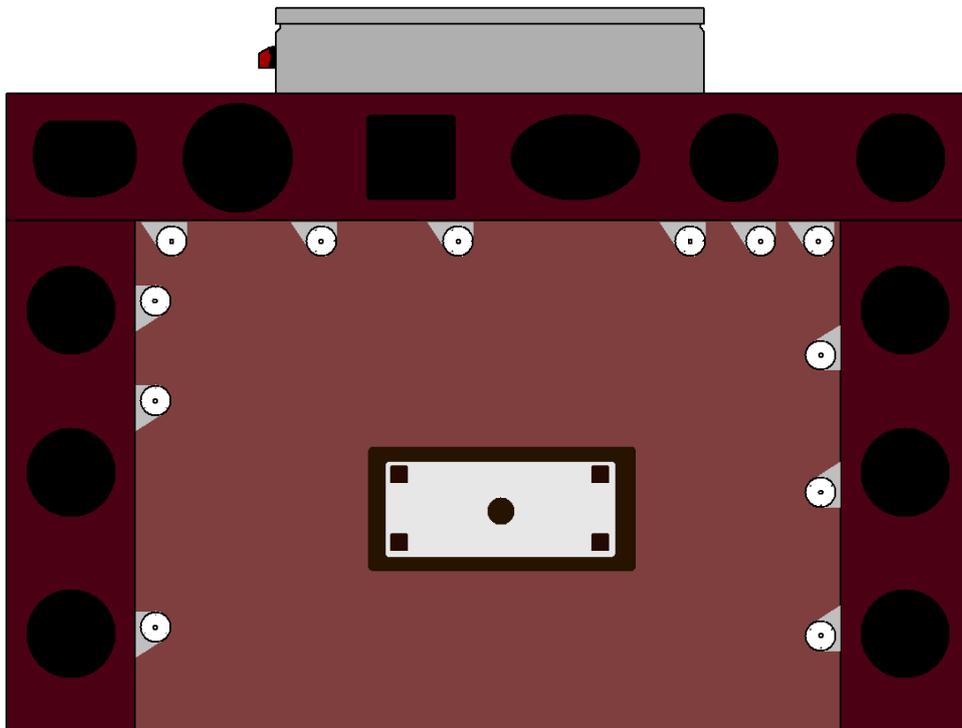


Studienarbeit

Cocktailmaschine

- Umbau auf ein Überdrucksystem –



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Funktion (nach dem Umbau)	1
2.1	Hardware (Anhang A1)	1
2.2	Software (Anhang A2).....	3
3	Lebensmittelechtheit	3
4	Ermittlung der Durchlaufzeiten.....	5
4.1	Vor- und Nachlaufzeit.....	5
4.2	Messreihe an unterschiedlichen Flaschen	5
5	Umbau der Anlage.....	8
5.1	Pumpen.....	8
5.2	Abdichtung.....	10
5.3	LED's.....	12
5.4	Schlauchführung.....	12
6	Entwurf eines Markenlogos	13
7	Ideen für die nächste Generation	13

1 Einführung

Im Rahmen der Studienarbeit beschäftigt sich das Projekt mit dem Umbau einer Cocktailmaschine, welche 2015 als Hobbyprojekt gebaut wurde. Die Hauptprobleme der ersten Version waren die Lebensmittelechtheit, die nicht selbstansaugenden Kreiselpumpen und die nicht vorhandene Dokumentation. Die fertige Maschine soll die Effizienz des Barkeepers wesentlich erhöhen, indem alle Cocktailzutaten gleichzeitig in einer definierten Dosierung dem Shaker zugeführt werden.

2 Funktion (nach dem Umbau)

Dieses Kapitel erläutert den aktuellen Aufbau der Maschine und des Programmcodes.

2.1 Hardware (Anhang A1)

Über ein Bedienpanel (Bild 2.1) lassen sich 12 verschiedene Flaschen mit Cocktailzutaten einzeln ansteuern oder eines von 10 Cocktailrezepten auswählen. Die Rezepte sind auf einem *Arduino MEGA 2560* hinterlegt und in alkoholhaltig und alkoholfrei unterteilt. Vom Bedienpanel führt eine 24-polige Leitung in den Schaltschrank (Bild 2.2) der Anlage (Bild 2.3). Über eine Sub-D Buchse werden die Leitungen auf ein Steckboard geführt, welches die Taster mit Pull-down-Widerständen auf Masse legt. Vom Steckboard laufen die Steuerleitungen zum Arduino. Die Spannungsversorgung für die Pumpen und den Arduino wird mit einem 24 V Netzteil realisiert, welches am Ausgang von einem B2 Leitungsschutzschalter abgesichert wird. Die Ansteuerung der Luftpumpen erfolgt vom Arduino mit 5 V Steuerspannung über zwei Relais-Karten (4- und 8-Kanal) auf 24 V Lastspannung zu den Luftpumpen. Von den Luftpumpen führt je ein PVC-Schlauch (Lufttransport) zu der jeweiligen Flasche und von der Flasche ein Silikonschlauch (Flüssigkeitstransport) zur Sammelstelle. An der Sammelstelle werden alle 12 Silikonschläuche zur Befüllung des Shakers mit dem ausgewählten Cocktail zusammengeführt. Sahne, Sirup und Eis müssen je nach Cocktail von Hand hinzugefügt werden. Das Shaken und Garnieren des Cocktails wird natürlich traditionell vom Barkeeper übernommen.



