

## Fallexperimente mit Ultraschall

Franz Boczianowski, Humboldt-Universität zu Berlin,

veröffentlicht unter <https://blogs.hu-berlin.de/didaktikdigital>, 26.03.2018

Projekt Experimentieren:digital gefördert durch die Joachim Herz Stiftung

### Einleitung

Per Ultraschall lässt sich die Position eines Objektes über eine Laufzeitmessung bestimmen.

Kommerzielle Systeme liefern erstaunlich gute Ergebnisse für den freien Fall und auch das Springen eines Gummiballs (Messung mit LabQuest Mini ca. 250€ mit Ultraschall-Bewegungssensor 130€). In diesem Artikel wird der Versuch beschrieben, eine ähnliche Messung mit einem Arduino Uno mit Ultraschallmodul (insg. ca. 35€) aufzunehmen, siehe Abb. 1

### Aufbau

Arduino und Ultraschallmodul sind auf einer Trägerplatte befestigt. Die Messdaten werden live per USB an einen Laptop übertragen. Mit einem Taster an der Trägerplatte (nicht in der Abb. gezeigt) lässt sich die Messung auslösen. Die Plattform wird mit Stativmaterial oder einem Fotostativ in einer Höhe von ca. 150m positioniert. Messwerte über 1,20m werden durch die Software unterdrückt, da in diesem Abstand Objekte mit einem Querschnitt von unter 30cm erfahrungsgemäß nicht mehr zuverlässig erkannt werden. Dies resultiert vermutlich aus dem großen Öffnungswinkels des Ultraschallsenders von ca. 55° (Herstellerangabe). Dementsprechend muss auch ein großer Bereich von Tischen und Stühlen freigehalten werden, um unerwünschte Reflexionen zu vermeiden.

Das Programm des Arduinos ist kurzgehalten, um eine möglichst hohe Abtastrate zu erhalten (schwankend zwischen 15 und 25ms). Es ist auf folgender Webseite verfügbar <https://blogs.hu-berlin.de/didaktikdigital/>

2018/03/23/fallexperimente-mit-ultraschall. Das Ultraschallmodul ist neben der Spannungsversorgung mit zwei digitale Pins des Arduinos zum Senden und Detektieren eines Ultraschallpulses verbunden. Der Start-Taster zieht die Spannung in einem Spannungsteiler (10kOhm gegen 5V) gegen Null.

Die Messwerte lassen sich über den "Seriellen Monitor" der Arduino IDE bzw. den "Seriellen Plotter" verfolgen. Im "Seriellen Monitor" lassen sich die Messwerte per copy & paste speichern und z.B. mit einer Tabellen-Software plotten.

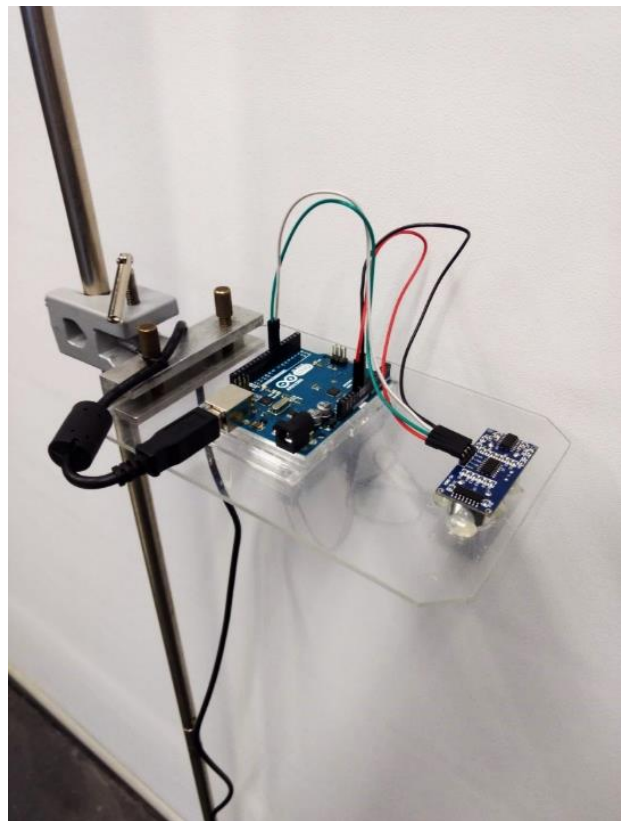


Abbildung 1: Arduino mit Ultraschallmodul

## Durchführung

Die Detektion eines springenden Gummiballs ist mit dem gezeigten Aufbau nicht möglich. Selbst ein Fußball lässt sich in einem Abstand über 120cm nicht verlässlich erfassen. Mit Einweg-Suppschalen lassen sich brauchbare Ergebnisse erzielen. Durch Stapeln der Schalen lässt sich zudem die Masse des fallenden Körpers variieren, die in diesem Experiment mit Luftreibung entgegen dem idealisierten Fall eine bedeutsame Rolle spielt (vgl. T. Wilhelm, 2000, Praxis der Naturwissenschaften. Physik 49/6).

