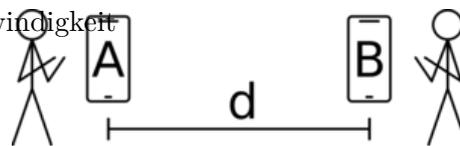


SW-81 Messung der Schallgeschwindigkeit mit der phyphox App

In diesem Versuch wird mit zwei Personen mit je einem Smartphone eine (grobe) Messung der Schallgeschwindigkeit durchgeführt.

Zwei Smartphones, auf denen die App phyphox installiert ist, müssen in einem definierten Abstand d (ca. 5m) voneinander platziert werden. Idealerweise sollten sie jeweils auf einem Tisch oder einem Stativ liegen (nicht auf dem Boden). Der Versuch wird von zwei Personen (Freiwillige) durchgeführt.



Auf den Smartphones muss die App „phyphox“ (entwickelt am 2. Physikalischen Institut) installiert sein (Download über <http://phyphox.org/download>). Hierzu sind Android-Geräte ab Android 4.0 und iPhones ab iOS 8.0 geeignet.

Das Experiment „Akustische Stoppuhr“ unter „Zeitmessung“ wartet nach dem Start auf Geräusche, die oberhalb einer vorgegebenen Schwelle liegen, um ab diesem Zeitpunkt eine Zeitmessung zu starten. Die Messung stoppt, wenn ein zweites Mal ein Geräusch diese Schwelle überschreitet (nach einer Totzeit, die als „Mindestverzögerung“ eingestellt werden kann).

Das Prinzip zur Messung der Schallgeschwindigkeit ist nun, dass Person A ein lautes Geräusch erzeugt (in die Hände klatschen, Trommel, Pfiff oder ähnliches), so dass beide Uhren ihre Zeitmessung starten. Die zweite Person B muss nicht schnell reagieren, sondern kann anschließend zu einer beliebigen Zeit ein zweites Geräusch erzeugen, das beide Uhren stoppt. Die akustische Stoppuhr des Smartphones bei Person B hat nur die Zeit zwischen dem Eintreffen des Geräuschs von Person A bis zum Erzeugen des zweiten Geräuschs von Person B gemessen. Die Stoppuhr bei A hingegen hat zusätzlich die Zeit gemessen, die der Schall brauchte, um von A nach B und anschließend beim zweiten Geräusch von B nach A zu gelangen. Die Differenz beider gemessener Zeitintervalle ergibt somit die Zeit, die der Schall benötigt, um die gemessene Strecke d zweimal zurückzulegen, und es gilt $v_s = 2d/(t_A - t_B)$.

In der Regel kann man so mit einfachen Mitteln auf Ergebnisse im Bereich von 300m/s bis 370m/s kommen. Wichtig ist, an beiden Smartphones die Schwelle hoch genug einzustellen, so dass die Messung durch das Geräusch ausgelöst wird, aber Hintergrundgeräusche aus dem Publikum keinen Einfluss haben. Die Schwelle ist von 0 bis 1 einstellbar, wobei 1 der maximalen Skala des Mikrofons entspricht. Im Hörsaal wäre beispielsweise 0.9 ein angemessener unempfindlicher Wert für ein Nexus 5X, was vergleichbar ist mit 0.1 auf einem iPhone 6s. Dies muss also vorher getestet werden. Im Hinblick auf Reflexionen und die komplexe Akustik eines Hörsaals ist es auch generell empfehlenswert, das Experiment vor Ort und nicht (nur) in der Sammlung zu testen, da unerwartete Abschirmungen und Reflexionen zu merkwürdigen Ergebnissen führen können.

In der Regel reicht es, die Messwerte durch die Experimentatoren vorlesen zu lassen, insbesondere wenn das Experiment durch Freiwillige durchgeführt wird. Im C.A.R.L. bietet es sich auch an, ein Smartphone unter einer Dokumentenkamera zu platzieren und das zweite mit einer Kamera abzufilmen.

Zur Messgenauigkeit: das Mikrophon wird in der Regel mit 48kHz (bei älteren iPhones 44.1kHz) abgetastet, so dass theoretisch eine Zeitauflösung deutlich unter 1ms möglich ist. In der Praxis sorgen jedoch endliche Anstiegszeiten und vor allem die unterschiedliche Wellenform gleich an der Schallquelle bzw. am entfernten Smartphone sowie unterschiedliche Schwellen und der unterschiedliche Frequenzgang von Mikrofonsen und AD-Wandlern verschiedener Geräte dafür, dass die aufgezeichnete Schallwelle nicht auf den Sample genau verglichen werden kann. Phyphox

zeigt entsprechend nur drei Nachkommastellen an, da eine Unsicherheit unter 1ms in realen Experimenten schwer zu erreichen ist. Für übliche Entfernungen (z.B. 5m) entspricht eine Abweichung von 1ms jedoch bereits einer Abweichung im Ergebnis um mehr als 10m/s.

Aufbau

Resultat

Die Abbildung zeigt eine typische Messung, wie sie in phyphox angezeigt wird. Bei einem Abstand von 5 Metern ist eine Differenz beider Zeiten von etwa 0.03 Sekunden zu erwarten. In diesem Beispiel ergab sich eine Schallgeschwindigkeit von 333m/s.