



# Ein Oszilloskop für die Schule

Robert, Schlager  
robischlager@gmail.com

## Zusammenfassung

Technologie ist heutzutage im alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Deshalb gewinnt der Technologieeinsatz auch in Schulen immer mehr an Bedeutung. Der Fokus des modernen Unterrichts geht immer mehr in Richtung „Neue Medien“. Vor allem im Physikunterricht spielen das Programmieren sowie der Umgang mit elektrischen Schaltungen eine große Rolle.

In diesem Artikel wird eine Möglichkeit eines funktionstüchtigen Oszilloskops mit Hilfe von Raspberry Pi und Arduino vorgestellt. Dies sollte in erster Linie für die Schule dienen. Dabei sind geringe Vorkenntnisse im Umgang mit Programmierung hilfreich und das Oszilloskop sollte auch einen Einblick ins Arbeiten mit einem Raspberry Pi geben und im besten Fall als Motivation für weitere Projekte dienen. Das Oszilloskop wird Werte von elektrischen Schaltungen ermitteln und auswerten können. Auch eine Darstellung von Diagrammen auf einen Screen steht im Zentrum.

## 1 Einleitung

Zu Beginn möchte ich einen kleinen Einblick geben, was ein Raspberry Pi ist und wie man es verwendet. Auch die Frage weshalb ein Arduino für das Projekt „Oszilloskop für die Schule“ wesentlich ist und Verwendung findet, wird beschrieben.

Grundsätzlich stützt sich die Arbeit auf ein online Tutorial von MagPi (<https://magpi.raspberrypi.org/>) verfasst von Mike Cook. In dieser online Veröffentlichung wird der Bau eines Oszilloskops kurz und präzise mit einem Code beschrieben. Die Nachteile sind zum einen die englische Sprache zum anderen, dass sehr wohl von einigen Vorkenntnissen ausgegangen wird. Diese Stütze von Mike Cook wird verwendet und für den Schulgebrauch angepasst und verbessert. Im Internet findet man zusätzliche Informationen auf der offiziellen Raspberry Pi Webseite unter anderem in einem Blog-Eintrag von Rob Zwetsloot, welcher durch folgender URL <https://www.raspberrypi.org/blog/build-oscilloscope-raspberry-pi-arduino/> zu finden ist.

Man könnte sich fragen, wieso man nicht einfach ein Oszilloskop verwendet und sich die Mühe des selbstgebautes Oszilloskops macht. Einer der Hauptgründe kann zum einen der finanzielle Aspekt sein. Die Gesamtkosten des Oszilloskops mit dem Raspberry Pi begrenzen sich auf circa 200 Euro. Ein weiterer Grund bezieht sich auf die Didaktik in der Schule. Meiner Meinung nach gehören experimentierendes und selbstständiges Lernen zu den effizientesten Methoden des Unterrichts. Dies lässt sich mit diesem Projekt sehr

einfach einbauen. Auch ein fächerübergreifender Unterricht zur Informatik, Mathematik oder Musik sind möglich. Als Beispiel benötigt man Programmierung, um ein Oszilloskop zu steuern, mit Ton und Klang können verschiedenste Kurven erzeugt und anschließend mit Berechnungen analysiert werden. Man sieht, dass alle drei Unterrichtsfächer auf seine eigene Art und Weise eine wichtige Rolle spielen. Die Didaktischen Ansätze der Visualisierung und Veranschaulichung können genauso wie der Entdeckende/Problemorientierte Unterricht Anwendung finden. Es gibt bei genauerer Betrachtung also viele Gründe für das Projekt Oszilloskop für die Schule mit dem Raspberry Pi.

## 2 Raspberry Pi

Ein Smartphone gehört heutzutage zu den wichtigsten Bestandteilen unseres Lebens. Der Vorteil dieses Gerätes ist die Kombination aus Kommunikations- und Internetfähigkeit, verpackt in einem kleinen Gehäuse, das auch in der Hosentasche Platz findet. Diese Kompaktheit kann man mit Tablets, Laptops oder PCs nicht erreichen. Jedoch gibt es einen Minicomputer der die Größe eines Smartphones und die Funktionen eines Laptops besitzt. Dieser Minicomputer wird Raspberry Pi genannt und kann unter Umständen den Desktop-PC ersetzen. (vgl. Kofler, Kühnast & Scherbeck, 2018, S. 15)