Bild 2.1 Bedienpanel

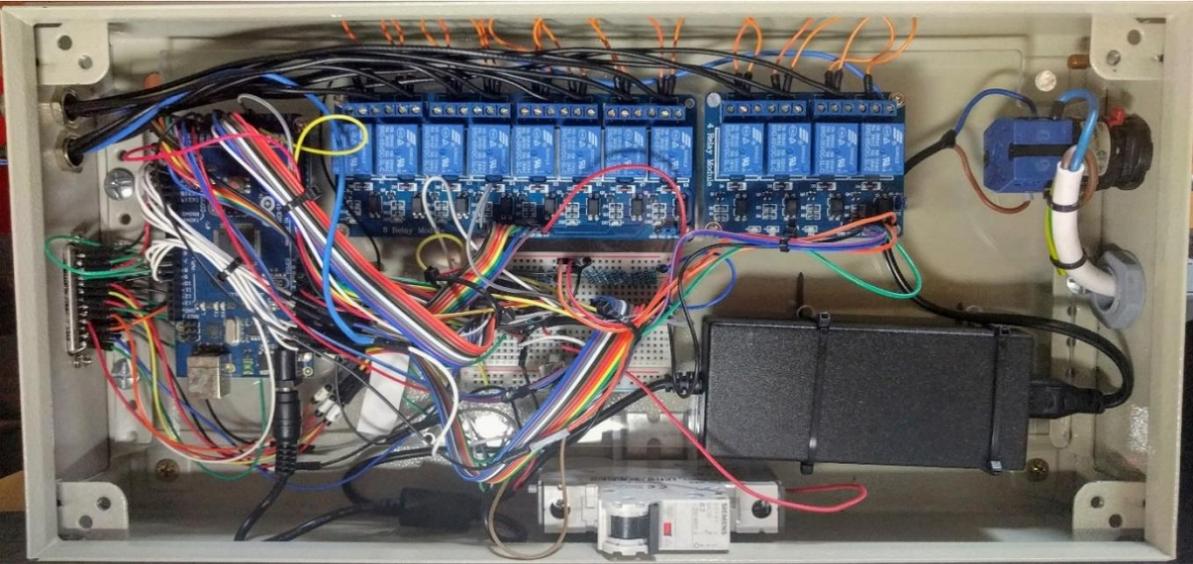


Bild 2.2 Schaltschrank nach dem Umbau

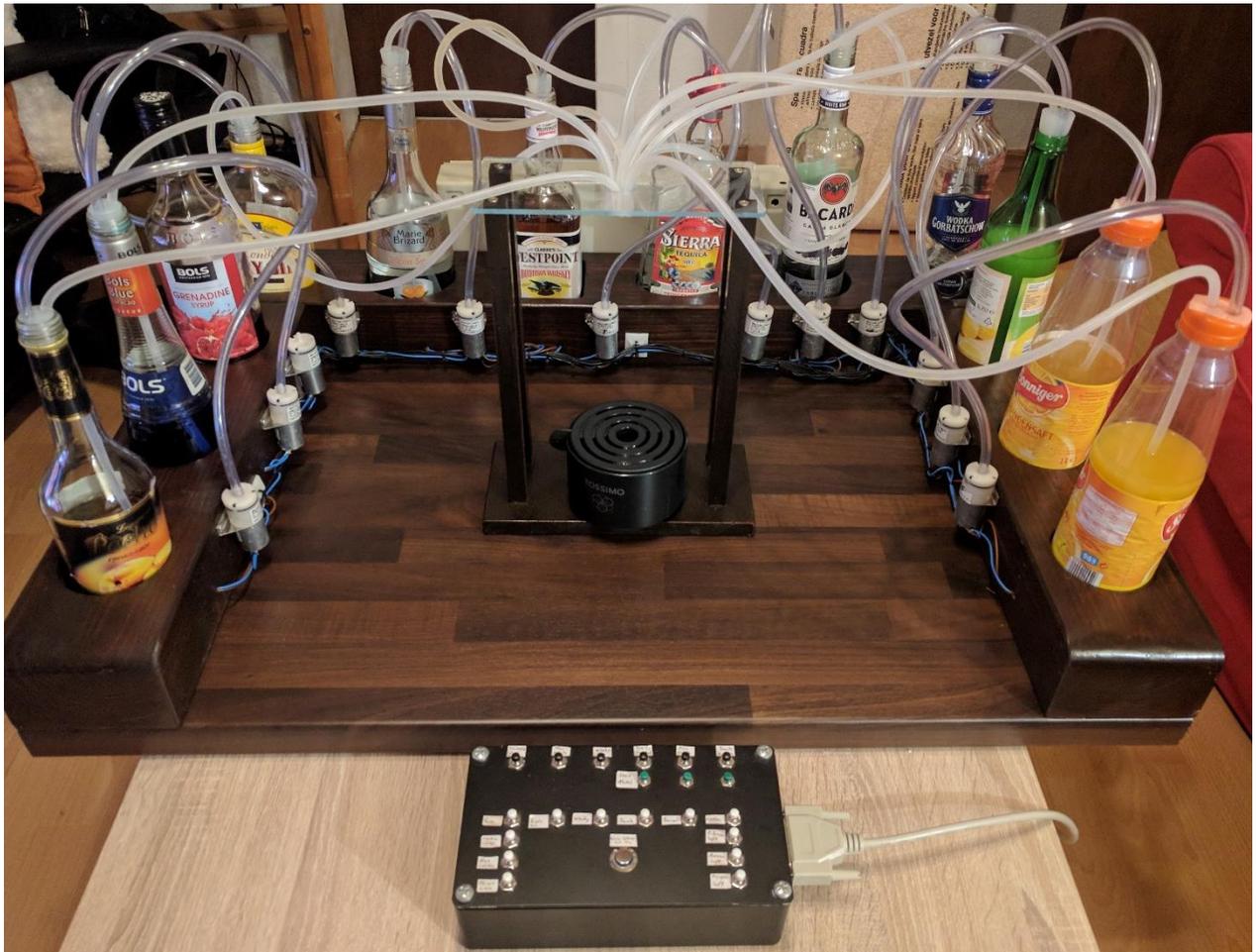


Bild 2.3 Cocktailmaschine aufgebaut

2.2 Software (Anhang A2)

Die Software besteht im Wesentlichen aus 12 Methoden in denen die Rezepte der Cocktails hinterlegt sind. Durch das Anwählen eines Cocktails mittels des Bedienpanels werden alle zugehörigen Pumpen angesteuert und nach Ablauf festgelegter Zeiten wieder ausgeschaltet. Wie die einzelnen Durchlaufzeiten ermittelt wurden, wird in Kapitel 4 beschrieben. Nach dem Umbau der Maschine wurden Variablen für die Qualität der Dichtungen der einzelnen Flaschen angelegt, welche sich auf die Durchlaufzeiten auswirken. Dadurch veränderte sich, je nach berechneter Durchlaufzeit, die Reihenfolge der Pumpenabschaltung. Deshalb wurden einige Rezeptmethoden dahingehend verändert, dass zunächst die Pumpdauer geprüft wird und anschließend das Programm die Abschaltreihenfolge festlegt.

3 Lebensmittelechtheit

Bei der ersten Version der Maschine wurden mittels einer Kreiselpumpe die Zutaten aus der Flasche über PVC-Schläuche in den Shaker gepumpt. Dadurch ergaben sich zwei Schwachstellen für die Lebensmittelechtheit. Zum einen waren die Kreiselpumpen schwer von Saftresten zu reinigen und zum anderen sind die PVC-Schläuche nicht zum Transport von

Ethanol geeignet. Deshalb wurden die Kreiselpumpen durch Luftpumpen und die PVC-Schläuche durch Silikon-Schläuche ersetzt.

Wie in Bild 3.1 zu sehen ist, ist der Luftkreislauf vom Motor durch eine Gummiescheibe getrennt. Somit ist gewährleistet, dass die Luftpumpen keine Schmierfette in die Flaschen leiten.

