

Technische Dokumentation

Das Ziel des Projektes ist es, dass mehrere Benutzer gleichzeitig ein Schlagzeug über ihr Smartphone fernbedienen bzw. spielen können. Das Schlagzeug wird mit folgenden 6 Elementen aufgebaut: Bass Drum, Snare, Standtom, kleine Tom, Hi-Hat, Ride-Becken.

Die Auslöser

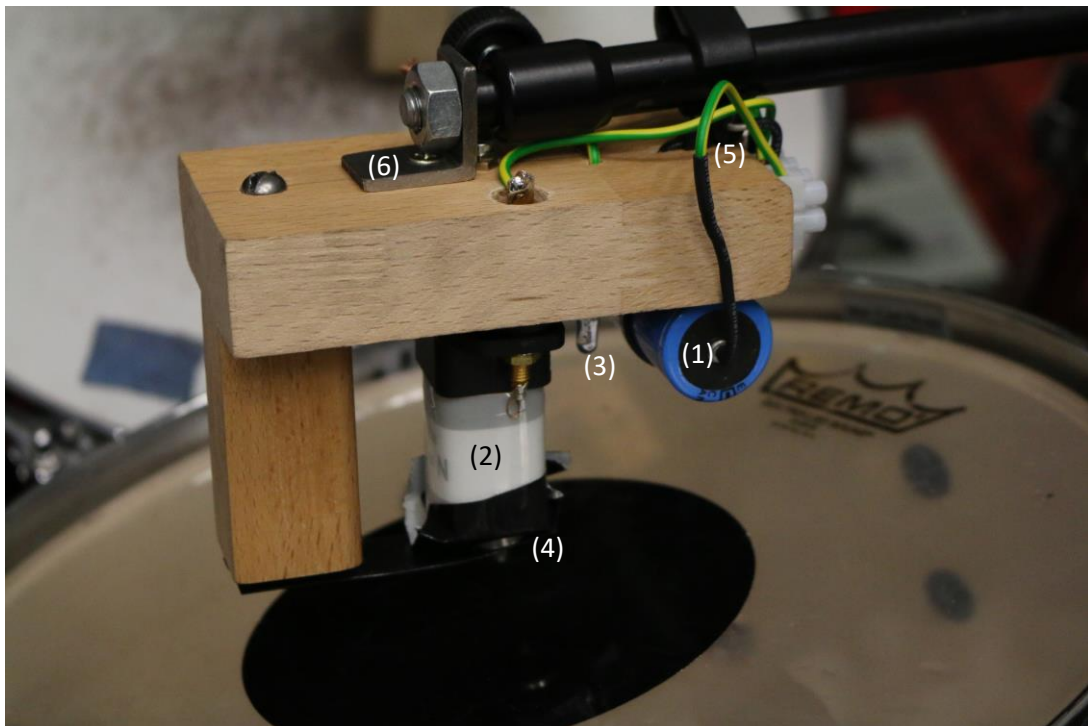


Abb.1: Auslöser Detailansicht

Alle Elemente des Schlagzeuges werden von den gleichen Auslösern bespielt, wobei jeder aus folgenden Bauteilen besteht:

- 1 x 10.000 μ F Kondensator 35 V (1)
- 1 x Spule 900 Windungen mit Eisenkern (2)
- 1 x Leuchtdiode (3)
- 1 x Permanentmagnet (4) an biegbarer Plastik-Lamelle
- 1 x Sperrdiode 3 A (5)
- 1 x Winkel zur Befestigung an einem Mikrofonstativ (6)

Für den Aufbau werden des Weiteren noch folgende Bauteile verwendet:

- 1 x Relais 8-fach, 28 VDC, 10 A
- 2 x Spannungsquellen 0...40 V DC, 3 A max.
- 1 x Raspberry Pi

