

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	4
Abkürzungsverzeichnis.....	5
1 Einleitung .....	6
1.1 Ausgangssituation.....	6
1.2 Problemstellung .....	6
1.3 Zielsetzung.....	6
1.4 Struktur der Arbeit .....	7
2 Methodik .....	8
2.1 Konkurrenzanalyse.....	9
2.2 Produktanalyse .....	9
2.3 Prototyping.....	9
2.4 Konzeption .....	10
2.4.1 Kano-Modell.....	10
2.4.2 Morphologischer Kasten.....	10
2.4.3 Nutzwertanalyse.....	10
3 Grundlagen .....	11
3.1 Produktentwicklungsmethodik nach Pahl/Beitz.....	11
3.1.1 Planungsphase .....	11
3.1.2 Konzeptphase .....	11
3.1.3 Entwurfsphase .....	12
3.1.4 Ausarbeitungsphase.....	12
3.2 Vertikale Begrünung.....	12
3.2.1 Grüne Fassaden .....	12
3.2.2 Living Walls.....	13
3.3 Sensoren.....	14
3.3.1 Widerstandsfeuchtemessung .....	14
3.3.2 Kapazitive Feuchtemessung .....	14
4 Konzeption .....	16
4.1 Wettbewerbsanalyse .....	16
4.1.1 Konkurrenzanalyse .....	16
4.1.2 Produktanalyse .....	17
4.2 Kernanforderungen .....	19
4.2.1 Anforderungen Quantifizieren.....	19
4.2.2 Anforderungskatalog .....	21
4.3 Benutzerszenario .....	22
4.3.1 Use Case Becken auffüllen .....	22
4.3.2 Use Case Pflanzenwand überprüfen .....	23
4.4 Risikomanagement.....	23
4.5 Prozessbeschrieb.....	25
4.6 Lösungsvarianten.....	25
4.6.1 Variante 1.....	27
4.6.2 Variante 2.....	28
4.6.3 Variante 3.....	29
4.7 Lösungsfindung.....	30
4.7.1 Nutzwertanalyse Substrat.....	31
4.7.2 Nutzwertanalyse Becken.....	31

4.7.3	Nutzwertanalyse Halterung Wand .....	32
4.7.4	Nutzwertanalyse Pflanzenbehälter .....	32
4.7.5	Nutzwertanalyse Wasserzufuhr .....	33
4.7.6	Nutzwertanalyse Sensorik .....	33
4.7.7	Nutzwertanalyse Ansteuerung/Reglung .....	34
4.7.8	Nutzwertanalyse Benutzerschnittstelle .....	34
5	Grobkonzept und Prototyp .....	35
5.1	Evaluierte technische Lösung .....	35
5.1.1	Schnittstellen .....	36
5.1.2	Prozessstruktur .....	37
5.2	Prototyp .....	38
5.2.1	Mechanische Halterung .....	38
5.2.2	Bewässerungssystem .....	40
5.2.3	Pflanzenauswahl .....	44
5.2.4	Test .....	44
5.2.5	Budget .....	47
6	Schlussbetrachtung und Ausblick .....	49
6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	49
6.2	Empfehlungen an das Unternehmen .....	49
6.3	Zukünftiger Forschungsbedarf .....	50
	Literaturverzeichnis .....	51
	Anhang .....	I

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Blockdiagramm Methodik, Quelle: Eigene Darstellung.....	8
Abbildung 2: Ablauf der Produktentwicklung nach Pahl/Beitz, Quelle: Eigene Darstellung ...	11
Abbildung 3: Grüne Fassade im Aussenbereich, Quelle: Aktiv-Online, 2020 .....	13
Abbildung 4: Living Walls, Quelle: Growinggreenguide, 2018.....	13
Abbildung 5: Funktionsweise kapazitive Feuchtemessung, Quelle: Induux, 2020.....	14
Abbildung 6: Konkurrenzanalyse, Quelle: Eigene Darstellung .....	16
Abbildung 7: Kano-Modell, Quelle: Business-Wissen.de, 2020.....	20
Abbildung 8: Projektbezogene Risikoanalyse, Quelle: Eigene Darstellung .....	24
Abbildung 9: Produktbezogene Risikoanalyse, Quelle: Eigene Darstellung .....	24
Abbildung 10: SIPOC Modell, Quelle: Eigene Darstellung .....	25
Abbildung 11: Morphologischer Kasten, Quelle: Eigene Darstellung .....	26
Abbildung 12: Lösungsvariante 1, Quelle: Eigene Darstellung.....	27
Abbildung 13: Lösungsvariante 2, Quelle: Eigene Darstellung.....	28
Abbildung 14: Lösungsvariante 3, Quelle: Eigene Darstellung.....	29
Abbildung 15: Nutzwertanalyse Substrat, Quelle: Eigene Darstellung .....	31
Abbildung 16: Nutzwertanalyse Becken, Quelle: Eigene Darstellung.....	31
Abbildung 17: Nutzwertanalyse Halterung Wand, Quelle: Eigene Darstellung.....	32
Abbildung 18: Nutzwertanalyse Pflanzenbehälter, Quelle: Eigene Darstellung.....	32
Abbildung 19: Nutzwertanalyse Wasserzufuhr, Quelle: Eigene Darstellung.....	33
Abbildung 20: Nutzwertanalyse Sensorik, Quelle: Eigene Darstellung.....	33
Abbildung 21: Nutzwertanalyse Ansteuerung, Quelle: Eigene Darstellung .....	34
Abbildung 22: Nutzwertanalyse Benutzerschnittstelle, Quelle: Eigene Darstellung.....	34
Abbildung 23: Morphologischer Kasten evaluierte Lösung, Quelle: Eigene Darstellung.....	35
Abbildung 24: Systemdiagramm Schnittstellen, Quelle: Eigene Darstellung .....	36
Abbildung 25: Prozess Bewässerung, Quelle: Eigene Darstellung .....	37
Abbildung 26: Prozess Wasserbecken Auffüllen, Quelle: Eigene Darstellung.....	37
Abbildung 27: Prozess Sensorfehler erkennen, Quelle: Eigene Darstellung .....	38
Abbildung 28: Metallzaun an der Wand befestigt, Quelle: Eigene Aufnahme.....	39
Abbildung 29: Unterseite eines Blumenkastens, Quelle: Eigene Aufnahme.....	39
Abbildung 30: Blumenkasten mit Gartenvlies, Quelle: Eigene Aufnahme .....	40
Abbildung 31: Blumenkästen an dem Metallzaun befestigt, Quelle: Eigene Aufnahme.....	40
Abbildung 32: Flussdiagramm Bewässerungssystem, Quelle: Eigene Darstellung.....	41
Abbildung 33: Schaltplan Bewässerung, Quelle: Eigene Darstellung.....	43
Abbildung 34: Ansteuerung der Bewässerung in einem Gehäuse, Quell: Eigene Aufnahme	43
Abbildung 35: Pflanzenwand, Quelle: Eigene Aufnahme .....	44