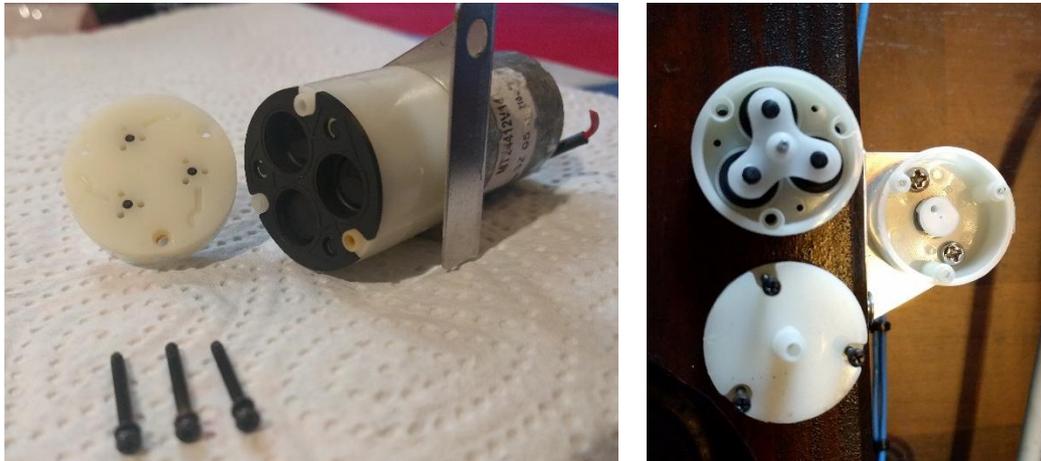


Bild 3.1 Aufbau Luftpumpe

Die Silikonschläuche eignen sich, laut der Beständigkeitstabelle (siehe Bild 3.2), gut für den Transport von Alkohol und weisen zudem eine ausgezeichnete Elastizität auf.

Chemische Beständigkeit der Schlauchmaterialien

1: ausgezeichnet; 2: gut; 3: zufriedenstellend; 4: nicht empfohlen

Name	Tygon LFL	Tygon ST R-3603	PharMed	Tygon HC F-4040-A	Tygon MH 2075	Tygon SI Silikon Platin	Silikon Peroxid	Norprene A-60-G	Flurane F-5500-A (Viton)
Acetaldehyd	4	4	4	4	3	3	3	4	4
Acetamid, 67% in W.	4	4	2	4	1	1	1	2	4
Acetat-Lösungsmittel	4	4	2	4	4	4	4	2	4
Aceton	4	4	4	4	2	3	3	4	4
Acetonitril	4	4	4	4	4	4	4	4	2
Acetylbromid	4	4	3	4	4	4	4	3	4
Acetylchlorid	4	4	3	4	4	4	4	3	4
Acetylgas	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acrylnitril	4	4	4	4	4	4	4	4	2
Adipinsäure, 100% in Alk.	4	4	2	3	4	4	4	2	4
Alaun, 5% in W.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	4	4	4	2	4	4	4	4	2
Alkohole im allgemeinen	4	4	1	2	1	2	2	1	4
Allylalkohol	4	4	3	1	1	4	4	3	1
Aluminiumchlorid, 53% in W.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aluminiumhydroxid, 2% in W.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aluminiumsalz	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Bild 3.2 Beständigkeittabelle (www.ismatec.de/de_d/schlaeuche/media/Compatibility_de.pdf abgerufen am 29..08.2017)

4 Ermittlung der Durchlaufzeiten

Hier wird auf die Vor- und Nachlauf in Abhängigkeit zum Füllstand der Flasche und auf den Durchfluss im Verhältnis zur Ansteuerungszeit eingegangen.

