

FRUGT (FRee Urban Gardening Tower)

Ein Projekt von Tim Weber

Kurzfassung

Das Ziel des Projektes ist, ein autarkes für die breite Gesellschaft leicht zugängliches Pflanzenanbau-System zu entwickeln. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde beim letzten Jugend forscht Projekt 2022 ein Gehäusesystem aus Beistelltischen und eine Elektronik, die Bewässerung, Belüftung und einen LED-Beleuchtungsbogen steuert, entwickelt. Das System wurde unter natürlichem Sonnenlicht als auch unter suboptimalen Bedingungen getestet. Hierbei wurde eine Etiolierung der Pflanzen festgestellt, woraufhin die Beleuchtung untersucht wurde. Da das Spektrum der damaligen Beleuchtung nicht bis in den UV-Bereich reichte, wurde eine UV-Lampe installiert, die die Etiolierung jedoch nicht verhinderte. Diese Ergebnisse deuteten stark auf eine zu geringe Beleuchtungsstärke hin.

Bei der Weiterentwicklung im Rahmen des nun aktuellen Jugend forscht Projektes 2023 wurde die frühere Beleuchtungsproblematik durch eine höhere Beleuchtungsstärke gelöst. Eine neue, leistungsfähigere Elektronik mit ausgeprägter Sensorik und Logging Funktion wurde für eine höhere Datendichte zur umfangreicheren Analyse und mehr Ansteuerungsmöglichkeiten entwickelt. Darüber hinaus wurde das Systemverhalten in Bezug auf die Platzierung einiger Sensoren und der damit verbundenen Luftverteilung untersucht, dadurch wurde die Positionierung erfolgreich evaluiert. Des Weiteren wurde die Bewässerungsautomatik getestet und angepasst.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ideenfindung.....	1
2	Beleuchtung	1
2.1	Ziel.....	1
2.2	Stand von Jugend forscht 2022.....	1
2.3	Entwicklung der aktualisierten Beleuchtung	2
2.4	Evaluierung der aktualisierten Beleuchtung	2
2.5	Weiterentwicklung der LED-Platinen	3
3	Elektronik.....	4
3.1	Ziel.....	4
3.2	Stand von Jugend forscht 2022.....	4
3.3	Entwicklung der aktualisierten Elektronik	4
3.4	Evaluierung der aktualisierten Elektronik	5
4	Belüftung.....	6
4.1	Verhalten des Belüftungssystems	6
4.2	Aerodynamisches Verhalten in dem Gehäusesystem	8
5	Bewässerung	8
5.1	Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Regelung	8
5.2	Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Fixwerten	11
6	Zusammenfassung/Ergebnisdiskussion.....	12
6.1	Zusammenfassung	12
6.2	Ergebnisdiskussion	13
7	Unterstützungsleistungen	13
	Quellenverzeichnis.....	13

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Ideenfindung

Dieses Projekt ist eine Weiterentwicklung der gleichnamigen Jugend forscht-Projekts von 2022. Die Grundidee ist dieselbe: Die Entwicklung eines autarken, für die breite Gesellschaft leicht zugänglichem Pflanzenanbausystems, da mir auffiel, als ich mich mit dem Nutzpflanzenanbau in Räumen auseinandersetzte, dass es für viele Menschen ausgeschlossen ist, sich so zeit- und kostenintensiv mit diesem Thema zu beschäftigen. Der eigene Lebensmittelanbau gerade in Städten jedoch ist heutzutage substanziell, da für die selbst angebauten Lebensmittel eine kürzere Lieferkette benötigt und somit das Risiko für Lebensmittelknappheiten verringert wird. Deswegen sollte das Anbausystem autark, effizient und für die breite Gesellschaft zugänglich sein. Zentrale Bereiche sind hierbei:

- Beleuchtung
- Belüftung
- Bewässerung
- Steuerung

Vor einem Jahr wurde das grundlegende Gehäusesystem und eine erste Steuerelektronik entwickelt und getestet. Hierbei wurde eine Beleuchtungsproblematik festgestellt, welche nun gelöst werden sollte. Nähere Informationen können aus der Jugend forscht Arbeit 2022 entnommen werden.

Kapitel 2

Beleuchtung

2.1 Ziel

Ziel ist es, eine Beleuchtung zu entwickeln, welche sowohl die Pflanzen mit genügend Licht versorgt als auch Möglichkeit für die Beeinflussung des Pflanzenwachstums bietet.

2.2 Stand von Jugend forscht 2022

Zuerst diente ein Beleuchtungsbogen aus 3D-gedruckten Teilen und einem Band aus 71 Neopixel-LEDs, welche kostengünstig sind und sich leicht und individuell ansteuern lassen, als Beleuchtung. Es wurden die Wellenlängen und Beleuchtungsstärken untersucht, was zu der Hypothese einer zu geringen Beleuchtungsstärke führte.

2.3 Entwicklung der aktualisierten Beleuchtung

Für die aktualisierte Beleuchtung wurden Samsung LM301H (4000K) LED-Chips verwendet. Diese wurden für den Pflanzenanbau entwickelt [2.1] und sind dementsprechend für das Absorptionsspektrum von Chlorophyll a und b angepasst. Der Lichtstrom ist 63-150% pro Chip größer [2.2].

Jedoch existiert derzeit kein Leuchtband mit diesen Chips auf dem Markt, weswegen 12 sich ähnelnde Platinen mit jeweils 10 LM301H Chips entwickelt wurden, welche auf einen aktualisierten 3D-gedruckten Bogen montiert sind.

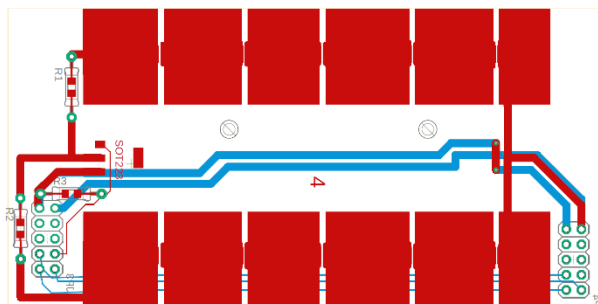


Abbildung 2.1: Platine 4 der aktualisierten Beleuchtung



Abbildung 2.2: aktualisierter Beleuchtungsbogen

2.4 Evaluierung der aktualisierten Beleuchtung

Zunächst wurden alle 12 Platinen der Beleuchtung angeschaltet und ein Messegerät mittig auf dem Boden des Gehäusesystems platziert. Das Messgerät erfasste die in Abbildung 2.3 zu sehenden Messpunkte, indem es in Winkelschritten von 45° rotiert wurde, in Richtung der Stromquelle horizontal startend.