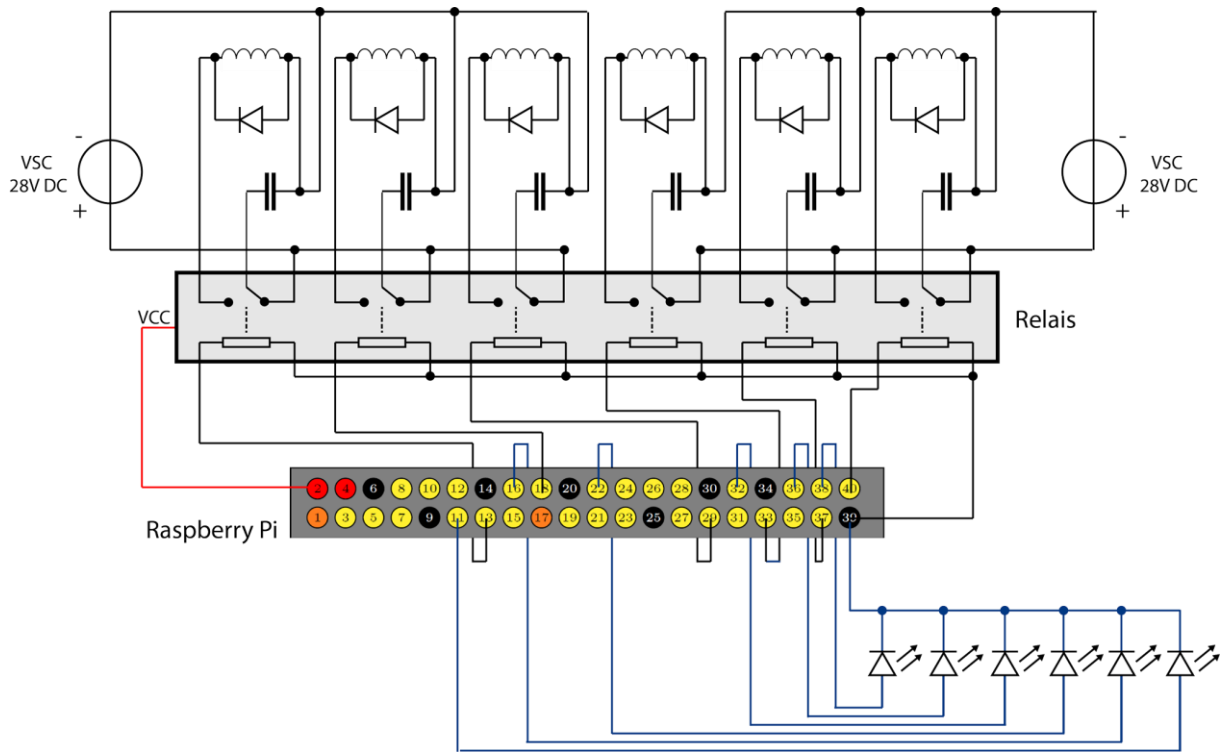


Abb.2: Schaltplan mit allen 6 Auslösern, hier: Ruhezustand

Im Ruhezustand werden die Kondensatoren der Auslöser über die beiden Spannungsquellen parallel aufgeladen. Die Kondensatoren werden dabei ohne einen Vorwiderstand geladen, der Strom wird dabei durch die beiden Netzteile begrenzt, welche jeweils maximal 3 A ausgeben können. Als Versorgungsspannung liegen 28 V Gleichspannung an den Kondensatoren an, da das verbaute Relais nur bis zu dieser Spannung ausgelegt ist.

Wird über den MQTT Broker ein Steuerbefehl übermittelt, werden 2 Pins des Raspberry Pi auf 3,3 Volt geschaltet, ein Pin bewirkt, dass das Relais umschaltet. Der Kondensator entlädt sich über die Spule mit Eisenkern, wodurch ein elektromagnetisches Feld aufgebaut wird. Dieses Feld stößt einen entgegen gerichteten Permanentmagneten ab, welcher gegen das Schlagzeug schlägt und das Instrument spielt. Durch die Spule fließen dabei kurzzeitig um die 1,6 A Stromstärke ($I = \frac{\text{Spannung Kondensator (=Versorgungsspannung)}}{\text{ohmscher Widerstand Spule}} = \frac{28 \text{ V}}{17,5 \Omega} = 1,6 \text{ A}$), welche über die Dauer des Steuerimpulses mit der Entladung des Kondensators abnimmt (vergl. Entladekurve eines Kondensators).

