

Wie schnell fliegt ein Pfeil?

Einleitung

Es ist faszinierend wie ein Stück elastisches Holz mit einer Sehne einen Pfeil innerhalb des Bruchteils einer Sekunde auf eine hohe Geschwindigkeit beschleunigen kann. Wie hoch eigentlich?

Mir sind drei Methoden bekannt, um die Abschussgeschwindigkeit eines Pfeiles zu messen:

- Durch einen Schuss senkrecht nach oben und stoppen der Flugzeit. Mit der Formel $v = 4,9 \times T$ kann die Abschussgeschwindigkeit berechnet werden.
- Indem der Pfeil auf einen geeignet aufgehängten Holzklotz geschossen und die dadurch verursachte Bewegung des Klotzes ausgewertet wird (genannt ballistisches Pendel).
- Mit zwei Sonden, durch die der Pfeil geschossen wird. Berechnet wird die Geschwindigkeit aus dem Abstand der Sonden und der gemessenen Flugzeit. Da diese sehr kurz ist, kann zur Zeiterfassung ein PC-Oszilloskop eingesetzt werden, wie im Folgenden beschrieben.

Der PC als Geschwindigkeitsmessgerät

Geeignete Programme können aus einem PC mit Soundkarte ein Oszilloskop machen.

Da die Mikrofoneingänge eines PC zur Versorgung mancher Mikrofone eine Gleichspannung von +2,5V aufweisen, kann mit dieser und einem Schalter ein Spannungsimpuls für das Oszilloskop erzeugt werden. Solch ein Schalter wird als Sonde für einen Pfeil realisiert, indem zwei leitende Folien aufgespannt werden, die durch den Pfeil in Kontakt gebracht werden. Der Messaufbau mit zwei Schaltern, die an den Stereoeingang des PC anzuschließen sind, ist in **Bild 6** schematisch dargestellt.

Bei Kontakt der ersten beiden Folien entsteht am linken Kanal des Oszilloskops ein Impuls (grün), beim Kontakt der zweiten beiden Folien am rechten Kanal (rot). Der zeitliche Abstand dieser beiden Impulse kann am Bildschirm des Oszilloskops auf der waagrechten Achse abgelesen werden.

Bild 6: Foliensensor: Im Rohr befinden sich 2 x 2 gespannte Alufolien, die beim Durchflug in Kontakt gebracht werden. Die Widerstände mit je 470 kΩ dienen der Strombegrenzung.

