

Ein Geräusch: " Plopp"



Zielsetzung:

Das Ziel dieses Experiments ist es die Druckveränderungen zu untersuchen, die auftreten, wenn ein Zylinderkolben aus einer kleinen Spritze gezogen wird und die Eigenschaften des entstehenden Schallimpulses zu erklären.

Materialien:

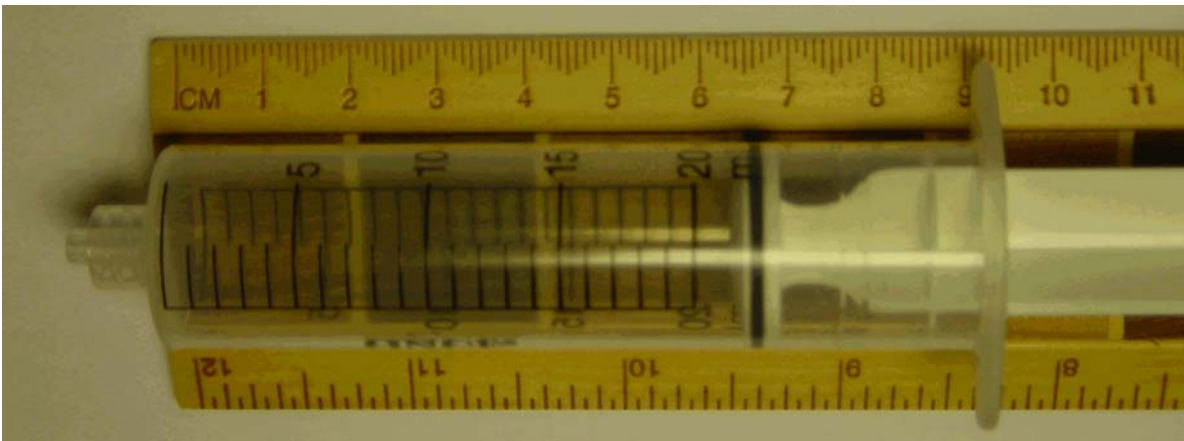
Drucksensor, CBL, TI83/84 und eine kleine Spritze (20 ml).

Ziele

In diesem Experiment untersuchen Sie den Druckverlauf in einer kleinen Plastikspritze, wenn der Kolben schnell herausgezogen wird. Die gesammelten Daten werden im Grafikrechner gespeichert und können entweder mit dem Rechner oder dem PC analysiert werden.

Materialien

Plastikspritze (20 ml), Drucksensor, CBL and TI-83



Versuchsdurchführung

Vor dem Versuchsaufbau stellen Sie sicher, dass Sie die Programme SONBOOM and CLEAN in Ihrem TI-83 haben.

Befestigen Sie die Spritze an dem Drucksensor. Verbinden Sie den Sensor mit Kanal 1 der CBL und dem Rechner.

Stellen Sie sich vor, wie das Druck-Zeit-Diagramm aussehen wird, wenn der Kolben schnell herausgezogen wird.

Starten Sie das Programm SONBOOM. In das Programm ist ein Auslösemechanismus eingebaut. Daher startet die Datensammlung automatisch, wenn ein bestimmter Druckwert erreicht ist. Wenn Sie den Text PULL auf dem Bildschirm sehen, ziehen Sie den Kolben so schnell wie möglich aus der Spritze. Das Programm sammelt 999 Datenpunkte im Abstand von $1/10\,000$ Sekunde. Damit beträgt die Gesamtlänge des Experiments nahezu 0,1 s.