4.1 Vor- und Nachlaufzeit

Durch den Umbau auf ein Überdrucksystem ergab sich eine Totzeit. Während dieser Zeit baut sich im System ein Druck auf, welcher die Ausgabe der Flüssigkeit bewirkt. Nach Abschalten der Luftpumpe entsteht, abhängig vom Füllvolumen der Flaschen, eine variable Zeit bis zum Abbruch des Durchflusses. Die beiden Zeiten wurden exemplarisch an einer Wodkaflasche getestet und sind in Diagramm 4.1 aufgeführt. Bei den Versuchsreihen wurden die Vorlaufzeit (Zeit zwischen Ansteuerung der Pumpe bis zur Ausgabe der Flüssigkeit) und die Nachlaufzeit (Zeit zwischen Spannungsabfall an der Pumpe und Abbruch des Durchflusses) im Verhältnis zum Füllstand der Wodkaflasche gemessen. An dem linearisierten Verlauf (gestrichelte Linien) ist deutlich zu sehen, dass nur bei einer vollen Flasche eine geringe Abweichung zwischen Vor- und Nachlauf vorhanden ist. Damit ist bewiesen, dass sich die beiden Zeiten ausreichend gegeneinander aufheben und nicht weiter im Programmcode berücksichtigt werden müssen.