Es gibt verschiedene Varianten des Raspberry Pi jedoch wurde für dieses Projekt der Raspberry Pi 3+ verwendet. Der erste Minicomputer wurde 2012 ausgeliefert und übertraf damals alle Er-

wartungen. Heute 8 Jahre später wird der kostengünstige und sehr vielseitig einsetzbare Raspberry Pi bereits an Universitäten eingesetzt, um in die Welt des Embedded Computing einzuführen. Aufgrund vieler Anschlüsse und einer sehr kleinen Steckerleiste mit Ein- und Ausgangsfunktion existieren viele Anwendungsgebiete. Um die Bestandteile genauer kennen zu lernen empfiehlt sich das Dokument „The Official Raspberry Pi Beginner’s Guide“, verfasst von Gareth Halfacree auf den Seiten 8 bis 19. (vgl. Kofler et. al., 2018, S. 15)

Auf dem Raspberry Pi, abgekürzt oft auch RasPi, läuft normalerweise ein Linux-Betriebssystem. Dies hat die Vorteile, dass es open-source ist und dasselbe Betriebssystem auch auf allen Android-Smartphones verwendet wird. In den meisten Fällen spricht man vom Betriebssystem Raspbian. Dies ist ein Debian-Linux-basiertes System, welches sehr klein aber trotzdem mit allem ausgestattet ist, was für die Software-Entwicklung notwendig ist. Als Programmiersprache wird Python verwendet. Python ist im Vergleich zu anderen Sprachen einfacher und ist auch frei - ohne Gebühren verwendbar. Wir sprechen also von einem programmierbaren Minicomputer mit einem Betriebssystem, der alles kann, was auch ein größerer und leistungsstarker Computer kann, wenn auch nicht unbedingt so schnell. (vgl. Kofler et. al., 2018, S. 15f.)

Ein großer Nachteil im Vergleich zu anderen derartigen Entwicklungen ist, dass man bei einem Raspberry Pi keine Analogen Eingänge festlegen kann. Es sind also nur Digitale Messungen möglich. Das heißt im Klartext zum Beispiel: Man kann messen, ob eine Spannung anliegt, aber nicht wie viel Spannung anliegt. Durch Analog-Digital-Wandler gibt es verschiedene Möglichkeiten, analoge Messung am RasPi durchzuführen. Der meist verwendete ist der MCP3008, mit dem man 8 analoge Eingänge bei richtiger Verdrahtung und Programmierung messen kann. Das Problem dabei ist jedoch, dass sich eine leichte Zeitverzögerung in den Messungen zeigt, was für ein Oszilloskop natürlich sehr schlecht ist. (vgl. Kofler et. al., 2018, S. 433) Aufgrund dieser Tatsache wird für den Bau des Oszilloskops ein zusätzlicher Arduino Nano herangezogen und eingebaut.

### 3 Arduino

Arduino ist wie Raspberry Pi eine Open-Source-Plattform, die auf einem 8-Bits Mikrokontroller

(ATmega328P) basiert. Der größte Unterschied zum RasPi ist, dass Arduino kein Betriebssystem besitzt, es kann also unter Windows, Linux usw. betrieben werden. In diesem Projekt wird das Raspberry Pi mit dem Arduino über ein USB-Kabel (Universal Serial Bus) verbunden. Das heißt der Arduino wird mit Linux bzw. Raspian betrieben. Das Board ist ebenfalls preisgünstig und in vielen Elektrogeschäften erhältlich. Das Arduino-Uno ist die Standardversion des Arduinos und hat circa die Größe des Raspberry Pi's. Auch hier existieren verschiedene Modelle wie zum Beispiel das Arduino-Nano. Dieses Modell wird für den Bau des Oszilloskops verwendet, da es sehr klein ist und sich deshalb anbietet. Der Hauptgrund für die Verwendung eines Arduino-Boards ist die Tatsache, dass eine analoge Messung in Echtzeit, also ohne Verzögerung, möglich ist.

## 4 Vorinstallationen

Bevor man Projekte mit Raspberry Pi oder Arduino in Angriff nimmt, sind ein paar anfängliche Installationsschritte, die in vielen Büchern und Videos für Einsteiger sehr gut erklärt werden, von Nöten. Folgend werden die Wichtigsten ganz kurz zusammengefasst.

