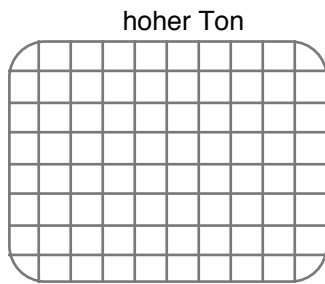


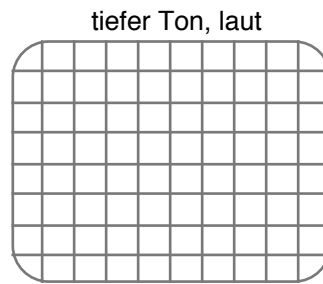
### 3. Wir „schauen“ Töne an

#### 43 Wie unterscheiden sich hohe von tiefen Tönen? Wie unterscheiden sich laute von leisen Tönen?

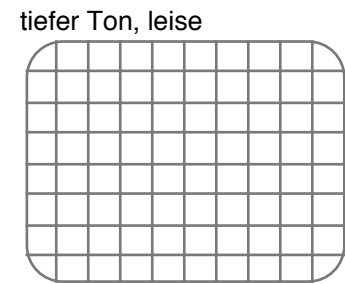
- a) Beim **Posten 1** finden Sie je eine hoch- und eine tief-tönende Stimmgabel und einen KO mit Mikrofon vor. Prüfen Sie nach, ob die **Zeitskala** des KO auf **0.5 ms/Div** eingestellt ist. Lassen Sie die Stimmgabeln vor dem Mikrofon ertönen und zeichnen Sie die Schwingungen (möglichst genau) ab.



Zeitskala: 0.5 ms / Div



Zeitskala: 0.5 ms / Div



Zeitskala: 0.5 ms / Div

- b) Lassen Sie die **tiefere Stimmgabel** vor dem Mikrofon erklingen und beobachten Sie die Veränderung der Schwingung. Zeichnen Sie die Schwingung kurz nach dem Anschlagen und einige Zeit später auf.
- c) Ergänzen Sie den Kasten rechts.

**Die Tonhöhe hängt nur von der**

**und die Lautstärke nur von der**

**einer Schallschwingung ab**

#### 44 ? Wie bestimmt man die Frequenz eines Tones?

Man macht die Schwingung auf dem KO sichtbar und stellt die Zeitskala so ein, dass möglichst eine ganze Schwingung auf der Bildschirmbreite Platz hat und liest dann die Periode ab.

Oder man zählt möglichst viele vollständige Schwingungen auf der Bildschirmbreite ab und bestimmt die benötigte Zeit auf Grund der Einstellung der Zeitskala.

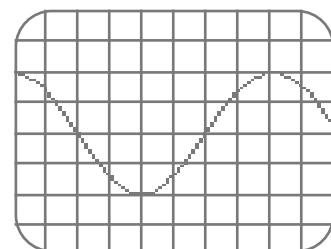
- a) Bestimmen Sie die Perioden und die Frequenzen der beiden rechts abgebildeten Schwingungen.

$$T_1 = \dots \quad f_1 = \dots$$

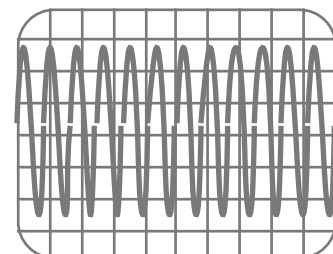
$$T_2 = \dots \quad f_2 = \dots$$

- b) (Im Anschluss an Posten 1) Bestimmen Sie aus den bei **43** aufgezeichneten Schwingungen die Frequenzen des hohen und tiefen Stimmgabeltones.

