

Dieses Dokument ist eine ausführlichere Dokumentation, wie sich der Prozess der Anlagengestaltung und -aufbau entwickelt hat und auch welche Alternativen es gibt, sowie auch noch aktuelle Probleme, die wir in der Zukunft beheben wollen.

Pumpe

Für die Pumpe haben wir das folgende Modell verwendet Link. Die Pumpe, die wir verwendet haben, wurde uns von unserem Professor bereitgestellt und dementsprechend gab es da keinen großen Entscheidungsprozess bei uns. Trotz dessen haben wir zwischendurch auch eine Recherche für Pumpen durchgeführt. Dabei haben wir uns an den folgenden Punkten orientiert.

Material:

Die Anforderungen an die Pumpe waren v.a., dass sie sicher im Umgang mit der heißen Würze ist. Dabei haben wir die maximale Temperatur auf 80 °C festgelegt, da die Pumpe die höchste Temperatur beim Abmaischen erfährt. Beim Hopfenkochen verwenden wir keine Pumpe mehr, da wir durch die Dampfkonvektion bereits genug Bewegung in der Würze haben. Da die Würze im Brauprozess leicht sauer wird ergibt das in Kombination mit der Temperatur recht anspruchsvolle Bedingungen an die Materialien. Am Ende kommt es eigentlich immer auf die Wahl zwischen korrosionsbeständigem Edelstahl (z.B. 1.4401) oder Warmfesten Kunststoffen (z.B. PP). Verzinktes Messing sollte vermieden werden und ob Aluminium jetzt Probleme verursacht oder den Geschmack beeinträchtigt, hat schon die ein oder andere hitzige Forums-diskussion hervorgebracht.

Leistung:

Bzgl. der Leistung der Pumpe gab es zwischendurch zwei unterschiedliche Ansätze. Auf der einen Seite war die Bestehende Pumpe, mit ihrer recht niedrigen Leistung. Bei der niedrigen Leistung ist die Aufgabe der Pumpe nur darin, die Würze vom Topfboden oben auf die Maische zu transportieren. Zwischendurch hatten wir auch überlegt eine deutlich leistungsstärkere Pumpe wie z.B. die Novax 20 B zu verwenden. Hier war die Überlegung, dass mit der höheren Pumpenleistung die Würze als eine Art Spüllanze verwendet werden könnte, um bei einem verkleistern der Würze diese wieder aufzulockern. Dies haben wir fürs erste verworfen, da wir dann auch stattdessen ein Rührwerk integrieren könnten und könnten dadurch auf ein deutlich bewährteres Konzept zurückgreifen.

Ein Nebenaspekt der Leistung, ist auch die Selbstansaug-Höhe. Wenn einfach ein Topf verwendet wird, muss die Würze erstmal durch einen Siphon angesaugt werden. Die verwendete Pumpe ist nicht Selbstansaug-fähig, weswegen wir uns Prozesse zum Bewässern der Pumpe überlegen mussten. Eine selbstansaugende Pumpe würde einige Prozessschritte vereinfachen und die Automatisierung weniger Fehleranfällig machen, allerdings war es für uns kein großes Problem.

Steuerbarkeit:

Ein Vorteil der verwendeten Pumpe ist, dass sich Gleichspannungsmotoren leicht in ihrer Leistung Steuern lassen. Sei es über ein Labornetzteil oder eine PWM-Steuerung durch einen Microcontroller der Wahl. Dies ist sehr angenehm, da z.B. während der ersten Rasten und dem Läutern es besser funktioniert, wenn man die Leistung der Pumpe zwischenzeitlich reduziert. Dies ist auch mit einem Drehstrom Motor möglich, ist aber ein mit größerem Aufwand und mehr Sicherheitsrisiken verbunden, weswegen wir am Ende die Variante mit einem schwächeren Gleichstrommotor bevorzugen.