### 4.1 Raspberry Pi

Zu Beginn des Projektes muss der Raspberry Pi erstmals aktiviert werden. Wie bereits in Punkt 4.2 beschrieben handelt es sich beim Raspberry Pi um einen Minicomputer mit Betriebssystem. Ganz genau müsste man sagen, dass es ein Minicomputer ist, bei dem man ein Betriebssystem aktivieren kann. Das heißt man muss das Betriebssystem vorab auf eine Speicherkarte geben und anschließend am Raspberry Pi „installieren“. Dazu wird ein externer PC oder Notebook mit einer Maus, Tastatur und Monitor verwendet. Geeignet sind Maus, Tastatur und Bildschirm mit einem USB-Anschluss, denn diese werden auch später für den Raspberry Pi benötigt.

Beim Kauf der Speicherkarte ist zu beachten, dass es sich um eine Micro-SD-Karte handeln muss. Meist ist ein zusätzlicher Adapter für den PC bzw. Notebook nötig. Für eine große Schreibgeschwindigkeit der Karte eignen sich solche der Class 10 mit einem Mindestspeicherplatz von 16GByte. (vgl. Kofler et. al., 2018, S. 30)

Wichtig ist, dass die Speicherkarte vorab formatiert wird. Dabei ist allerdings zu beachten, dass danach alle Inhalte verschwunden sind und

wichtige Dateien daher vorab an einem anderen Ort gesichert werden müssen. Im Folgenden werden die Arbeitsschritte für Windows beschrieben. Falls ein anderes Betriebssystem verwendet werden sollte, bietet sich das Buch „Raspberry Pi; Das umfassende Handbuch“ von Kofler et. al. (2018) für eine Beschreibung an. Im Windows Explorer mit einem Rechtsklick auf den Datenträger findet man die Formatierung.

Für Raspberry Pi Einsteiger eignet sich eine Image-Datei, auch NOOBS genannt. NOOBS steht für „New out of Box Software“. Diese NOOBS ist eine Sammlung von Installationsdateien die in einer ZIP-Datei verpackt sind. Diese ZIP-Datei kann unter <https://www.raspberrypi.org/downloads> heruntergeladen werden, die Inhalte der Datei speichert man auf die Micro-SD-Karte. Wichtig ist, nicht die ZIP-Datei, sondern deren Inhalte zu verwenden. Nach dem Entfernen der Speicherkarte am PC oder Notebook sind alle Arbeitsschritte am externen PC beendet. (vgl. Kofler et. al., 2018, S. 38f.)

Bevor man nun den Raspberry Pi einschaltet verbindet man alle nötigen Kabel. Zum einen kann ein Touchscreen verwendet werden und mit dem Raspberry Pi, durch ein USB-Kabel für die Stromversorgung und ein HDMI-Kabel für den Screen, verbunden werden. Falls ein Display von Raspberry Pi verwendet wird, kann der Raspi auf der Rückseite mit kleinen Schrauben in den Bohrlöchern befestigt werden. Dies hat den Vorteil, dass alles kompakt und platzsparend verbaut ist. Alternativ dazu kann auch ein standardmäßiger Bildschirm mit HDMI-Anschluss oder auch ein Beamer, wie oft in der Schule vorhanden, verwendet werden. Die Micro-SD-Speicherkarte wird nun in die vorgesehene Einbuchtung, den Slot, eingebracht. Des Weiteren bietet es sich an, eine kabellose USB-Tastatur- und Mauskombination zu verwenden, um nur einen USB-Eingang am Raspberry Pi zu besetzen. Zu guter Letzt wird ein Mini-USB-Kabel für die Stromversorgung mit der Steckdose verbunden. Für die Verbesserung des Systems sollte ein Kabel mit integriertem Kippschalter verwendet werden, da sich der Raspberry Pi sofort einschaltet, wenn Strom anliegt. Das heißt, der Raspi besitzt keinen eigenen Ein- und Ausschalter.

