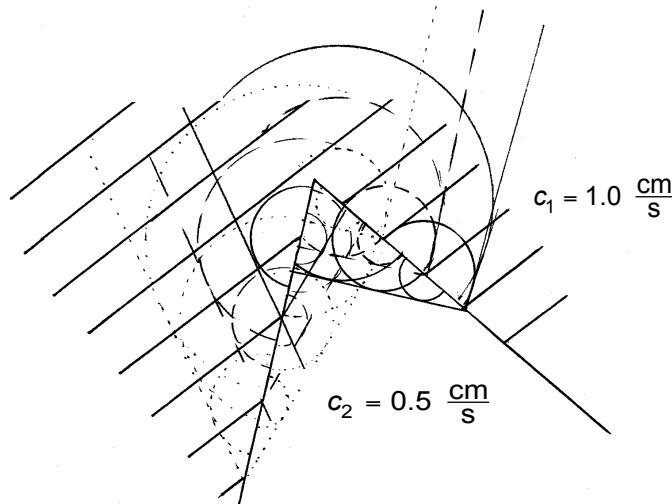
$$f_m - f_1 = 417 \text{ Hz} - 413 \text{ Hz} = 4 \text{ Hz}$$

$$f_m = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{0.00242 \text{ s}} = 413 \text{ Hz}$$

$$f_2 = f_m - 4 \text{ Hz} = 413 \text{ Hz} - 4 \text{ Hz} = 409 \text{ Hz}$$

$$f_s = |f_1 - f_2| = |417 \text{ Hz} - 419 \text{ Hz}| = \underline{\underline{8 \text{ Hz}}}$$

14.



15. a) Das Medium mit dem grösseren Winkel: Medium 2

$$b) c_1 = \lambda_1 \cdot f_1 = 0.020 \text{ m} \cdot 10.0 \text{ Hz} = \underline{\underline{0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_\alpha}{c_\beta} \quad c_2 = \frac{c_\alpha \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 40^\circ}{\sin 25^\circ} = \underline{\underline{0.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$c) f_2 = \underline{\underline{10.0 \text{ Hz}}}, \lambda_2 = \frac{c_2}{f_2} = \frac{0.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \text{ Hz}} = 0.030 \text{ m} = \underline{\underline{3.0 \text{ cm}}}$$

$$d) \beta_{\text{Grenz}} = \sin^{-1} \left(\frac{c_{\text{langsam}}}{c_{\text{schnell}}} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \right) = \underline{\underline{42^\circ}}, \text{ im Medium 1 (im langsameren)}$$

$$16. a) \text{ Sender bewegt sich auf ihn zu: } f' = f \cdot \frac{c}{c - v} = 500 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{\underline{531 \text{ Hz}}}$$

$$f_{\text{direkt}} = f_{\text{Echo}} = \underline{\underline{531 \text{ Hz}}}$$

$$b) \text{ Sender bewegt sich von ihm weg: } f' = f \cdot \frac{c}{c + v} = 500 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{\underline{473 \text{ Hz}}}$$

$$f_{\text{direkt}} = 473 \text{ Hz}, f_{\text{Echo}} = \underline{\underline{531 \text{ Hz}}} \text{ (wie in a)}$$

c) „ruhende Schallquelle“ ist der Echoton. Der Empfänger bewegt sich auf sie zu:

$$f' = f_{\text{Echo}} \cdot \frac{c + v}{c} = 531 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{\underline{562 \text{ Hz}}}$$

17. a) Frequenz nimmt ab \Rightarrow fliegt weg

$$b) s = c \cdot t = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.0500 \text{ s} = \underline{\underline{17.2 \text{ m}}} \quad (\text{der Schall legt den doppelten Weg zurück!})$$

$$c) \text{ Die Mücke empfängt } f' = f \cdot \frac{c - v}{c} \quad \text{und reflektiert die gleiche Frequenz } f'$$

$$\text{Die Fledermaus empfängt } f'' = f' \cdot \frac{c}{c + v} = f \cdot \frac{c - v}{c} \cdot \frac{c}{c + v} = f \cdot \frac{c - v}{c + v}$$

$$\text{Nach } v \text{ auflösen ergibt } v = c \cdot \frac{f - f''}{f + f''} = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{80 \text{ kHz} - 78 \text{ kHz}}{80 \text{ kHz} + 78 \text{ kHz}} = \underline{\underline{4.35 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$