

2021

Interdisziplinäre Projektarbeit BM2_TE20A

Gewerblich-Industrielle Berufsfachschule Olten



Das moderne Gewächshaus für
den privaten Gebrauch

Aspekte:

- Technik und Umwelt
- Wirtschaft

Experten:

- Thomas Büttiker
- Martin Meyer

Verfasser:

- Roman Grob
- Aron Düringer
- Martin Stefan
- Gawril Frauchiger

Abstract

Da sich Urban Gardening im Trend der Gesellschaft immer wie mehr bemerkbar macht, ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich eine neue Untergruppe daraus entwickelt. In dieser Arbeit wird eine neue Art von Urban Gardening geplant, konstruiert und umgesetzt. Das Ziel ist es, mithilfe der Technik eine automatisierte Gewächshaussteuerung zu realisieren, bei welcher der Wachstumsprozess von Pflanzen überwacht und geregelt wird. Somit ist das Halten von Gemüse für den Besitzer nicht mehr so zeitaufwändig.

Da zurzeit viel Gemüse aus dem Ausland oder von riesigen Gewächshäusern stammt, verbraucht dieses beim Transport viel Energie. Das zweite Interesse dieser Arbeit besteht darin, herauszufinden, ob sich durch das Projekt CONSUS die benötigte Energie verringern lässt. Dabei wird ein direkter Vergleich durchgeführt und die Ergebnisse aufgezeigt.

Aus dieser Arbeit ist zu entnehmen, dass sich das Projekt CONSUS durchaus positiv auf die Umwelt wie auch auf das gesamtgesellschaftliche Wohl auswirken kann. Um CONSUS jedoch effizient zu nutzen, müssten einige Anpassungen vorgenommen werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Urban Gardening.....	2
2.1 Unterscheidungen Urban Gardening.....	3
2.1.1 Kleingärten	3
2.1.2 Hochbeete.....	4
2.1.3 Vertikale Landwirtschaft.....	4
2.2 CONSUS in Urban Gardening	5
3 Planung.....	6
4 Konstruktion.....	7
5 Realisierung.....	8
5.1 Mechanischer Aufbau und Verdrahtung.....	8
5.2 Programmierung	10
5.2.1 Main [OB1]	11
5.2.2 Sicherheit [FC1]	11
5.2.3 Skalierung [FC2]	11
5.2.4 Sollwerte schreiben [FC3]	11
5.2.5 Lüftung [FC4].....	11
5.2.6 Befeuchtung [FC5].....	12
5.2.7 Beleuchtung [FC6].....	12
5.2.8 DATEANDTIME [DB7]	12
5.2.9 Störungen [DB8].....	12
5.3 Visualisierung	13
5.4 Inbetriebnahme	14
5.5 Schlussfolgerung der praktischen Arbeit	16
6 Gesamtgesellschaftlicher Aspekt	17
6.1 Schweizer Tomaten.....	17
6.2 Schweizer und spanische Tomaten.....	19
6.3 Projekt CONSUS.....	20

6.4 Psychischer Aspekt von Projekt CONSUS.....	21
6.5 Schlussfolgerung des gesamtgesellschaftlichen Aspekts.....	23
7 Reflexion.....	24
7.1 Danksagung.....	25
8 Quellen und Abbildungsverzeichnis.....	27
8.1 Literaturverzeichnis.....	27
8.2 Abbildung und Tabellen Verzeichnis.....	29
9 Anhang.....	31
9.1 Zeitplan.....	31
9.2 Arbeitsjournal.....	31
9.3 Notizen und mechanische Pläne.....	31
9.4 Schema.....	31
9.5 Programm.....	31

1 Einleitung

Aus diversen Gründen strebt ein grosser Teil der Gesellschaft nach dem Genuss von regionalen Lebensmitteln. Auch der Gedanke des selbst angebauten Essens ist in vielen Köpfen verankert. Die Gewissheit des nachhaltigen Gemüses ist ebenfalls ein weiterer Faktor des Konsumverhaltens der Bevölkerung. Doch häufig fehlt es den vielbeschäftigten Bürgern an Zeit und Wissen, um eigenes Gemüse anzubauen. Der Kernteil dieser Arbeit befasst sich mit der Lösung dieser Probleme.

Die Erschaffung einer neuen Art von Urban Gardening dient als Grundgedanke für ein automatisiertes Gewächshaus im privaten Gebrauch. Im ersten Teil der Arbeit steht die Konstruktion und Realisierung der Gewächshaussteuerung CONSUS im Zentrum. CONSUS steht für den Erntegott im altrömischen Reich. (HOPSON 2015: 1) Dabei liegt das Interesse bei einem automatisierten Gewächshaus, welches durch Überwachung die optimalen Bedingungen für das Gemüse bereitstellt. Die Gewächshaussteuerung CONSUS hat das Ziel der Erfüllung aller Bedürfnisse einer Privatperson in Punkto Eigenanbau von Gemüse. Dabei wird auch eine kurze Einführung ins bisher existierende Urban Gardening beschrieben, um allfällige Marktlücken zu finden und jene mithilfe des Projekts zu schliessen. Hierzu dient folgende Leitfrage:

«Unter welchen Bedingungen ist ein autonomes Gewächshaus zu konstruieren und zu realisieren?»

In einem zweiten Teil werden die gesamtgesellschaftlichen Aspekte des Projekts CONSUS behandelt. Dabei werde die Auswirkungen einer Gesellschaft mit der etablierten Gewächshaussteuerung CONSUS betrachtet. Welche Vorteile und Nachteile die Nutzung dieser neuen Art von Urban Gardening hätte. Demzufolge dient diese Leitfrage:

«Wie profitiert der Konsument (gesamte Gesellschaft) von unserem Produkt?»

Dabei wird das Vorgehen, sowie die gewonnenen Erkenntnisse in dieser Dokumentation dargelegt.

2 Urban Gardening

Im Gegensatz zu früher ist die Nahrungszulieferung meist mit langen Transportwegen verbunden, was einen steigenden CO₂ Ausstoss sowie Dichtestress zur Folge hat. Die Menschen beginnen sich jedoch wieder vermehrt um das Klima zu kümmern und das Interesse der Bevölkerung zur Lebensqualität, Natur und Nachhaltigkeit nimmt ständig zu. Somit steigt der Bedarf an Nahrungsmitteln, die umweltverträglich produziert werden. Ein zurzeit boomender Trend ist das Urban Gardening, bei welchem es primär darum geht, die Lebensmittel lokal und nachhaltig auf begrenztem Raum anzupflanzen. Beispielsweise in der Stadt auf den Dächern der Hochhäuser. Die Idee des urbanen Anbaus ist jedoch nicht neu und hat zwei Ursprungsorte. Zum einen die



Abbildung 1 Urban Gardening Kuba

kubanische Landwirtschaft, welche nach dem Lieferstopp von günstigem Erdöl aus der Sowjetunion im Jahre 1989 die Landwirtschaft auf postfossile¹ Brennstoffe umstellen musste. (MÜLLER: 1)



Abbildung 2 Urban Gardening New York

New York ist der am zweit häufigsten genannten Ort, bei dem das Urban Gardening seinen Ursprung haben soll. In den 1970er Jahren verbesserten Aktivisten mit den Community Gardens² die Lebensbedingungen in den armen Stadtvierteln. Da die arme Bevölkerung kein Geld mehr für gesundes Gemüse zur Verfügung hatte, wurde das Gemüse in den Supermärkten der Slums nicht mehr angeboten. Deshalb entstanden in diesen Regionen so genannte Community Gardens. In diesen Gärten wurde hauptsächlich frisches Gemüse, angepflanzt von unterschiedlichen Personen, angebaut. Ebenfalls wurde durch diese Kontakte der soziale Zusammenhalt im jeweiligen Quartier gestärkt.

Heute gibt es in der Schweiz auch Community Gardens. Diese sind jedoch nicht primär für die Nahrungsversorgung gedacht, sondern befassen sich eher mit der Integration und dem Austausch von Flüchtlingen und Migranten mit den Einheimischen. (BEERI 2020: 1)

So entstanden bis heute viele verschiedene Arten von Urban Gardening, die von Gemeinschaftsgärten bis zu vertikaler Landwirtschaft reichen. Das in der heutigen Zeit bestehende

¹ Postfossil: Verzicht auf fossile Brennstoffe, Rohstoffe und Energieträger.