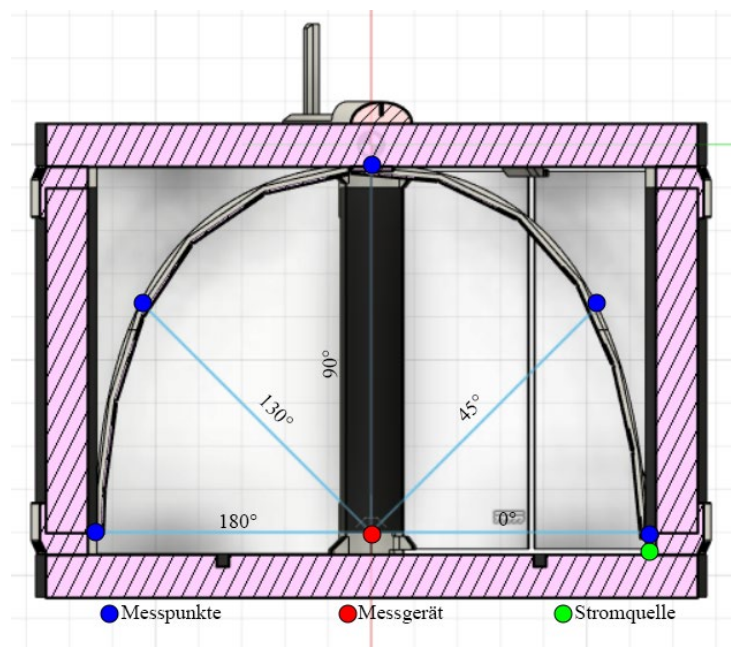


Abbildung 2.3: Schematische Darstellung Versuchsaufbau



Abbildung 2.4: Fotografie Versuchsaufbau

Winkel Messgerät (in °)	0	45	90	130	180
Beleuchtungsstärke (in Lux)	5050	4490	2200	1560	1120

Abbildung 2.5: Tabelle der Beleuchtungsstärke bei unterschiedlichen Winkeln

Hierbei wurde ein Abfall von durchschnittlich 983 Lux pro Schritt festgestellt. Es wurde ein Höchstwert von 5050 Lux ermittelt. Dies ist mehr als ein Faktor 30 höher als die höchste erreichte Beleuchtungsstärke von 150 Lux mit dem vollständig angeschaltetem Neopixel Bogen.

Der erste Test mit dem Anbau von Pflanzen erfolgte am 07.09.2022 13:00 Uhr bis zum 16.09.2022 13:00 Uhr. Das Gehäusesystem befand sich innerhalb eines vollständig abgedunkelten Schrankes des Schülerforschungszentrums Eningen unter Achalm. Nähere Informationen zu den Versuchsbedingungen können aus 5.1, der Evaluierung des Bewässerungssystems, entnommen werden.

Die Pflanzen des letzten Jugend forscht Projektes 2022 unter Neopixel-Beleuchtung des Versuchs zur Funktionsfähigkeit unter suboptimalen Bedingungen zeigten Anzeichen von Etiolierung wie ein Längenwachstum mit weit auseinander gedrückten Internodien und vergleichsweise kleinen Blättern.

Die Pflanzen unter der nun aktualisierten Beleuchtung zeigten keine Anzeichen von Etiolierung: Die Blätter hatten einen grünen Farbton, was auf einen hohen Chlorophyllanteil hindeutet, und waren größer als die Blätter der etiolierten Pflanzen des letzten Jugend forscht Projektes 2022 unter Neopixel-Beleuchtung. Jedoch besaß die Pflanze eine Neigung zu den Platinen, welche näher an der Stromquelle platziert waren.



Abbildung 2.6: Links: Pflanze unter Neopixel-Beleuchtung und rechts unter aktualisierter Beleuchtung

2.5 Weiterentwicklung der LED-Platinen

Aufgrund den in 2.4 erwähnten Schwankungen in der Beleuchtungsstärke wurde eine universelle Platine mit vereinfachten Konnektoren entwickelt. Diese verwendet Flachband-Konnektoren anstatt von Jumper-Kabeln. Außerdem verfügen die universellen Platinen über 12 durchgehende Datenverbindungen, welche je nach Platine individuell mit den jeweiligen Mosfets verbunden werden, kann. So werden keine 12 sich ähnelnde, sondern eine universelle Platine benötigt. Die einzelnen Platinen sind weiterhin wie in der ersten Version parallelgeschaltet.

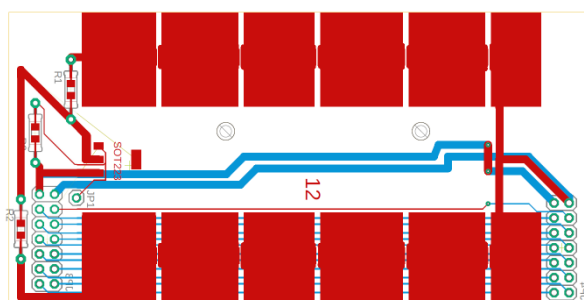


Abbildung 2.7: universelle Platine der aktualisierten Beleuchtung

Kapitel 3

Elektronik

3.1 Ziel

Da nun eine evaluierte, leistungstärkere Beleuchtung vorhanden ist, wird eine Elektronik benötigt, welche die LED-Platinen, die Bewässerung und die Belüftung ansteuern kann. Des Weiteren sollte diese eine Logging Funktion und eine ausgeprägte Sensorik für eine vereinfachte und umfassende Analyse der Tests besitzen. Die Sensorik umfasst:

- Zwei Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren für innerhalb und außerhalb des Gehäusesystems
- Einen Durchfluss- und Bodenfeuchtigkeitssensor für die Überprüfung und Beeinflussung der Bewässerung
- Einen Lux-Sensor für die Überprüfung der Beleuchtung

3.2 Stand von Jugend forscht 2022

Die vorherige Elektronik bestand aus einem DHT11-Sensor für Feuchtigkeit- und Temperaturmessungen, einem Arduino UNO, einem Real Time Clock-Modul, je einem Relay für eine Pumpe und einen Lüfter und aus den Neopixeln als Beleuchtung. Die Komponenten wurden durch Kabel anstatt durch Platinen verbunden.

3.3 Entwicklung der aktualisierten Elektronik

Die aktualisierte Elektronik sollte leistungstark für die Steuerung bzw. Regelung der Komponenten sein und eine Vielzahl an Anschlüssen besitzen, um mit den Teilen der Elektronik interagieren zu können. Deswegen sollte ein Arduino Mega 2560 als Herzstück fungieren. Dieser besitzt 54 digitale Ein-/Ausgangspins wohingegen der in der Vorgängerversion verbaute Arduino UNO nur über 14 digitale Ein-/Ausgangspins verfügt. Des Weiteren ist der SRAM um den Faktor 4 größer

Die Elektronik ist in 2 Teile aufgeteilt: eine Hauptplatine auf dem Gehäusesystem, auf welcher der Arduino MEGA installiert ist und eine Nebenplatine, welche innerhalb des Gehäuses sitzt und als Schnittstelle der Signale für die LED-Platine fungiert. Ein Großteil der Sensorik ist ebenfalls auf dieser montiert, um möglichst nahe an den Pflanzen messen zu können. Die Platinen sind durch ein Flachbandkabel miteinander verbunden.