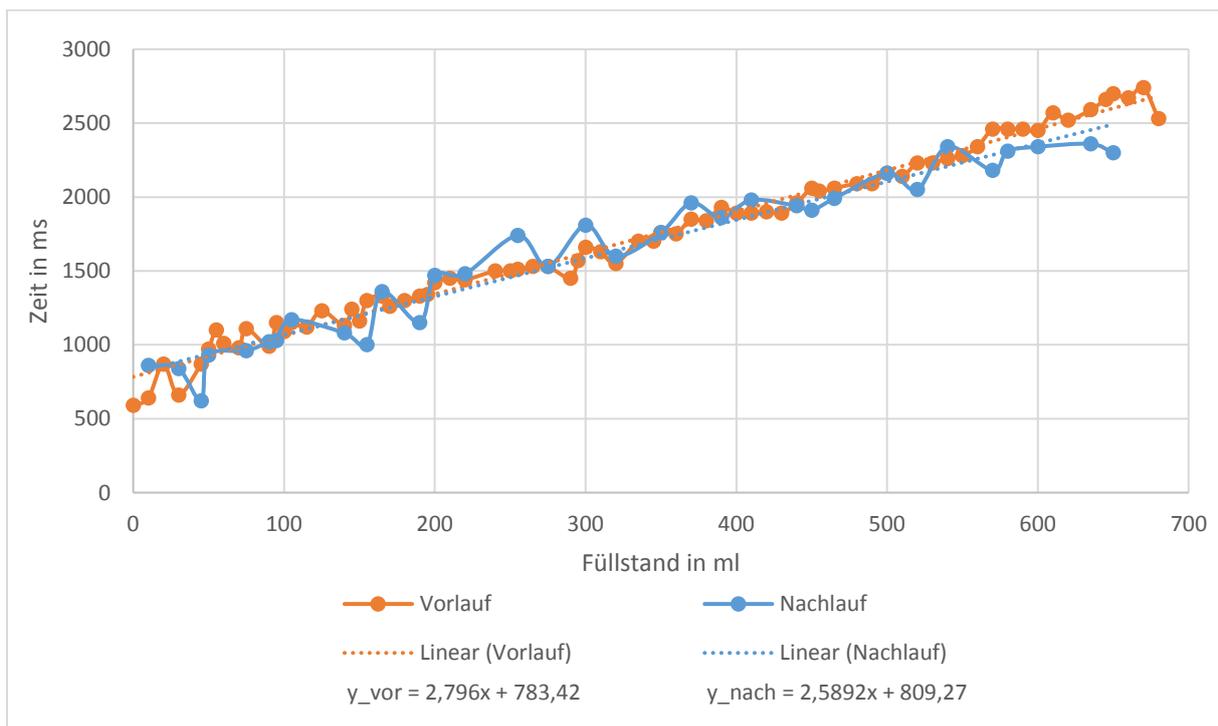


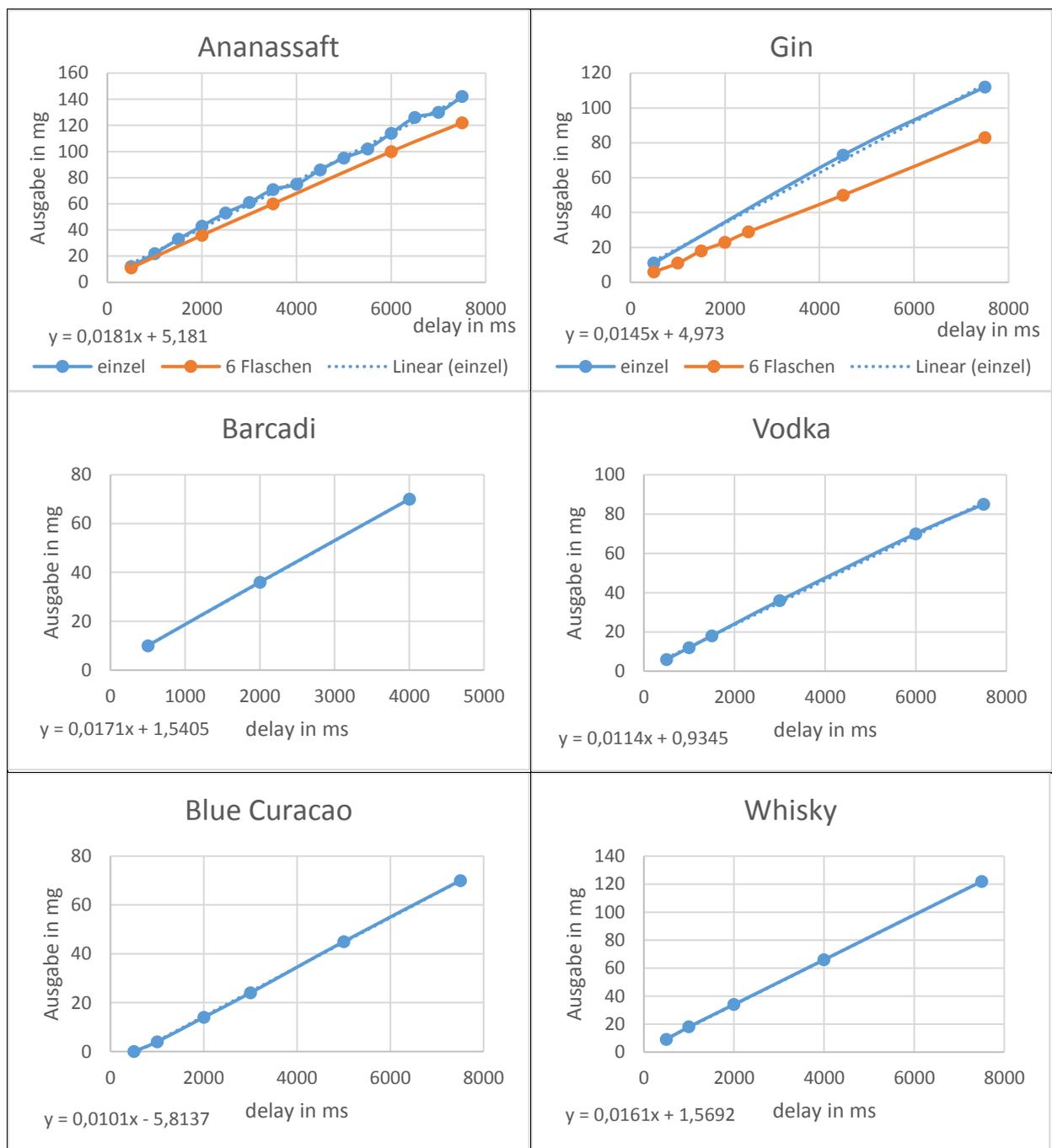
Diagramm 4.1 Vor- und Nachlaufzeiten

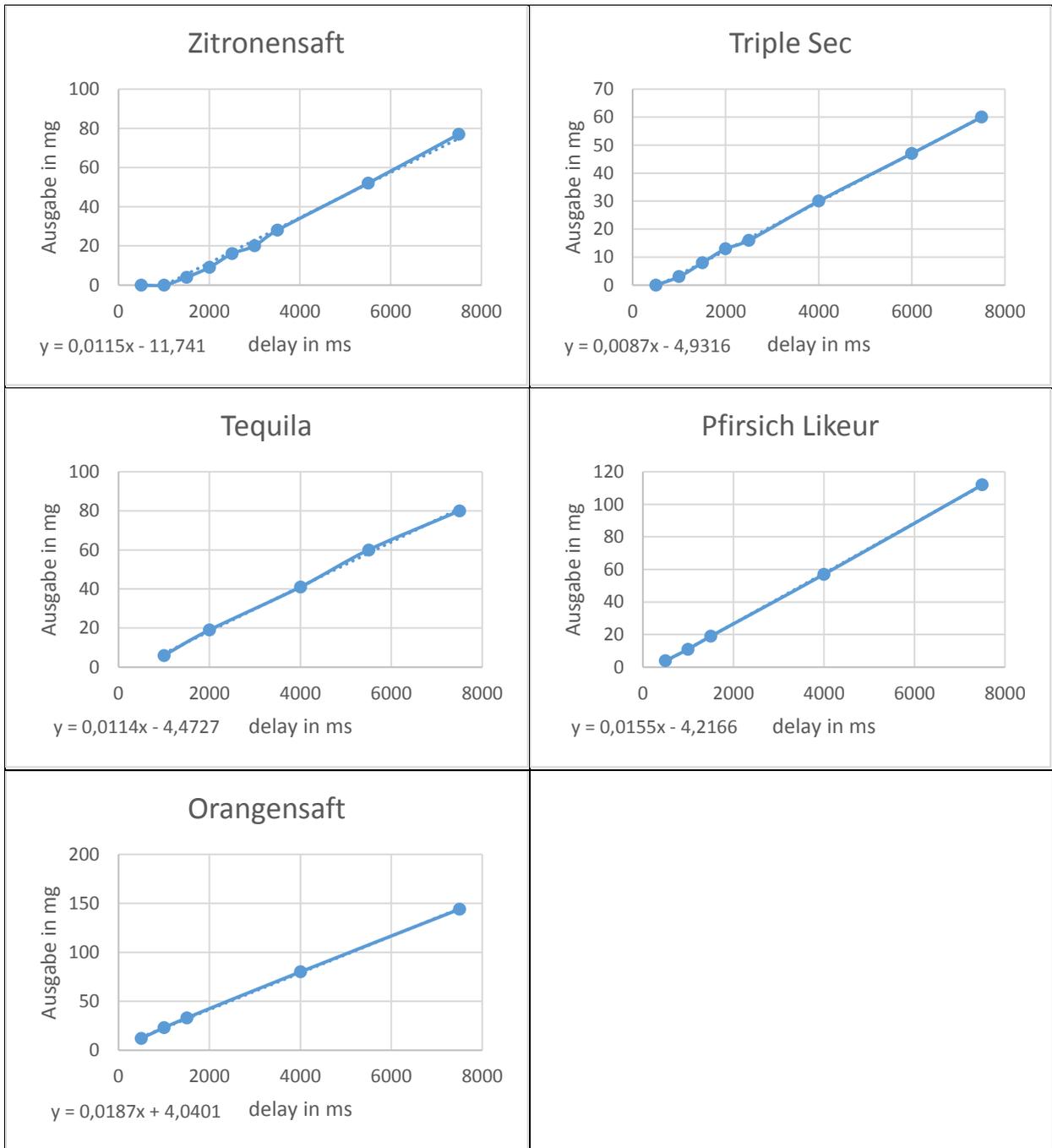
4.2 Messreihe an unterschiedlichen Flaschen

Um herauszufinden wie viele Milliliter pro Sekunde gefördert werden, wurde von jeder Flasche eine Messreihe durchgeführt. Dies ist notwendig, da sich die Flaschen in Geometrie, Volumen und Flexibilität unterscheiden. Die Berechnung der Zeiten für das Programm erfolgte mittels der Geradengleichung aus dem linearisierten Verlauf.