² Community Gardens: Ein Garten wo sich jeder Mann*Frau bedienen kann.

Problem ist jedoch, dass die Bevölkerung zu wenig Zeit und Platz hat, damit sie sich um den Anbau von Nahrungsmitteln kümmern kann. Das hat zur Folge, dass viele Leute auf den Anbau von Lebensmitteln verzichten. Um dieses Problem beheben zu können, braucht es eine neue Art des urbanen Anbaus, welche mit wenig Zeit und Wissen betrieben werden kann. Der Lösungsansatz liegt darin, die Pflanze automatisch zu bewässern, zu beleuchten und mit allen wichtigen Nährstoffen zu versorgen. Das Ganze sollte möglichst wenig Platz in Anspruch nehmen und flexibel sein, damit der Verbraucher nur mit der Ernte beschäftigt ist. Für das bräuchte es ein automatisiertes Gewächshaus, welches das selbständige Wachsen der Pflanzen überwacht und die optimalen Bedingungen bereitstellt. In dieser Zeit kann sich die Bevölkerung der Arbeit oder anderen Beschäftigungen widmen.

2.1 Unterscheidungen Urban Gardening

Urban Gardening ist die Nutzung von kleinen Flächen in Städten oder deren Umgebungen. Dabei spielt die nachhaltige Bewirtschaftung eine grosse Rolle. Im Vordergrund steht dabei der bewusste Konsum von umweltschonenden Produkten. Die Beweggründe des Urban Gardenings sind unterschiedlich. Dabei ist zu beachten, dass es nicht nur eine Form von Urban Gardening gibt. Mit der Zeit haben sich verschiedene Arten aus dem Begriff entwickelt und damit auch diverse Beweggründe. (OTT: 1)

2.1.1 Kleingärten

Bei den Kleingärten geht es primär darum, dem Alltag zu entfliehen und sich zu erholen. Sie befinden sich meist auf kleinen Grundstücken neben Bahngleisen oder zwischen Industriegebieten.



Abbildung 3 Schrebergarten

Häufig trifft man auf dem Grundstück eine Laube an, in der man sich bei Kälte oder schlechtem Wetter aufhalten kann. Jedoch haben die Kleingärten auch eine ökologische Funktion. Sie dämmen den

Stadtlärm und bieten Lebensräume für aller Art von Tieren. Nebst der Erholung vom Alltagsstress ist der ökologische Aspekt auch sehr wichtig für die Nutzer der Kleingärten. Dabei verzichten diese meist auf Pestizide und bewässern ihre Gärten mit Regenwasser.

2.1.2 Hochbeete

Hochbeete finden Anwendung auf Balkonen oder auf Dächern von Hochhäusern. Hochbeete werden meist von Familien genutzt, die sich zu einem kleinen Teil Selbstversorgen wollen, in dem sie eigenes Gemüse oder Kräuter anpflanzen. Der Gedanke zur Unabhängigkeit und das Verzichtens auf lange Importwege spielen dabei eine grosse Rolle. Da Hochbeete ein städtisches Phänomen sind, unterstützen sie die Biodiversität in den Städten. (CLAUDIO 2019: 1)



Abbildung 4 Hochbeete

2.1.3 Vertikale Landwirtschaft

Die vertikale Landwirtschaft ist eine Technologie der Zukunft. Sie ist jedoch bereits in gewissen Ländern wie beispielsweise China anzutreffen. Hierbei wird das Gemüse auf verschiedenen Stockwerken in Gebäuden gezüchtet. Jedes Stockwerk besteht dabei aus mehreren



Abbildung 5 Vertikales Gewächshaus

Pflanzenetagen, um den Platz möglichst effizient zu nutzen. Weil die Aussenwelt keinen Einfluss auf das innere dieser Gewächshäuser hat, werden keine Pestizide gebraucht. Dabei entsteht ein vom Menschen kontrolliertes Ökosystem. Durch die optimale Nutzung der Gewächshäuser können unterschiedliche Lebensmittel das ganze Jahr angepflanzt werden. Da vertikale Gewächshäuser in Städten stehen, werden die Transportwege zwischen Lebensmittelhandel und Produktion minimiert. Dies hat zur Folge, dass CO₂ Emissionen des Transports eingespart werden. (JUNGBLUT 2018: 1)

2.2 CONSUS in Urban Gardening

Bei CONSUS wird die Idee der vertikalen Landwirtschaft und die des Hochbeets vereint. Man hat ein eigenes Ökosystem welches automatisch das ideale Gedeihen der Pflanze sichert. Zudem kann man die Ernte sein Eigen nennen, denn es hat den Verkaufstresen nie passiert. Dabei übernimmt die Automatisierung den zeitaufwendigen Teil des Pflagens der Pflanze.

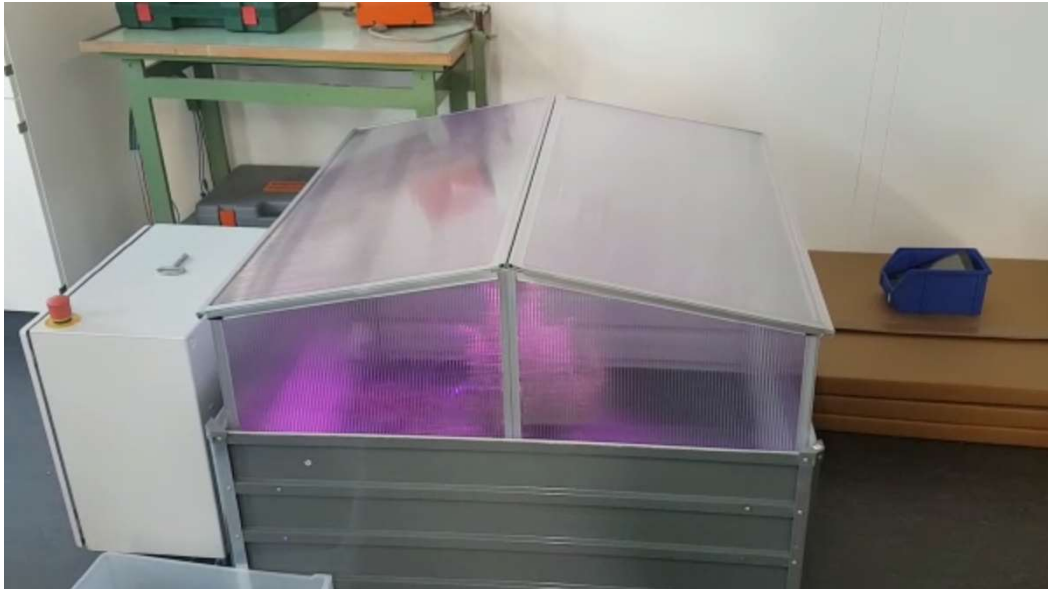


Abbildung 6 Gewächshaus CONSUS in Betrieb

3 Planung

Zu Beginn standen viele Ideen zur Auswahl. Die erste Idee war ein Gewächshausschrank auf Rollen, in der Pflanze und Technik kombiniert sind. Diese Option war allerdings zu teuer und zu unpraktisch.

Die Planung war sehr umfangreich, da sie viele einzelne Steuerungskreise beinhaltete. Beispielsweise Dampfdüsen mit zugehörigem Wasserauffangbecken, um die Luftfeuchtigkeit exakt zu regulieren. Zudem wurde ein zusätzlicher Düngertank, sowie eine pH-Wert Kontrolle und eine Heizung geplant.

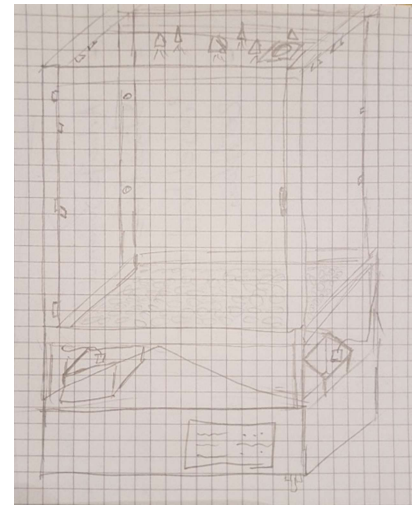


Abbildung 7 Skizze 1. Idee

Überzeugend war die Annahme, dass mehrere Pflanzen verschiedener Art gleichzeitig wachsen können. Aufgrund der hohen Kosten sowie der ungünstigen Handhabung wurde eine andere Lösung gesucht.