$$f_{hoch} = \dots \quad f_{tief} = \dots$$



Zeitskala: 0.2 ms / Div

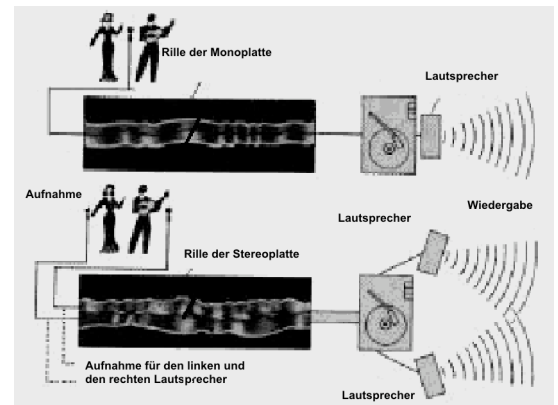


Zeitskala: 5  $\mu$ s / Div

**45**  **Wie funktioniert eine Schallplatte?**

Ein Ton wird auf der Platte als wellenförmige Rille aufgezeichnet. Wenn sich diese Rille unter der Nadel des Tonabnehmers vorbeibewegt, wird die Nadel im Rhythmus der Welle, d.h. mit der Frequenz des aufgezeichneten Tones, in Schwingung versetzt. Diese Schwingung wird elektronisch verstärkt und hörbar gemacht.

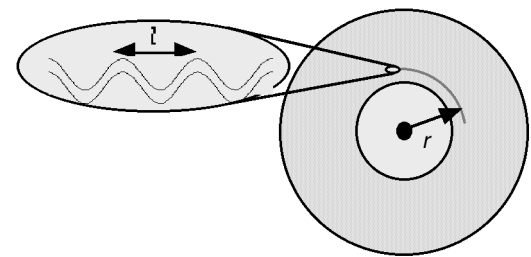
**Posten 2:** Die Schwingung kann auch ohne Verstärker hörbar gemacht werden: Rollen Sie ein Blatt Papier zu einem Trichter. Stecken Sie eine Stecknadel durch den dünnen Teil des Trichters, bis sie auf der anderen Seite wieder zum Vorschein kommt. Halten Sie den Trichter ganz locker in der Hand und führen Sie die Nadelspitze in die Rille einer sich drehenden Schallplatte. Sie müssen ein wenig üben, um herauszufinden, wie Sie den Trichter am besten halten sollen. Verwenden Sie eine alte, nicht mehr benötigte Schallplatte! Wie hört's sich an?



Rille einer Schallplatte: Monoaufnahme (oben) und Stereoaufnahme (unten).


**46** ? **Wie fein sind die in einer Schallplatte eingepprägten Wellen?** (im Anschluss an Posten 2)

Das kann man an Hand eines Beispielen und mit etwas Geduld ausrechnen: Eine Schallplatte dreht sich mit 33 Umdrehungen pro Minute. Im Innern liegt die Rille auf einem Kreis mit dem Radius  $r \approx 10$  cm. Um eine befriedigende Klangwiedergabe zu erzielen, muss die Platte alle Frequenzen des Hörbereiches (20 Hz bis 20 kHz) wiedergeben können. Berechnen Sie je den Abstand  $l$  zweier Auslenkungen auf eine Seite der Rillen (siehe Zeichnung rechts), welche einem 20 Hz-Ton und einem 20'000 Hz-Ton entsprechen.



bei  $f = 20$  Hz:  $l = \dots\dots\dots$   
 bei  $f = 20$  kHz:  $l = \dots\dots\dots$

Hinweise: Aus der Tonfrequenz können Sie berechnen, wieviel Zeit verstreicht, während welcher die Nadel eine Schwingung macht. Im Innern der Platte ist die Nadel etwa 10 cm vom Mittelpunkt entfernt; wie schnell bewegt sich an dieser Stelle die Platte unter der Nadel hinweg? Welche Strecke legt nun die Platte während einer Periode an der Stelle der Nadel zurück?

**47**  **Welche Frequenz hat der höchste Ton, den Sie gerade noch hören können? Bei welcher Tonhöhe reagiert Ihr Gehör am empfindlichsten?**

Beim **Posten 3** finden Sie einen Tongenerator mit einem Kopfhörer und einen KO, der direkt mit dem Generator verbunden ist. Stellen Sie die Lautstärke in mittlerer Tonhöhe auf ein gut verträgliches Mass ein.

- a) Verändern Sie nun mit dem grossen Drehknopf am Generator die Tonhöhe so lange aufwärts, bis Sie den Ton gerade nicht mehr hören können. Bestimmen Sie nun aus dem KO-Bild die Frequenz.

- b) Suchen Sie nun bei geringer Lautstärke auch jenen Ton der die unangenehmsten Empfindungen auslöst. Bestimmen Sie wiederum die Frequenz aus dem KO-Bild.
- c) Welches ist Ihre untere Hörschwelle? Die Hörschwelle ist dort, wo sie nicht mehr hören, dass der Ton tiefer wird. Sie müssen allerdings aufpassen, denn es könnte sein dass Sie Nebengeräusche der einzelnen Schwingungen des Kopfhörers hören.