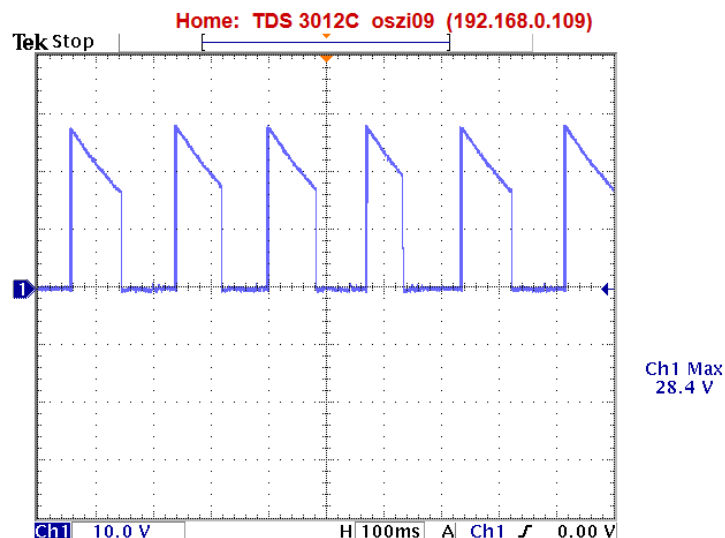


Abb. 3: Spannungsverlauf über einer Spule beim mehrmaligen Auslösen

Der andere Pin, der pro Steuerbefehl aktiviert wird, steuert direkt die dem Auslöser zugehörige Leuchtdiode an (3,3 V Spannung), wodurch auch ein visuelles Feedback erreicht wird. Nach Ablauf eines festgelegten Delays (vergl. Doku Programmierung) werden die Pins wieder inaktiv geschaltet und das System kehrt in den Ruhezustand zurück. Das elektromagnetische Feld, welches den Permanentmagneten abstößt, baut sich ab und der Permanentmagnet kehrt automatisch in die Ruhelage zurück, da er vom Eisenkern in der Spule angezogen wird.

Durch die Verwendung der 10.000 μF Kondensatoren ergibt sich der Vorteil, dass nur zwei Netzteile benötigt werden, um das gesamte System zu versorgen. Der Delay, über welchen die Steuerpins des Raspberry Pis geschaltet werden, ist so kurz gewählt, dass sich die Kondensatoren beim Schaltvorgang nur zu einem geringen Prozentsatz entladen, bevor das System wieder in den Ruhezustand schaltet und die Kondensatoren wieder aufgeladen werden (mit einem geringen Ladestrom). Mit der von uns gewählten Spannungsversorgung können alle Auslöser gleichzeitig mehrere Male innerhalb einer Sekunde mit maximaler Spannung über dem Kondensator (Spannungsquelle im Schaltzustand) geschaltet werden.

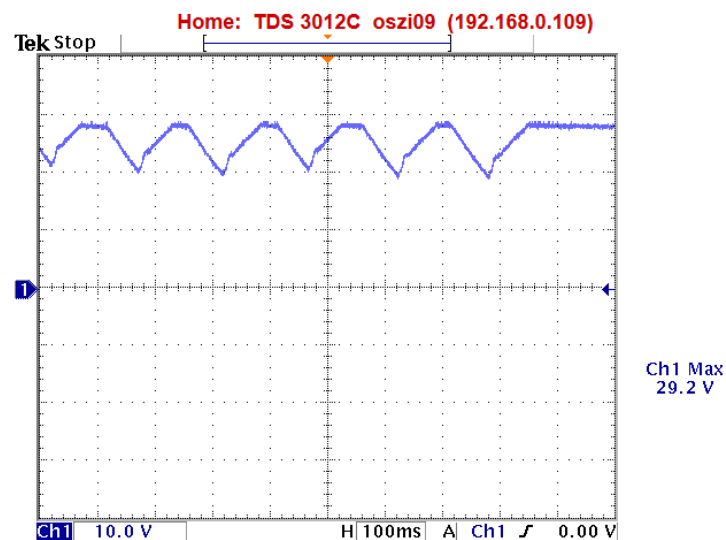


Abb. 4: Entlade- und Ladekurve eines Kondensators bei gleichzeitigem Aktivieren aller Auslöser, hier: 5 Schaltvorgänge innerhalb einer Sekunde mit maximaler Spannung, jedes Netzteil lädt hierbei je 3 Auslöser

Diese Dimensionierung ist sehr großzügig bemessen, das gesamte System kann im Regelfall (abwechselndes Auslösen der einzelnen Elemente über einen längeren Zeitraum) auch mit einem Netzteil betrieben werden. Ohne die Verwendung der Kondensatoren wären mindestens 3 Netzteile mit max. 3 A Ausgabestrom nötig, um an den Spulen gleichzeitig einen Schaltstrom von ca. 1,5 A bereitzustellen (1 Netzteil würde 2 Spulen parallel versorgen), wobei die Belastung für die Bauteile der Netzteile größer wäre, da der maximale Ausgabestrom häufig fließen würde.