Die Herausforderung wurde mit einem Schaltschrank, welcher an jedes bestehende Gewächshaus angeschlossen werden kann, gelöst. Dabei enthält der Schaltschrank die ganze Technik inklusive Steuerung. Im Gewächshaus befinden sich nur die nötigen Sensoren und Aktoren. Auch die Auswahl der zu steuernden Werte wurde auf das wesentliche begrenzt.

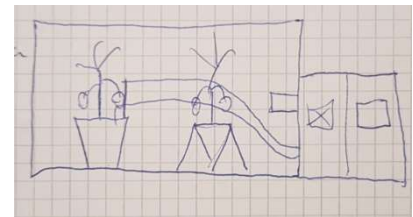


Abbildung 8 Skizze 2. Idee

Dieser Einfall entpuppte sich als erschwinglicher und hat den grossen Vorteil eines modularen Gewächshauses. Somit kann der Schaltschrank an diversen Gewächshäusern montiert werden. Zur Datenerfassung und Bewässerung war ein Sensorstab vorgesehen. Am Sensorstab ist ein Wasserschlauch befestigt, welcher vom Schaltschrank aus Wasser zur Pflanze führt. Dieser wird neben der Pflanze in den Topf gesteckt. Auch eine mit Sensoren bestückte UV-Lampe würde im Gewächshaus montiert werden. Es wurde ein Luft- und Bodenfeuchtigkeitssensor, ein Lichtsensor und eine Kohlenstoffdioxidssensor verbaut.

Da ein Entwurf und eine Vision vorhanden waren, konnte das Team CONSUS mit der Konstruktion beginnen.

4 Konstruktion

Zu Beginn wurde eine Stückliste erstellt. Hierbei wurde auf die Einbaugrösse, Montagefreundlichkeit und auf die Verbraucherspannung geachtet. Gleichzeitig wurden Zeitplan und Projektvertrag geschrieben.

Als die Stückliste fertiggestellt wurde, konnten die ersten mechanischen Pläne entworfen werden. Zeitgleich wurde das Elektroschema erstellt. Das ausgewählte Schemaprogramm enthielt noch keine grosse Bibliothek von elektrischen Komponenten. Folge dessen dauerte das Schema zeichnen länger als üblich, da alle Bauteile zuerst selbst gezeichnet werden mussten.

Die Abtrennbleche und der Sensorstab wurden konstruiert. Die Bleche dienen zur Abtrennung zwischen dem elektrischen Stromkreis und dem Wasserkreislauf.

Der Sensorstab wurde extern in Auftrag gegeben, da durch Covid-19 ein selbstständiges Fertigen nicht möglich war. Die Fertigung des Sensorstabs war auf maximal zwei Wochen terminiert.

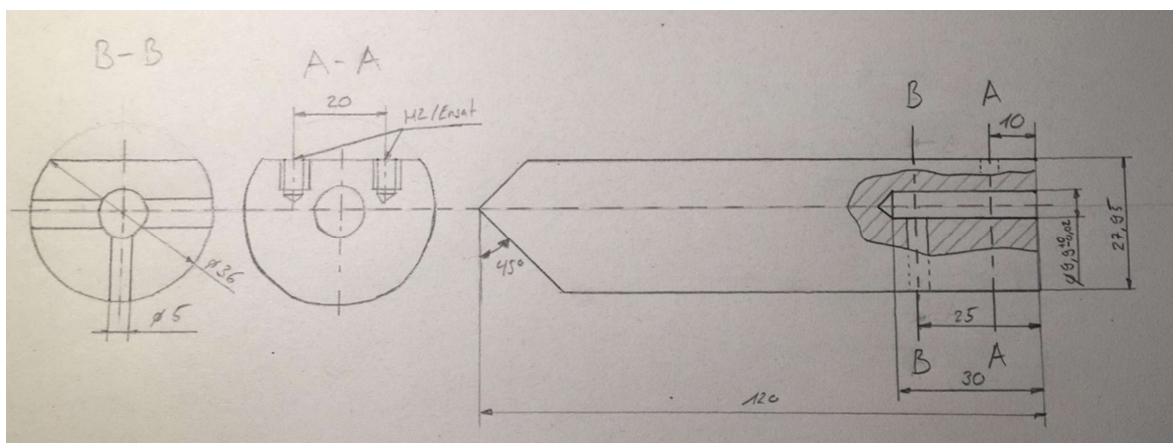


Abbildung 9 Fertigungsplan Sensorstab

5 Realisierung

Der Zeitpunkt der Realisierung verzögerte sich, da noch finanzielle Abklärungen mit dem BBZ Olten getroffen werden mussten.

5.1 Mechanischer Aufbau und Verdrahtung

Der Start erfolgte, als alle notwendigen Teile per Post angeliefert wurden. Der erste Schritt war das Aufstellen des Gewächshauses, welches ein Bausatz war. Dies wurde gemacht, um den Anschluss des Gewächshauses eines potenziellen Kunden zu imitieren.

Vorerst wurden die benötigten Bleche gefertigt. Eines trennt die Steuerungsseite von der Wasserseite ab. Das zweite Blech dient der Befestigung des Lüfters.

Löcher für den Not-Aus, Luftröhre, Touchpanel sowie Netzstecker und

Wasserschlauch wurden in die Wände des Schaltschranks gebohrt.

Ebenso wurde ein Loch für die Luftzufuhr in den unteren Teil des Gewächshauses gebohrt. Dies ist der einzig notwendige Schritt, um den Schaltschrank mit dem Gewächshaus zu verbinden. Die Wasserleitung und alle Sensorkable werden ebenfalls durch diese Lüftungsröhre geführt.

Wasserpumpe und Magnetventil wurden auf der unteren Seite des Schaltschranks montiert, sodass Wasser eines eventuellen Wasserlecks mit Hilfe der Schwerkraft nicht an die elektrischen Bauteile gelangen kann.

Lüftungslöcher an der Unterseite dienen der Ansaugung des Ventilators. Bei einem Wasserleck entstandenes Wasser würde ebenfalls über diese Löcher abgeführt werden. Durch die kleinen Durchmesser der Löcher wird das Eindringen von Ungeziefer verhindert.



Abbildung 10 Schaltschrank CONSUS

Zeitgleich wurde die Elektronik fachmännische nach Schema verdrahtet. Für die Übersichtlichkeit wurden die Kabel in drei verschiedene Farben eingeteilt. Grüne Kabel repräsentieren alle Datenkabel, Violette wurden für die Kleinspannung verwendet und braune Kabel stehen für Niederspannung.

Da die Fertigung des geplanten Sensorstabs durch Covid-19 verhindert wurde, ist ein Prototyp erstellt worden. Dieser erfüllt alle Funktion, jedoch beinhaltet er diverse Optimierungsmöglichkeiten.



Abbildung 11 Sensorstab CONSUS

Als letzter Schritt des mechanischen Aufbaus, wurde der Schaltschrank über die Lüftungsröhre mit dem Gewächshaus verbunden und die Sensoren montiert.



Abbildung 12 Gewächshaus CONSUS ausgeschalten

5.2 Programmierung

Für die Programmierung der Anlage wurde die Software TIA (Totally Integrated Automation) von SIEMENS verwendet. Die verwendeten Steuerungsbauteile von SIEMENS sind extra für diese Software ausgelegt. Das ganze Programm ist in der Sprache FUP (Funktionsplan) programmiert, da diese sehr übersichtlich und eine in der Automatisierung weit verbreitete Sprache ist. Sie ist grafisch orientiert und besteht aus diversen Bausteinen. Diese einzelnen Bausteine werden zu einem gesamten Programm zusammengefügt.

Das Programm CONSUS ist in einzelne Steuerungskreise unterteilt, welche parallel zueinander arbeiten. Jeder einzelne Steuerungskreis ist in einem FC (Funktionsbaustein) geschrieben. Alle FCs werden in einem OB (Organisationsbaustein) zusammengefasst, um diese parallel und unabhängig voneinander funktionieren zu lassen. Zusätzlich gibt es DBs (Datenbausteine), welche die Übermittlung von Daten innerhalb des Programms sicherstellen.