**Ich höre Töne bis zu einer Frequenz  
von ..... Hz.**

**Am empfindlichsten reagiere ich auf Töne  
mit der Frequenz  
um ..... Hz.**

**Meine untere Hörschwelle ist etwa  
bei ..... Hz.**

**48 ? Wie entstehen menschliche Töne? Wie gross ist der menschliche Stimmumfang?**

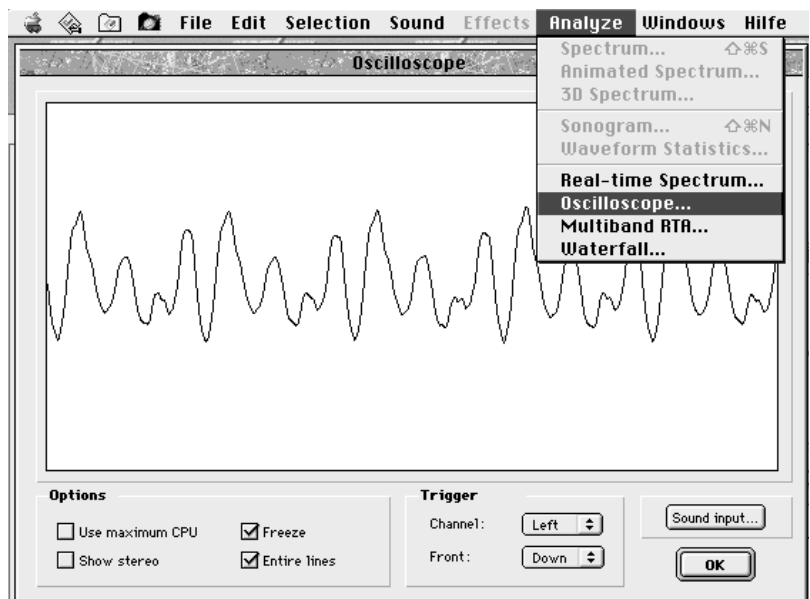
Kapitel 4 dieses Heftes enthält verschiedene Texte zum Thema Schall. Lesen Sie dort die Abschnitte über *Stimmumfang und Hörbereich* und *Die menschliche Stimme*. Beim **Posten 4** finden Sie Farbkopien dieser Texte (damit Sie die Bilder besser studieren können) und ein kleines Experiment zur Funktionsweise der Stimmbänder.

Protokollieren Sie das kleine Demonstrationsexperiment zur Wirkungsweise der Stimmbänder.

**49 Wie unterscheidet sich ein Geräusch von einem Knall oder einem Klang? Wie unterscheiden sich die Schwingungen der verschiedenen Vokale?**


Beim **Posten 5** finden Sie einen kurzen Text über die Wahrnehmung des Schalls. Lesen Sie den Text.

- a) Am Computer haben Sie die Möglichkeit, KO-Bilder aufzunehmen und einzufrieren. Mit etwas Geschicklichkeit können Sie sogar die Schwingung eines Knalls (einmal in die Hände klatschen und ganz kurze Zeit später das Feld *Freeze* anklicken) festhalten.
- b) Zeichnen Sie je ein typisches KO-Bild für einen Knall, ein Geräusch und verschiedene Klänge (z.B. Vokale).



Der Vokal a, gesungen von M. Wey, dargestellt im Programm *Amadeus II*.

Stimmgabelton		Knall	
Geräusch		Klang 1	
.....		.....	
Klang 2		Klang 3	
.....		.....	

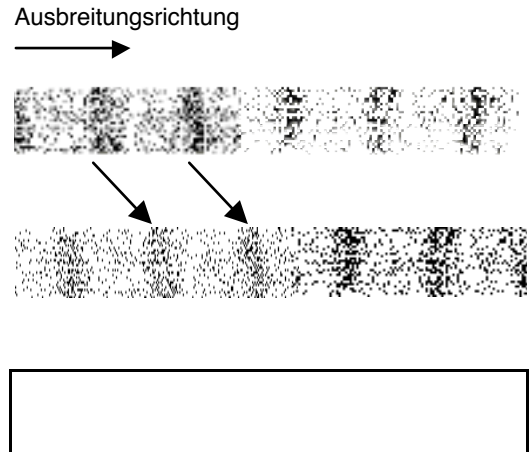
**50**  **Wie breiten sich Töne aus? Was ist eine Schallwelle? Wie soll man sich eine Schallwelle vorstellen? Wie schnell breiten sich Töne aus?**

Sie finden beim **Posten 6** Beschreibungen zu Theorie und Experimenten zur Schallausbreitung, sowie das Experimentiermaterial vor.