Die Sperrdioden, welche parallel zu den Spulen geschaltet sind, verhindern die Selbstinduktion der Spulen, durch welche eine der Schaltspannung entgegengesetzte Spannung beim Umschalten des Relais auftreten würde.

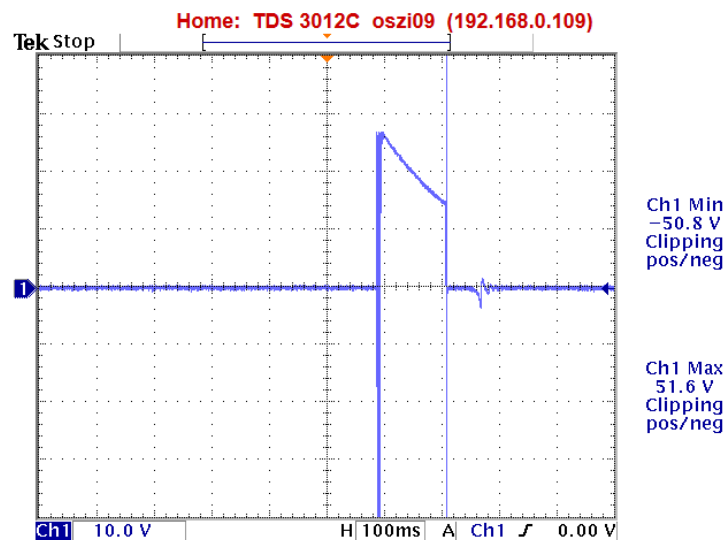


Abb. 5: Spannungsverlauf über einer Spule ohne Sperrdiode mit Selbstinduktion, vergl. Abb. 3 mit Sperrdiode

Besonders wichtig beim Entwurf der Auslöser waren uns vor allem zwei Aspekte:

- Schnelles Auslösen und Zurückkehren in die Ruhelage
- Lautloses Auslösen

Beide Aspekte sind mit dem von uns gewähltem Aufbau bestmöglich abgedeckt. Die Auslöser können ohne Probleme mehrmals in der Sekunde bespielt werden, wobei die Latenz bzw. die Übertragungsdauer der Steuersignale über das Netzwerk als limitierender Faktor gesehen werden muss und das komplette Potential in dieser Hinsicht nicht genutzt werden kann. Eine bessere Art der Signalübertragung wäre eine lokale Verkabelung, was jedoch nicht mit der Zielstellung des Projektes in Einklang zu bringen ist, sodass die maximale Schnelle zweier aufeinanderfolgender Auslösungen durch die Geschwindigkeit des Netzwerkes und des MQTT Brokers limitiert wird. Der zweite Aspekt ist komplett umgesetzt, das einzige mechanische Geräusch der Auslöser entsteht, wenn die Permanentmagneten nach einem Schaltvorgang vom Eisenkern der Spule angezogen werden und gegen das Spulengehäuse schlagen. Das Gehäuse kann jedoch mit einer dünnen Lage Schaumstoff bedämpft werden, sodass das Zurückkehren in die Ausgangslage lautlos vonstattengeht. Als einziges Störgeräusch verbleibt damit das Umschaltgeräusch des Relais, welches sich jedoch nicht vermeiden lässt und kaum auffällt.