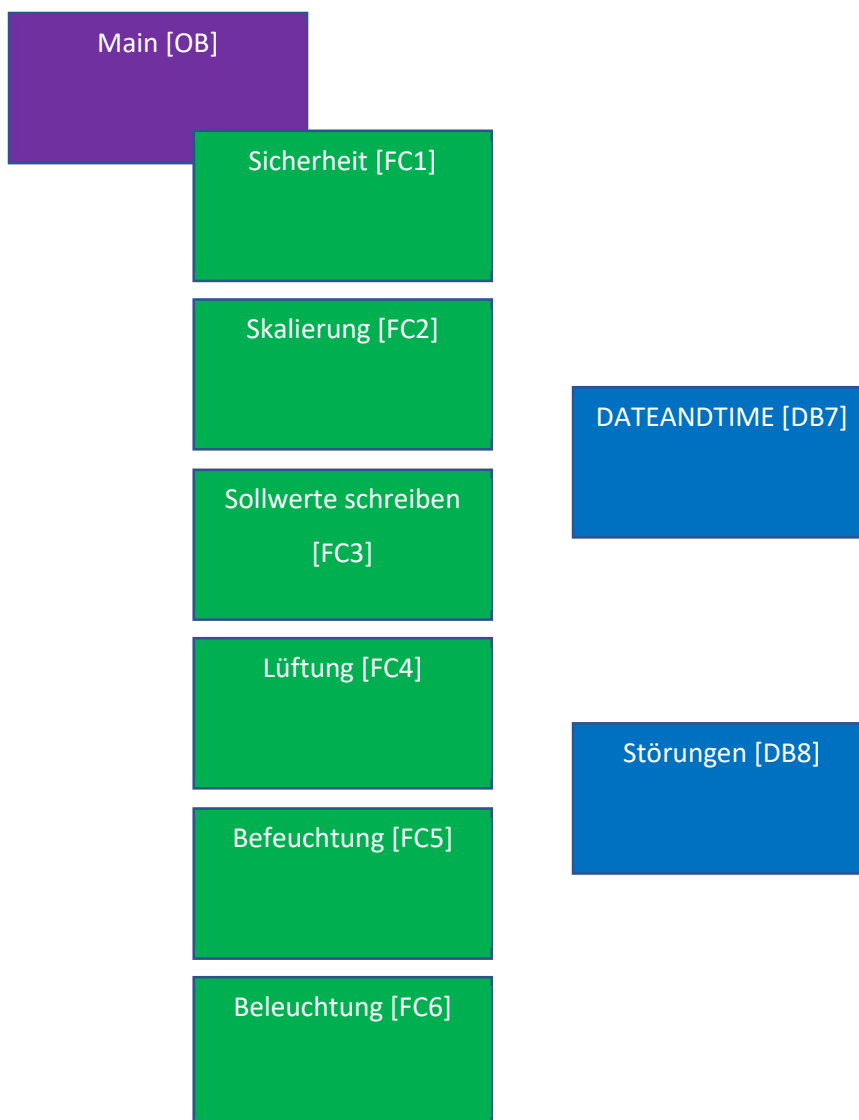


Abbildung 13 Programmaufbau

5.2.1 Main [OB1]

Im OB werden alle FCs aufgelistet. Diese werden konstant aufgerufen, so dass sie unabhängig voneinander arbeiten. Sie sind permanent in Betrieb.

5.2.2 Sicherheit [FC1]

Der Sicherheitsbaustein überprüft, ob die Anlage die verschiedenen Ausgänge schalten darf. Die Ausgänge dürfen nicht funktionieren, wenn der Not Aus von einer Person betätigt wurde. Denn wenn dieser sich im betätigten Zustand befindet, ist ein Problem vorhanden.

5.2.3 Skalierung [FC2]

Die verschiedenen Sensoren leiten ein analoges Signal auf die SPS. Dieses wird von der SPS gelesen und in einen digitalen Wert von 0 bis 27648 normiert. In der Skalierung wird dieser Wert in die jeweilige Einheit umgerechnet. Dies ist notwendig, damit die Istwerte mit den gegebenen Sollwerten verrechnet werden können.

Misst der Luftfeuchtigkeitssensor beispielsweise eine Feuchtigkeit von 40 %, gibt dieser 2V (0-5V Signal) an die SPS weiter. In der SPS werden die 2V in den Wert 11000 umgerechnet. Mit Hilfe der Skalierung werden die 11000 dann wieder in 40% umgerechnet, um diese für die weiteren Schritte verwenden zu können.

5.2.4 Sollwerte schreiben [FC3]

In diesem Baustein werden die am HMI (Human Machine Interface) eingegebenen Werte als Sollwerte definiert. Auf dem HMI gibt es eine Pflanzenauswahl. Damit kann angegeben werden, welche Pflanze sich gerade im Gewächshaus befindet. Jede Pflanze hat eigene änderbare Sollwerte, diese werden im HMI definiert. Je nach Pflanze und voreingestellten Werten müssen im Programm demnach andere Sollwerte verwendet werden. Diese werden in diesem Baustein aktiviert und ins Programm geladen.

5.2.5 Lüftung [FC4]

Hier wird die Lüftung der Anlage angesteuert. Diese ist abhängig von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂ Gehalt. Hierzu werden die geschriebenen Sollwerte mit den aktuellen Istwerten verglichen, um zu entscheiden, ob die Luft im Gewächshaus erneuert werden soll. Es gibt für jeden der drei Messwerte einen eigenen Abschnitt. Zusätzlich ist definiert, dass immer nur ein Abschnitt zur selben Zeit den Lüfter ansteuern darf. Dies verhindert die Überlagerungen von mehreren Befehlen, welche zu einer fehlerhaften Ansteuerung des Lüfters führen.

5.2.6 Befeuchtung [FC5]

Die Befeuchtung funktioniert ähnlich wie die Lüftung. Der einzige Unterschied ist, dass dies nur mit der Bodenfeuchtigkeit gesteuert wird.

5.2.7 Beleuchtung [FC6]

Die Beleuchtung wird mit dem Dämmerungsschalter gesteuert. Jede Pflanze bekommt eine gewisse Beleuchtungszeit zugewiesen. Wenn diese nicht mit dem täglichen Sonnenlicht erfüllt wird, übernimmt die UV-Lampe die restliche Zeit. Auch ein Betreiben ohne Sonnenlicht ist möglich. Dabei wird die ganze Beleuchtung von der UV-Lampe übernommen. Die Beleuchtung ist tagesweise gesteuert und wird jeden Tag neu gestartet.

5.2.8 DATEANDTIME [DB7]

In diesem Datenbaustein wird das aktuelle Datum und die Zeit gespeichert, damit diese im Programm verwendet werden können. Die SPS hat eine Pufferbatterie, damit sie auch im spannungslosen Zustand die aktuelle Zeit nicht verliert.

5.2.9 Störungen [DB8]

Dieser Datenbaustein beinhaltet alle Fehlercodes, welche ans HMI übermittelt werden. Am HMI werden diese Störungen dann angezeigt, sobald eine ansteht. Anstehende Störungen werden mit einem Warnhinweis signalisiert. Alle Störungen müssen jedoch von Hand quittiert werden, damit diese nicht mehr auf dem HMI ersichtlich sind.