- a) Führen Sie die Experimente durch.
- b) Eine Schallwelle besteht aus Verdichtungen und Verdünnungen. Die Zeichnungen rechts sollen einen Querschnitt durch die Luftschicht vor einem Lautsprecher zu verschiedenen Zeiten darstellen. Die einzelnen Punkte stellen Luftteilchen dar.

Etwas später als bei der ersten Aufnahme sind die Verdichtungen in der Luft ein bisschen weiter „gewandert“ (z.B. nach rechts). **Wie viel Zeit** verging zwischen dem ersten und dem zweiten Bild, falls die Verdichtungen zu einem Ton mit der Frequenz **1000 Hz** gehören? (Hinweis: Alle 0.001 s entsteht also eine neue Verdichtung, welche sich nach rechts ausbreitet.)

- c) Wie sieht das dritte Bild aus, das die Lage der Verdichtungen **1 ms** später als beim ersten Bild wiedergeben soll?
- d) Mit welchem einfachen Versuch könnte man die Schallgeschwindigkeit in Luft messen?



**Schallerreger erzeugen im Schallträger Schallwellen, die von der Erregerstelle nach allen Seiten weg-eilen.**

**Die Geschwindigkeit  $c$  der Schallwellen beträgt**

**in Luft**  $c_{Luft} = \dots\dots\dots$

**und in Wasser**  $c_{Wasser} = \dots\dots\dots$

**51 ? Bestimmung der Entfernung eines Gewitters** (im Anschluss an Posten 6)

Blitz und Donner entstehen gleichzeitig. Den Blitz sieht man sofort, während der Schall seine Zeit braucht, um an unsere Ohren zu gelangen.

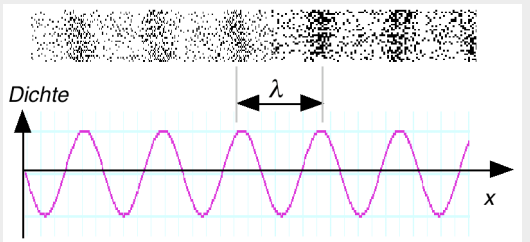
Bestimmen Sie die Entfernung eines Blitzes, dessen zugehöriger Donner erst 1.5 Sekunden später zu hören ist.

**52 ? Wie gross ist die Wellenlänge einer Schallwelle?** (im Anschluss an Posten 6)

- a) Den Abstand zwischen zwei Verdichtungen einer Schallwelle nennt man **Wellenlänge  $\lambda$**  ( $\lambda$  ist der griech. Buchstabe *Lambda*).

Der Begriff Wellenlänge wird in der zweiten Darstellung etwas deutlicher: Es ist der Abstand von Wellenberg zu Wellenberg. Machen Sie sich klar, was die zweite Darstellung genau bedeutet und wie sie sich von der Darstellung einer Schwingung unterscheidet.

- b) Bestimmen Sie mit Hilfe der Ergebnisse von **50** die Wellenlänge  $\lambda$  einer Schallwelle in Luft des Tones mit der Frequenz 440 Hz.
- c) Beweisen Sie die Wellenformel.



**Es gilt die Wellenformel**

$$c = \lambda \cdot f$$

- $c$**  Wellengeschwindigkeit (z.B. Schallgeschwindigkeit)
- $\lambda$**  Wellenlänge

**53 ? Wie entsteht ein Echo? Was ist ein Echolot?**

Lesen Sie von **Kapitel 4** die Abschnitte über die *Echoverfahren in der Technik*, *Die Ultraschalluntersuchung in der Medizin* und *Die Echoortung der Delphine*. An der Pinwand finden Sie die Farbkopien dieser Texte, damit Sie die Bilder besser studieren können, beim **Posten 7**.