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht der relevanten Konkurrenten .....	16
Tabelle 2: Quellen der Produkte .....	17
Tabelle 3: Produktanalyse, Quelle: Eigene Darstellung .....	18
Tabelle 4: Anforderungen den Dimensionen zugeteilt .....	20
Tabelle 5: Definition Lösungsparameter .....	26
Tabelle 6: Bauteile mechanische Halterung.....	39
Tabelle 7: Bauteile Bewässerungssystem .....	42
Tabelle 8: Pflanzenauswahl.....	44
Tabelle 9: Berechnung Position Sensor.....	47
Tabelle 10: Berechnung autonome Bewässerung .....	47
Tabelle 11: Budget Prototyp .....	48

## **Abkürzungsverzeichnis**

HSLU

PE

PEP

cm

m

l

V

Hochschule Luzern

Produktentwicklung

Produktentwicklungsprozess

Zentimeter

Meter

Liter

Volt

## **1 Einleitung**

Die vorliegende Projektdokumentation befasst sich mit dem Ausarbeiten eines Konzeptes für eine vertikale Begrünung mit Bewässerungssystem, in der weiteren Dokumentation Pflanzenwand genannt, und dem Entwickeln eines Prototypens. Das Projekt wurde von dem Start-Up Mary and Plants in Auftrag gegeben, da das Start-Up es in Erwägung zieht ein solches Produkt in ihr Sortiment aufzunehmen.

### **1.1 Ausgangssituation**

Der Auftraggeber Mary and Plants AG ist ein junges Start-Up aus Zürich das einen Online Shop für Zimmerpflanzen führt. Im September 2020 ging die Website online und seither beliefert Mary and Plants Kunden aus den Kantonen Zug, Zürich, Luzern und Aargau. Sie vertreten die Vision das Pflanzen Lebewesen sind und verzichten aus diesem Grund bewusst auf eine schweizweite Auslieferung mit der Schweizer Post. Da die Pflanzen bei der Lieferung mit der Post mehrere Tage unterwegs sind und in dieser Zeit zu wenig Licht erhalten, kommen sie nicht bei voller Gesundheit bei dem Kunden an. Stattdessen werden alle Pflanzen durch ihren Partner im Firmeneigenen Plant-Mobil geliefert. Da Nachhaltigkeit eine grosse Rolle im Unternehmen spielt, streben sie eine Lieferung ohne Abfall an. Anders wie bei den Konkurrenten, werden die Pflanzen nicht in einem Plastik Untertopf ausgeliefert, sondern bereits in einem hochwertigen Topf fertig eingepflanzt. Ebenso wird bei der Lieferung auf eine Plastikverpackung verzichtet. Alle Pflanzen werden in Holzkisten aus zertifiziertem Schweizer Holz ausgeliefert. In ihrem Sortiment findet man kleine Zimmerpflanzen ab 59 CHF bis hin zu sehr grossen Pflanzen für bis zu 999 CHF. Zusätzlich kann die MaryCare App kostenlos für das iPhone heruntergeladen werden. Jede Pflanze wird mit einem QR-Code mitgeliefert, dieser Code kann in der MaryCare App eingescannt werden, wodurch die Pflanze in der App samt Pflegehinweise gespeichert wird. Nun erhält der Benutzer eine Benachrichtigung auf der App, zu welchem Zeitpunkt welche Pflanze gegossen werden muss. Haben Kunden fragen zu ihren Pflanzen, kann Mary and Plants direkt angeschrieben werden um fachkundigen Rat zu erhalten. Einen Service vor Ort bieten sie nicht an, da sie bewusst keinen Service Provider sein möchten und das auch in Zukunft nicht vorhaben.

Zum jetzigen Zeitpunkt werden ausschliesslich Pflanzen im Online-Shop angeboten. Mary and Plants plant für das nächste Jahr ihre Produktpalette zu erweitern. Zum einen mit Produkten, die für die Pflege der Pflanzen benötigt werden und zum anderen mit ausgefallenen Interior Stücken. Ausserdem wird die Aufnahme einer automatisch bewässerten Pflanzenwand in das Sortiment besprochen.

### **1.2 Problemstellung**

Das Entwickeln einer Pflanzenwand, oder generell eines neuen Produktes, ist ein mehrschichtiger und Aufwändiger Prozess, welcher mit hohem Zeitaufwand sowie Kosten verbunden ist. Je nach Modell sieht der Produktentwicklungsprozess unterschiedlich aus. Für ein Unternehmen der Grösse von Mary und Plants eignet sich die Produktentwicklung nach dem Modell von Pahl und Beitz. Das Modell von Pahl und Beitz ist eine einfache und iterative Methode der Produktentwicklung. Das Modell ist besonders bei kleinen Betrieben beliebt und fokussiert sich im Wesentlichen auf den konstruktiven Prozess der Produktentwicklung. (Ziemann, 2016)

Die Gründer von Mary und Plants arbeiten konstant daran ihre Website sowie ihre internen Prozesse zu optimieren und haben für die Entwicklung der Pflanzenwand im Moment keine Kapazitäten.

### **1.3 Zielsetzung**

Damit Mary und Plants eine solche Pflanzenwand entwickeln kann, verlangt es nach neuen Investoren, die bereit sind in dieses Produkt zu investieren. Um einen Überblick zu erhalten,

was auf dem Schweizer Markt für Pflanzenwände angeboten werden und die Machbarkeit einer solchen zu analysieren, wurde dieser Auftrag aufgegeben. Ziel ist es, ein Konzept einer Pflanzenwand zu entwickeln, welches die Vision sowie Geschäftskultur von Mary and Plants widerspiegelt. Das Design des Endprodukts sowie die mögliche Markteinführung wird in dieser Arbeit nicht behandelt. Der Prototyp dient als Eigenschaftsabsicherung sowie als Vorzeigemodell für die nächste Investitionsrunde. Zudem wird anhand von dem Prototyp Tests durchgeführt. Für den Prototyp wird ein Budget von CHF 1000.- von dem Industriepartner zur Verfügung gestellt.

#### **1.4 Struktur der Arbeit**

##### *Methodik*

In diesem Kapitel werden die in der Arbeit angewandten Methoden beschrieben. Die Auswahl der Methoden sowie das Vorgehen werden hier genauer erläutert.