Die Kraftwirkung der Auslöser ist weitestgehend groß genug, um ein klares und lautes Klangereignis am Schlagzeug zu erzeugen, einzig bei der Bespielung der Bass Drum wird ein schwächerer Pegel erreicht. Abhilfe könnte eine größere Dimensionierung der Bauteile für diese Trommel schaffen, dazu zählt:

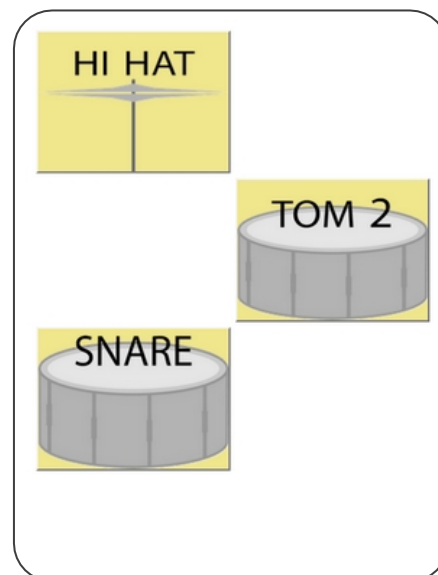
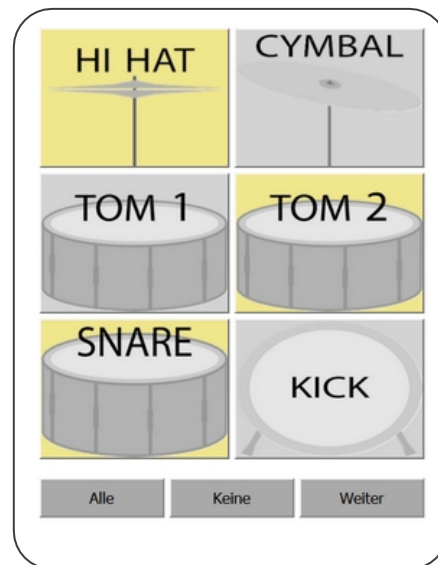
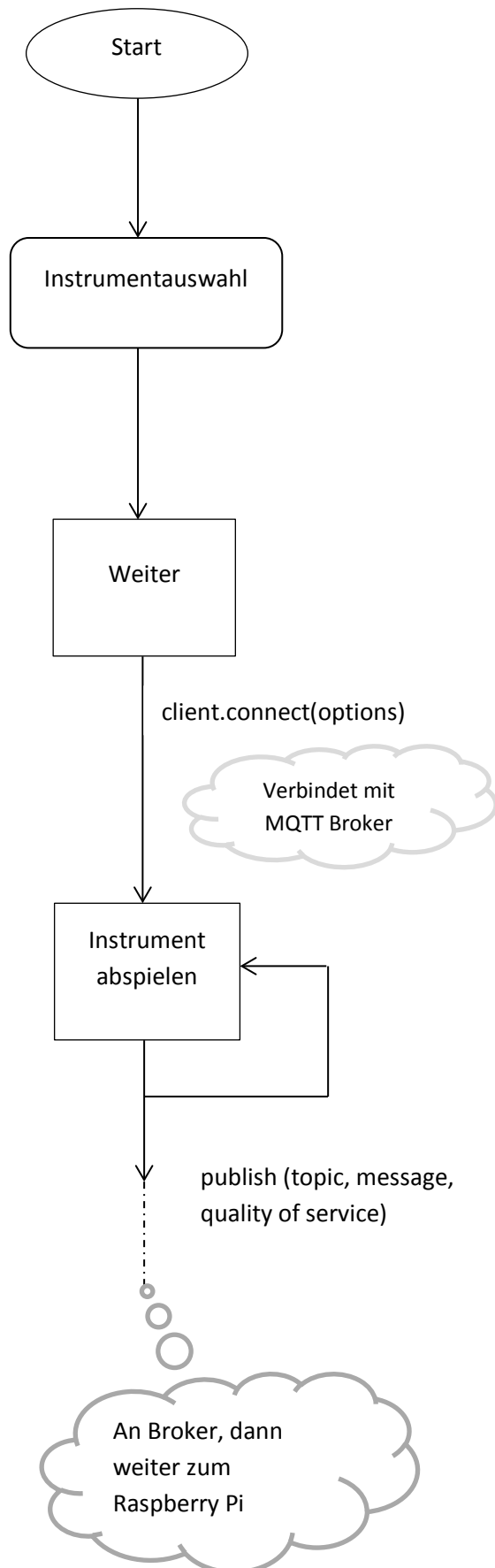
- Verwendung einer Spule mit wesentlich höherer Windungszahl
- Verwendung eines anderen Relais zur Schaltung des Auslösers, um eine größere Versorgungsspannung als 28 V und damit einen stärkeren Stromfluss schalten zu können
- Verwendung eines stärkeren und schwereren Permanentmagnetes, um eine größere Kraftwirkung zu erzielen

Aus Kosten- und Zeitgründen konnten wir diese Ansätze jedoch leider nicht umsetzen.