Wird der Raspberry Pi nun zum ersten Mal eingeschaltet, dauert es eine kurze Zeit bis schließlich die Auswahl der Tastatursprache und anschließend ein Fenster zur Auswahl des Betriebssystems erscheinen. In den meisten Literaturen wird für Beginner empfohlen, Raspian im

NOOBS-Fenster auszuwählen. Die Installation dauert eine Weile und ist mit der Meldung „Installed Successfully“ oder Ähnlichem erfolgreich beendet. Der Raspberry Pi wird nun neu gestartet und ist anschließend einsatzbereit. (vgl. Kofler et. al., 2018, S. 39f.) Standardmäßig ist die Sprache Englisch eingestellt, doch das lässt sich bei Bedarf einfach ändern.

## 4.2 Arduino

Für den Bau des Oszilloskops mit Raspberry Pi und Arduino benötigt man ein Programm am Raspberry Pi, um Arduino Codes auslesen zu können. Dieses Programm heißt Arduino IDE. Für eine Installation gibt es sehr viele verschiedene Varianten, die man in vielen Büchern und Videos recherchieren kann. Ein sehr empfehlenswertes Video findet man unter der URL <https://www.youtube.com/watch?v=ZbWzC5lmv3A> veröffentlicht 2016 von Andr.oid.Eric. Folgt man allen Erklärungen, kommt man bestens ans Ziel und deshalb wird hier auf eine genaue Beschreibung verzichtet.

## 5 Ein Oszilloskop für die Schule

Je nach didaktischer Zielsetzung können verschiedenste Varianten der Hardware – je nach Einsatz in der Schule - erstellt werden: Will man erreichen, dass die Schülerinnen und Schüler das Oszilloskop selbstständig erbauen können oder will man lediglich eine Auswertung der Messwerte zur Weiterverarbeitung im Unterricht haben. Für Letzteres kann eine Schülerinnen- und Schüler gerechte Aufbaumöglichkeit des Oszilloskops, oder eine kompakte und bedienerfreundliche Variante herangezogen werden. Diese kompakte Version dient eher als fertig gebautes Oszilloskop für Lehrpersonen mit dem man Analysen verschiedenster Art durchführen kann. Für den selbstständigen Bau durch die Schülerinnen und Schüler bietet es sich an, Steckbretter für die Hardware zu verwenden. Im Gegensatz dazu wird in der kompakten Form das Meiste auf Lötplatinen verlötet und platzsparend angebracht.

### 5.1 Hardware

Die Hardware für das Oszilloskop besteht grundsätzlich aus drei Hauptbestandteilen. Das Zentrum im Aufbau nimmt das Arduino Nano ein. Dieser wird über ein USB-Kabel mit dem Raspberry Pi verbunden, welcher der zweite Bestandteil ist. Für den dritten ist ein wenig Geschick und

Vorerfahrung in der Elektrizitätslehre von Nöten. (vgl. Cook, 2014) Dieses Vorwissen beschränkt sich aber auf Schulniveau. Das heißt, diese Dinge sind Teil des Lehrplans und werden deshalb in der Schule behandelt und durchgeführt.

Für die Steuerung des Oszilloskops benötigt man drei Potentiometer. Mit den drei Potentiometern wird die Zeit, die Spannung und der Trigger eingestellt. Unter dem Trigger versteht man auf Deutsch den Auslöser. Für das Oszilloskop werden Potentiometer mit  $10\text{k}\Omega$  verwendet. (vgl. Cook, 2018)

Diese können in jedem Elektronikgeschäft oder im Internet sehr preisgünstig erworben werden. Des Weiteren braucht man für das Oszilloskop einen Spannungseingang der mit Hilfe von Kondensatoren und Widerständen vorgesichert wird. Für diese Sicherung benötigt man 2 Stück

$47\mu\text{F}$  Kondensatoren, einen  $1\mu\text{F}$  Kondensator, 4 Stück  $100\text{k}\Omega$  Widerstände und einen  $1\text{k}\Omega$  Widerstand. (vgl. Cook, 2018)

Der Nachteil der Elektrolytkondensatoren (Elkos) bei der Wechselspannung ist die Polung, weshalb ich an dieser Stelle Folien- oder Keramik Kondensatoren empfehlen würde. Diese Bauteile können ebenfalls in jedem Elektronikgeschäft gekauft werden.