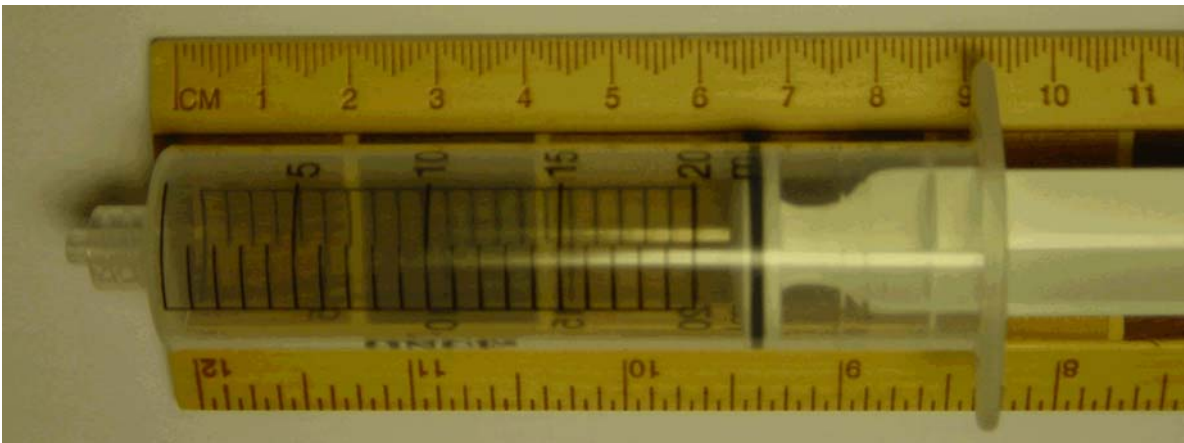
Nach dem Ende des Experiments wird das Druck-Zeit-Graph-Diagramm auf dem Rechner angezeigt. Die y-Achse ist der Druck in kPa und die x-Achse die Zeit in

Sekunden. Die Druckdaten werden in Liste L2 und Zeitdaten in Liste L1 gespeichert.

Wenn es Ihnen nicht möglich ist, das Experiment selber durchzuführen, gibt es entsprechende Dateien, in denen Sie sich das Experiment ansehen und die Daten analysieren können. Sie können auf der Website ein kurzes Video dazu sehen

Analyse mit dem TI 83

Wenn Sie Daten von einem Download unserer Webseite herunter laden, erhalten sie eine Liste mit den Druckdaten in Liste L2 und Zeitdaten in Liste L1. Die Länge der Spritze muss bekannt sein, wenn Sie die Schallgeschwindigkeit in diesem Experiment berechnen möchten. Die Angaben finden Sie in der Abbildung unten.

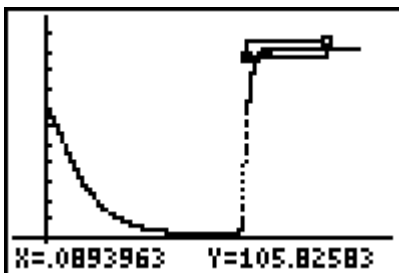


Analyse 1: Diskussion der Druckkurve

Untersuchen Sie das Diagramm. Sieht es aus wie erwartet? Wie können Sie den Verlauf des Graphen zu erklären?

Analyse 2: Das Geräusch aus der Röhre

Der interessanteste Teil der Kurve ist der Teil, in dem der Druck wieder normal wird. Benutzen Sie ZOOMBOX , um den unten abgebildeten Ausschnitt zu vergrößern.



Versuchen Sie zu erklären, warum der Druck in diesem Zeitintervall so verläuft.