- Erklären Sie die Begriffe im Kasten rechts.
- Das Echolot eines Schiffes empfängt die vom Meeresboden reflektierte Schallwelle 0.430 Sekunden nach dem Aussenden. Wie tief ist das Meer an dieser Stelle?

**54 ? Haben auch Fledermäuse Dialekte?**

Unter diesem Titel erschien im *Badener Tagblatt* vom 16.10.87 der in **Kapitel 4** abgedruckte Zeitungsartikel.

- Bestimmen Sie die mittlere Frequenz des aufgezeichneten Fledermauspiffes, dessen Dauer gemäss Angabe auf dem KO-Bild etwa 3 ms betragen haben soll (wessen ich nicht sicher bin).
- Beschreiben Sie den qualitativen Verlauf des Tones so genau wie möglich (Veränderung von Tonhöhe und Lautstärke).
- Eine **Fledermaus** orientiert sich nach dem Echolotprinzip, d.h. sie registriert (im Prinzip) die Zeit zwischen dem Aussenden eines Schallsignals (Ortungsruf) und dem Eintreffen des Echos. Verknüpft sie diese Zeitinformation mit den Informationen über die Richtung, so kann sie sich ein Bild der Umgebung machen.

Diese Schallsignale der Fledermaus, die der Orientierung dienen, müssen sehr kurz sein, wenn die ersten Echosignale nicht schon während dem Aussenden des Ortungsrufes empfangen werden sollen.

Wie lang darf ein Piff höchstens dauern, so dass sich keine Vermischung ergibt mit dem Echo von einer Mücke, die sich 20 cm von der Fledermaus entfernt befindet?

- Nach dem Verfahren der Fledermaus können nur solche Körper ein präzises Echo erzeugen, die grösser sind als die Wellenlänge der von der Fledermaus ausgesandten Schallwelle.

Wie hoch muss die **Frequenz eines Fledermaustones** mindestens sein, damit eine Mücke von 0.5 cm Grösse wahrgenommen werden kann?

- Man unterscheidet bei den Fledermäusen zwischen zwei Arten von Tönen: **Ortsruf** und **Signalruf**. Um welche Art von Ton handelt es sich im Artikel von Kapitel 4?

Echo

Echolot

Ultraschall

Sonograph

**55 ? Intervalle, Tonleitern und Dreiklänge**

Beim **Posten 8** finden Sie einen Text zu diesem Thema. Studieren Sie den Text und entnehmen Sie dem Text die Werte für die Tabelle rechts.

Falls die **Lochscheibe** aufgestellt ist, können Sie selber darauf einen Durdreiklang spielen.

Oder aber, es wird das „**Monochord**“ (mit 2 Saiten) zur Verfügung gestellt. Stimmen Sie zuerst beide Saiten auf die gleiche Tonhöhe. Verkürzen Sie nun eine Saite mit einem Steg so lange, bis Sie ein Oktavintervall hören, wenn beide Saiten gezupft werden. Vergleichen Sie die Längen der Saiten. Verfahren Sie ebenso mit den andern Intervallen.

Intervalle		C-Dur	
Ton	Frequenzverhältnis	Notenname	Frequenz
Grundton	1 : 1	c'	264 Hz
gr. Terz			
Quinte			
Oktave			

**56 ? Über Lärm und Lautstärkemessung**

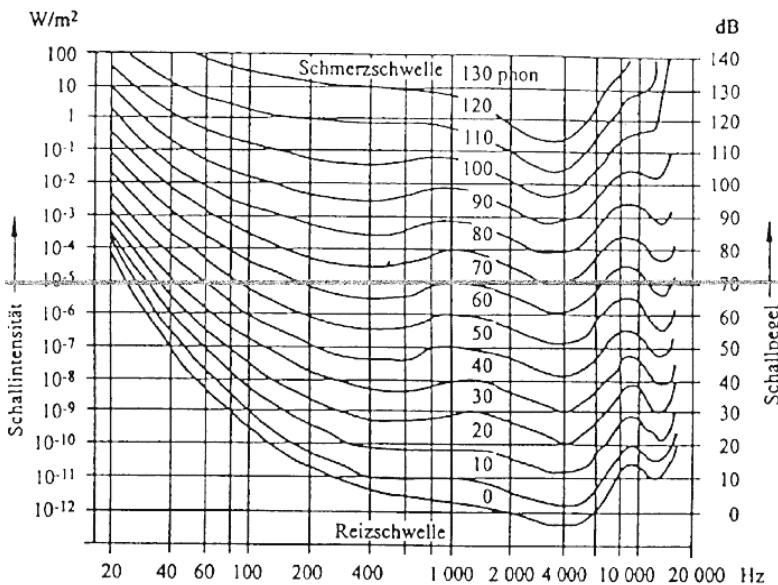
Beim **Posten 9** finden Sie einen Text, in welchem die Bedeutung der Begriffe Schallintensität, Schallpegel und Lautstärke beschrieben ist.