In den ersten beiden Diagrammen aus Tabelle 4.1 wurde eine zusätzliche Messreihe aufgenommen, bei der sechs Flaschen gleichzeitig angesteuert werden. Dabei wird deutlich, wie sich der Spannungsabfall auf die Durchflussmenge auswirkt (orange Linie). Um diesem Effekt entgegenzuwirken wurde z.B. bei dem Cocktail „Long Island Iced Tea“ das Programm dahingehend verändert, dass statt sechs Pumpen dreimal zwei Pumpen gleichzeitig in Betrieb sind.

Tabelle 4.1 Messreihe Durchlaufzeiten





5 Umbau der Anlage

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem handwerklichen Umbau der Cocktailmaschine.

5.1 Pumpen

Ein großer Nachteil von Kreiselpumpen ist, dass diese nicht in der Lage sind, Flüssigkeiten selbst anzusaugen. Eine Alternative wären Dosierpumpen gewesen. Diese sind sehr genau, haben eine hohe Medienverträglichkeit, sind selbstansaugend und haben keinen Nachlaufeffekt. Allerdings haben diese eine zu geringe Fördermenge von ca. 20 – 60 ml pro Minute. Deshalb kommen bei der Cocktailmaschine Luftpumpen zum Einsatz. Diese eignen sich gut für den Transport von Lebensmitteln, da sie nicht mit der Flüssigkeit in Berührung kommen und eine ausreichend hohe Fließgeschwindigkeit erzeugen.

Die Luftpumpen vom Typ *KPM27H-12B5* (Bild 5.1) vom Hersteller KOGE mit folgenden Technischen Daten:

- Betriebsspannung: 12 V- (10,8...13,2 V-)
- Stromaufnahme: max. 150 mA
- Luftdruck: max. 0,53 bar / 400 mmHg
- Luftmenge: 2 Liter/Minute
- Schlauchanschluss: 4 mm
- Montagesockel
- Gesamtmaße (LxBxH): 69x37x30 mm



Bild 5.1 Luftpumpe

hatten mit 2,95 € pro Stück ein angemessenes Preis-Leistungs-Verhältnis für den zahlreichen Einsatz an der Cocktailmaschine. Die geförderte Luftmenge von zwei Litern pro Minute entspricht, unter Vernachlässigung der Flaschenverformung, Luftkompression, Undichtigkeiten des Verschlusses, Viskosität, Vor- und Nachlaufzeit, einer Fördermenge von 3,3 cl pro Sekunde. Bei dem Cocktail mit der größten Fördermenge von 20 cl wären das unter optimalen Bedingungen 6 Sekunden. Das ist um ein vielfaches schneller als das händische Abmessen und Mischen der Zutaten. Dass die Maschine auch unter realen Bedingungen schneller ist, soll folgende Beispielrechnung anhand des Cocktails „Sex on the Beach“ veranschaulichen. Der Cocktail besteht aus folgenden Zutaten:

- 8 cl Orangensaft
- 4 cl Ananassaft
- 2 cl Zitronensaft
- 3 cl Pfirsichlikör
- 4 cl Vodka

Mit dem Messbecher (auch Barmaß oder Jigger genannt), welcher in europäischen Bars bei der Zubereitung von Cocktails eingesetzt wird, können definierte Volumina von 2 cl bzw. 4 cl abgemessen werden. Im Selbstversuch dauerte das Abmessen von 4 cl im Durchschnitt 3 Sekunden, ein Flaschenwechsel ca. 2,5 Sekunden.

Bei der Maschine muss neben der Durchlaufzeit auch die Tot- und die Nachlaufzeit beachtet werden. Diese Zeiten von je 2 Sekunden wurden aus dem Diagramm 4.1 bei einem durchschnittlichen Füllstand von 400 ml entnommen. Die Durchlaufzeit wurde mit dem aktuellen Programmcode (24.09.2017 v 1.2) ermittelt.