##### *Grundlagen*

Dieses Kapitel präsentiert den Wissensstand zur Zeit der Arbeit. Das hier übermittelte Wissen unterstützt den Leser dabei, den Inhalt der Arbeit zu verstehen.

##### *Konzeption*

Die Konkurrenz und dessen Produkte werden analysiert sowie das Vorgehen bei der Lösungsfindung für das technische Konzept dargestellt.

##### *Grobkonzept und Prototyp*

In diesem Kapitel wird die evaluierte Technische Lösung vorgestellt. Zudem wird der Entwicklungsprozess des Prototyps dargelegt.

##### *Diskussion und Ausblick*

Im letzten Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst. Abschliessend werden dem Unternehmen anhand der Ergebnisse Empfehlungen weitergegeben.

## 2 Methodik

Bevor mit der Konzeption begonnen werden kann, ist eine Einarbeitung in die Thematik notwendig. Darauffolgend werden die Arbeitspakete bestimmt und ein Projektplan erstellt. Um einen Überblick über die aktuelle Marktsituation zu erhalten, war zunächst eine Marktanalyse vorgesehen. Bei der Recherche wurde jedoch ersichtlich, dass für eine externe Marktanalyse nur sehr wenig Datenmaterial vorhanden ist. Da die Ausführung einer umfangreichen internen Marktanalyse zusammen mit der Konzeptionierung und dem Erstellen eines Prototyps für diese Arbeit zu umfassend wäre, wird stattdessen eine Konkurrenzanalyse sowie eine Produktanalyse durchgeführt. Bei der Konkurrenzanalyse werden die wichtigsten Konkurrenten analysiert und in der Produktanalyse die vertikalen Bewässerungssysteme dieser Konkurrenten genauer untersucht.

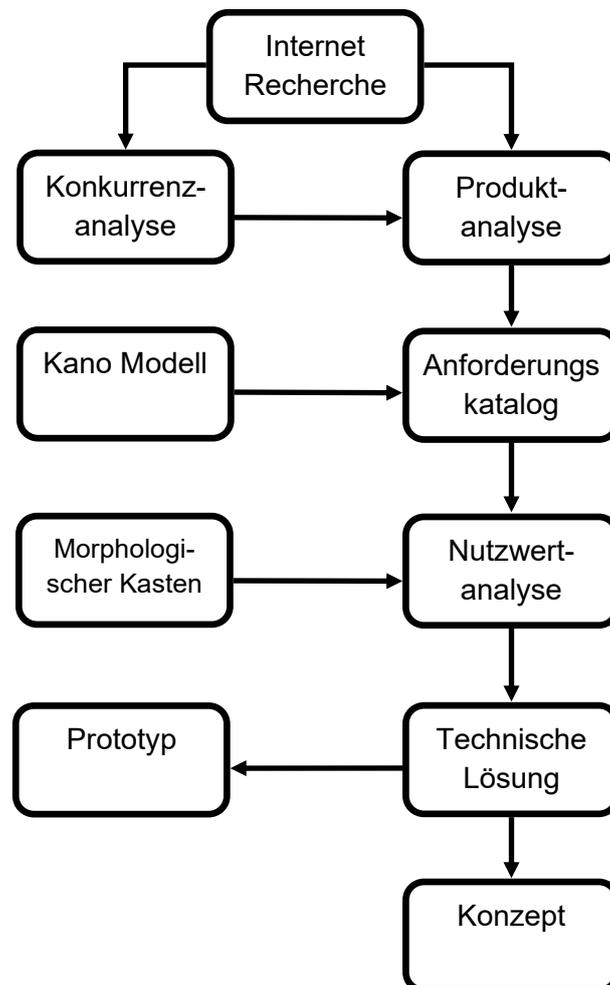


Abbildung 1: Blockdiagramm angewandte Methoden, Quelle: Eigene Darstellung

Die Hauptaufgabe der Konzeption ist das Quantifizieren der Anforderungen an die Pflanzenwand und das Erstellen verschiedener Lösungsvarianten. Die Anforderungen werden mithilfe des Kano Modells quantifiziert und in einem Anforderungskatalog dargestellt. Die Lösungsvarianten werden durch den Einsatz eines Morphologischen Kastens ermittelt. Mithilfe von Nutzwertanalysen werden die Lösungsvorschläge verglichen und bewertet. Als Ergebnis wird die evaluierte technische Lösung näher vorgestellt sowie der Prototyp entwickelt und getestet.

Der Projektplan ist im Anhang auf Seite I ersichtlich.

In den folgenden Kapiteln werden die in der Arbeit verwendeten Methoden beschrieben.

## **2.1 Konkurrenzanalyse**

Die Konkurrenzanalyse ist Teil der Wettbewerbsanalyse, wobei hier der Fokus ausschliesslich auf die Konkurrenten gelegt wird. Bei der Konkurrenzanalyse werden geschäftsrelevante Informationen der Konkurrenten erhoben und analysiert. Bei den relevanten Konkurrenten handelt es sich um die grössten Hauptkonkurrenten, potenzielle Anbieter aus der eigenen Branche sowie branchenfremde Anbieter. (Dettl, 2018) In der Arbeit werden drei Hauptkonkurrenten und jeweils ein potenzieller, sowie branchenfremder Anbieter untersucht. Durch eine Internetrecherche werden Informationen zu den Konkurrenten erhoben und deren Stärken und Schwächen den Stärken und Schwächen des Industriepartners gegenübergestellt.

Eine Konkurrenzanalyse unterstützt langfristige Entscheidungen, da sie die mögliche Positionierung des Industriepartners im Wettbewerbsumfelds darstellt. Zusätzlich kann die Konkurrenzanalyse eine potenzielle Zusammenarbeit mit einem Konkurrenten aufzeigen. (Wübbenhorst, 2018)

## **2.2 Produktanalyse**

Die Produktanalyse ist eine Analysemethode die in verschiedenen Bereichen wie Marketing oder Business Development angewendet wird. Unter einer Produktanalyse versteht man den Vergleich von Wettbewerbsprodukten unter Berücksichtigung von vordefinierten Kriterien zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Kriterien sind frei wählbar und es kann eine Vielzahl an Attributen und Eigenschaften verglichen werden, sofern man die nötigen Angaben der Konkurrenten besitzt. (Markgraf, 2018)

Durchgeführt wird die Produktanalyse indem erst die Zielsetzung der Analyse formuliert wird. Anschliessend wird die Kriterienliste erstellt und die Eckdaten der Wettbewerbsprodukte gemäss den gewählten Kriterien recherchiert. Hierfür wird eine Internetrecherche durchgeführt. Die Produkte der in der Konkurrenzanalyse definierten relevanten Hauptkonkurrenten werden genauer untersucht. Wurden diese Daten erhoben, erfolgt ein detaillierter Vergleich in einer Matrix-Darstellung. Anhand der Produktanalyse soll die Vermarktungsfähigkeit der zu entwickelnden Pflanzenwand verbessert werden.