Die Abbildung 1 zeigt den Schaltplan der Zusammenstellung der Bauteile. (vgl. Cook, 2018) Diese Vorsicherung kann von den Jugendlichen selbstständig auf Steckbrettern zusammengestellt, oder in kompakter Form auf einer Lochplatte verlötet werden. Für den Spannungseingang dient ein BNC-Kabel. Dieses wird auch in die Lochplatte gelötet und man kann mit Hilfe eines Verbindungskabels entweder direkt auf einen Funktionsgenerator schließen oder mit einem Adapter eine Verbindung zum Steckbrett herstellen.

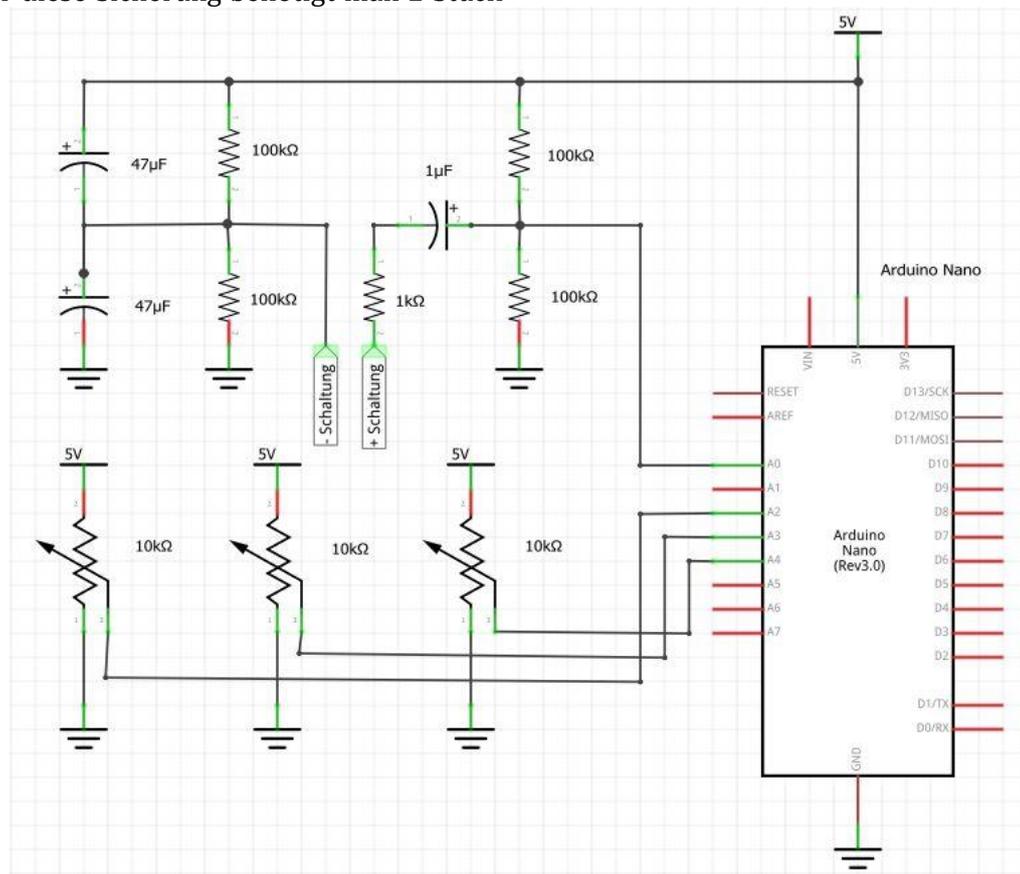


Abbildung 1: Schaltplan

### 5.1.1 Oszilloskop auf dem Steckbrett

Steht der eigenständige Bau des Oszilloskops durch Schülerinnen und Schülern im Zentrum der Zielsetzung, bietet sich ein Bau der Hardware auf einem Steckbrett an. Die großen Vorteile liegen zum einen darin, dass man haptisches Arbeiten in den Unterricht einbaut und

zum anderen, dass man den Aufbau mit eigenen Augen leicht nachvollziehen kann. In dieser Beschreibung wurde, wie in Abbildung 2 zu sehen, ein klassisches Steckbrett verwendet. Die meisten Steckbretter haben eine Beschriftung mit der eine Beschreibung der Bauanleitung durch Verweise auf die Steckplätze möglich ist. Wichtig ist

immer darauf zu achten, dass die positiven und negativen senkrechten Verbindungen vorhanden sind, um an mehreren Stellen die Spannung

abgreifen und die Schaltung erden zu können. Einige Steckbretter haben das bereits eingebaut.