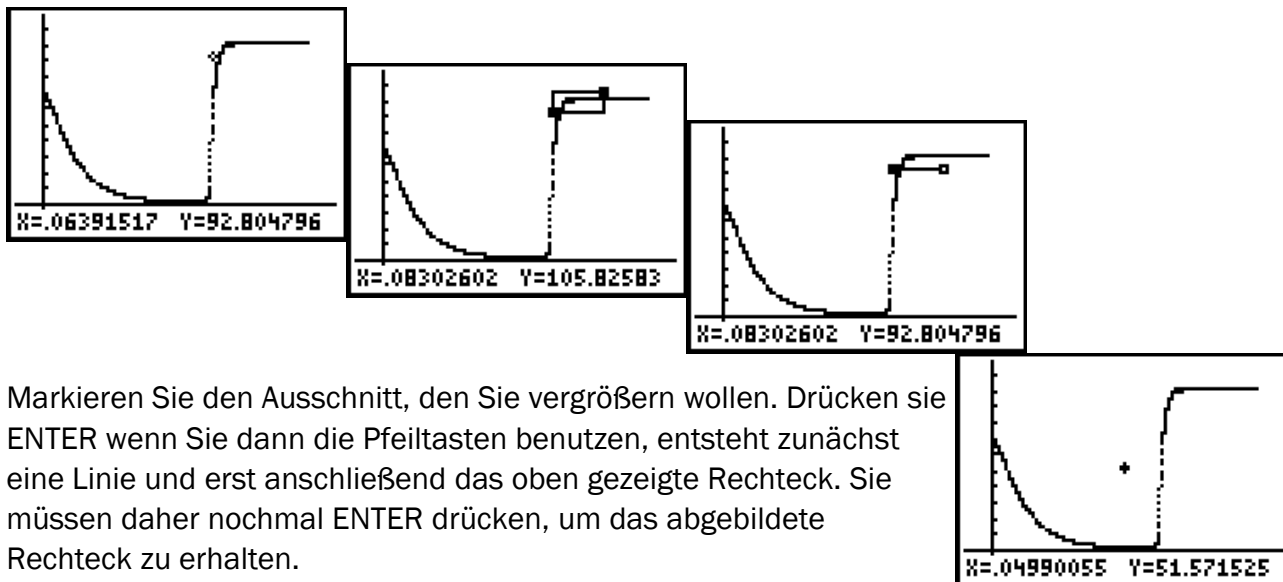
Analyse 3: Berechnen der Schallgeschwindigkeit

Benutzen Sie den Graphen der Analyse 2 und die Größe der Spritze, um die Schallgeschwindigkeit zu berechnen.

Wenn Sie diese Aufgabe beendet haben, können Sie Ihre Schlussfolgerungen mit der kompletten (Muster-)Analyse vergleichen.

Einen Graphen mit der ZOOMBOX vergrößern

Um in einen Graphen zu zoomen, können wir die ZBOX benutzen. Dieser Befehl ermöglicht es, einen bestimmten Bereich im Rechnerfenster zu vergrößern. Wenn Sie ZOOM und ZBOX 1 wählen, springt der Cursor in die Mitte des Fensters. Der Cursor kann mit den Pfeiltasten bewegt werden.



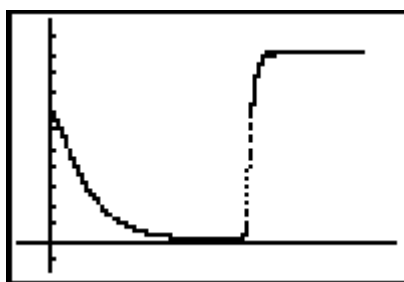
Der Cursor wird an die linke obere Ecke des zu zommenden Bildausschnitts bewegt. Anschließend drücken sie ENTER.

Wenn Sie auf die rechte Pfeiltaste drücken, wird der Cursor zu einer Linie.

Wenn Sie die Aufwärts-Pfeiltaste drücken, erhalten Sie einen Kasten. Wenn Sie das nächste Mal ENTER drücken, erscheint dieser Teil des Bildes im Fenster.