## **2.3 Prototyping**

Mit dem Bau von dem Prototyp kann die technische Lösung greifbar gemacht werden. Es gibt verschiedene Arten von Prototypen, wobei diese in fast jedem Entwicklungsschritt ihre Rolle finden. Der Anwendungsbereich ist dementsprechend breit, von einem Dark Horse Prototype, der vor allem zur Ideenfindung verwendet wird, bis hin zu dem finalen Prototyp. Bei dem Erstellen eines Prototyps soll möglichst versucht werden einfache Materialien zu verwenden. Das verwendete Material muss so gewählt werden, dass eine Funktion oder eine Erfahrung getestet werden kann. Die Ergebnisse aus den Tests dienen dazu den bestehenden Prototypen zu verbessern oder gar zu verwerfen. Dieses frühe Scheitern ermöglicht es zu lernen.

In dieser Arbeit wird ein Funktionaler Prototyp gebaut. Mit dem Funktionalen Prototyp wird ein erster Teil der Technischen Lösung umgesetzt. Der Fokus liegt dabei auf der Hauptfunktion des Systems, das automatische Bewässern der Pflanzen. Bei dieser Art von Prototyp ist das Ziel, die Hauptfunktion des Produktes auf den Nutzen und die technische Machbarkeit zu überprüfen. (Lewrick, Link, & Leifer, 2019)

Der entwickelte Prototyp wird zum einen auch dazu verwendet, um möglichen Investoren ein Minimum Viable Product zu zeigen. Zum anderen soll anhand des Prototyps weitere Test durchgeführt werden, um Grössen zu erhalten, die für die weitere Entwicklung der Pflanzenwand benötigt werden.

## **2.4 Konzeption**

Folgende Tools werden für die Erarbeitung der technischen Lösung in der Konzeption verwendet.

### **2.4.1 Kano-Modell**

Die Beziehung zwischen Kundenzufriedenheit und der Erfüllung von Kundenanforderungen wird im Kano-Modell beschrieben. Das Modell erhielt seinen Namen von einem ehemaligen Professor der Tokyo University of Science, namentlich Noriaki Kano. Bereits in den späten 70er erkannte Noriaki Kano, dass Anforderungen der Kunden fünf Merkmale besitzen. Diese Merkmale haben verschiedene Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit und zeigen auf, dass die Kundenzufriedenheit nicht linear mit dem Erfüllungsgrad der Anforderungen zusammenhängt. (Sauerwein, 2019)

Mithilfe des Kano-Modells werden die wichtigsten Kundenanforderungen an die Pflanzenwand herauskristallisiert, indem die Anforderungen den drei Hauptmerkmalen zugeordnet werden.

### **2.4.2 Morphologischer Kasten**

Der Morphologische Kasten ist eine von Fritz Zwicky entwickelte Kreativitätsmethode. Sie eignet sich besonders für Produkt und Prozessentwicklung und wird in Form von einer Tabelle dargestellt. (Zec, 2016) Mithilfe des Morphologischen Kastens werden mögliche Lösungsvarianten für die Pflanzenwand erstellt. Zunächst werden die Teilfunktionen der Pflanzenwand als Lösungsparameter definiert. Für jeden Parameter werden dann mehrere mögliche Parameterausprägungen notiert. Diese Parameterausprägungen werden so zu Lösungsvarianten kombiniert. Für die Pflanzenwand wurde anhand des Morphologischen Kastens drei mögliche Lösungsvarianten erstellt.

### **2.4.3 Nutzwertanalyse**

Die Nutzwertanalyse ist eine Entscheidungshilfe, bei der verschiedene Alternativen bewertet werden. (Fiedler, 2014) Die Lösungsvarianten, welche mithilfe des Morphologischen Kastens gefunden wurden, werden durch die Hilfe von Nutzwertanalysen bewertet, um auf eine finale Lösung zu gelangen. Dafür wird für jeden Lösungsparameter jeweils eine Nutzwertanalyse erstellt. Alle Nutzwertanalysen haben Kriterien anhand welchen sie bewertet werden. Diese Kriterien werden von den Anforderungen an die Pflanzenwand abgeleitet. Die Kriterien werden der Relevanz der Anforderung nach gewichtet. Die verschiedenen Parameterausprägung der drei Lösungsvarianten werden in den einzelnen Nutzwertanalysen beurteilt und ihnen wird ein Nutzwert zugeteilt. Dieser Nutzwert wird innerhalb der Nutzwertanalyse verglichen, um eine Lösungsvariante zu evaluieren bei der die Lösungsparameter im Vergleich den höchsten Nutzwert haben.

### 3 Grundlagen

In den nachfolgenden Unterkapitel werden die Grundlagen erläutert, die für das Verständnis der Arbeit erforderlich sind.

#### 3.1 Produktentwicklungsmethodik nach Pahl/Beitz

Der Prozess der Lösungsfindung einer technischen Aufgabe wird als Produktentwicklung verstanden. Das Resultat einer PE ist die technische Lösung oder anders gesagt das vermarktbare Produkt. Der Produktentwicklungsprozess beginnt mit der Ideenfindung und erstreckt sich bis zur Markteinführung des Produktes.

Feldhusen und Grote (2013) beschreiben die Produktentwicklungsmethodik nach Pahl/Beitz in dem Buch «Pahl/Beitz Konstruktionslehre». Die Methodik nach Pahl/Beitz besteht aus vier Hauptphasen.

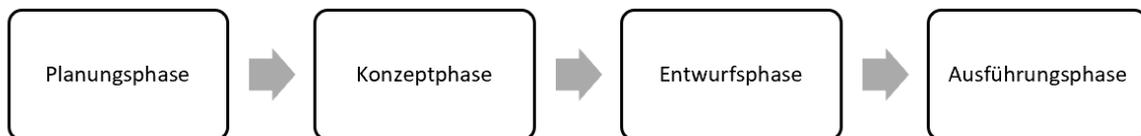


Abbildung 2: Ablauf der Produktentwicklung nach Pahl/Beitz, Quelle: Eigene Darstellung

##### 3.1.1 Planungsphase

Feldhusen und Grote (2013) vermitteln wie in der Planungsphase nötige Informationen gesammelt und Aufgaben definiert werden. Das Ziel in dieser Phase ist das Erstellen einer Anforderungsliste oder eines Lastenheftes. Im Lastenheft werden die Anforderungen an das neue Produkt beschrieben. Alternativ kann das Lastenheft bereits bei der Auftragserteilung vom Kunden bereitgestellt werden (S. 187).