Temperatursteuerung

Die Temperatursteuerung ist ein etwas verzwicktes Thema in unserem Projekt, da hier die größten Veränderungen zwischen originaler Intention und endgültiger Umsetzung gab. Die Idee des Projektes ist ursprünglich daraus entstanden, dass wir einen gebrauchten Maischekessel (Diesen hier) gekauft haben. Leider hat dann die sehr ungenaue (Zweipunkt) Temperaturregelung unseren ersten Brauversuch zu einer Lernerfahrung gemacht, welche aber ungenießbar war. Daraufhin habe ich unseren Professor angeschrieben, ob man nicht die Teilautomatisierung der bestehenden Anlage als ein Hochschulprojekt umsetzen könne. Daraufhin wurde dann eine neue Aufgabenstellung konzipiert, welche allerdings nicht mehr den Fokus auf die Temperatur-Regelung hatte, sondern auf das „neue“ Umwälzverfahren und den damit veränderten Brauprozess. Trotz dessen habe ich mich daran versucht eine Brausteuerung mit Pumpensteuerung und Temperaturregelung im Stile der AiO Brausteuerung (Link) umzusetzen.

Das Ziel der Eigenentwicklung sollte sein die Plattform von Arduino auf ESP32 zu ändern, da meiner Meinung nach Arduinos in Funktionalität nicht mehr zeitgemäß sind.

Das Ziel war es nicht nur eine Pumpensteuerung und Temperaturregelung in einem ESP32 zu vereinigen, sondern auch noch zwei Temperatursensoren auszulesen und die Daten und Zustände des Systems in einer vom EPS32 gehosteten Website darzustellen. Die Aufgaben des ESP32 waren wie folgt:

- Temperatur der Bodennahe Würze (Optional mit Verlauf)
- Temperatur der Maische im Malzrohr (Optional mit Verlauf)
- Verbleibende Zeit in der Rast
- Zustand (On/off) und Leistung der Pumpe (0-100%)
- Loggen der Temperaturen im CSV Format

Perspektivisch sollte dann auch noch das Einstellen der verschiedenen Rasten etc. über die Website ablaufen, allerdings war es klar, dass dies deutlich zu Ambitioniert wäre. Bereits die oben genannten Punkte bringen die Rechenleistung eines ESP32 deutlich an ihre Grenzen und die Durchlaufzeit eines Loops stieg bei uns bis auf zwei Sekunden. Für die Sensorik haben wir die bewährten DSB1820 (Link) benutzt. Bis zum Ende des Projektes haben wir das angedachte System nicht fertigbekommen, da es größere Probleme mit den Schnittstellen zwischen dem ESP32 und der Pumpe / Heizplatte gab. Hier hat sich einer der Nachteile des ESP32 gezeigt, da dieser nur ~3.3V an seinen Digitalen Pins ausgeben kann. Dadurch hatte ich Probleme meine Relais / MOSFETS anzusteuern, da ich anfangs dies nicht wusste und dann unpassendes Material eingekauft habe. Ich werde das Thema in einem Privaten Zweitprojekt weiterverfolgen und meine Erfahrungen auch hier Dokumentieren.

Es gibt eine größere Datei für den ESP32, welche im Repository hinterlegt ist, welche verschiedene Aspekte kombiniert:

- Zweipunktregler mit einzelner oder mehreren Thermometern
- Einstellbare Rasten
- Mischform, welche beide Thermometer unterschiedlich berücksichtigt

Den folgenden Teil werden wir entsprechend dem aktuellen Stand anpassen oder aktualisieren.

Wir planen derzeit nicht mehr den ESP32 für dieses Projekt zu nutzen, sondern auf einen RaspberryPi zu wechseln. Auf diesem Planen wir die Software CraftBeerPi zu nutzen. Diese hat alle Features, die wir benötigen und noch deutlich mehr. Ich werde weiterhin an der Umsetzung mit dem ESP32 arbeiten, aber der Fokus für dieses Projekt wird auf die Verwendung von CraftBeerPi liegen.

Malzrohr

Das Malzrohr ist ein Kunststoffeimer mit einem Fassungsvermögen von 25l. Unser Ziel ist es, daraus ein Sieb herzustellen, dass den Treber im Eimer behält aber die Würze hindurchlässt.