Vollständige Analyse mit dem TI 83

Wenn das Experiment beendet ist, erhalten Sie ein Diagramm, das den Druck als eine Funktion der Zeit darstellt. Wenn Sie die heruntergeladenen Daten benutzen, sieht es folgendermaßen aus:



Wenn der Kolben so schnell wie möglich aus der Spritze gezogen wird, können wir davon ausgehen, dass die Geschwindigkeit des Kolbens in dem Experiment annähernd gleich bleibt. Das bedeutet, dass der Anstieg des Volumens des Gases in der Spritze proportional zur Zeit ist. Wenn das Volumen steigt, sinkt der Druck (Boylesches Gesetz). Daher erhalten wir einen

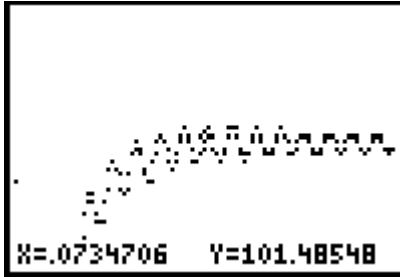
Graphen, bei dem der Druck umgekehrt proportional zur Zeit ist.

Der letzte Teil des Graphen gibt den Vorgang wieder, dass der Kolben die Spritze verlassen hat und die Luft in die Spritze zurückströmt. Der Druck steigt auf den Level des normalen Raumdrucks zurück.

Analyse 2: Das Geräusch aus der Röhre

Wenn wir uns den Graphen genauer ansehen - nachdem sich der Druck wieder normalisiert hat

- sehen wir, dass es einige Schwingungen im Druck gibt.



Diese regelmäßigen Druckänderungen verursachen das Geräusch, das entsteht, wenn der Kolben aus der Spritze gezogen wird.

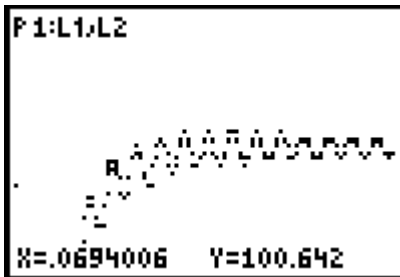
Analyse 3: Die Schallgeschwindigkeit

Um die Schwingungen zu verstehen, müssen wir etwas mehr über Schall und stehende Wellen wissen.

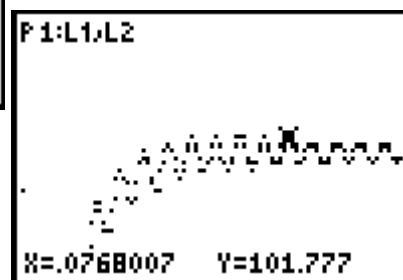
Schall ist ein Phänomen, das als Resultat von Druckveränderungen in einem Medium, z.B. Luft entsteht. Druckänderungen bewegen sich in Form einer Welle mit einer bestimmten Geschwindigkeit, die von dem Medium abhängt, von der Schallquelle weg. Als Resultat der schnellen Druckveränderung wenn der Kolben aus der Spritze gezogen wird, entsteht eine Druckwelle, die vom Boden der Spritze reflektiert wird.

Aus den Überlagerungen der hereinkommenden und der reflektierten Wellen entsteht eine stehende Welle. Die stehende Welle wird einen Knoten an einem Ende haben und einen Schwingungsbauch am anderen Ende der Reihe. Das ist die erste harmonische oder Grundschwingung der Luftsäule in der Spritze. Diese Art der Schwingung hat die größte Wellenlänge. Es sind andere Wellen mit mehr Knoten in der Säule möglich (Obertöne), wichtig ist jedoch, dass nur bestimmte Frequenzen möglich sind. Diese Frequenzen hängen hauptsächlich von der Länge der Luftsäule ab, z.B. der Länge der Spritze.

Mit diesem Wissen können wir die Schallgeschwindigkeit berechnen.



Benutzen Sie TRACE, um die Frequenz der Schwingung zu erhalten. Die beiden abgebildeten Bildschirmfotos zeigen die X-Koordinaten, als Funktion der Zeit, mit zwei Maximalwerten der Druckkurve.



Um genauer zu sein, haben wir zwei Punkte ausgewählt, die im zeitlichen Abstand mehr als eine Periode auseinander liegen. Diese Auswahl beinhaltet sieben komplette Schwingungen. Die

Länge des Zeitintervalls dazwischen ist $0,0768 \text{ s} - 0,0694 \text{ s} = 0,0074 \text{ s}$.