##### 3.1.2 Konzeptphase

Gemäss Feldhusen und Grote (2013) ist das Ergebnis der Konzeptphase die Lösung der Aufgabe festzulegen und ein Konzept zu erarbeiten (S. 233).

In dieser Phase ist eine Vielzahl von Lösungen möglich. Damit diese Lösungen verglichen werden können, hilft es den Kern der Aufgabenstellung als abstrakte Darstellung der Produkt-Funktion zu beschreiben (S. 234). So werden die Produkt-Funktionen in Teil-Funktionen unterteilt, wodurch in grossen Projekten simultan an Teilfunktionen gearbeitet werden kann. Den Teil-Funktionen werden verschiedene Lösungsprinzipien zugeordnet, diese sind meist von physikalischer Natur. Werden die Lösungsprinzipien der Teil-Funktionen kombiniert, so entstehen mehrere mögliche Lösungsvarianten der Gesamt-Funktion. Dies kann mithilfe von einem Morphologischen Kasten dargestellt werden. Durch eine Bewertung werden die Lösungsvarianten auf eine finale technische Lösung reduziert werden. Diese Bewertung kann beispielsweise mit einer Nutzwertanalyse erfolgen. Anhand der evaluierten technischen Lösung kann im nächsten Schritt ein Entwurf angefertigt werden (S. 313)

### **3.1.3 Entwurfsphase**

Das Ziel der Entwurfsphase ist gemäss Feldhusen und Grote (2013) die in der vorherigen Phase evaluierte technische Lösung gestalterisch festzulegen. Im ersten Schritt werden die Teil-Funktionen grobmassstäblich zusammengeführt. Im nächsten Schritt werden die Teil-Funktionen quantitativ, ästhetisch, ergonomisch, sicherheitstechnisch und fertigungsgerecht dimensioniert. Dadurch entsteht der massstäbliche Feinentwurf. Um das Design zu bewerten werden Mock-Ups erstellt. Diese Mock-Ups sind massstäblich treue Modelle des Produktes. Soll die Funktion getestet oder bewertet werden, so kann ein Funktionsmodell gebaut werden (S. 276)

### **3.1.4 Ausarbeitungsphase**

Feldhusen und Grote (2013) beschreiben den Schritt Ausarbeiten als die typische Tätigkeit des Konstruierens. In dieser Phase entstehen die Konstruktions-Unterlagen. Der Zweck hierbei ist es, den erstellten Entwurf so auszuarbeiten, dass eine Null-Serie des Produktes produziert werden kann. Anhand von Einzelteil-Zeichnungen können Prototypen gebaut werden, um an diesen Tests durchzuführen. Somit können Fehler jeglicher Art beseitigt werden. Danach werden die Montagezeichnungen angefertigt. Mithilfe der Null-Serie kann überprüft werden, ob die für die Produktion vorhandenen Werkzeuge, Vorrichtungen und Prozesse für eine Serienfertigung geeignet sind. Dies wird in einer kleinen Serie vorgeschaltet, um danach eine reibungslose Produktion des Produktes zu garantieren (S. 522).

Die Produktentwicklungsmethodik nach Pahl/Beitz fokussiert sich grundsätzlich auf die Konstruktion des Produktes, die Markteinführung wird in dieser Methode nicht genauer beschrieben. (Ziemann, 2016)

Die Entwicklung der Pflanzenwand im Umfang dieser Arbeit stützt sich auf das Modell von Pahl/Beitz, wobei der Fokus auf der Planungs- sowie der Konzeptphase liegt.

## **3.2 Vertikale Begrünung**

Die Vertikale Begrünung bezeichnet jede Form von begrüntem vertikalen Flächen. Begrünte Wände können erwärmtes Gas in der Luft absorbieren, sowohl die Innen- als auch die Außentemperatur senken und so die Raumluftqualität sowie das Raumklima verbessern (Karaca, 2012). Das Wachsen von Pflanzen auf einer vertikalen Oberfläche scheint auf den Ersten Blick einfach zu wirken. Das Planen und Entwickeln einer solchen Wand ist jedoch ein komplexes Unterfangen mit vielen Faktoren, die berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören die Sicherstellung einer angemessenen Stützstruktur, die Aufrechterhaltung der richtigen Menge an Wasser, Sauerstoff, Nährstoffen und pH-Werten, die Auswahl von Pflanzen und die Schaffung geeigneter Lichtbedingungen. Dazu kommt das eine solche Pflanzenwand nachhaltig, langlebig und preiswert sein soll (Riley, 2017). Begrünte Wände können in zwei Kategorien unterteilt werden. Diese Kategorien sind Grüne Fassaden und Living Walls.

### **3.2.1 Grüne Fassaden**

Grüne Fassaden sind eine Art von Pflanzenwänden, in welchen die Pflanzen hoch oder runter klettern oder ineinander verschachtelt sind. Grüne Fassaden können an vorhandenen Wänden oder an freistehenden Strukturen wie Zäune oder Säulen errichtet werden. Einige Pflanzen können direkt an Wänden wachsen, indem sie in der Wand selbst Wurzeln schlagen. Typisch sind kleine, krautige Arten wie Efeu, Mauerblümchen oder Pflanzen wie Moose und Flechte. Andere Pflanzen haben ihre Wurzeln in der Erde und wachsen an der Struktur entlang hoch. Die grüne Fassade schützt das Bauwerk und filtert Feinstaub aus der

Luft. Diese Art von vertikaler Begrünung wird in Innen- sowie Aussenräumen angewendet. (Karaca, 2012)



Abbildung 3: Grüne Fassade im Aussenbereich, Quelle: Aktiv-Online, 2020

### 3.2.2 Living Walls

Living Walls, oft auch vertikale Gärten genannt, bestehen aus vertikalen Modulen oder bepflanzten Vegetationsmatten. Diese Module können aus Kunststoff, synthetischem Gewebe, Ton, Metall oder Beton bestehen. Sie unterstützen eine große Vielfalt und Dichte von Pflanzenarten. Living Walls brauchen aufgrund ihrer Vielfalt und Vegetationsdichte mehr Schutz als grüne Fassaden. Hauptsächlich bestehen sie aus drei Teilen: einem Metallrahmen, einer PVC-Schicht und einer Luftschicht. Bei der Verwendung von Vegetationsmatten wird kein Substrat benötigt, es handelt sich also um ein sogenanntes hydroponisches System. Im Allgemeinen wird ein automatisches Bewässerungssystem verwendet, um die Instandhaltung zu erleichtern (Karaca, 2012).