Die geplante Sensorik besitzt einen Bodenfeuchtigkeitssensor, zwei DHT11-Sensoren, einen Durchflusssensor für die Bewässerung und einen VEML7700 für die Messung der Beleuchtungsstärke. Die Belüftung verwendet nun einen PWM-Lüfter für eine genauere Steuerung. Es wurden zusätzlich zwei Mosfets für die Bewässerungssteuerung und eine zukünftige Luftentfeuchtung mit thermoelektrischen Kühler eingeplant.

Eine ESP32-CAM, welche ein Mikrocontroller mit WLAN-Funktion und Kamera ist, wurde für das Logging der Daten verwendet. Dieser erhält die Daten via serielle Kommunikation mit dem Arduino Mega und speichert sie auf einer SD-Karte. Die ESP32-CAM wurde aufgrund des bereits verbauten Kamera- und SD-Kartenmoduls als auch wegen der Möglichkeiten ausgewählt, die die WLAN-Schnittstelle des Chips bieten.

3.4 Evaluierung der aktualisierten Elektronik

Da eine zuverlässige Elektronik essenziell für jegliche Versuche ist, wurde die Elektronik zunächst überprüft. Das System befand sich innerhalb eines abgedunkelten Schrankes des Schülerforschungszentrums Enningen unter Achalm. Hierbei wurde Wasser in die Pflanzenschale des Gehäusesystems gefüllt. Auf Gläsern platzierte Servietten, welche sich über den Kapillareffekt aufsogen, und somit die Oberfläche des Wassers vergrößerten, fungierten als Simulation eines Substrates.

Die Beleuchtung war durchgehend angeschaltet. Der Lüfter wurde dauerhaft auf 10% der Maximalleistung mittels PWM eingestellt.

Der Arduino sendete jede 1,5 Minuten für 96,325 Stunden insgesamt 3855 Datensätze mit Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerten innerhalb und außerhalb des Gehäusesystems.

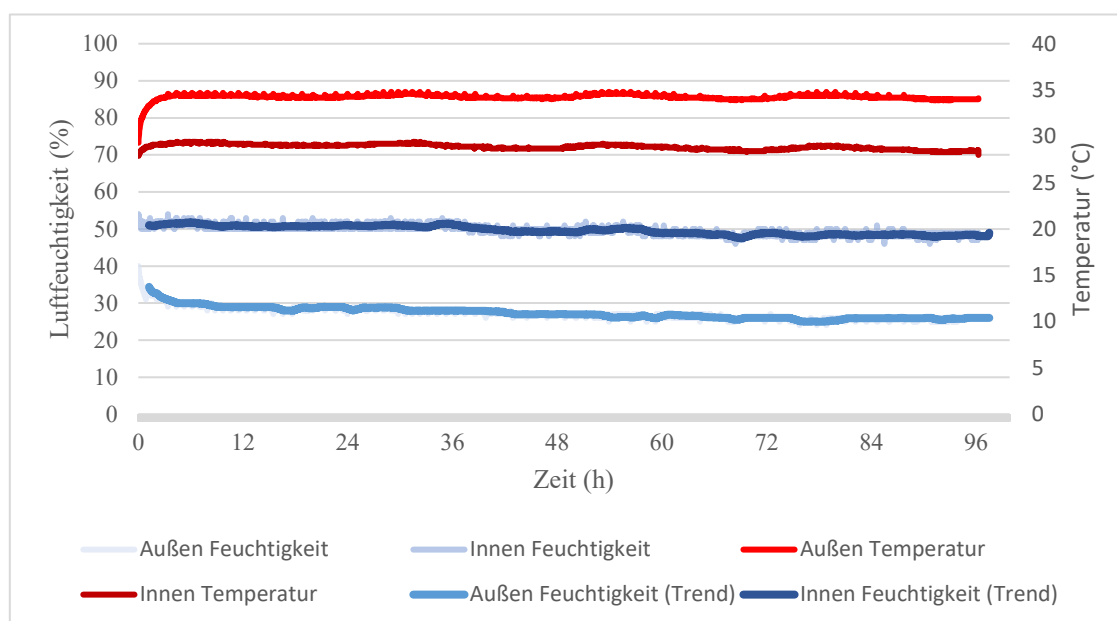


Abbildung 3.1: Diagramm, Temperatur und Luftfeuchtigkeit innerhalb und außerhalb des Systems

Die durchschnittliche Innentemperatur betrug $28,9^{\circ}\text{C}$, die durchschnittliche Außentemperatur $34,3^{\circ}\text{C}$. Es ist ein Temperaturanstieg innerhalb der ersten zwei Stunden zu vermerken. Dieser fällt bei der Außentemperatur größer aus als bei der Innentemperatur. Die Ursache für dieses Phänomen liegt vermutlich darin, dass die Außentemperatur, welche gleich der Temperatur innerhalb des Schrankes ist, durch die Netzteile der Elektronik erhitzt wird. Die Temperatur innerhalb des Gehäusesystems, welches sich ebenfalls in dem Schrank befindet, erhitzt sich nicht so stark, da die Zuluft von der Belüftung von außerhalb des Schrankes kommt. Des Weiteren ist ein periodischer Temperatur An- und Abstieg innerhalb 24 Stunden zu beobachten.

Kapitel 4

Belüftung



Abbildung 4.1: Fotografie Nebeneinheit

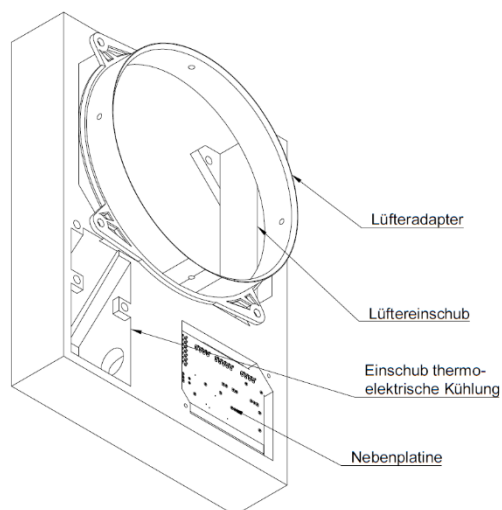


Abbildung 4.2: Grafik Nebeneinheit

Die Belüftung, welche aus einem PWM-Lüfter besteht, wurde mit der Nebenplatine in einer Nebeneinheit mithilfe eines 3D-gedruckten Teils kombiniert. Für Versuche innerhalb eines Schrankes wurde ebenfalls ein Adapter für ein Belüftungsrohr entwickelt, welche sich an der Einheit montieren lässt.