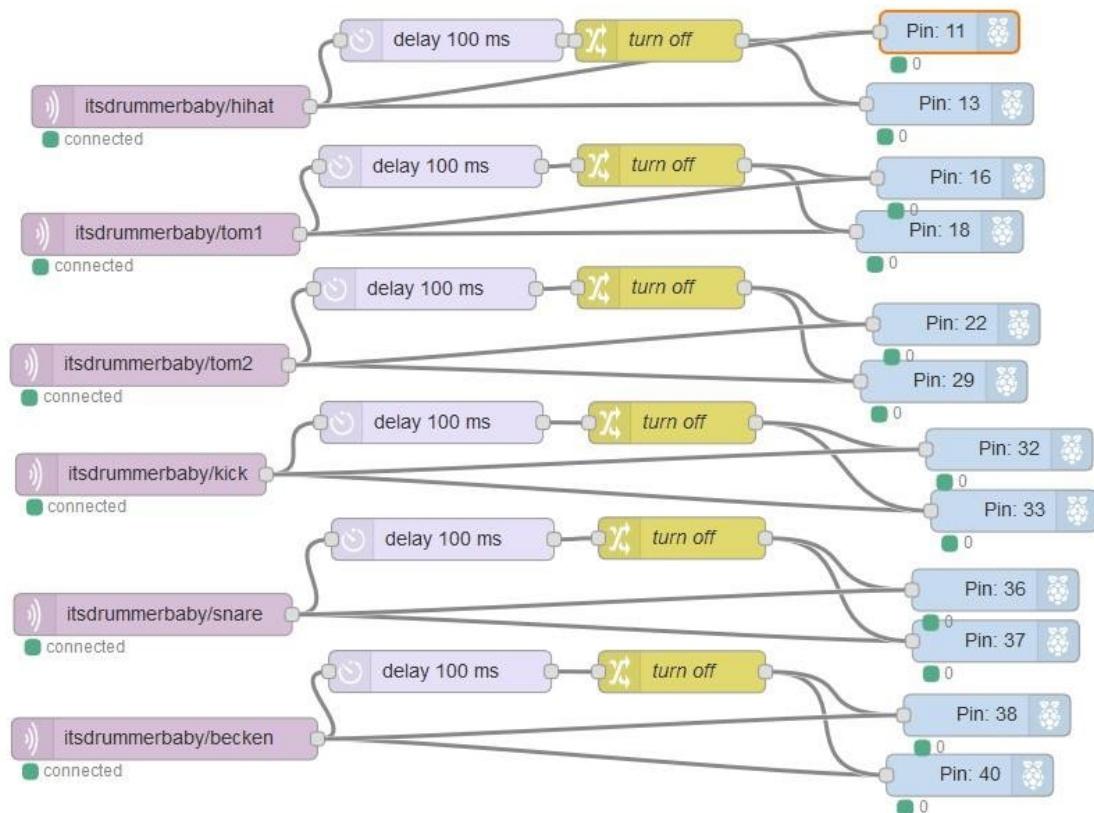


Abb.6: Gesamtaufbau mit Mikrofonstativen

Flussdiagramm zum Programmablauf der App



Schaltung auf dem Raspberry Pi mit Node-RED:



Der Raspberry Pi erhält vom MQTT Broker über die entsprechenden Topics die Nachricht, wenn ein Instrument gespielt werden soll, worauf jeweils zwei Pins eingeschaltet werden, einer für die Stromversorgung des Mechanismus, der andere für die zugehörige LED. Die Pins werden nach einer kurzen Zeit wieder automatisch deaktiviert (hier 100ms) und können so danach direkt wieder aktiviert werden.

Für die Programmierung der App wurde HTML, CSS und JavaScript mit JQuery verwendet. Als MQTT Broker wurde auf die JavaScript-Version von Paho zurückgegriffen.

Mit diesen Mitteln war es möglich, die Web-App von Android Smartphones, iPhones, Windows Phones, sowie Desktop PCs und Tablets problemlos zu nutzen. Damit das überall gut aussieht (es ist jedoch nicht wirklich auf Breitbild ausgerichtet), wurde ein responsives Design erstellt.