- a) Fassen Sie die Definitionen dieser Größen im Kasten rechts zusammen.
- b) Die Verknüpfung der genannten Größen wird im abgebildeten Diagramm ersichtlich. Ergänzen Sie mit dessen Hilfe die Tabelle rechts. Die Schulzimmerlautstärke können Sie dem Schallpegelmesser beim **Posten 9** entnehmen.

**Schallintensität [W/m<sup>2</sup>]**

**Schallpegel [dB]**

**Lautstärke [phon]**



Schallquelle	Schallintensität W/m <sup>2</sup>	Schallpegel dB (A)	Lautstärke bei 4000 Hz phon
Reizschwelle	10 <sup>-12</sup>		
Zimmerlautst.			
Verkehrslärm		80	
Schmerzgrenze		130	über 130
.....			

## 57 Über das Richtungshören.

Wenn wir einen Ton wahrnehmen, so können wir in der Regel auch feststellen, aus welcher Richtung der Ton kommt. Die Voraussetzung dafür ist allerdings, dass wir mit beiden Ohren gleich gut hören können. Der Grund für unsere Fähigkeit soll kurz beschrieben werden für den Fall, dass ein Ton von rechts ertönt (die Zeichnung stellt die Situation von oben gesehen dar): Von der Tonquelle her kommend gelangen Verdichtungen und Verdünnungen an die Ohren. Allerdings gelangt eine bestimmte Verdichtung immer zuerst zum rechten Ohr und erst etwas später zum linken Ohr. (Die Erfahrung zeigt, dass die Schallwellen auch um den Kopf herum in das Ohr auf der "Schattenseite" gelangen können.)

Das Gehirn der hörenden Person registriert den Zeitunterschied, mit welchem eine Verdichtung bei den Ohren ankommt und "berechnet" daraus die Ausbreitungsrichtung der Schallwelle.

- Wie gross ist dieser **Zeitunterschied** etwa in der dargestellten Situation? (Überlegen Sie selber, welche Größen Sie zur Berechnung benötigen und schreiben Sie die verwendeten Werte auf.)
- Manchmal bereitet das Richtungshören **Schwierigkeiten**, nämlich dann, wenn bei beiden Ohren gleichzeitig Verdichtungen ankommen, die aber bei der Schallquelle *nicht zur gleichen Zeit* erzeugt wurden. Bei welchen Frequenzen ist das ungefähr der Fall?
- Beim **Posten 10** finden Sie einen Versuch zur Bestimmung des kleinsten Zeitunterschiedes, den Sie zur Ortung eines Tones gerade noch wahrnehmen können.

Die Versuchsperson, deren Fähigkeit beim Richtungshören untersucht werden soll, setzt sich so auf einen Stuhl, dass sie mit dem Rücken an den Tisch lehnt. Sie hält sich beide Enden eines etwa 1 m langen Schlauches in die Ohren. Der Schlauch liegt dabei auf dem Tisch, an dem der/die Partner/in (die testende Person) sitzt. Diese klopft nun mit dem Bleistift an verschiedenen Stellen auf den Schlauch. Die Versuchsperson gibt an, ob das Geräusch von links oder von rechts oder von der Mitte kommt. Die testende Person hat die Aufgabe, den kleinsten Abstand von der Mittenmarkierung zu ermitteln, bei welchem die Versuchsperson die Richtung des Geräusches gerade noch eindeutig identifizieren kann.

Wäre die Schallgeschwindigkeit im Schlauchmaterial bekannt, so liesse sich nun die kleinste unterscheidbare Zeitspanne berechnen. Was bekommt man bei der Annahme, dass diese Geschwindigkeit ca. 1000 m/s betrage?