Version 1:

Um dies zu ermöglichen, haben wir den Eimer zunächst nur auf der Unterseite mit nach Augenmaß gleichmäßig verteilten 3mm Bohrungen versehen, da wir der Meinung waren, dass dies ausreichen würde. Eine überschlägige Rechnung für den Durchfluss haben wir nicht angefertigt und die Bohrungen auch nicht gezählt, da dieser Arbeitsvorgang recht zäh von der Hand ging. Ein Problem, auf das wir dabei gestoßen sind, war der beim Bohren entstehende Kunststoff Spahn. Diesen haben wir mit einem Heißluftföhn weggebrutzelt, damit der beim eigentlichen Brauvorgang nicht stört. Damit war die erste Variante des Malzrohres fertig.

Brauversuch 1:

Im ersten Brauversuch mussten wir leider feststellen, dass die Anzahl der gebohrten Löcher im Eimer nicht ausgereicht hat, da die Würze nicht bzw. nicht schnell genug zurück in den Eimer gelaufen ist. Zunächst haben wir die Umwälzpumpe immer wieder gestoppt, um das Absickern der Würze im Eimer zu beobachten. Nach kurzer Zeit haben beschlossen, dass die Situation aussichtslos ist, und haben den Versuch abgebrochen. Die Nacharbeit stand fest: Es mussten deutlich mehr Löcher in den Eimer. Nicht nur auf dem Boden, sondern auch entlang der Mantelfläche.

Version 2:

In der zweiten Variante des Malzrohres haben dann auf der Mantelfläche des Eimers vom Boden bis zu einer Höhe von ca. 25 cm erneuert gleichmäßig nach Augenmaß weitere Bohrungen mit einem Durchmesser von 3mm verteilt, um den Durchfluss der Würze zu verbessern.

Brauversuch 2:

Mit dieser Konfiguration des Malzrohres sind wir schlussendlich in den zweiten, aber ersten erfolgreichen Brauversuch gestartet. Kleinere Unreinheiten in der Würze kann das Malzrohr nicht auffangen, da es hierfür zu grob ist. Aber der Treber hat festen Halt und die Würze kommt gut durch. Kleinere Partikel in der Würze werden beim abschließenden Filtrieren von der Würze separiert. Mit dieser Auslegung sind wir zufrieden.

Gestell

Das Gestell haben wir aus Aluprofilen gebaut. Dieses hatten wir in der Hochschule zur Verfügung.

Dieses Material hat die Vorteile, dass man verschiedene Komponenten, die angebaut werden, auch wieder lösen kann und man so immer flexibel ist. Die Zusammensetzung der Komponenten und auch die Größe des Gestells lässt sich nachträglich immer noch ändern. Da die Profile aus Aluminium sind, haben diese auch nur ein geringes Gewicht.

Kleinteile (Pumpengehäuse, Siphon, etc.)

Eigenfertigung Siphon & Strahlrohr

Bestellt wurden zwei VA-Rohre mit einem Außendurchmesser 10mm. Diese wurden gekürzt und mithilfe einer Biegevorrichtung mit einer Biegelehre von 10 cm umgeformt. (genauere Angaben sind in der Anleitung vorhanden)

Elektronik

Die Pumpe und der Lüfter werden elektronisch betrieben, hierfür mussten Kabel vorbereitet werden, die die beiden Verbraucher mit unserem Labornetzgerät verbinden. Der Standardanschluss des Netzgerätes sind Buchsen, verbraucherseitig mussten Bananenstecker an die vorhandene Leitung gelötet werden. Hierfür haben wir neue Leitungen auf Länge geschnitten, beidseitig abisoliert und auf die eine Seite einen Bananenstecker installiert und die andere Seite mit dem Verbraucher verbunden. Die Verbindungen wurden gelötet. Insgesamt haben wir das vier Mal durchgeführt, da wir zwei Verbraucher mit einmal Plus- und einmal Minuspol mit dem Netzgerät betreiben. Zur Sicherheit haben wir immer die Durchgängigkeit der Leiter geprüft. Die Lötstellen sind bedeckt mit einem Schrumpfschlauch, damit sie nicht frei liegen.