Abbildung 2: Das Oszilloskop auf dem Steckbrett

Das Projekt wird nach dem Schaltplan in Abbildung 1 (S. 4) aufgebaut. Falls der Aufbau nach dem Schaltplan nicht gelingt, folgt eine Schritt für Schritt Anleitung: Zu Beginn wird der Arduino Nano mit den in der Lieferung inbegriffenen Steckleisten verlötet und auf das Steckbrett in die Kontakte H46-60 sowie D46-60 gegeben. Der Arduino dient als Stromquelle für das gesamte Steckbrett. Deshalb benötigt man eine Verbindung des 5V-Ausganges am Arduino mit der positiven Hauptachse des Steckbrettes (siehe Abbildung 3). Dazu bringt man ein Verbindungskabel (gelb) vom Kontakt A49 in die Hauptachse an. Die negative Verbindung (grün) geht von A47 in die negative Hauptachse. Anschließend wird das erste Potentiometer in die Kontakte E37, E39 und E41, das Zweite in E29, E31 und E33 und das letzte in E21, E23 und E25 gesteckt. Für die Verkabelung benötigt man 9 Kabeln in verschiedensten Längen. Die positiven Kontakte der Potentiometer werden mit der positiven Hauptachse des Steckbrettes verbunden. Dazu kommen je ein Verbindungskabel (gelb) von A21, A29 und A37 in die senkrechte Achse. Analog dazu werden die negativen Kontakte der Potentiometer mit der negativen Hauptachse des Steckbrettes verbunden. Dazu kommen je ein Verbindungskabel (grün) von A25, A33 und A41 in die senkrechte Achse. Die dritten Anschlüsse der Potentiometer werden mit den analogen Eingängen des Nanos verbunden. Ausgang **A2** wird mit einem Kabel (weiß) mit dem Kontakt B39 verbunden, Ausgang **A3** mit B31 (rot) und Ausgang **A4** mit B23 (orange). Nun sollte der Aufbau in etwa so aussehen wie auf Abbildung 3 zu sehen ist.

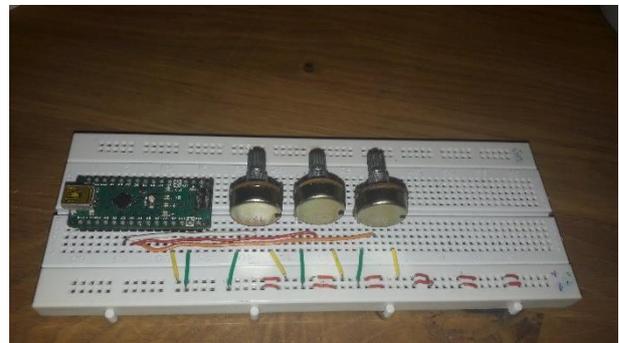


Abbildung 3: Zwischenblick im Aufbau

Nun muss noch die Vorsicherung (Spannungsteiler) erbaut werden. Dazu werden die Widerstände und Kondensatoren wie folgt an dem Steckbrett angebracht. Beginnt man mit dem Aufbau nach dem Schaltplan am Arduino, so benötigt man ein Verbindungskabel (schwarz) vom Arduinoausgang **A0** zum Kontakt E7. Anschließend wird der  $1\mu\text{F}$ -Kondensator mit der positiven Seite in D7 zum negativen D4 gesteckt. Der  $1\text{k}\Omega$ -Widerstand kommt mit seinen Enden in B4 und B1. Ein  $10\text{k}\Omega$ -Widerstand geht von C7 in die positive Hauptachse und ein zweiter Widerstand von A7 in die negative Hauptachse. Ein dritter Widerstand verbindet die positive Hauptachse mit A10. Von dieser Reihe aus also B10 und C10 gehen die zwei  $47\mu\text{F}$ -Kondensatoren weg. Ein Kondensator mit der negativen Seite von B10 in die positive Hauptachse. Der zweite Kondensator mit dem positiven Ende von C10 ausgehend nach C14. Das letzte Bauteil, ein  $10\text{k}\Omega$ -Widerstand, geht von A14 in die negative Hauptachse. Somit ist die Vorsicherung laut Schaltplan fertig erstellt.