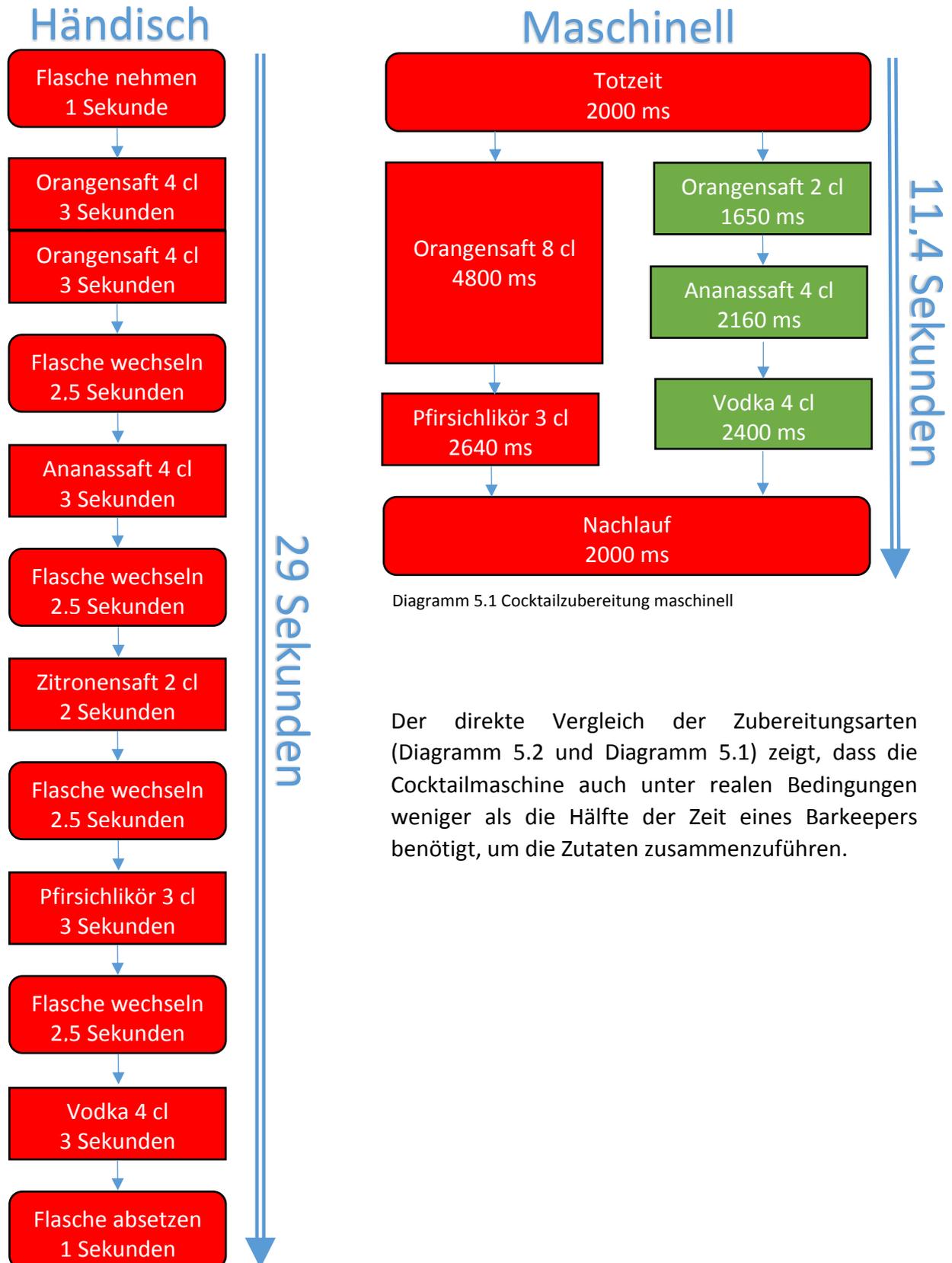


Diagramm 5.1 Cocktailzubereitung maschinell

Der direkte Vergleich der Zubereitungsarten (Diagramm 5.2 und Diagramm 5.1) zeigt, dass die Cocktailmaschine auch unter realen Bedingungen weniger als die Hälfte der Zeit eines Barkeepers benötigt, um die Zutaten zusammenzuführen.

Diagramm 5.2 Cocktailzubereitung händisch

5.2 Abdichtung

Der Nachteil von Luftpumpen gegenüber den Kreiselpumpen ist, dass alle Flaschen luftdicht abgeschlossen sein müssen. Dies erwies sich als sehr schwierig: Jeder Deckel besitzt zwei Bohrungen für die Schlauchdurchführungen.

Um diese abzudichten wurden die Spalten zwischen Schlauch und Deckel mit Silikon aufgefüllt (Bild 5.2). Das Silikon war aber nicht in der Lage eine dauerhaft feste Verbindung mit dem Deckel einzugehen, sodass es sich nach zwei bis drei Tagen ablöste.



Bild 5.2 Abdichtung mit Silikon

Der zweite Ansatz bestand darin, die Bohrungen mit Abdichtbändern zu überkleben. Anschließend wurden die Abdichtbänder mit einem Kreuzschlitz versehen. Durch den Anschnitt wurden die Schläuche gezogen. Diese Methode funktionierte besser, hatte aber den Nachteil, dass die Dichtungen von unterschiedlicher Qualität waren.



Bild 5.3 Abdichtung mit Abdichtband

Da der Termin für die Präsentation der Maschine auf dem Elektrotechniker-Stammtisch näher rückte, wurde der Programmcode angepasst. Durch globale Variablen, welche die Qualität der Dichtung beinhalten und ein Programm, welches flexibel die Ansteuerungsreihenfolge der Flaschen anpasst, wurde die Maschine rechtzeitig präsentierfähig. Nach dem Aufbau konnte die Maschine schnell kalibriert werden, indem die Flaschen für eine definierte Zeit einzeln angesteuert und die ausgegebene Flüssigkeit gewogen wurde. Das Kalibrieren vor dem Einsatz nimmt ca. 20 min Zeit in Anspruch. Die Maschine lieferte am Tag der Präsentation fast bis zum Ende eine konstante Cocktailqualität. Allerdings wurde nach ca. 6 Stunden eine der Flaschen undicht, sodass kein Überdruck mehr erzeugt werden konnte. Insgesamt kam die Maschine an dem Abend aber sehr gut an (Bild 5.4). Das Anfertigen der Cocktails wurde ohne Probleme von einer Person bewältigt und der Durchsatz, im Vergleich zur herkömmlichen Methode, um mindestens 50 % gesteigert.



Bild 5.4 Präsentation auf dem Elektrotechniker Stammtisch

Mit den Erfahrungen vom Stammtisch wurde das Konzept der Abdichtung nochmals überarbeitet. Die Deckel mit Bohrungen wurden durch Silikonstopfen in drei verschiedenen Größen ersetzt. Aufgrund der hohen Flexibilität des Silikons konnten die Schlauchdurchführungen sehr gut mit den Schläuchen abschließen (Bild 5.5). Ein weiterer Vorteil von Silikonstopfen ist der schnellere Flaschenwechsel beim Austausch der leeren Flaschen.