5.3 Visualisierung

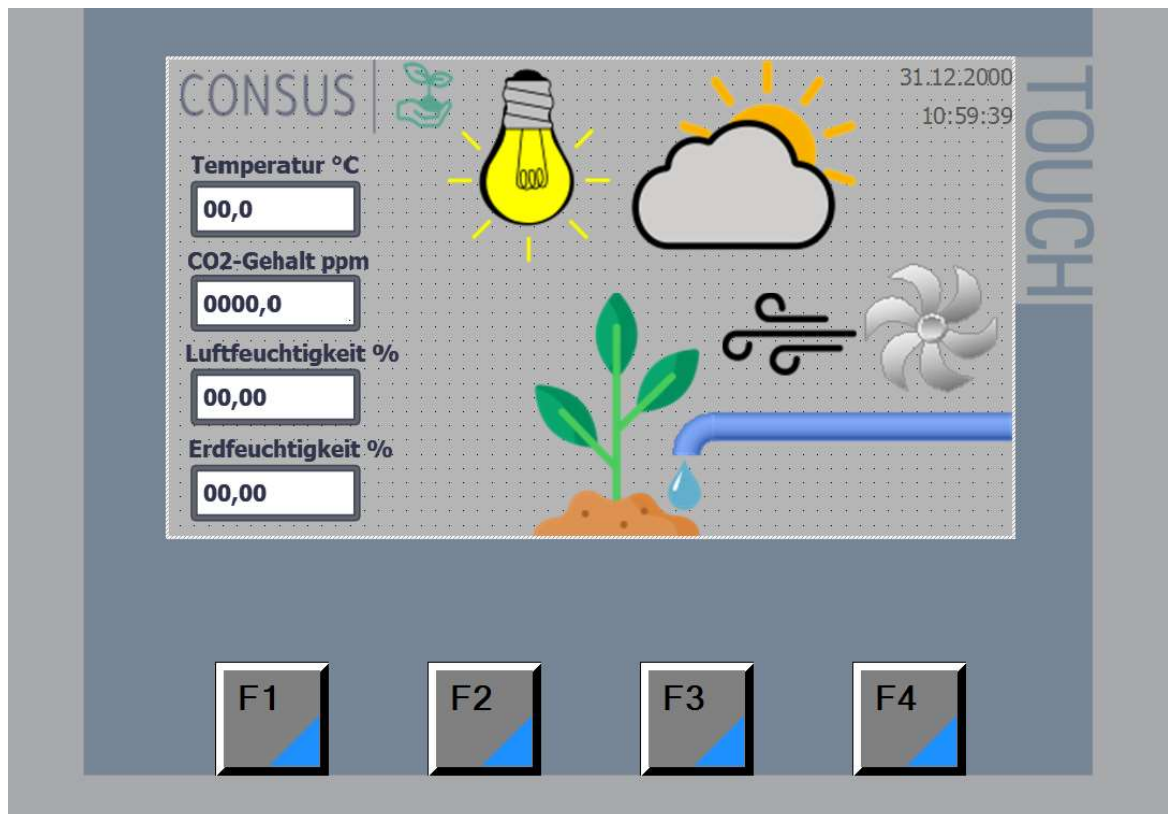


Abbildung 14 Touchpanel Visualisierung

Auf der Visualisierung können alle wichtigen Daten und Zustände abgelesen werden. Zusätzlich können Sollwerte für die verschiedenen Pflanzen definiert werden. Die Werte werden für die einzelnen Pflanzen hinterlegt und abgespeichert, sodass diese über das Wechseln der Pflanzeneinstellung übernommen werden. Die Störungen werden durch ein Pop-up Fenster angezeigt.

Auf den physischen Tasten F1-F4 sind Shortcuts zu den verschiedenen Ansichten und Einstellungen hinterlegt.

5.4 Inbetriebnahme

Nach dem mechanischen Aufbau und der Programmierung wurde die Inbetriebnahme vollzogen. Bei einer Inbetriebnahme wird die Anlage zum ersten Mal eingeschaltet. Dabei werden die unterschiedlichen Steuerungskreise separat getestet. Dies geschieht durch Forcieren verschiedener Ist- und Sollwerte. Gleichzeitig wird das korrekte Reagieren der einzelnen Ausgänge überprüft. Hiermit können Fehler in der Programmierung und in der Verdrahtung ausfindig gemacht werden. Diese Fehler werden kontinuierlich korrigiert und die Inbetriebnahme wird stetig wiederholt, bis keine Mängel mehr vorhanden sind. Mit diesem Schritt ist die Anlage vollendet und bereit, um dem Kunden übergeben zu werden.

Bei dem Projekt CONSUS wurde vor der Inbetriebnahme des Schaltschranks ein spannungsloser Phasenschlusstest durchgeführt, sodass das Risiko für einen Kurzschluss und somit die Beschädigung von Bauteilen minimiert ist.

Durch den Lieferverzug des Dämmerungsschalters konnte der Lichtsteuerungskreis nicht kontrolliert werden. Bei der ersten Inbetriebnahme wurde somit nur der Luft- und Wassersteuerungskreis begutachtet.

Die Temperatur (PT100) konnte von der SPS nicht korrekt erfasst werden. Folge dessen wurde das Anschlussbild des Datenblatt erneut studiert. Daraus wurde eine fehlerhafte Verdrahtung diagnostiziert. Dieser Fehler wurde fachmännisch behoben, sodass die Temperaturerfassung nun tadellos funktioniert.



Abbildung 15 Inbetriebnahme

Ebenso fielen eine falsche Skalierung des CO₂-Sensors wie auch eine des Erdfeuchtigkeitssensor auf. Rosmarie Gerber stellte ein CO₂-Messgerät zur Verfügung, um den CO₂-Wert korrekt zu skalieren. Der Erdfeuchtigkeitssensor konnte durch eine Inversion des Eingabewerts korrigiert werden.

Auch wurde ein Problem im Wasserkreislauf beobachtet. Die Pumpe funktioniert nur wenn der vollständige Kreislauf geflutet ist. Sobald sich Luftblasen in den Leitungen befinden, zieht die Pumpe kein Wasser mehr. Dies wurde durch Ergänzung eines Ventils, das seriell zur Pumpe geschaltet ist, behoben. Dadurch wird das Zurückfließen des Wassers in den Tank verhindert.

Nach Eintreffen des Dämmerungsschalters konnte dieser moniert und eine zweite Inbetriebnahme gestartet werden. Dabei wurde ein Fehler des Dämmerungsschalters entdeckt. Dieser gab durchgehend 1V aus und konnte daher keine Helligkeitsveränderungen messen. Ein neuer Sensor behob das Problem.

Bei der dritten Inbetriebnahme wurde das Verhalten der Anlage während einer Woche an einem Rosmarinstrauch untersucht. Dabei traten keine Fehler auf, sodass der praktische Teil der Arbeit abgeschlossen wurde.

5.5 Schlussfolgerung der praktischen Arbeit

Das Ziel bestand darin, eine mögliche Lösung eines autonomen Gewächshauses für den Privatgebrauch aufzuzeigen. Deshalb wurde ein Prototyp entwickelt, welcher das Potenzial für ein marktreifes Produkt hat. Natürlich existieren weitere Optimierungsmöglichkeiten.

Ein grosser Vorteil ist, dass die gesamte Steuerung, der Kern dieses Projektes, modular aufgebaut ist. Somit kann die Steuerung mit wenig Aufwand aufgerüstet werden, um mehr als eine Pflanze zu betreiben. Es ermöglicht einen simplen Anschluss an jedes Gewächshaus.

Um die Leitfrage zu reflektieren;

«Unter welchen Bedingungen ist ein autonomes Gewächshaus zu konstruieren und realisieren»

Es braucht zwingend eine SPS welche den Austausch von Sensoren und Aktoren gewährleistet. Die Aktoren (Wasserpumpe, Ventil, Lampe, Lüfter) sorgen für einen effizienten Prozess des Wachsens der Pflanzen. Der Schaltschrank ist zudem so konstruiert, um weitere Aktoren zu integrieren. Beispielsweise eine Heizspirale, um in kalten Situationen genügend Wärme zu generieren.

Der gesamte Schaltschrank ist wasserdicht und kann problemlos im Aussenbereich betrieben werden. Da ein potenzieller Kunde alle Sollwerte der Pflanze selbst abändern kann, steht dem optimalen Wachstum der Pflanze nichts mehr im Wege.

In einem nächsten Schritt würde der geplante Sensorstab in das Projekt CONSUS integriert werden, um die Wasserversorgung sowie die Messung der Bodenfeuchte zu optimieren. Ansonsten ist die dritte Inbetriebnahme mit dem Rosmarin fehlerfrei verlaufen. Um genauere Auswirkungen auf die Pflanze beobachten zu können, müsste eine langfristige Studie zum Projekt CONSUS geführt werden. Aus dieser können ebenfalls weitere Optimierungsmöglichkeiten hervortreten.

6 Gesamtgesellschaftlicher Aspekt

Bei dem wirtschaftlichen Aspekt wird überprüft, ob sich die Gewächshaussteuerung CONSUS gesamtgesellschaftlich lohnt. Hierbei wird der Energieverbrauch der herkömmlichen Gemüsegewinnung und deren Lieferwege im Vergleich zum Projekt CONSUS untersucht. Dazu wird der psychologische Faktor vom Projekt CONSUS ebenfalls beachtet. Denn der Gedanke, sein eigenes Produkt zu konsumieren und die Umwelt zu entlasten, ist nicht zu unterschätzen.