4.1 Verhalten des Belüftungssystems

Um das Verhalten des Systems auf verschiedene Belüftungsleistungen zu testen, wurde der Versuchsaufbau der Evaluierung der aktualisierten Elektronik verwendet.

Die Beleuchtung befand sich in einem Zyklus aus 18 Stunden in angeschaltetem und 6 Stunden in abgeschaltetem Zustand. Das PWM-Signal für die Belüftung wurde jede 24 Stunden um 20% von 0% aus startend erhöht. In der Grafik sind die Absolutwerte des PWM-Signals zu sehen.

Die Differenz zwischen Innen- und Außenfeuchtigkeit nimmt mit jeder PWM-Signal Erhöhung im Bereich von 20% bis 100% tendenziell zu. Sie zeigte Werte im Bereich von 10% bis 17%. Die höchste Differenz zwischen Innen- und Außenfeuchtigkeitswerten liegt jedoch im Bereich von 0% des PWM-Signals mit einem Höchstwert von 31%. Die Temperaturdifferenz zwischen Innerhalb und Außerhalb des Gehäusesystem nahm, während die Beleuchtung ausgeschaltet war, ab und hatte einen Höchstwert von 5,7°C.

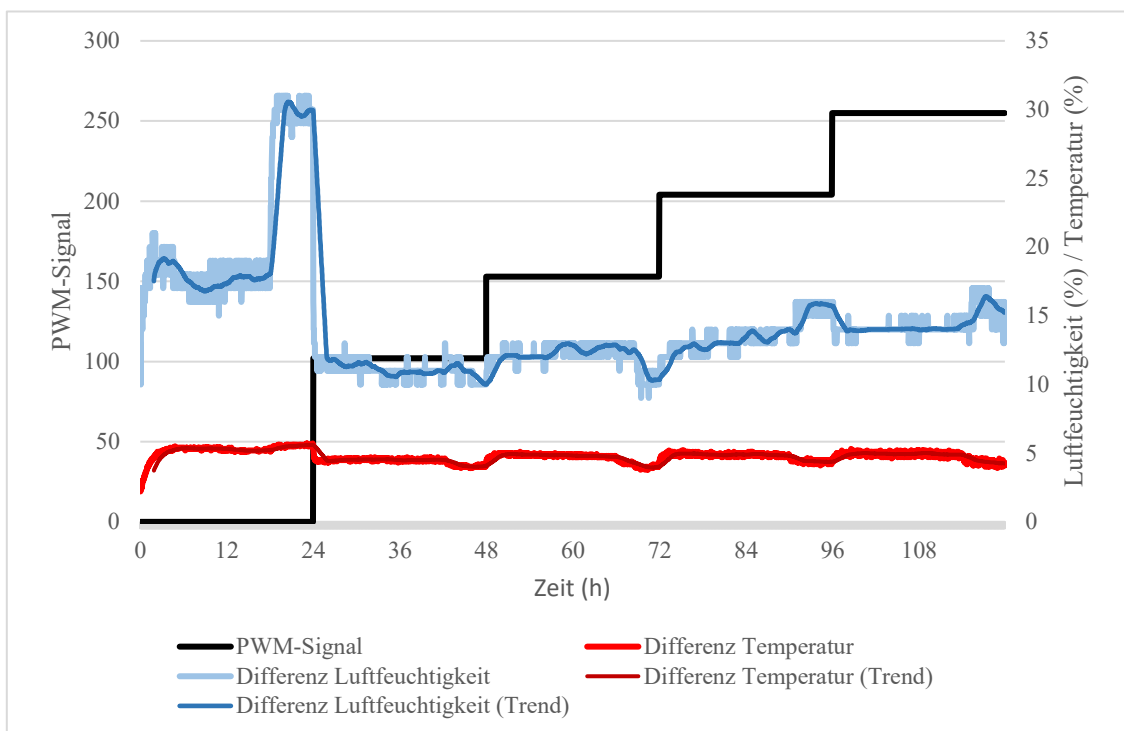


Abbildung 4.3: Diagramm, Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsdifferenz unter variierender Lüfteransteuerung

Die größte Differenz der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur lag im Bereich des PWM-Signals von 0%. Dies führt auf die Hypothese einer Luftschichtung, da die Luft nichtmehr von dem Lüfter durchgewälzt wurde. Diese Hypothese gilt es in 4.2 Aerodynamisches Verhalten in dem Gehäusesystem zu überprüfen.

Die Differenzen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit zeigen eine gewisse isolierende Wirkung des Gehäusesystems und damit die Möglichkeit der Beeinflussung von diesem in Betracht auf die Parameter Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

4.2 Aerodynamisches Verhalten in dem Gehäusesystem

Für die Überprüfung der in 4.1 erwähnten Hypothese wurde nun Nebel durch den Belüftungseingang im Gehäusesystem unter verschiedenen Lüfterleistungen verbreitet.

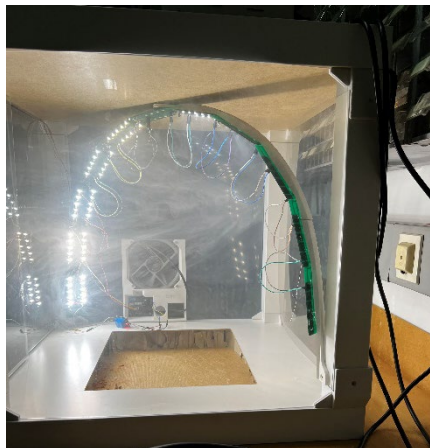


Abbildung 4.4: Photographie Lüfter 0% nach 4min



Abbildung 4.2: Photographie Lüfter 50% nach 30s

Der Nebel verzog sich ungefähr proportional zur steigenden Lüfterleistung. Er trat am meisten an der Front, durch die Spalten der Türen des Gehäusesystems aus. Bei einer Lüfterleistung von 0% ist der Nebel im oberen Teil dichter als im Unteren. Dies bestätigt die Hypothese der Luftschichtung.

Kapitel 5

Bewässerung

Die Bewässerung hat das Ziel die Pflanzen mit ausreichend Wasser zu versorgen. Dabei sollte dieser Vorgang so selbstständig wie möglich stattfinden. Letztes Jahr wurden die Pflanzen von Hand jeden Montag, Mittwoch und Freitag bewässert. Die damalige Elektronik hatte bereits eine Pumpe und ein erstes Bewässerungssystem, welches aufgrund eines undichten 3D-gedruckten Tanks nicht verwendet wurde.