Für jede Messung wird das Arduino-Board durch den Reset-Taster zurückzusetzen. Der "Serielle Monitor" wird neu gestartet. Die LED 13 am Arduino signalisiert Bereitschaft durch Blinken. Der Fallkörper wird unter das Ultraschallmodul gehalten und kurz nach dem Drücken des Tasters fallen gelassen. Während des Falls werden die Messwerte an den PC übertragen. Die Übertragung endet, wenn der Körper eine Strecke von über 120cm erreicht hat. Die Messwerte werden per Hand in eine Textdatei übertragen und anschließend in der Tabellen-Software Excel bearbeitet. Durch die Tiefe der Schalen von 4,9cm ergibt sich bzgl. des Abstands ein Offset, der allen Messwerten abgezogen wird. (Wegen der geringen Präzision des Ultraschallmoduls in diesem geringen Abstand entstehen dabei auch negative Abstandswerte.) Die Uhr des Arduinos beginnt mit dem Start der Messung nicht bei  $t=0$ , sondern bei einem beliebigen Wert. (Auch ein Überlauf ist möglich.) Insbesondere liegt zwischen dem Start der Aufnahme und dem Fallen des Körpers eine unbekannte Zeit von ca. 1s. Alle Graphen wurden bzgl. der Zeit angepasst.

## Ergebnisse

Die durchgeführten Messungen sind in den Abb. 2 und Abb. 3 gezeigt.

Die Ergebnisse für eine einzelne fallende Kunststoffschale ist in Abb. 2 gezeigt. Die Messung wurde fünfmal wiederholt. Alle Diagramme zeigen augenscheinlich den gleichen Verlauf.

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse für die Variation der Masse des fallenden Körpers. Alle Graphen wurden bzgl. der Zeit so angepasst, dass sie bei einer gefallenen Strecke von ca. 6cm zur Deckung kommen. Deutliche Unterschiede sind nur zwischen der Messung mit einer Schale gegenüber mehreren Schalen erkennbar.

## Fazit

Die Möglichkeiten des Ultraschallmoduls des Arduinos sind begrenzt. Nur großflächige Objekte lassen sich detektieren, was den Einfluss der Luftreibung erhöht. Die max. Reichweite ist gering, was wiederum eine genaue Analyse des reibungsbehafteten Falls erschwert. Messungen mit dem o.g. System von Vernier zeigen für eine Distanz zwischen 1m und 2m Abweichungen von der quadratischen Form hin zu einem linearen Verhältnis der Strecke zur Zeit, die hier nicht sichtbar werden können.

Die Auswertung der Messung ist umständlich, denn sie erfordert eine vielschrittige Datenaufbereitung in der Tabellenkalkulation. Die Erzeugung eines Live-Plots mit nachträglichem Speichern der Messwerte ist aktuell nicht möglich.