Es werden zwei Alternativen von Tomatenkonsum in der Schweiz miteinander verglichen. Zum einen wird der Konsum von Schweizer Tomaten in einem Jahr betrachtet und zum andern wird die Option von spanischen Tomaten in den kälteren Monaten berechnet. Diese Daten werden mit der Gewächshaussteuerung CONSUS verglichen.

Für die Berechnung der verbrauchten Energie wird die Tomate verwendet, da sie das meistverspeiste Gemüse in der Schweiz ist. Dies entspricht ca. 9.5 Kilo unverarbeiteten Tomaten pro Kopf im Jahr 2017. (SDA 2018: 1)

In den letzten Jahren erhielt die Cherry-Tomate einen besonderen Boom, der Konsum verdoppelte sich in letzten zehn Jahren auf 2.9 Kilo pro Kopf.

Die Tomate, welche ursprünglich aus Mittelamerika stammt, liebt Wärme. Dies hat zur Folge, dass ein Grossteil aus dem Süden oder aus Gewächshäusern stammt. Somit hat die Pflanze eine schlechte Klimabilanz.

6.1 Schweizer Tomaten

Schweizer Tomaten werden immer in Gewächshäusern angebaut. Diese sind im Sommer (April bis November) nicht beheizt. Im Winter ist somit der Energieverbrauch massiv

BEISPIEL: TOMATEN

	CO ₂ in g/kg
Konventioneller Anbau im Treibhaus	9.300
Bio-Anbau im Treibhaus außerhalb der Saison (auch regional)	9.200
Freilandtomaten aus Spanien	600
Konventioneller Anbau (saisonal, regional)	85
Öko-Anbau (saisonal, regional)	NUR 35

Abbildung 16 CO₂/kg Tomate



höher. In der verwendeten Grafik Abbildung 16 sind die Transportwege schon integriert. 30 Prozent der im Laden verkauften Mengen werden weggeworfen, da sie nicht der Norm entsprechen (Form, Länge, Gewicht, usw.). (KONSUMENTENSCHUTZ 2021: 1) Dies ist in der Grafik nicht mit

eingerechnet, wird jedoch in der Rechnung beachtet. Die Lagerung im Laden, sowie der Weg des Konsumenten zum Einkaufsladen, wird vernachlässigt. Ein kWh entspricht in der Schweiz durchschnittlich 154 Gramm CO₂. Während der europäische Durchschnitt bei 630 Gramm CO₂ liegt. (CO₂-MONITOR: 1) Um den Energieverbrauch (kWh) pro Kilo Tomaten, wenn während des ganzen Jahres Schweizer Tomaten bezogen werden, zu berechnen, wird folgende Formel verwendet:

$$\beta_{kWh/kg} = \frac{m_{CO_2/kg\ Sommer} \cdot t_{Sommer} + m_{CO_2/kg\ Winter} \cdot t_{Winter}}{t_{Jahr} \cdot \beta_{CO_2/kWh\ Schweiz}} \cdot \beta_{Ausschuss}$$

$$26.37kWh/kg = \frac{0.085kg \cdot 8m + 9.2kg \cdot 4m}{12m \cdot 0.154kg/kWh} \cdot 1.3$$

$m_{CO_2/kg\ Sommer}$	0.085 kg	Benötigtes CO ₂ in kg pro kg Tomaten im konventionellen Anbau in der Schweiz während den Sommermonaten
$m_{CO_2/kg\ Winter}$	9.2 kg	Benötigtes CO ₂ in kg pro kg Tomaten im Bio-Anbau im Gewächshaus in der Schweiz während den Wintermonaten
t_{Sommer}	8 m	Zeit des im Sommeranbau (April bis November)
t_{Winter}	4 m	Zeit im Winteranbau (November bis April)
t_{Jahr}	12 m	Zeit des ganzen Jahres
$\beta_{CO_2/kWh\ Schweiz}$	0.154 kg/kWh	Umrechnungsfaktor von kg CO ₂ zu 1 kWh in der Schweiz
$\beta_{Ausschuss}$	1.3	Faktor für weggeworfenes Gemüse (30%)

Tabelle 1 Nur Schweizer Tomaten

6.2 Schweizer und spanische Tomaten

Tomaten kommen in den kälteren Jahreszeiten aus Spanien (November bis April), während in den wärmeren Perioden unsere Tomaten in der Schweiz wachsen (April bis November). (GEMUESE: 1) Um den Energieverbrauch (*kWh*) pro Kilo Tomaten, wenn während der Tomatensaison der Schweiz Schweizer Tomaten bezogen werden und ausserhalb der Saison spanische Tomaten importiert werden, zu berechnen, wird folgende Formel verwendet:

$$\beta_{kW/kg} = \left(\frac{m_{CO_2/kg\ Sommer} \cdot t_{Sommer}}{t_{Jahr} \cdot \beta_{CO_2/kW\ Schweiz}} + \frac{m_{CO_2/kg\ Winter} \cdot t_{Winter}}{t_{Jahr} \cdot \beta_{CO_2/kW\ Spanien}} \right) \cdot \beta_{Ausschuss}$$

$$0.89kWh/kg = \left(\frac{0.085kg \cdot 8m}{12m \cdot 0.154kg/kWh} + \frac{0.6kg \cdot 4m}{12m \cdot 0.63kg/kWh} \right) \cdot 1.3$$

$m_{CO_2/kg\ Sommer}$	0.085 kg	Benötigtes CO_2 in kg pro kg Tomate im konventionellen Anbau in der Schweiz während den Sommermonaten
$m_{CO_2/kg\ Winter}$	0.6 kg	Benötigtes CO_2 in kg pro kg Tomaten aus Spanien während den Wintermonaten
t_{Sommer}	8 m	Zeit des im Sommeranbau (April bis November)
t_{Winter}	4 m	Zeit im Winteranbau (November bis April)
t_{Jahr}	12 m	Zeit des ganzen Jahres
$\beta_{CO_2/kWh\ Schweiz}$	0.154 kg/kWh	Umrechnungsfaktor von kg CO_2 zu 1 kWh in der Schweiz
$\beta_{CO_2/kWh\ Spanien}$	0.63 kg/kWh	Umrechnungsfaktor von kg CO_2 zu 1 kWh in der Spanien (Europa)
$\beta_{Ausschuss}$	1.3	Faktor für weggeworfenes Gemüse (30%)

Tabelle 2 Schweizer und spanische Tomaten

6.3 Projekt CONSUS

Im Gewächshaus CONSUS ist Platz für ein Tomatenstrauch, dieser hat einen durchschnittliche Ernte Ertrag von 3 Kilo. (DUDDA 2017: 1) Vom Samen bis zur Ernte vergehen 85 Tage (TOMATE-WELT: 1), somit kann das Gewächshaus in einem Jahr ungefähr vier Mal geerntet werden. Dass bedeutet ca. einen Tomaten Output von 12 Kilo pro Jahr. Um den Energieverbrauch (kWh) pro Kilo Tomaten von der Gewächshaussteuerung CONSUS zu berechnen, wird folgende Formel verwendet:

$$\beta_{kWh/kg} = \frac{U \cdot I \cdot t_{Jahr}}{m_{kg/Jahr} \cdot 1000}$$

$$15.11kWh/kg = \frac{230V \cdot 0.09A \cdot 24h \cdot 365d}{12kg \cdot 1000}$$

U	230 V	Eingangsspannung des Schaltschranks CONSUS
I	0.09 A	Durschnitts Eingangsstrom des Schaltschranks CONSUS
t_{Jahr}	24h · 365d	Zeit in h für 1 Jahr
$m_{kg/Jahr}$	12 kg	Von CONSUS produzierte kg Tomaten pro Jahr

Tabelle 3 Energiefaktor Projekt CONSUS

6.4 Psychischer Aspekt von Projekt CONSUS

Weil das Gemüse im eigenen Garten oder Haus wächst, hat das eine positive Auswirkung auf den Besitzer. Da dieser genau weiss, was mit seinem Essen passiert ist und er es selbst aufgezogen hat. Der Konsument wird dadurch wahrscheinlich ebenfalls gesünder essen und hat ein gutes Gefühl. Dies ist ein grosser Gewinn an Lebensqualität für den Besitzer von CONSUS. Gesamtwirtschaftlich gesehen, würde der Dichtestress auf den Strassen abnehmen, wenn sich die neue Art von Urban Gardening mit der Gewächshaussteuerung CONSUS etablieren würde. Zudem ist die Bevölkerung glücklicher, da sie ihre eigene Nahrung anbaut und diese auch gleich essen kann.