Das aktuelle Bewässerungssystem des Jugend forscht Projektes 2023 besteht aus einer Peristaltik Pumpe, einer Tropfbewässerung und einem Kaffeemaschinentank.

5.1 Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Regelung

Dieser Versuch sollte zeigen, ob das Bewässerungssystem funktioniert und wie dieses sich verhält. Dazu wurde ein Proportionalregler, welcher anhand der Bodenfeuchtigkeit die Pumpe steuert, eingeführt. Der Sollwert betrug 85% Bodenfeuchtigkeit. Das System befand sich innerhalb eines vollständig abgedunkelten Schrankes des Schülerforschungszentrums Eningen unter Achalm. Es wurden Pflücksalat-Samen (*Latuca sativa* var. *crispa*) in Quelltabletten positioniert und in die Pflanzenschale platziert. Die Quelltabletten umgab Seramis Tongranulat. Ein Schlauch mit einer Tropfbewässerungseinheit führt zwischen die Quelltabletten.

Die Beleuchtung befand sich in einem Zyklus aus 18 Stunden in angeschaltetem und 6 Stunden in abgeschaltetem Zustand. Ein Teil des Versuches in Bezug auf die Pflanzenphysiologie wurde bereits in 2.4 der Evaluierung der aktualisierten Beleuchtung beschrieben.

Die Außentemperatur verhielt sich während des Versuches in einem periodischen An- und Abstieg innerhalb 24 Stunden. Die Hoch- und Tiefpunkte hatten Differenzen im Bereich von bis zu 4°C. Die durchschnittliche Außentemperatur betrug 27,9°C.

In den ersten zwölf Stunden sank die Bodenfeuchtigkeit tendenziell. Im Bereich von zwölf bis 72 Stunden waren drei Peaks in den Daten der Bodenfeuchtigkeit zu erkennen. Nach den ersten zwei Peaks sank die Luftfeuchtigkeit, wohingegen nach dem dritten die Bodenfeuchtigkeit auf 100% anstieg und sich auf diesem Niveau bis zum Versuchsende hielt. Das Wasser stand nach Versuchsende in dem unteren Viertel der Pflanzenschale. Das Tongranulat als auch die Quelltabletten besaßen weiße Stellen, welche sich nach einer mikroskopischen Untersuchung als Schimmelpilz offenbarten.

Diese Ergebnisse deuten auf eine Überbewässerung innerhalb der ersten zwei Peaks hin, welche durch die Platzierung der Bewässerung bzw. des Bodenfeuchtigkeitssensors verursacht wurde. Der dritte Peak verursacht die vollständige und nun messbare Sättigung des Systems. Der Sollwert der Bodenfeuchtigkeit wurde jedoch in den Daten nie unterschritten, was stark auf eine Auslösung der Bewässerung außerhalb der gesendeten Daten hindeutet, da die Übermittlung dieser jede 1,5 Minuten erfolgt.

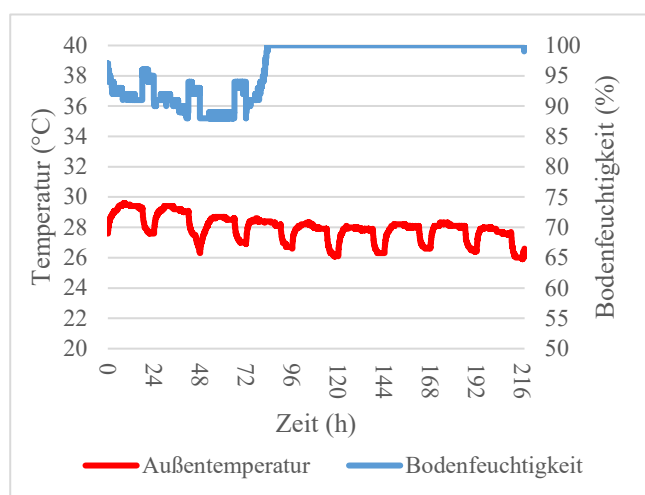


Abbildung 5.1: Diagramm des Versuches

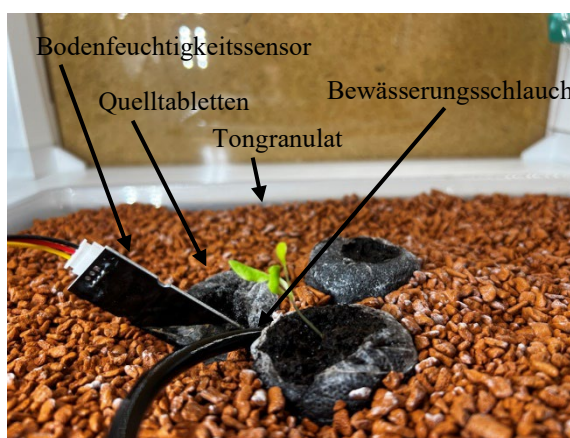


Abbildung 5.2: Fotografie Versuchsaufbau nach 9 Tagen

Aufgrund der Ergebnisse wurde der Sollwert von 85% auf 80% reduziert und neue Parameter wie die Pumpaktivität und der Beleuchtungsstatus in die zu loggenden Daten hinzugefügt. Die Bewässerung wurde mittels Halterungen oberhalb der Quelltabletten neu platziert und bestand von nun an aus mehreren Tropfbewässerungseinheiten, um die Pflanzen gezielter zu bewässern. Des Weiteren wurde das Seramis Tongranulat auf unmittelbar um die Pflanzen reduziert und Kies in die dadurch entstandenen Lücken gefüllt. Dies sollte die Wasserspeicherkapazität der Pflanzenschale allgemein reduzieren.

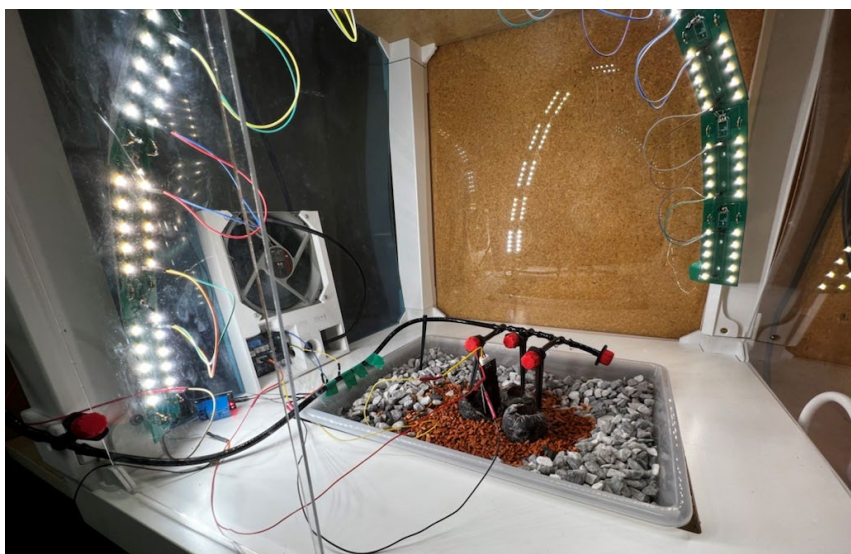


Abbildung 5.3: Fotografie aktualisierter Versuchsaufbau

Der zweite Versuch mit den oben genannten Aktualisierungen wurde als nächstes durchgeführt. Der Zyklus der Beleuchtung wurde nicht verändert.