Die Zeitspanne der Schwingung ist $T = 0,0074 \text{ s} / 7 = 0,00106 \text{ s} = 1,06 \text{ ms}$.

Die Frequenz der Schwingung ist $f = 1/T = 1/0,00106 \text{ Hz} = 943 \text{ Hz}$.

Die Länge der Welle kann mit der Länge der Luftsäule in der Spritze berechnet werden. Die stehende Welle hat einen Knoten an einem und einen Schwingungsbauch am anderen Ende der Säule. Daher wird die Länge der Spritze zu einem Viertel der Wellenlänge entsprechen, oder in anderen Worten: Die Wellenlänge beträgt das 4fache der Spritzenlänge.

Anhand des Fotos von der Spritze, wissen wir, dass die Luftsäule $9,1 \text{ cm}$ lang ist.

Die Wellenlänge ist: $\lambda = 4 \cdot 9,1 \text{ cm} = 36,4 \text{ cm}$.

Wenn wir $v = \lambda \cdot f$ benutzen, können wir die Schallgeschwindigkeit in der Luft berechnen.

$$v = 0,364 \cdot 943 \text{ m/s} = 340 \text{ m/s}$$

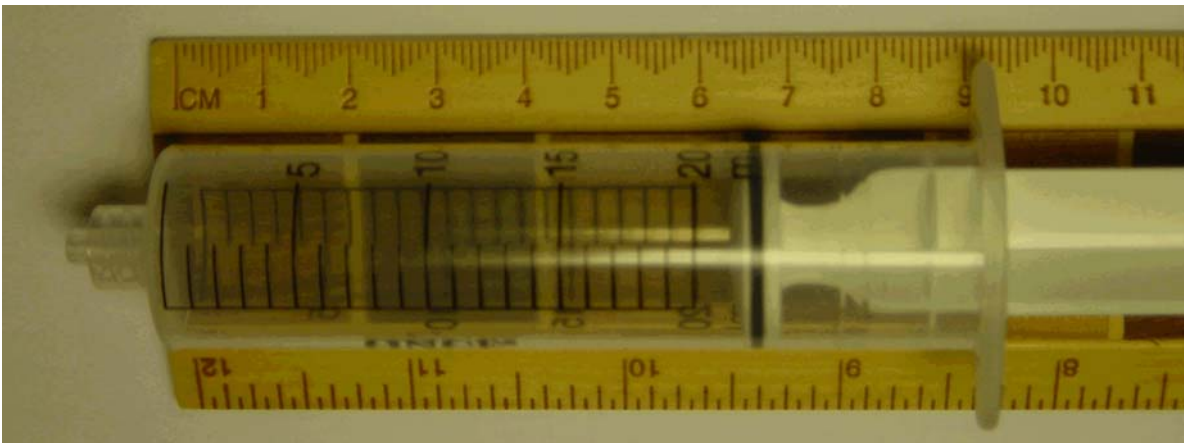
Das stimmt gut mit dem theoretischen Wert bei Raumtemperatur überein. Es bestätigt unsere Erklärung, dass das Geräusch ein Resultat der Druckschwingungen in der Luftsäule der Spritze ist.

Analyse mit Excel

Öffnen Sie in Excel die Datei SONBOOM.xls. Sie finden die Zeitdaten in Spalte A und die Druckdaten in Spalte B.

Zeichnen Sie den Druck-Zeit-Graphen. Wenn Sie dabei Hilfe brauchen, benutzen Sie den Tabellenassistenten in Excel.

Die Länge der Spritze muss bekannt sein, wenn Sie die Schallgeschwindigkeit in diesem Experiment berechnen möchten. Die Länge entnehmen Sie der Abbildung.