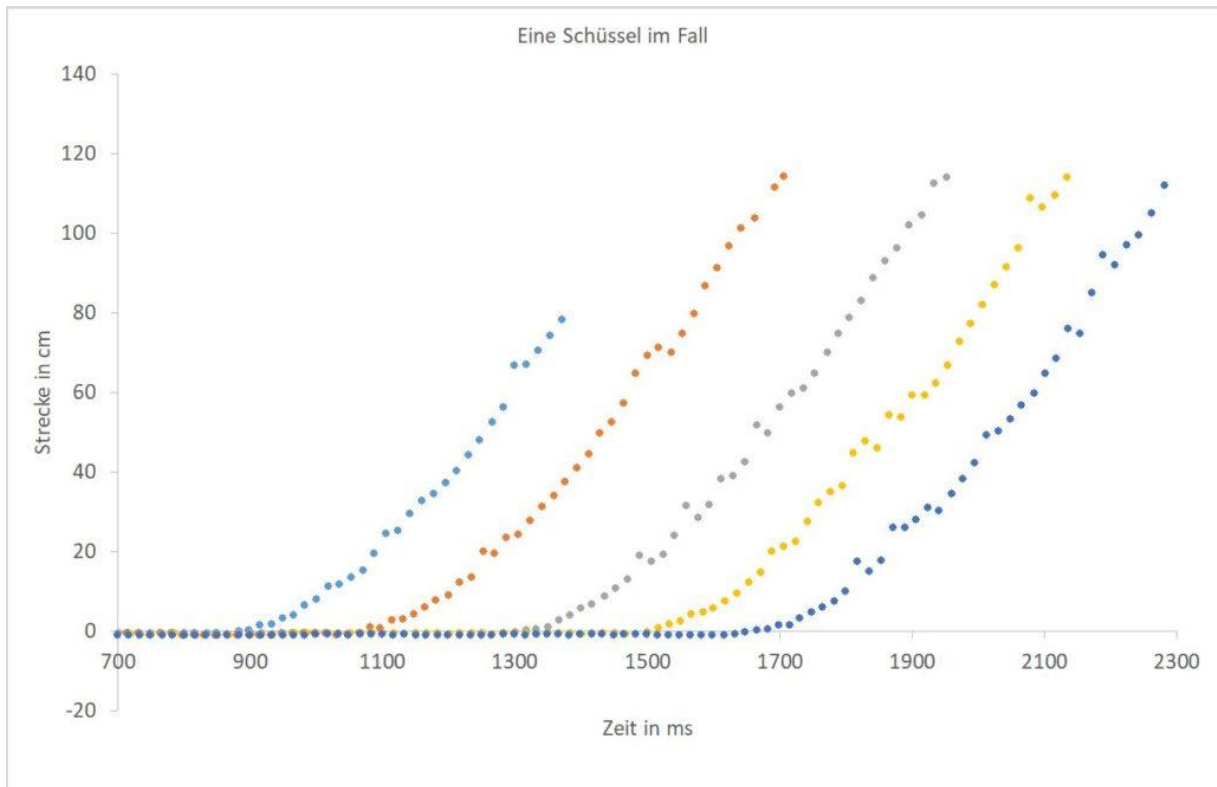


Abbildung 2: Wiederholungsmessung für eine einzelne fallende Kunststoffschale. Aufgetragen ist die gefallene Strecke über der Zeit. Die Messungen wurden zur besseren Sichtbarkeit zeitlich verschoben.

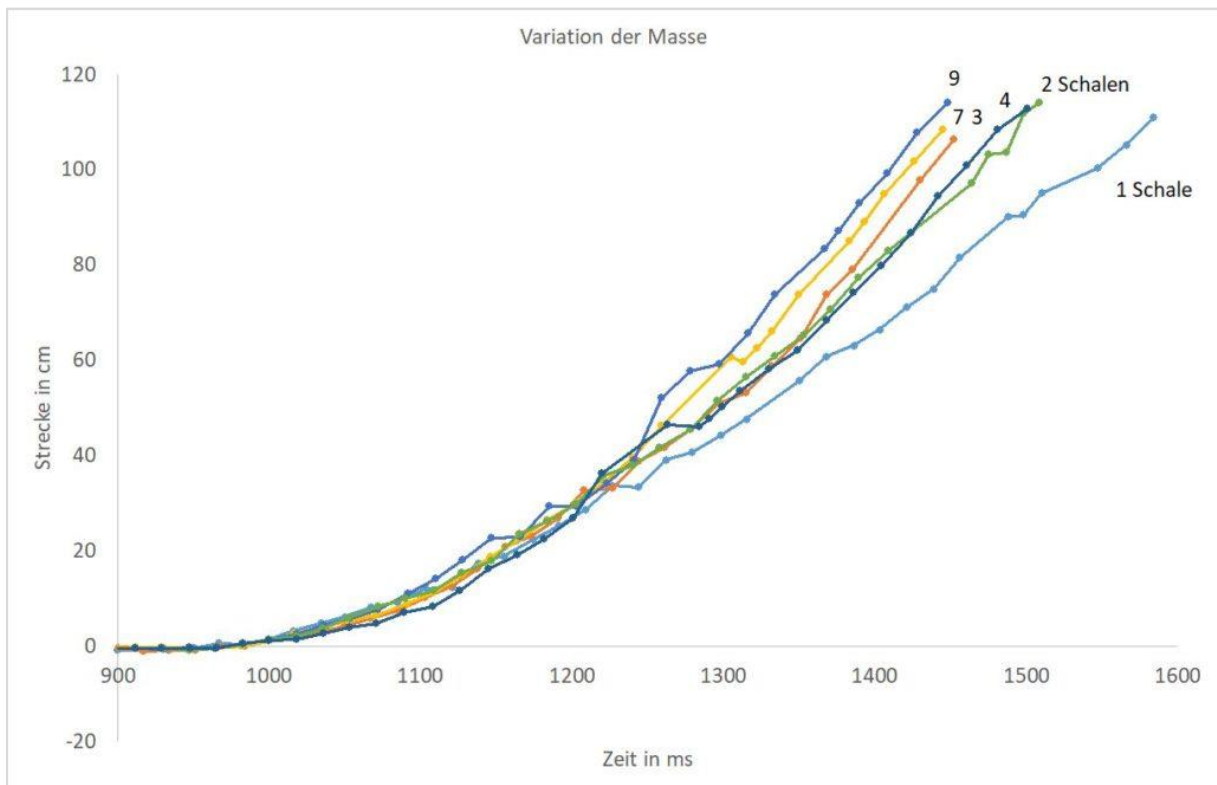


Abbildung 3: Mehrere in einander gesteckte Schalen werden fallen gelassen. Aufgetragen ist die gefallene Strecke über der Zeit. Zur besseren Sichtbarkeit wurden die Messwerte verbunden und Ausreißer entfernt.