Die Außen- und Innentemperatur verhielt sich in ähnlich wie im vorherigen Versuch in einem periodischen An- und Abstieg innerhalb 24 Stunden. Die Abstiege und Tiefpunkte sind in jenem Zeitraum, in dem die Beleuchtung ausgeschaltet ist zu sehen, dies deutet stark auf eine Kausalität zwischen Beleuchtung und Temperatur hin. Die durchschnittliche Außentemperatur betrug $30,4^{\circ}\text{C}$. Dies ist eine Erhöhung von $8,96\%$. Die durchschnittliche Innentemperatur betrug $26,3^{\circ}\text{C}$.

Die Außen- und Innenluftfeuchtigkeit erhöhte sich ebenfalls alle 24 Stunden periodisch als die Beleuchtung abgeschaltet war. Eine Kausalität zwischen Temperatur, Beleuchtung und Luftfeuchtigkeit liegt nahe, da kühlere Luft mehr relative Luftfeuchtigkeit besitzt, da sie weniger Wasserdampf aufnehmen kann und dadurch schneller gesättigt ist. Die durchschnittliche Außenluftfeuchtigkeit betrug $24,8\%$, die durchschnittliche Innenluftfeuchtigkeit $35,2\%$.

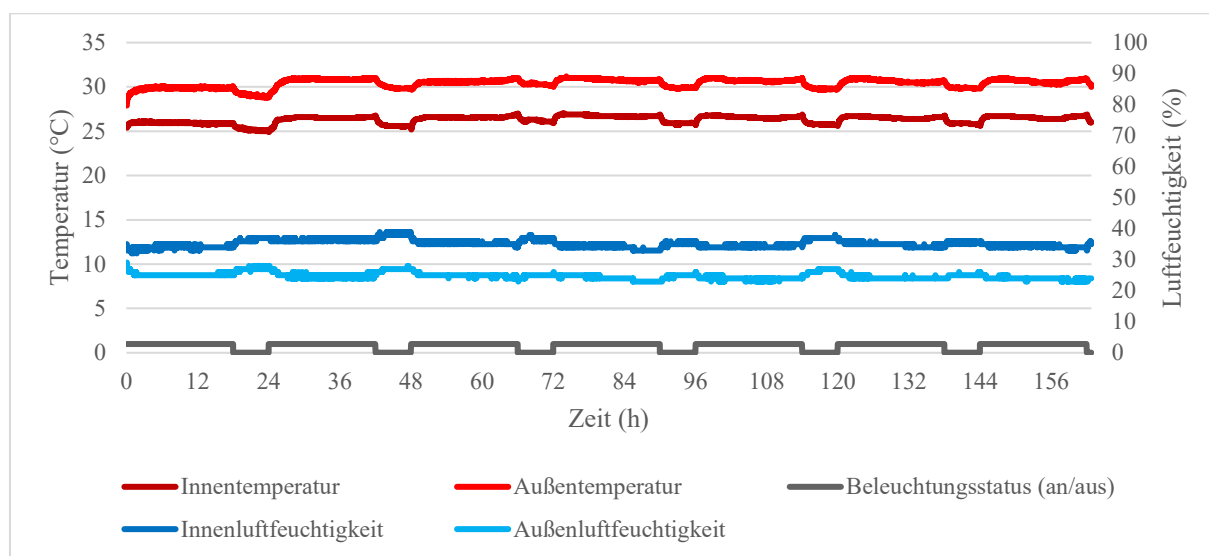


Abbildung 5.4: Diagramm der Außen- und Innentemperatur und Luftfeuchtigkeit

Die Bodenfeuchtigkeit sank in den ersten 1,6 Stunden tendenziell, bis sie den Sollwert von 80% unterschritt. Danach ist ein kurzer Anstieg zu erkennen. Daraufhin fällt die Bodenfeuchtigkeit $0,8$ Stunden lang bis sie erneut den Sollwert unterschreitet und dann höher und kontinuierlich ansteigt und sich innerhalb 24 Stunden konstant auf 100% einpendelt. Die Bewässerung wurde nur in den ersten 3,5 Stunden aktiviert. Die Pumpaktivität in Abbildung 5.5 spiegelt die Zeit in Millisekunden wieder, in jener die Pumpe während eines Loop Durchlaufes betrieben wird. Der Loop Teil des Programmes wiederholt sich ständig.

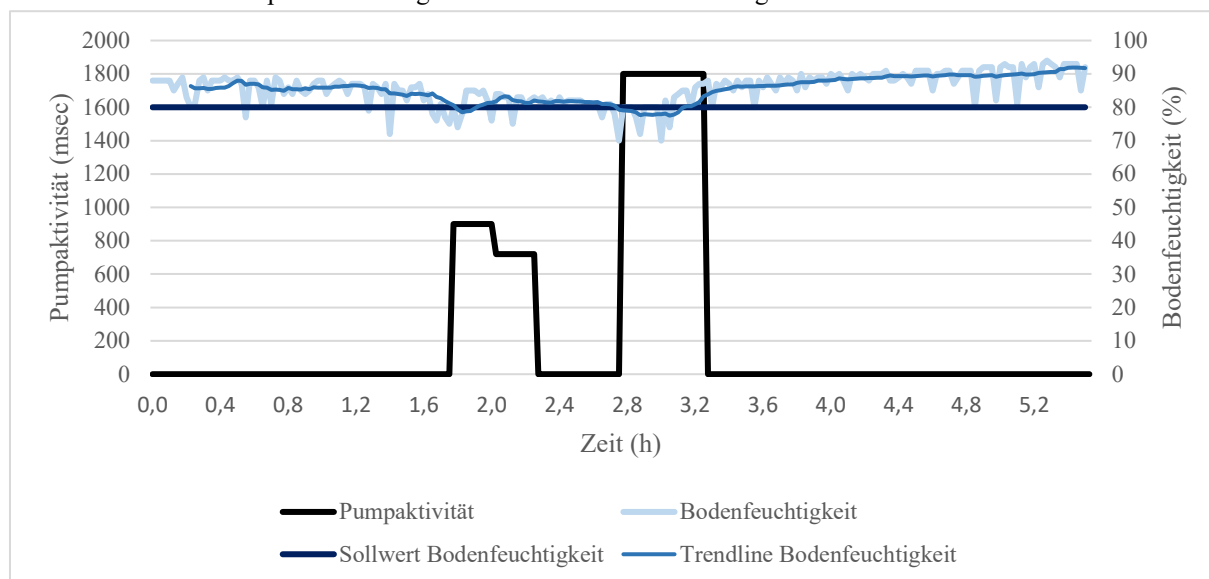


Abbildung 5.5: Diagramm der Bodenfeuchtigkeit und Pumpaktivität innerhalb 5,6 Stunden

Das Wasser stand am Ende des Versuches oberhalb des Tongranulats und Kies in der Pflanzenschale. Es keimten keine Pflanzen und Schimmel bildete sich auf der Wasseroberfläche. Dies zeigte die geringere Wasserspeicherkapazität des Tongranulats.