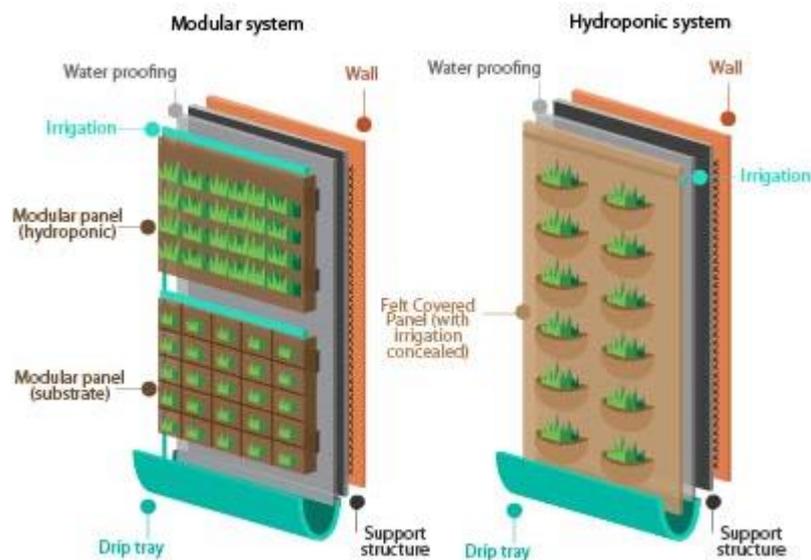


Abbildung 4: Living Walls, Quelle: Growinggreenguide, 2018

### 3.3 Sensoren

Grundsätzlich kann mit einem direkten und indirekten Verfahren eine Feuchtemessung durchgeführt werden.

Ein bekanntes direktes Messverfahren ist die Darr-Methode, eine Feuchtemessung durch Austrocknung. Hierbei wird eine Probe entnommen und gewogen. Diese Probe wird dann in einen Trocknungsschrank gestellt und erhitzt. Danach wird die Probe erneut gewogen und aus dem Masseunterschied der Proben vor und nach dem Trocken errechnet sich der Feuchtegehalt als Masseanteil in Prozent (zur Hörst, 2011).

Sensoren zählen zu indirekten Messverfahren. Diese messen nicht direkt das vorhandene Wasser im Substrat, sondern erfassen physikalische Eigenschaften, welche sich bei Feuchtigkeit verändern. Messverfahren nach dem kapazitiven Prinzip, per Mikrowellen und Infrarot sind typische indirekte Verfahren. Da diese indirekten Methoden auf den physikalischen Eigenschaften des Messsubstrates berufen, müssen diese Sensoren vor gebrauch kalibriert werden (Wünsche, 2020).

Folgend werden zwei indirekte Messverfahren vorgestellt.

#### 3.3.1 Widerstandsfeuchtemessung

Bei der Feuchtemessung mit dem Prinzip der Widerstandsmessung werden zwei Messfühler in das zu messende Medium gelegt. Gemessen wird der elektrische Widerstand in Abhängigkeit zur Leitfähigkeit. Bei feuchten Materialien ist der elektrische Widerstand niedriger, da die Stoffe durch das Wasser elektrisch leitfähiger sind.

Mit diesem Messverfahren kann die Feuchtigkeit schnell und einfach bestimmt werden. Jedoch ist diese Methode sehr anfällig auf Messfehler, die die Messergebnisse verfälschen können. Einfluss auf die Messergebnisse haben beispielsweise die ungleiche Feuchteverteilung im Messgut, Klebstoff, Dichte des Materials, Temperatur oder abgenutzte Elektroden. Mit dem Durchführen von Vergleichsmessungen können diese Fehlmessungen gelindert werden, Komplet fehlerfreie Messungen können jedoch nicht garantiert werden (Prauchner, 2013).

#### 3.3.2 Kapazitive Feuchtemessung

Das Prinzip der kapazitiven Feuchtemessung basiert auf dem Funktionsprinzip eines Kondensators. Wenn eine Spannung an dem Kondensator angelegt wird, erzeugt der Kondensator ein elektrisches Feld zwischen den beiden Kondensatorplatten.

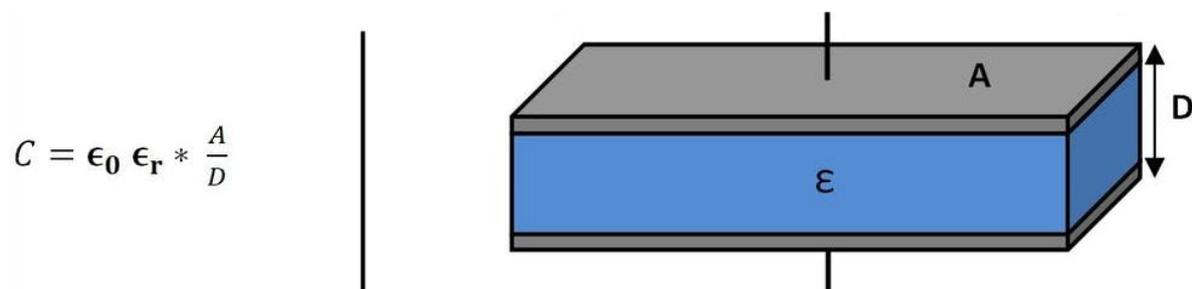


Abbildung 5: Funktionsweise kapazitive Feuchtemessung, Quelle: Induux, 2020

Die Kapazität, in der Abbildung 4 als **C** gekennzeichnet, beschreibt die Fähigkeit eines Kondensators zum Speichern von Ladung. Die gespeicherte Ladung ist abhängig von der anliegenden Spannung. Die Kapazität wird durch die Kondensatorflächen, in der Abbildung 4

als **A** gekennzeichnet, den Abstand zwischen den Kondensatorplatten, in der Abbildung 4 als **D** gekennzeichnet, und dem Isoliermaterial, in der Abbildung 4 als  $\epsilon$  gekennzeichnet, bestimmt. Das Isoliermaterial wird auch Dielektrikum genannt.