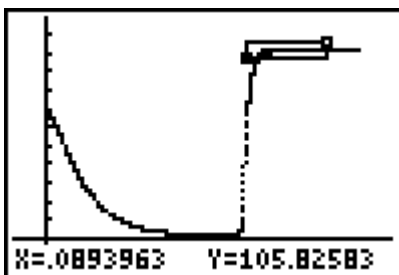


Analyse 1: Diskussion der Druckkurve

Untersuchen Sie den Graphen. Sieht er aus wie erwartet? Versuchen Sie den Verlauf des Graphen zu erklären.

Analyse 2: Das Geräusch aus der Röhre

Der interessanteste Teil der Kurve ist der Teil, in dem der Druck wieder normal wird. Benutzen Sie ZOOMBOX, um den unten abgebildeten Ausschnitt zu vergrößern.



Versuchen Sie zu erklären, warum der Druck in diesem Zeitintervall so verläuft.

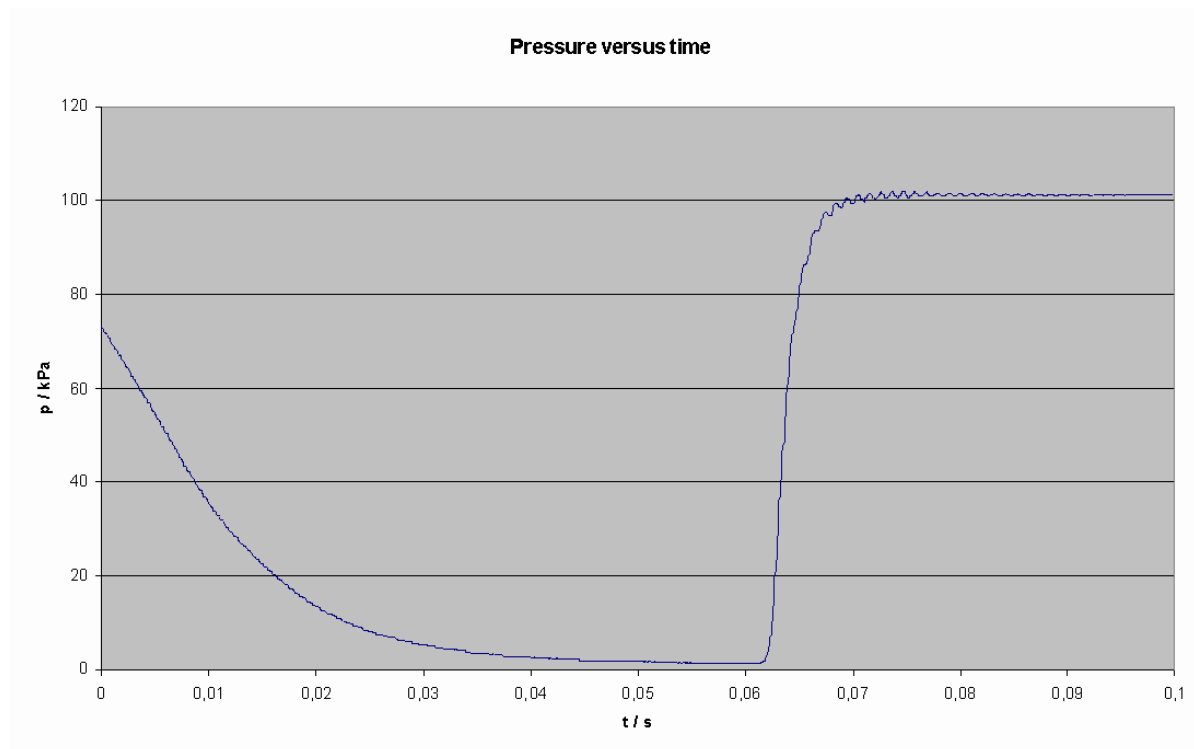
Analyse 3: Berechnen der Schallgeschwindigkeit

Benutzen Sie die Graphen der Analyse 2 und die Größe der Spritze, um die Schallgeschwindigkeit zu berechnen.

Wenn Sie diese Aufgabe beendet haben, können Sie Ihre Schlussfolgerungen mit der kompletten (Muster-) Analyse vergleichen.