Die Kontakte E1 und E14 dienen nun als Eingänge einer zu untersuchenden Schaltung. E1 wird dabei als positiver Eingang und E14 als negativer Eingang verwendet. Wird eine Spannungsquelle von einem klassischen Funktionsgenerator verwendet, ist es notwendig ein BNC-Kabel abzutrennen, da man sonst keine Verbindung in das Steckbrett herstellen kann. Dies ist ein kleiner Nachteil an dieser Baumöglichkeit. Verbindet man den Arduino Nano über ein USB-Kabel mit dem Raspberry Pi, so kann mit der Analyse verschiedenster Schaltungen begonnen werden. In Abbildung 4 ist nun der fertiggestellte Aufbau am Steckbrett zu sehen.

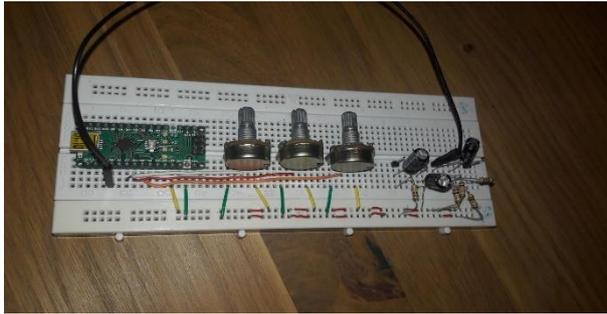


Abbildung 4: Das fertige Oszilloskop

### 5.1.2 Oszilloskop mit 3D-Druck

Dieser Punkt ist eine optionale Erweiterung des vorgestellten Projektes. Nicht nur in der Technik, sondern auch in Schulen gewinnt der 3D-Druck immer mehr an Bedeutung. Daher kann man auch ein Gehäuse für das Oszilloskop erstellen, um eine kompakte Form zu erhalten. Beim Erstellen muss darauf geachtet werden, dass das Gehäuse eine Öffnung für das Verbindungskabel zwischen Raspberry Pi und Arduino sowie Öffnungen für die Potentiometer und dem BNC-Anschluss hat. Optimal ist es, wenn sich das Gehäuse öffnen lässt und man das „Innenleben“ betrachten kann. Die Bauteile sollten alle laut Schaltplan auf eine Lötplatte verlötet werden. Abbildung 5 zeigt ein mögliches Gehäuse des Oszilloskops.



Abbildung 5: Mögliches Gehäuse des Oszilloskops

## 5.2 Software

Die verwendete Software wurde aus dem Tutorial MagPi vom Autor Mike Cook nahezu übernommen. Sie besteht aus einem Arduino- und einem Raspberry Pi bzw. Python Code. Diese Codes können auf der Website [https://github.com/Grumpy-Mike/Mikes-Pi-Bakery/tree/master/Arduino\\_Scope](https://github.com/Grumpy-Mike/Mikes-Pi-Bakery/tree/master/Arduino_Scope) gratis heruntergeladen werden. (vgl. Cook, 2018)

Ein großer Nachteil in dieser Software ist, dass die gemessenen Werte nicht gespeichert werden können. Deshalb wurde eine Möglichkeit der Datenspeicherung in die Software eingebaut. Eine Speicherung der Daten hat hinsichtlich der Reproduzierbarkeit mehrere Vorteile: Die Ausgabe kann zu späteren Zeitpunkten wieder geöffnet werden oder in optisch schöneren Diagrammen dargestellt werden. Auch ein Vergleich von verschiedenen Messungen ist dann möglich. Außerdem können die gemessenen Werte einer Entladung oder Ladung eines Kondensators gespeichert und anschließend in einem Tabellenkalkulationsprogramm, wie z.B. Microsoft Excel oder OpenDocument, weiterverarbeiten und grafisch dargestellt werden. Auch das logarithmieren der Messwerte ist möglich, womit die Zeitkonstante bestimmen werden kann (Kap.6.1). Dies gelingt ohne Speicherung der Daten nicht.