Entsprechend den Isolationseigenschaften des Dielektrikums ergibt sich eine unterschiedliche relative Permittivität, in der Abbildung 4 als  $\epsilon_r$  gekennzeichnet. Die Dielektrizitätskonstante charakterisiert die Durchlässigkeit eines Materials für ein elektrisches Feld. Bei dem kapazitiven Feuchtesensor sind der Abstand der Platten sowie die Kondensatorfläche immer gleich. Somit kann anhand von Änderungen der Permittivität, Rückschluss auf den Wasseranteil im Messgut gemacht werden. Die relative Permittivität von Wasser beträgt, unter normalen Umgebungsbedingungen etwa 80. Viele Feststoffe haben eine relative Permittivität zwischen 2 und 10. Der große Unterschied ermöglicht es, durch das Prinzip der Kapazitätsmessung eine Rückmeldung über den Wassergehalt des Trägermaterials zu erhalten (Wünsche, 2020).

## 4 Konzeption

Dieses Kapitel behandelt das Ausarbeiten des Konzeptes der Pflanzenwand.

### 4.1 Wettbewerbsanalyse

Um festzustellen, was auf dem Schweizer Markt bereits für ähnliche Produkte bestehen, werden die wichtigsten Konkurrenten und dessen Produkte in den folgenden Unterkapitel genauer untersucht.

#### 4.1.1 Konkurrenzanalyse

Für die Konkurrenzanalyse werden zu Beginn die relevanten Konkurrenten bestimmt. Die Konkurrenten werden unterteilt in Hauptkonkurrenten, potenzielle Konkurrenten aus der eigenen Branche und potenzielle branchenfremde Konkurrenten.

Kategorie	Unternehmen	Quelle
Hauptkonkurrenten	Hydroplant StyleGreen Creaplant	www.hydroplant.ch www.stylegreen.ch www.creaplant.ch
Potenzielle Konkurrenten aus der eigenen Branche	Feey (Online-Shop für Pflanzen)	www.feey.ch
Potenzielle branchenfremde Konkurrenten	Gardena (Produzent und Vertreiber von Gartenprodukten)	www.gardena.ch

Tabelle 1: Übersicht der relevanten Konkurrenten

Im nächsten Schritt werden die Konkurrenten nach definierten Kriterien beurteilt und dem Unternehmen des Industriepartners gegenübergestellt. Die Beurteilung der Konkurrenz beruht auf den Angaben die Online auf der Webseite der jeweiligen Unternehmen zu finden sind. Das Resultat der Gegenüberstellung von Mary and Plants mit dem Durchschnitt der Konkurrenz wird in folgender Grafik dargestellt.

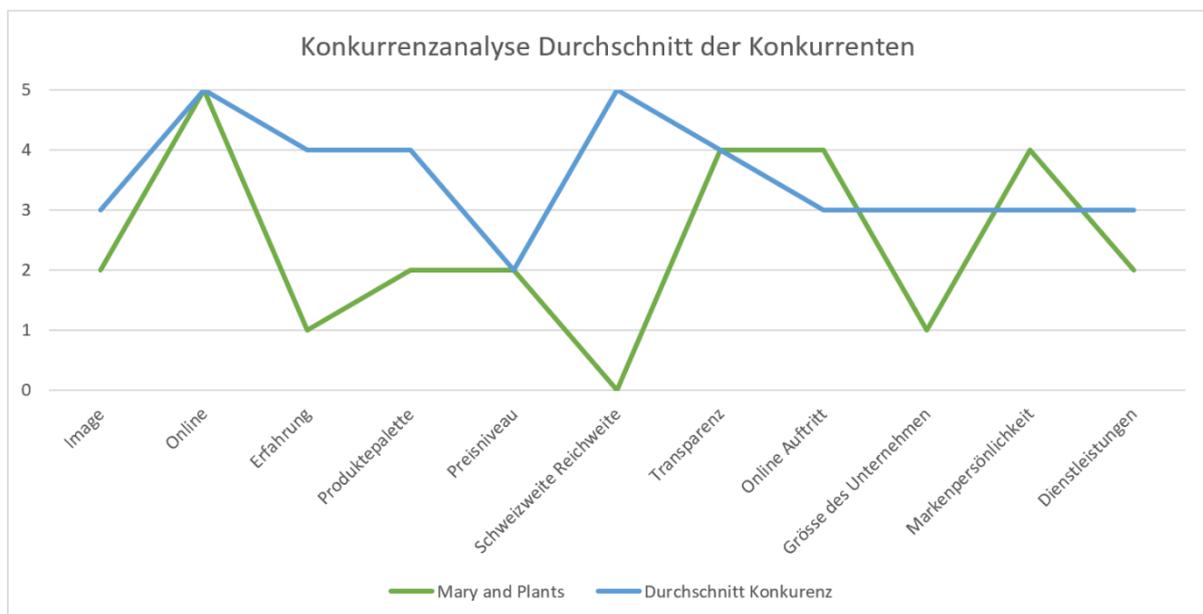


Abbildung 6: Konkurrenzanalyse, Quelle: Eigene Darstellung

## Fazit

Im Vergleich zum Durchschnitt schneidet Mary and Plants in den Punkten Transparenz, Online Auftritt und Markenpersönlichkeit gleich gut oder besser ab. Da es sich um ein junges Start-Up handelt, erhielten die Konkurrenten in dem Punkt Erfahrung eine bessere Bewertung. Potential für eine Verbesserungen hat deutlich die Schweizweite Reichweite. An diesem Punkt arbeitet Mary and Plants bereits. Ebenso Potential bietet das Ausarbeiten der Produktpalette sowie das Anbieten von Dienstleistungen.

Die gesamte Analyse ist im Anhang auf Seite I zu finden.

### 4.1.2 Produktanalyse

Um festzustellen was eine Pflanzenwand auf dem Schweizer Markt für Eigenschaften besitzt, werden die Produkte der drei Hauptkonkurrenten aus Kapitel 4.1.1 im nächsten Schritt analysiert. Anhand folgender Kriterien werden die Produkte dieser Konkurrenten verglichen.

- Art/Aufbau
- Design
- Individualisierbarkeit
- Pflegeaufwand
- Dazugehöriger Service
- Nutzen des Produktes
- Preismodell

Die Angaben für die Analyse dieser Kriterien werden von den Webseiten der jeweiligen Konkurrenten entnommen.

Unternehmen	Quelle
Hydroplant	<a href="https://www.hydroplant.ch/angebot/innenraumbegruenung/pflanzenwand/">https://www.hydroplant.ch/angebot/innenraumbegruenung/pflanzenwand/</a>
Stylegreen	<a href="https://www.stylegreen.ch/pflanzen-und-mooswaende/pflanzenwaende/">https://www.stylegreen.ch/pflanzen-und-mooswaende/pflanzenwaende/</a>
Creaplant	<a href="https://www.creaplant.ch/fileadmin/user_upload/pdf/_processed_/Creaplant_Vertikalbegr%C3%BCnung.pdf">https://www.creaplant.ch/fileadmin/user_upload/pdf/_processed_/Creaplant_Vertikalbegr%C3%BCnung.pdf</a>

Tabelle 2: Quellen der Produkte

Die drei Hauptkonkurrenten bieten bereits Pflanzenwände oder vergleichbare Produkte an. Die oben genannten Kriterien werden für jeden Hauptkonkurrenten untersucht und beschrieben. Die Analyse dieser Produkte ist in folgender Tabelle abgebildet.