Wie in vielen anderen Branchen gibt es leider auch im Tomatengeschäft *Abbildung 17 Spanische Plantagenarbeiter*

Ausbeutung, dies sieht man am Beispiel Spanien. Die aus Spanien stammenden Tomaten können günstig verkauft werden, weil illegale Einwanderer ausgebeutet werden und unter dem Mindestlohn arbeiten müssen. Da sie keine gültigen Papiere besitzen und auf diese Arbeit angewiesen sind, können sie sich nicht wehren. Diese Ausbeutung der Menschen ist gesamtgesellschaftlich gesehen kontraproduktiv. (MENNIG 2018: 1)

Der Trend der Politik und der Jugend zeigt, dass ein ökologischer Lebensstil immer mehr an Bedeutung gewinnt. Der Gemüseanbau entwickelt sich stetig. Neue Möglichkeiten kommen ständig auf den Markt.



Abbildung 18 Urban Gardening als Lifestyle

Wegen der grünen Welle befasst sich die Gesellschaft vermehrt mit dem ökologischen Anbau. Dadurch wird ihr Interesse in der Selbstversorgung sowie Natur geweckt. Dachterrassen werden zu kleinen Gemüsegärten umfunktioniert, welche häufig von mehreren Familien betrieben werden. Ein Teil dieser Menschen hat diese Möglichkeit nicht, trotzdem haben sie den Drang nach Selbstversorgung. Deshalb verlagern sie ihren Gemüseanbau in die eigenen vier Wände. Für diese Freizeitgärtner ist die Arbeit an der Pflanze Meditation und Entspannung. Diese Bewegung hat sich zu einem Lifestyle entwickelt. (VINCE 2019: 1)

Das vertikale Gewächshaus stellt eine weitere Richtung dar. Da auf der Welt immer weniger Platz zur Verfügung steht, werden solche platzsparenden Gewächshäuser die Zukunft prägen. Bestes Beispiel ist ein solches Gewächshaus in Hong Kong, welches seit 2013 existiert. Durch den platzsparenden Anbau werden weniger Wälder abgeholzt. Diese werden beim konventionellen Anbau zwingend gebraucht. Zudem wachsen die Pflanzen deutlich effizienter, da sie in einem eigenen Öko System wachsen, welches für jede Pflanze perfekt abgestimmt ist. (FARM66: 1)

Durch den effizienten Anbau werden solche Gewächshäuser in grossen Städten die Lebensmittelregale füllen.



Abbildung 19 Vertikales Gewächshaus Beleuchtung

6.5 Schlussfolgerung des gesamtgesellschaftlichen Aspekts

Durch die Betrachtung des Energieverbrauchs und des psychologischen Aspekts von CONSUS, kann die zu Anfang gestellte Leitfrage beantwortet werden;

«Wie profitiert der Konsument (gesamte Gesellschaft) von unserem Produkt?»

Das ganze Jahr Schweizer Tomaten zu kaufen ist sinnlos. Denn die in den Wintermonaten benötigte Heizenergie des Gewächshauses ist um ein Vielfaches grösser als die benötigte Energie für den Transport von Spanien in die Schweiz. Das Projekt CONSUS zeigt einen nicht rentablen Energieverbrauch im Vergleich zu der Methode «Schweiz/Spanien». Der Wert liegt aber trotzdem noch unter der Methode «Nur Schweiz».

Dieser hohe Verbrauch von CONSUS auf ein Kilo Tomaten kommt dem Prototyp mit nur einer Pflanze zu Schulden. Zu Testzwecken wurde der Prototyp mit nur einer Pflanze ausgestattet. Der Prototyp hat daher grundsätzlich zu viel Leistung für nur eine Pflanze. Wie zuvor erwähnt, kann dieser mit wenig Aufwand aufgerüstet werden und somit mehrere Pflanzen gleichzeitig steuern. Eine Pflanzenerweiterung würde nur eine weitere UV-Lampe (nicht zwingend eine Lampe pro Pflanze) und ein Ventil sowie ein Sensorstab zur Folge haben. Die vollständige Steuerung bleibt aber dieselbe. Der Stromverbrauch würde daher trotz Erhöhung der Pflanzenanzahl praktisch nicht steigen. Damit könnte der Wert von CONSUS massiv verbessert werden. Auch ein durchgehender Betrieb im sonnigen Aussenbereich würde den Energieverbrauch senken, da die UV-Lampe somit praktisch überflüssig wird.

CONSUS meistert den Spagat zwischen Lifestyle und Effizienz. Weil CONSUS modular aufgebaut ist, kann sie sich an die unterschiedlichsten bestehenden Gewächshäuser anpassen. CONSUS bietet eine Selbstversorgungsquelle ohne grossen Aufwand und biologisches Vorwissen. Dennoch kann der Besitzer das Gemüse sein Eigen nennen und dem Trend folgen. CONSUS ist für den Privatgebrauch abgestimmt.

7 Reflexion

Durch Vorwissen und Recherchen ist es gelungen ein automatisiertes Gewächshaus zu realisieren, was gleichzeitig bedeutet, dass eine neue Art des Urban Gardenings entstanden ist. Das Leitbild der Arbeit CONSUS entstand aus dem steigenden Interesse unserer Gesellschaft an der Umwelt. Das Projekt unterscheidet sich von den bisherigen Urban Gardening Methoden darin, dass die Pflege der Pflanze für den Besitzer nicht mehr zeitintensiv ist. Dennoch gedeihen sie in unmittelbarer Nähe. Durch den kompakten Bau ist es möglich, das Gewächshaus in den eigenen vier Wänden zu benutzen und ermöglicht zudem eine Verbindung mit unterschiedlichen Gewächshausarten. Hinsichtlich der Überwachung und Steuerung von Licht, Wasser und Luft werden optimale Wachstumsbedingungen innerhalb des Gewächshauses geschaffen.

Im direkten CO₂ Vergleich, gemessen in kWh, schneidet CONSUS mit mehreren Pflanzen zufriedenstellend ab und ist demzufolge umweltfreundlich. Dies zeigt der direkte Vergleich mit den Tomaten aus der Schweiz, sowie aus Spanien. Nicht zu unterschätzen ist ebenfalls der psychologische Aspekt. Das Wissen, sein eigenes Gemüse anzubauen und ein Stück unabhängiger zu werden, erfüllt einem mit Stolz. Oder sei es, dass man die Ausbeutung der Arbeiter auf den Tomatenplantagen in Spanien nicht unterstützen will.

Somit bietet CONSUS eine gute Option für jene, die sich nicht mit dem Thema Gemüseanbau beschäftigen wollen oder gänzlich keine Zeit dazu haben. Gleichwohl besteht die Möglichkeit eigenes Gemüse zu verzehren und sich als Teil des Urban Gardening Lifestyles zu sehen. Somit richtet sich CONSUS an Konsumenten, welche an neuen Techniken im Zusammenhang mit der Umwelt interessiert sind.

Um genaue Optimierungsmöglichkeiten zum Programm oder Aufbau des Schaltschranks zu erläutern, müsste das Projekt CONSUS in diversen Haushalten erstmals getestet werden. Erst dann würde man durch die Rückmeldungen neue Erkenntnisse ziehen können.

7.1 Danksagung

Da an diesem Projekt nebst dem Team CONSUS auch andere Personen mitgewirkt haben, werden diese nun erwähnt, um ihnen einen Dank auszusprechen.

Durch die Hilfe von Siemens wurde ein grosser Teil dieser Arbeit überhaupt erst möglich. Mit einer Preisreduzierung offerierten sie die für das Projekt notwendige Steuerung.

Den Experten Thomas Büttiker und Martin Meyer ist für die grosszügige Unterstützung zu danken. Zudem standen sie für jegliche Fragen stets zur Seite.