Vollständige Analyse mit Excel

Wenn das Experiment fertig gestellt ist, erhalten Sie ein Diagramm, das den Druck als Funktion der Zeit darstellt. Wenn Sie die herunter geladenen Daten benutzen, sieht das Diagramm wie folgt aus:



Analyse 1: Die Druckkurve

Wenn der Kolben so schnell wie möglich aus der Spritze gezogen wird, können wir davon ausgehen, dass die Geschwindigkeit des Kolbens in dem Experiment annähernd gleich bleibt. Das bedeutet, dass der Anstieg des Gasvolumens in der Spritze proportional zur Zeit ist. Wenn das Volumen steigt, sinkt der Druck (Boylesches Gesetz). Daher erhalten wir einen Graphen, bei dem der Druck umgekehrt proportional zur Zeit ist.

Der letzte Teil des Graphen gibt den Vorgang wieder, dass der Kolben die Spritze verlassen hat und die Luft in die Spritze zurückströmt. Der Druck steigt auf den Level des normalen Raumdrucks zurück.

Analyse 2: Das Geräusch aus der Röhre

Wenn wir uns den Graphen genauer ansehen - nachdem sich der Druck wieder normalisiert hat - sehen wir, dass es einige Schwingungen im Druck gibt.

Diese regelmäßigen Druckänderungen verursachen das Geräusch, das entsteht, wenn der Kolben aus der Spritze gezogen wird.

Analyse 3: Die Schallgeschwindigkeit

Um die Schwingungen zu verstehen, müssen wir etwas mehr über Schall und stehende Wellen wissen.

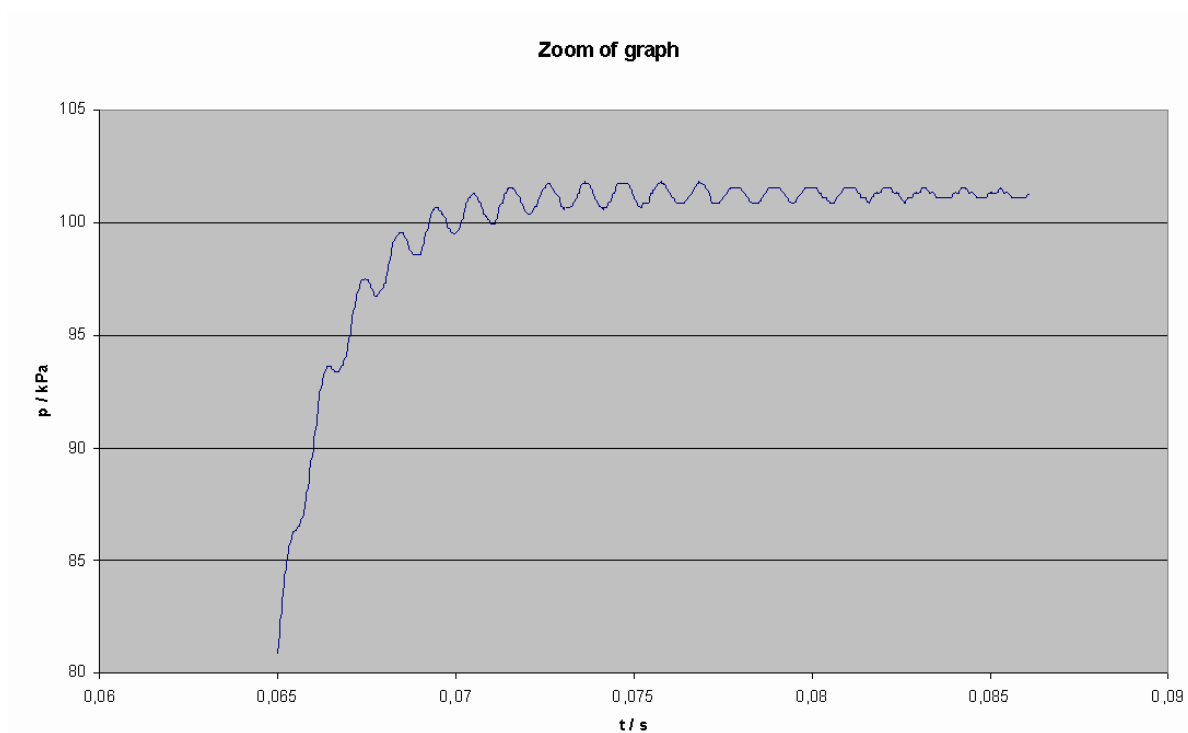
Schall ist ein Phänomen, das als Resultat von Druckveränderungen in einem Medium, z.B. Luft entsteht. Druckänderungen bewegen sich in Form einer Welle mit einer bestimmten Geschwindigkeit, die von dem Medium abhängt, von der Schallquelle weg. Als Resultat der