## 5.3 Ausgabefenster

Wurde die Hardware nach einer der beschriebenen Variante aufgebaut und die Software erfolgreich gestartet, so sollte ein neues Fenster erscheinen. Dieses Fenster dient als Ausgabefenster des Oszilloskops. Mit Hilfe der Potentiometer können unterschiedlichste Analysen durchgeführt werden. Diese Analysen ersetzen ein klassisches Oszilloskop. (vgl. Cook, 2018)

Auch eine Digitalisierung der Messdaten ist nun möglich. Unter dem neu programmierten Button „Save Date“ werden die Messdaten in einer .csv-Datei mit Datum und Uhrzeit als Namen gespeichert. Dies verhindert eine Überschreibung der Messdaten. Diese .csv Datei lässt sich anschließend mit bestimmten Programmen wie zum Beispiel das Tabellenkalkulationsprogramm Excel oder die grafische Benutzeroberfläche RStudio aufrufen.

## 6 Erweiterungsmöglichkeiten

Dieses Paper beschreibt nur wenige Möglichkeiten, wie man ein Oszilloskop bauen und programmieren kann. Natürlicherweise gibt es wie immer Verbesserungsvorschläge, die mit viel Arbeit verbunden sind. Einige Gedanken sind aufgetaucht, die hier festgehalten werden und als Anregung dienen sollten.

Der größte Punkt ist mit Sicherheit ein Oszilloskop zu erschaffen, das ausschließlich mit Raspberry Pi Software funktioniert. Dies verhindert das Vorkommen von zwei verschiedenen Programmiersprachen, was in der Schule oft für Verwirrung sorgen kann. Wichtig dabei ist zu achten, dass man die Zeitverzögerung der Messung mit den Bauteilen des Raspberry Pi's verhindert. Eine Möglichkeit die man sich vorstellen könnte, ist mit Mico-Python zu arbeiten.

Ein weiterer Punkt wäre der Bau eines Zweikanal-Oszilloskops. Dabei liegt die Herausforderung sicherlich im Gestalten der Software. Beim Übertragen der gemessenen Werte muss ein Weg gefunden werden, sodass der Raspberry Pi erkennt, von welchem Eingang die Daten sind. Auch die Koordination der Potentiometer ist zu beachten und könnte Probleme machen. Die Hardware wäre möglicherweise nicht das große Problem, da man versuchen könnte, eine zweite Vorsicherung für einen weiteren analogen Input des Arduino Nano zu bauen.

Eine diskussionswürdige Erweiterung wäre, dass man den Raspberry Pi zur Stromversorgung einer Schaltung verwendet. Der Vorteil liegt dabei in der Kompaktheit. Ein Nachteil ist, dass ein gewöhnliches Oszilloskop auch nicht als Spannungsquelle dient und daher Verwirrung und Unsicherheiten bei den Schülerinnen und Schülern aufkommen könnte.

### 6.1 Ladung-Entladung eines Kondensators

Eine weitere Erweiterungsmöglichkeit könnte die Bestimmung der Genauigkeit des Oszilloskops sein. Dazu wird der Verlauf eines Kondensators genauer analysiert. Die Lade- und Entladekurve wird aufgenommen und die Daten mit der neu entwickelten Speicherfunktion gespeichert. Die Messdaten werden mit einem Tabellenkalkulationsprogramm, wie z.B. Excel, geöffnet.

Es wird ein kompletter Lade- und Entladevorgang des Kondensators gemessen und gespeichert. Mittels zwei Ausgleichsgeraden für die Lade- und Entladekurve wird die typische Zeitkonstante  $\tau$  ermittelt. Zum Bestimmen der Zeitkonstante mit Hilfe der Ausgleichsgerade der Entladung wird der Logarithmus der gemessenen Spannungen mit der Zeit gegenübergestellt. Es werden nur die Werte der Spannung berücksichtigt, die der Entladung entsprechen. Man sieht eine Annäherung einer Gerade, an der eine RGP und FVERT Analyse durchgeführt wird.

## 7 Literatur

- Cook M. (2018) Build an oscilloscope. Make your own oscilloscope using a Raspberry Pi and an Arduino. *The MagPi*, 71, 44-51, online verfügbar unter: <https://magpi.raspberrypi.org/issues/71> (11.03.2020)
- Kofler M., Kühnast C., Scherbeck C. (2018) Raspberry Pi; Das umfassende Handbuch, Bonn: Rheinwerk Verlag