Bild 5.5 Abdichtung mit Silikonstopfen

5.3 LED's

Zur optischen Aufwertung und für eine bessere Füllstandkontrolle wurden zu jeder Luftpumpe wasserfeste (IP 65) 12 V - LED-Stripes parallel geschaltet (Bild 5.6), welche in die Sockel der Flaschenhalter eingearbeitet wurden (Bild 5.7).



Bild 5.6 LED's eingeschaltet

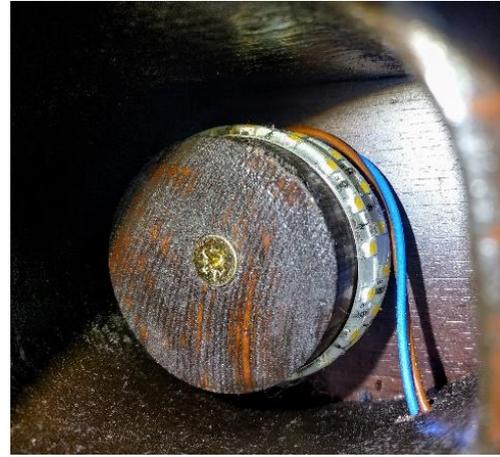


Bild 5.7 LED-Stripes

5.4 Schlauchführung

Mit dem Umbau auf Luftpumpen entstand durch den Höhenunterschied zwischen Füllstand der Flasche und Schlauchende ein Sog. Dieser wurde zuvor von der Kreiselpumpe geblockt. Nach dem Austausch der Pumpen sorgte dieser Effekt für einen unregulierten Nachlauf. Als Gegenmaßnahme wurde das Podest für die Schlauchführung über den maximalen Flaschenfüllstand angehoben (Bild 5.8). Durch diese Maßnahme konnte der Sogeffekt vollständig vermieden werden.

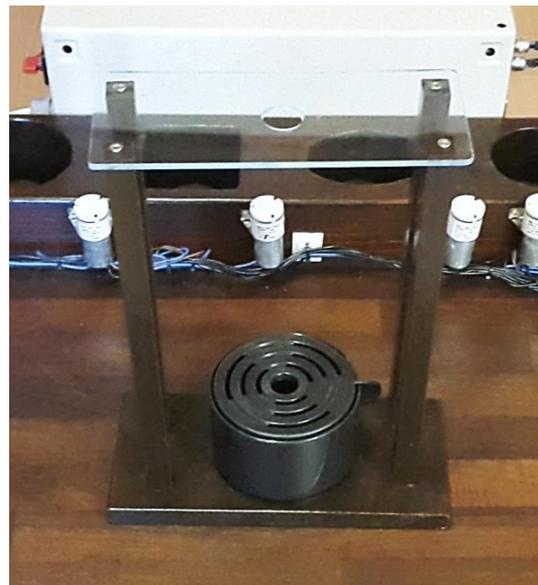


Bild 5.8 Schlauchdurchführung vor und nach dem Umbau

6 Entwurf eines Markenlogos

Die Idee des Markenlogos wurde aus dem Symbol des Powerbuttons adaptiert. Der Powerbutton wie er in Bild 6.1 zu sehen ist stellt die Zahlen logisch 0 und logisch 1 dar. Diese stehen für das Ein- und Ausschalten der Maschine. Für das Symbol der Cocktailmaschine wurde die logisch 1 gegen die Silhouette eines Shakers getauscht (Bild 6.2 und Bild 6.3) Für eine Markteinführung muss das Logo noch um einen Namen der Maschine erweitert werden. Der Name befindet sich aktuell noch in der Findungsphase.



Bild 6.1 Powerbutton

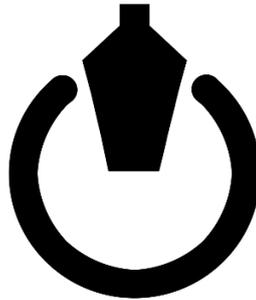


Bild 6.2 Cocktailmaschine Clipart

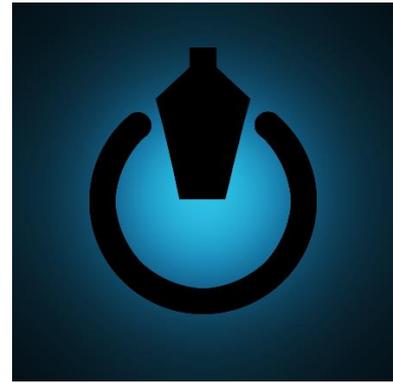


Bild 6.3 Cocktailmaschine Symbol

7 Ideen für die nächste Generation

Die nächste Generation der Cocktailmaschine könnte eine serielle Schnittstelle zum Bedienpanel erhalten. Dadurch können viele Ein- und Ausgänge am Mikrocontroller eingespart werden.

Das Bedienpanel sollte durch einen Touchscreen ersetzt werden, um Rezepterweiterungen einfacher umsetzen zu können. Zum Steuern der Maschine wäre auch eine webbasierte Oberfläche für Smartphones oder Tablets denkbar.

Die Größe des Schaltschranks kann mit einer besseren Aufteilung der Komponenten auf die Hälfte reduziert werden.

Der nächste Schritt zur Steigerung der Effizienz erfolgt über die Reduzierung der Nachlaufzeit. Mit Hilfe von gesteuerten Entlüftungsventilen kann der Nachlauf sofort gestoppt werden. Damit könnte der Durchsatz und die Genauigkeit der Maschine nochmals gesteigert werden.