schnellen Druckveränderung wenn der Kolben aus der Spritze gezogen wird, entsteht eine Druckwelle, die vom Boden der Spritze reflektiert wird

Aus den Überlagerungen der hereinkommenden und der reflektierten Wellen entsteht eine stehende Welle. Die stehende Welle wird einen Knoten an einem Ende haben und einen Schwingungsbauch am anderen Ende der Reihe. Das ist die erste harmonische oder Grundschwingung der Luftsäule in der Spritze. Diese Art der Schwingung hat die größte Wellenlänge. Es sind andere Wellen mit mehr Knoten in der Säule möglich (Obertöne), wichtig ist jedoch, dass nur bestimmte Frequenzen möglich sind. Diese Frequenzen hängen hauptsächlich von der Länge der Luftsäule ab, z.B. der Länge der Spritze.

Mit diesem Wissen können wir die Schallgeschwindigkeit berechnen.

Benutzen Sie TRACE, um die Frequenz der Schwingung zu erhalten. Im vergrößerten Teil des unten stehenden Graphen, benutzen wir den Mauszeiger, um die X-Koordinaten zweier Maximalwerte der Druckkurve zu erhalten. Damit definieren wir ein Zeitintervall mit einer bestimmten Anzahl von vollständigen Schwingungen.



Um genauer zu sein, haben wir zwei Punkte ausgewählt, die im zeitlichen Abstand mehr als eine Periode auseinander liegen. Diese Auswahl beinhaltet sieben komplette Schwingungen. Die Länge des Zeitintervalls dazwischen ist $0,0768 \text{ s} - 0,0694 \text{ s} = 0,0074 \text{ s}$.

Die Zeitspanne der Schwingung ist $T = 0,0074 \text{ s} / 7 = 0,00106 \text{ s} = 1,06 \text{ ms}$.

Die Frequenz der Schwingung ist $f = 1/T = 1/0,00106 \text{ Hz} = 943 \text{ Hz}$.

Die Länge der Welle kann mit der Länge der Luftsäule in der Spritze berechnet werden. Die stehende Welle hat einen Knoten an einem und einen Schwingungsbauch am anderen Ende der Säule. Daher wird die Länge der Spritze zu einem Viertel der Wellenlänge entsprechen, oder in anderen Worten: Die Wellenlänge beträgt das 4fache der Spritzenlänge.

Anhand des Fotos der Spritze wissen wir, dass die Luftsäule 9,1 cm lang ist.

Die Wellenlänge ist: $\lambda = 4 \cdot 9,1 \text{ cm} = 36,4 \text{ cm}$.

Wenn wir $v = \lambda \cdot f$ benutzen, können wir die Schallgeschwindigkeit in der Luft berechnen.

$$v = 0,364 \cdot 943 \text{ m/s} = 340 \text{ m/s}$$

Das stimmt gut mit dem theoretischen Wert bei Raumtemperatur überein. Es bestätigt unsere Erklärung, dass das Geräusch ein Resultat der Druckschwingungen in der Luftsäule der Spritze ist.