Die Versuche der Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Regelung zeigen, dass eine Regelung mit dem Bewässerungssystem möglich ist, jedoch mehr Kalibrierung benötigt. Aufgrund von diesen Ergebnissen wurde nun der Ansatz einer Bewässerung mit Fixwerten verfolgt, von welcher die manuelle Bewässerung des letztjährigen Jugend forscht Projektes 2022 einen Ansatz bietet.

5.2 Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Fixwerten

Die Bewässerung mittels Fixwerten funktioniert mit einer Pumpenaktivierung für eine konstant definierte Zeitspanne zu einem konstant definierten Zeitpunkt. Um diese Zeitspanne, für welche die Pumpe aktiviert werden sollte, herauszufinden, wurde die Förderleistung der Pumpe mit einem Wert von 3,57ml/s ermittelt. Auf dieser Grundlage wurde eine Aktivierungsdauer der Pumpe von 30 Sekunden alle zwei Tage festgelegt.

Der Versuchsaufbau glich jenem im zweiten Versuch der Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Regelung. Lediglich die Software wurde verändert und die Quelltöpfe, der Kies und das Tongranulat erneuert.

Die Bodenfeuchtigkeit nahm während des kompletten Versuches tendenziell ab. Es sind vier Spikes in Abstand von 48 Stunden zu erkennen, welche die Bodenfeuchtigkeit kurzzeitig erhöhten und die Pumpenaktivierung widerspiegeln. Die durchschnittliche Bodenfeuchtigkeit betrug 49,83%. Die Quelltöpfe waren bei Versuchsende ausgetrocknet. Es keimten keine Pflanzen.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Pumpenaktivierung nicht den Wasserverlust kompensieren konnte, weswegen die Bodenfeuchtigkeit kontinuierlich abnahm.

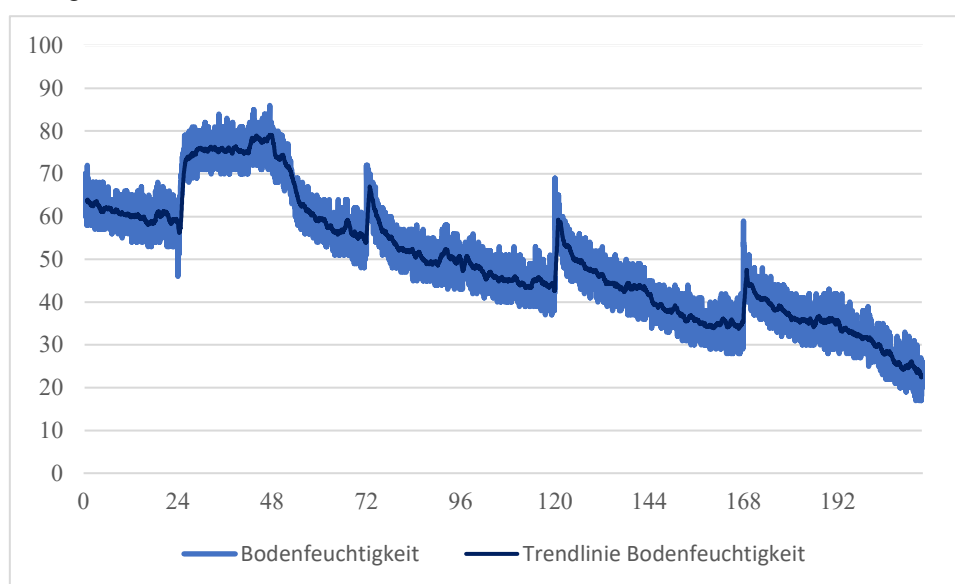


Abbildung 5.6: Diagramm der Bodenfeuchtigkeit

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde das Intervall zwischen der Pumpenaktivität von 2 Tagen auf zwölf Stunden reduziert und ein neuer Versuch gestartet.

Das Tongranulat, der Kies und die Quelltöpfe wurden ausgetauscht.

Die Daten dieses Versuches gingen aufgrund eines Neustarts der ESP-CAM, welche sämtliche Daten überschrieb, verloren. Dennoch zeigte die Pflanzenschale Anzeichen auf Überbewässerung bei Versuchsende. Es keimten keine Pflanzen und Schimmel war zu erkennen.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde die Aktivierungsdauer der Pumpe auf 22,5 Sekunden reduziert und ein erneuter Versuch gestartet.

Ein Neustart der ESP-CAM führte zu einem teilweisen Datenverlust. Es sind Daten von den letzten 4,3 Tagen des Versuches vorhanden. Ein leichter Anstieg der Bodenfeuchtigkeit über die vorhandene Versuchszeit ist zu beobachten. Es sind drei Peaks zu erkennen, welche in der Zeit liegen, in der die Beleuchtung ausgeschaltet war. Dies könnte mit der in Abschnitt 5.1 erwähnten möglichen Kausalität zwischen Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Beleuchtung zusammenhängen. Die durchschnittliche Bodenfeuchtigkeit betrug 97,8%. Die Pflanzenschale zeigte Anzeichen auf Überbewässerung, jedoch war kein Schimmel erkennbar.