Auch Lukas Schreiber gebührt einen Dank, da er das Team CONSUS in dem Elektroniklabor arbeiten liess und so auch die Schöpfung des Projekts ermöglichte. Diverse Kleinteile und Werkzeug wurden von ihm ebenfalls zur Verfügung gestellt.

Da das Biegen von den Blechen bei Gawril's Vater möglich war, wird auch ihm noch ein Dank zugesprochen.

Ebenfalls gebührt dem BBZ Olten für die finanzielle Unterstützung einen Dank.

7.2 Ehrlichkeitserklärung

Die Autoren dieser Interdisziplinären Projektarbeit, bestätigen mit dieser Unterschrift die Echtheit der Arbeit. Das bedeutet, die Herkunft jedes Textes und der Bilder ist in der Quellenangabe aufgeführt.

Ort:

Namen und Unterschriften:

Aron Düringer

Gawril Frauchiger

Martin Stefan

Roman Grob

8 Quellen und Abbildungsverzeichnis

8.1 Literaturverzeichnis

- About us.* (kein Datum). Abgerufen am 16. 03 2021 von Farm66: <https://www.farm66.com/en/about-us/>
- Beeri, S. (Regisseur). (2020). *Multikulti: Wie die Welt in einem Garten zusammenlebt* [Kinofilm]. Abgerufen am 16. 03 2021 von <https://www.srf.ch/play/tv/urban-gardening/video/multikulti-wie-die-welt-in-einem-garten-zusammenlebt?urn=urn:srf:video:86e6ec6f-0734-457e-a5b6-f17208d080c3>
- Blüten, Früchte und Samen von Tomaten: Biologische Merkmale.* (kein Datum). Abgerufen am 16. 03 2021 von Tomaten-Welt: <https://www.tomaten-welt.de/tomaten/blueten-fruechte-samen/>
- Claudio. (31. 10 2019). *URBAN GARDENING - STILVOLL MIT HOCHBEETEN IN DER STADT.* Abgerufen am 17. 03 2021 von hochbeet-sager: <https://www.hochbeet-sager.ch/urban-gardening-stilvoll-mit-hochbeeten-in-der-stadt>
- Dudda, E. (24. 04 2017). *Wieviele Tomaten?* Abgerufen am 17. 03 2021 von Spiessbürger: <http://www.spriessbuerger.ch/wieviele-tomaten/#:~:text=im%20Schnitt%20bei%20%20bis,und%20auch%20von%20der%20Sorte>
- Glossar.* (kein Datum). Abgerufen am 16. 03 2021 von co2-monitor: <https://www.co2-monitor.ch/de/information/glossar/#:~:text=Schweizer%20Strom,pro%20kWh%20des%20europ%C3%A4ischen%20Mixes>
- Hopson, A. (17. 09 2015). *Der römische Erntegott Consus: Pferderennen!* Abgerufen am 25. 02 2021 von forumtraiani: <https://www.forumtraiani.de/roemischer-erntegott-consus/>
- Jungblut, S.-I. (12 2018). *Vertical Farming – Kommt unser Obst und Gemüse in Zukunft aus der vertikalen Farm?* Abgerufen am 17. 03 2021 von reset: <https://reset.org/knowledge/vertical-farming-%E2%80%93-kommt-unser-obst-und-gemuese-zukunft-aus-der-vertikalen-farm-12112018>

- Mennig, D. (Regisseur). (2018). *Gemüse aus Spanien: Hungerlöhne für Pflücker* [Kinofilm]. Abgerufen am 16. 03 2021 von <https://www.srf.ch/news/panorama/ausbeutung-im-gewaechshaus-gemuese-aus-spanien-hungerloehne-fuer-pfluecker>
- Müller, C. (kein Datum). *Autoreninterview*. Abgerufen am 15. 02 2021 von Urban Gardening: <http://www.urban-gardening.eu/autoreninterview/#:~:text=H%C3%A4ufig%20werden%20zwei%20%E2%80%9E%9C%20des,Rolle%20f%C3%BCr%20die%20%C3%9Cberlebensproduktion%20zu>
- Ott, M., & Haller, S. (kein Datum). *URBAN GARDENING - GÄRTNERN IN DER STADT*. Abgerufen am 16. 03 2021 von Saemereien: <https://www.saemereien.ch/blog/urban-gardening-gaertnern-in-der-stadt>
- SDA. (20. 04 2018). *Gemüse-Hitparade: Schweizer essen fast acht Kilo Rüebli pro Jahr*. Abgerufen am 17. 03 2021 von Nau: <https://www.nau.ch/news/schweiz/gemuse-hitparade-schweizer-essen-fast-acht-kilo-ruebli-pro-jahr-65326817>
- Tomate rund / Fleischtomate*. (kein Datum). Abgerufen am 16. 03 2021 von gemuese: <https://www.gemuese.ch/Gemuse/Gemusearten/Tomate-rund>
- Vince (Regisseur). (2019). *Urban Gardening mit Vince* [Kinofilm]. Abgerufen am 17. 03 2021 von https://www.youtube.com/watch?v=cPdB_Zh0S6Y
- Wie viele Lebensmittel werden weggeworfen?* (20. 01 2021). Abgerufen am 17. 03 2021 von KONSUMENTENSCHUTZ: <https://www.konsumentenschutz.ch/online-ratgeber/wie-viele-lebensmittel-werden-weggeworfen/>

8.2 Abbildung und Tabellen Verzeichnis

Abbildung 1 Urban Gardening Kuba	2
https://nacla.org/news/2012/10/18/urban-agriculture-cuba-photo-essay [05.02.2021]	
Abbildung 2 Urban Gardening New York	2
https://www.nycgovparks.org/about/history/community-gardens/movement [05.02.2021]	
Abbildung 3 Schrebergarten	3
https://www.sueddeutsche.de/geld/schrebergaerten-hip-statt-spiessig-1.3674530 [05.02.2021]	
Abbildung 4 Hochbeete.....	4
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS1LBKJnU0YfiQIKobsYUV_S67ir5qtwByo8A&usqp=CAU [05.02.2021]	
Abbildung 5 Vertikales Gewächshaus	4
https://www.essen-und-trinken.de/gesund-leben/80943-rtkl-vertikal-farming-landwirtschaft-20 [06.02.2021]	
Abbildung 6 Gewächshaus CONSUS in Betrieb.....	5
Eigene Aufnahme [14.03.2021]	
Abbildung 7 Skizze 1. Idee.....	6
Eigene Aufnahme [22.09.2020]	
Abbildung 8 Skizze 2. Idee.....	6
Eigene Aufnahme [23.09.2020]	
Abbildung 9 Fertigungsplan Sensorstab.....	7
Eigene Aufnahme [23.10.2020]	
Abbildung 10 Schaltschrank CONSUS	8
Eigene Aufnahme [24.02.2021]	
Abbildung 11 Sensorstab CONSUS.....	9
Eigene Aufnahme [07.03.2021]	
Abbildung 12 Gewächshaus CONSUS ausgeschalten.....	9
Eigene Aufnahme [14.03.2021]	
Abbildung 13 Programmaufbau	10
Eigene Aufnahme [26.02.2021]	
Abbildung 14 Touchpanel Visualisierung	13
Eigene Aufnahme [23.02.2021]	

Abbildung 15 Inbetriebnahme	14
Eigene Aufnahme [05.03.2021]	
Abbildung 16 CO2/kg Tomate.....	17
https://www.geo.de/natur/nachhaltigkeit/16676-rtkl-landwirtschaft-und-klima-warum-tomaten-jetzt-am-klimafreundlichsten [12.03.2021]	
Abbildung 17 Spanische Plantagenarbeiter	21
https://info.arte.tv/de/spanien-im-treibhaus-schuften [12.03.2021]	
Abbildung 18 Urban Gardening als Lifestyle.....	21
https://www.welt.de/icon/article155446506/Indoor-Farming-erobert-jetzt-die-Grossstaedte.html [23.03.2021]	
Abbildung 19 Vertikales Gewächshaus Beleuchtung.....	22
https://www.farm66.com/en/about-us/ [22.03.2021]	

9 Anhang

9.1 Projektvertrag

9.2 Zeitplan

9.3 Arbeitsjournal

9.4 Stückliste

9.5 Mechanische Pläne

9.6 Schema

9.7 Programm