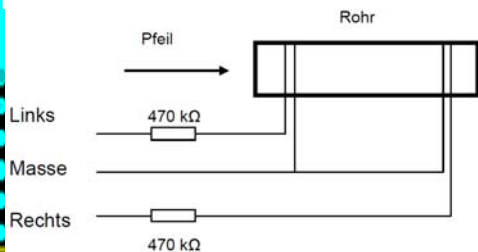


Bild 7: Versuchsanordnung zur Messung der Pfeilgeschwindigkeit

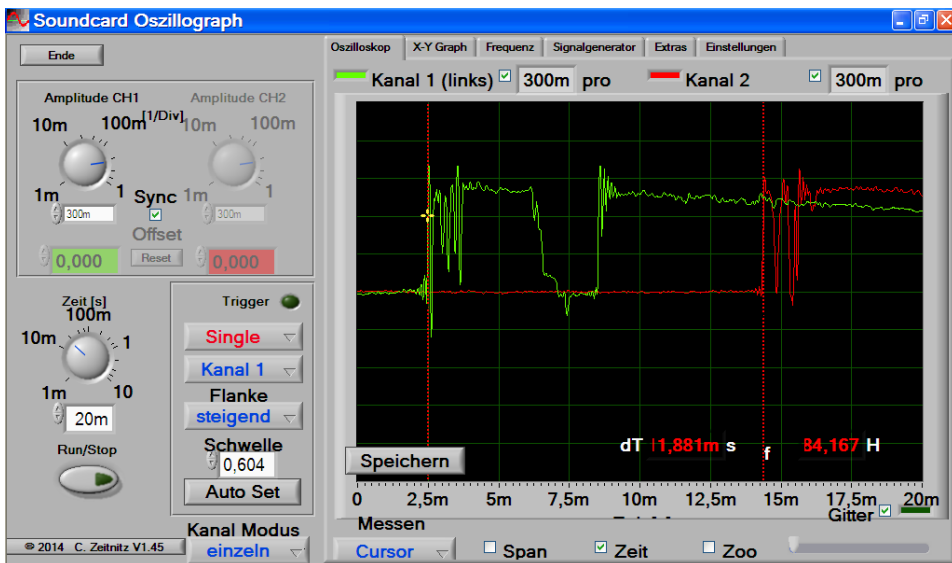


Bild 8: Oszillogramm „Messung der Pfeilgeschwindigkeit“

Bild 7 zeigt ein Kunststoffrohr der Dimension DN110 mit eingeklemmten Alu-Haushaltsfolien. Wird der Abstand der beiden „Schalter“ in mm gemessen und der zeitliche Abstand in ms, so ergibt die Division die Geschwindigkeit in m/s. Der Abstand der beiden „Schalter“ in diesem Rohr beträgt 452 mm.

Etwas Probieren erfordert die Wahl der Eingangsempfindlichkeit mit dem oberen Drehknopf und der Zeitdarstellung mit dem unteren Drehknopf. Anhaltspunkte gibt **Bild 8**. Um den Impuls mühelos zu erfassen, wird der Trigger von „Auto“ auf „Single“ umgestellt. Mit dem gelben Kreuz im Bildfeld wird sowohl die horizontale Position, wo der erste Impuls liegen soll, als auch der Triggerpegel vertikal festgelegt. Das gelbe Kreuzes muss höher positioniert sein als allfälliger Störpegel, weil sonst erlischt die Run/Stop-Taste. Mit einem Klick auf die Run/Stop-Taste, so dass der grüne Pfeil leuchtet, wird die Messung vorbereitet. Jetzt kann der Pfeil abgeschossen werden und es sollten zwei Impulse, links ein grüner und rechts ein roter, am Bildschirm erscheinen.

Beim Durchstoßen der Folien entstehen mehrere Kontakte und damit mehrere Impulse am Bildschirm. Zu beachten ist nur die erste Anstiegsflanke, sowohl beim

grünen als auch beim roten Kanal. Zum einfachen Ablesen des Abstandes der Impulse können Zeitmarken eingeblendet werden, in dem bei der Taste unter dem Bildschirm statt „Status“ der „Cursor“ gewählt wird und in den rechts erscheinenden Kästchen ein Häkchen vor „Zeit“ gesetzt wird. In obigem Bild ist zwischen diesen Marken, die jeweils auf der ersten Flanke liegen, ein Zeitabstand von 12 ms zu sehen, daher beträgt die Pfeilgeschwindigkeit $452 / 12 = 37,7$ m/s.

Für eine neuerliche Messung ist wieder die Run/Stop-Taste zu drücken und natürlich sind alle vier durchgeschossenen Alu-Folien zu ersetzen. Im vorliegenden Fall wurden die Folien über die Rohrenden gestülpt, mit einem Gummiring festgehalten und die bespannten Rohrenden mit Rohrhaltern so befestigt, dass zwischen den Folien eines "Schalters" 5 mm Abstand eingehalten werden (mittleres Rohr Länge 447mm + Folienabstand 5 mm = 452 mm Abstand der "Schalter").

PS: Bei einer Messung nach 20m Pfeilflug war die Geschwindigkeit 4% geringer.



Messfehler bei leichten Geschossen (Airsoftkugeln, Diabolo u.ä.)

Bei Geschossen geringer Masse könnte der Energieverlust beim Durchstoßen der Folien einen Messfehler verursachen. Um dies zu prüfen, werden vier Stück Folien dreimal in die Hälfte gefaltet und diese 32 Lagen über eine Rohröffnung gespannt. Wenn das Geschoss dieses Hindernis durchdringen kann, beträgt der Messfehler höchstens -3%.