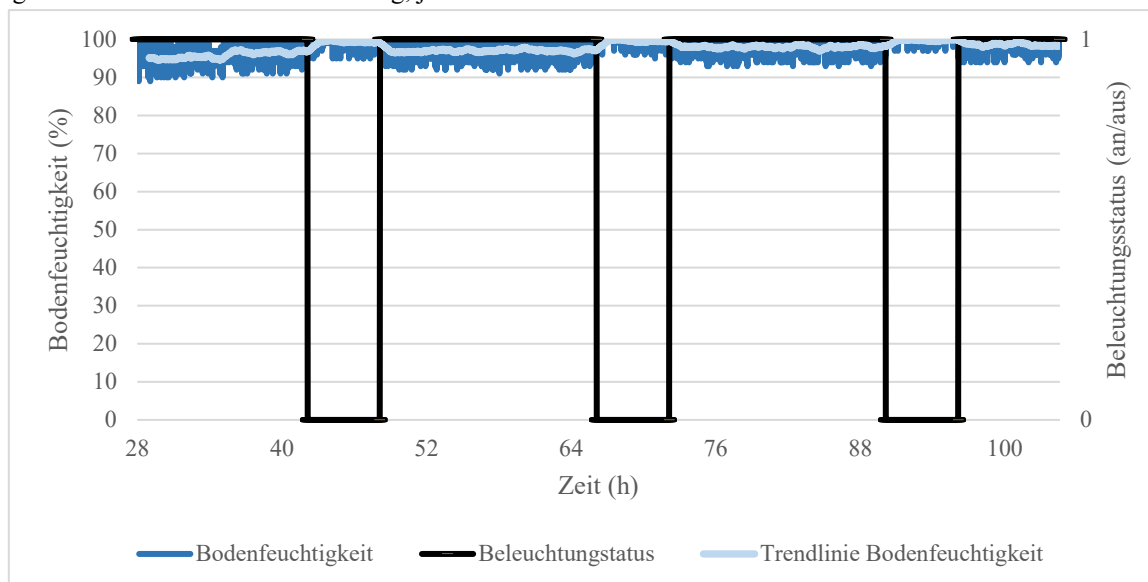


Abbildung 5.7: Diagramm der Bodenfeuchtigkeit der letzten 4,3 Versuchstagen

Kapitel 6

Zusammenfassung/Ergebnisdiskussion

6.1 Zusammenfassung

Das am Anfang dieses Projekt festgelegte Ziel war die Entwicklung eines autarken, für die breite Gesellschaft leicht zugänglichem Pflanzenanbausystem. Die Grundlage für das Erreichen dieses Ziels wurde letztes Jahr bei Jugend forscht 2022 gelegt, indem ein erschwingliches Gehäusesystem aus Beistelltischen und eine erste Elektronik entwickelt und getestet wurde. Dabei stellte sich eine Beleuchtungsproblematik heraus. Die Weiterentwicklung des Systems im Rahmen des aktuellen Jugend forscht Projektes 2023 inkludiert:

- Eine aktualisierte Beleuchtung mit Eigens entwickelten Platinen, welche die Beleuchtungsproblematik löste und durch ihre Art der Montierung an einem Bogen Freiraum für weitere Experimente bietet (z.B. der Simulation eines Sonnenzyklus)
- Eine aktualisierte, leistungsstärkere Elektronik mit einem selbstentwickelten Platinen System aus Haupt- und Nebenplatine. Dieses verfügt über eine ausgeprägte Sensorik für eine bessere Analyse von Versuchen und über eine Logging Funktion die über einen zweiten Mikrokontroller mit WLAN-Schnittstelle, SD-Karten- und Kameramodul, der ESP-CAM, betrieben wird.
- Die Untersuchung des Systemverhalten unter verschiedener Lüfterleistungen.
- Erste Entwicklungen einer automatischen Bewässerung und eine Untersuchung dieser.

Die typische Versuchsdauer betrug sieben Tage, weswegen sich die Versuche als sehr zeitintensiv herausstellten. Dies verlängerte den Prozess der Weiterentwicklung und Anpassung für folgende Versuche erheblich.

6.2 Ergebnisdiskussion

Es ist fraglich, ob ein solches System wie FRUGT autark und mit wenig menschlicher Intervention funktionieren kann. Deshalb sind weitere Untersuchungen nötig, um die Bewässerung des Systems zu kalibrieren. Dies bietet die Grundlage für einen Pflanzenanbau, welcher nicht nur über die Keimung hinausgeht, sondern auch bis zur Ernte reicht.

Außerdem ist noch offen, ob das System für die breite Gesellschaft zugänglich ist, da die Elektronik eine hohe Komplexität aufweist, welche für die Untersuchung des Systemverhaltens benötigt wird. Die Elektronik kann in zukünftigen Versionen durch die Reduzierung von Sensoren und der Verwendung eines Bus zur Ansteuerung der Beleuchtung vereinfacht werden. Dies würde außerdem den Preis von 256€ reduzieren und das Projekt noch erschwinglicher machen.

Das entwickelte Gehäusesystem ist aufgrund der Wahl der Komponenten bereits leicht zugänglich.

Des Weiteren bietet die nun aktualisierte Elektronik eine Vielzahl an Versuchs- und Erweiterungsmöglichkeiten wie z.B. den Einbau einer thermoelektrischen Heizung. Wenn nun die WLAN-Schnittstelle der ESP-CAM für beispielsweise einen Web-Server genutzt wird und die Handhabung der Elektronik durch ein intuitives User Interface vereinfacht wird, kann dieses System ebenfalls als Grundlage für ein Citizen Science Projekt genutzt werden. Dies würde das System verbreiten, verbessern und allgemein leichter zugänglich machen.

Kapitel 7

Unterstützungsleistungen

Ein großes Dankeschön an alle, die mich während der Arbeit unterstützt haben. Besonders hervorzuheben sind:

- Dr. Joachim Groß, Lehrer und Leiter des Schülerforschungszentrums in Eningen unter Achalm, Graf-Eberhard-Gymnasium, 72574 Bad Urach, Art der Unterstützung: Finanzielle Regelung und Betreuer
- Stiftung, Baden-Württemberg-Stiftung, 70174 Stuttgart, Art der Unterstützung: Unterstützung durch Forschungsgelder.
- Schülerforschungszentrum Eningen, 72800 Eningen, Art der Unterstützung: Bereitstellung von Materialien und Laboren.

Quellenverzeichnis

Literatur

[1.1] Schriftliche Ausarbeitung des Jugend forscht Projektes 2022 FRUGT von Tim Weber

Online-Quellen

[2.1] URL: <https://www.samsung.com/led/lighting/mid-power-leds/3030-leds/lm301h/>

29.12.2022, LM301H LED-Chip.

[2.2] URL: <https://blinkende-lichter.de/die-grundlagen-der-ws2812b-ws2811-led-pixel/>

29.12.2022, Grundlagen Neopixel

Anhang

Tabelle der durchgeführten Versuche

Name	Datum	Anmerkungen
Evaluierung der aktualisierten Elektronik	19.08.22 – 23.08.22	
Verhalten des Belüftungssystems	07.10.22 – 12.10.22	
Aerodynamisches Verhalten	11.11.22	
Evaluierung der Bewässerung mittels Regelung - 1	07.09.22 – 16.09.22	Dieser Versuch diente zusätzlich der Evaluierung der aktualisierten Beleuchtung
Evaluierung der Bewässerung mittels Regelung - 2	23.09.22 – 30.09.22	
Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Fixwerten - 1	18.11.22 – 27.11.22	
Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Fixwerten - 2	02.12.22 – 09.12.22	
Evaluierung des Bewässerungssystems mittels Fixwerten - 3	09.12.22 – 16.12.22	