Pumpengehäuse

Um die Pumpe und den Lüfter in unser aus Item-Profilen bestehendes Gestell zu montieren, brauchte es eine Halterung. Diese Halterung soll es ermöglichen die Pumpe an dem vertikal angeordneten Item-profil zu befestigen. Die Pumpe soll in ihrer Höhe frei verschiebbar sein, wenn die Befestigungsschrauben leicht gelöst werden. Außerdem soll die Halterung den Lüfter zur Kühlung aufnehmen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und die beiden sehr verschiedenen Geometrien aufzunehmen haben wir uns für ein 3D-gedrucktes Teil entschieden. Dafür wurden genaue Maße der Teile genommen und ein „Klicksystem“ für den Lüfter entwickelt. Das gedruckte Teil passte direkt und wurde bei beiden bisherigen Brauvorgängen verwendet.

Unser erster Brauversuch

Für den ersten Brauversuch haben wir ein Rezept unseres Professors entschieden, was dieser grade erst selbst gebraut hatte. Damit hatten wir durch seine Erfahrungen einen direkten Vergleich zwischen der Anlage mit Malzrohr und dem klassischen Kesselmalschverfahren mit Rührwerk und separatem Läuterbottich.

Rezept

Für Ausschlagmenge 30L Irish Red Ale

Malz	Menge
Pale Ale Malz	12,3kg
Crystal Red	420g
Roasted barley	150g

Rast	Temperatur [°C]	Länge [min]
Einmaischen	50	-
1	57	5
2	64	30
3	67	15
4	72	20
Abmaischen	77	-

Hopfen	Menge	Kochdauer [min]
HT Magnum	39g @ 10%α	70
Fuggles	36g @ 5% α	10

Der erste Brauversuch mit unserer Anlage war durchwachsen. Die Temperatursteuering war noch nicht fertig und verwendbar, wodurch wir die Temperatur händisch steuern mussten, und einen hohen manuellen Aufwand hatten.

Wir hatte zwischenzeitlich auch Probleme mit dem Durchfluss durch unser Malzrohr, wodurch wir die Pumpe immer wieder abschalten mussten. Dabei ist einmal der Rotor der Pumpe blockiert und wir mussten diese auseinander bauen. Wir konnten den Brauvorgang trotz dessen ohne Abweichung vom Rezept abschließen.

Das Wichtigste ist allerdings: Das Bier ist uns nach unserer Meinung gut gelungen und hat sehr lecker geschmeckt.

Probleme/ Optimierungspotential

Eins der größeren Probleme, dass wir auch immer noch haben, ist eine schlechte Sudhausausbeute, die nur knapp über 50% liegt. Nachdem ich diesbezüglich mal die Foren nochmal mit meinem jetzigen Wissensstand durchforstet habe, liegt es wahrscheinlich daran, dass wir nicht ordentlich Einmaischen. Auf der einen Seite schroten wir grade das Malz nicht selbst und das gekaufte Malz ist relativ Grob geschrotet. Auf der anderen Seite ist unser Eimer den wir als Malzrohr nutzen etwas zu klein, womit wir Probleme bekommen, da wir nicht wie z.B. bei einer Klarstein Anlage die gesamte Würze im Malzrohr zu haben.

Ausblick/Fazit

Ausblick

Wir sind aktuell dabei die ausgeliehenen Sachen durch eigene zu ersetzen und in dem Zuge die Anlage auf eine mit 75L Topf zu vergrößern. Wir werden dieses Projekt privat weiterführen und unsere Anlage immer weiter verbessern und automatisieren.

Fazit

Für drei von vier aus unserer Gruppe waren es die ersten Erfahrungen mit dem Bier brauen. Wir haben viel Zeit in dieses Projekt gesteckt, welches uns sehr viel Spaß gemacht hat. Am Ende gab es mit dem Bier, was wir gebraut haben auch eine angemessene Belohnung für den geleisteten Aufwand. Wir sind von der Idee eigenes Bier zu brauen so weit überzeugt, dass wir, wie bereits erwähnt, ab jetzt auch privat weiter unser eigenes Bier brauen werden.