Kriterien	Hydroplant	StyleGreen	Creaplant
Art/Aufbau	Pflanzenwand mit hydroponischem System.	Pflanzenwand mit konservierten Pflanzen.	Pflanzenwand mit hydroponischem System.
Design	Grosse Auswahl an Pflanzen, einbindung eines Logos möglich. Optimierte Beleuchtung der Pflanzenwand.	Entweder Pflanzen des Regenwaldes oder ein Untergrund aus Waldmoos mit Akzenten von Farnen und Eukalyptus. Einbindung von Logos möglich.	Grosse Auswahl an Pflanzen, einbindung eines Logos möglich.
Individualisierbarkeit	Individuelle Anfertigung möglich	Individuelle Anfertigung möglich	Individuelle Anfertigung möglich
Pflegeaufwand	Integriertes automatisches Bewässerungssystem. Wasseranschluss ist nicht zwingend nötig.	Alle Pflanzen sind konserviert, es wird keine Bewässerung benötigt.	Jenach Kundenauftrag mit automatischem Bewässerungssystem mit oder ohne Wasseranschluss.
Dazugehöriger Service	Planung und Montage. Zusätzliches Angebot an individuellen Servicepakete. Übernahme von Pflegearbeiten und Kontrollen möglich.	Planung und Montage, da keine Bewässerung und Dünung der Pflanzen nötig ist, ist wenig Service erforderlich.	Planung, Montage und Instandhaltung
Nutzen des Produktes	Verschönerung des Raumes und des Raumklimas. Schalldämpfende Wirkung sowie erhöhte Luftfeuchtigkeit und bessere Luftqualität. Die Pflanzen können einen Beitrag dazu leisten die Raumtemperatur herunter zu kühlen.	Verschönerung des Raumes. Vegetationsmatte in Verbindung mit den Pflanzen wirkt Schalldämmend. Da die Pflanzen konserviert sind erfolgt keine Photosynthese und die Luftqualität ändert sich nicht.	Verschönerung des Raumes und des Raumklimas. Schalldämpfende Wirkung sowie erhöhte Luftfeuchtigkeit und bessere Luftqualität. Die Pflanzen können einen Beitrag dazu leisten die Raumtemperatur herunter zu kühlen.
Preismodell	CHF 3500.- bis CHF 4500.- pro m <sup>2</sup>	CHF 975.- bis CHF 1330.- pro m <sup>2</sup>	Keine Angaben

Tabelle 3: Produktanalyse, Quelle: Eigene Darstellung

## Fazit

Das Angebot der Pflanzenwand von Hydroplant und Creaplant haben ähnliche Eigenschaften. Der Unterschied zwischen diesen Produkten ist der Umfang des Service, welcher von Hydroplant umfassend als Servicepaket angeboten wird. Zudem wird der Preis der Pflanzenwand von Creaplant nicht online kommuniziert, der Preis wird individuell für jedes Projekt berechnet. Alle drei Hauptkonkurrenten bieten eine Individuelle Anfertigung an, was mit einem entsprechend hohem Preis begleitet wird. Aus der Analyse wird ersichtlich, dass keine Fertigen Lösungen angeboten werden. Die Pflanzenwände werden nach Kundenwünschen erstellt. Stylegreen bietet als einziger Anbieter Pflanzenwände aus konservierten Pflanzen an, die Pflanzen müssen also weder bewässert noch gedüngt werden. Zudem ist der Preis pro Quadratmeter deutlich tiefer als bei Hydroplant. Das Anbieten von toten Pflanzen passt nicht zur Vision von Mary und Plants, weshalb die Idee von konservierten Pflanzen in der Pflanzenwand nicht weiter verfolgt wird.

## 4.2 Kernanforderungen

In Absprache mit dem Industriepartner Mary and Plants werden folgende Eckpunkte der Pflanzenwand bestimmt.

- Die Pflanzenwand soll automatisch bewässert werden.
- Für die Bewässerung soll kein Wasseranschluss nötig sein.
- Die MaryCare App von Mary and Plants soll eingebunden werden.
- Nur der nötigste Service soll durch Mary and Plants durchgeführt werden

Zusätzlich wird diese Liste ergänzt durch Anforderungen eines Referenzkunden von Mary and Plants.

- Die Pflanzenwand soll nachhaltig hergestellt werden.
- Die Pflanzenwand soll aus Sicht des Kunden Pflegeleicht sein.
- Die Pflanzenwand soll optisch ansprechend sein.
- Das Bewässern der Pflanzenwand soll leise sein.
- Die Pflanzenwand soll bezahlbar sein.
- Die Pflanzenwand soll das Raumklima verbessern.
- Die Pflanzenwand soll langlebig sein.
- Der Betrieb der Pflanzenwand soll sicher sein.

### 4.2.1 Anforderungen Quantifizieren

Durch die Inputs von Mary and Plants und dem Referenzkunden kann eine grobe Liste der Anforderungen an die Pflanzenwand erstellt werden. Um herauszufinden, wie diese Anforderungen mit der Zufriedenheit des Kunden zusammenhängen, werden die Anforderungen den drei Hauptdimensionen des Kano-Modells zugeteilt.

Folgend werden die drei Hauptdimensionen kurz beschrieben.

#### **Basismerkmale**

Diese Merkmale werden von dem Kunden erwartet. Das Nichterfüllen dieser Merkmale führt zu Unzufriedenheit, wobei das Erfüllen dieser Merkmale die Kundenzufriedenheit nicht zusätzlich steigert (Sauerwein, 2019).

#### **Leistungsmerkmale**

Je mehr von diesen Merkmalen erfüllt werden, umso zufriedener ist der Kunde. Die Zufriedenheit des Kunden steigt linear mit der Erfüllung der Leistungsmerkmale (Sauerwein, 2019).

#### **Begeisterungsmerkmale**

Die Begeisterungsmerkmale werden vom Kunden nicht zwingend erwartet, sind diese nicht erfüllt, so sinkt die Zufriedenheit des Kunden nicht. Werden diese Merkmale jedoch erfüllt, so steigt die Kundenzufriedenheit (Sauerwein, 2019).

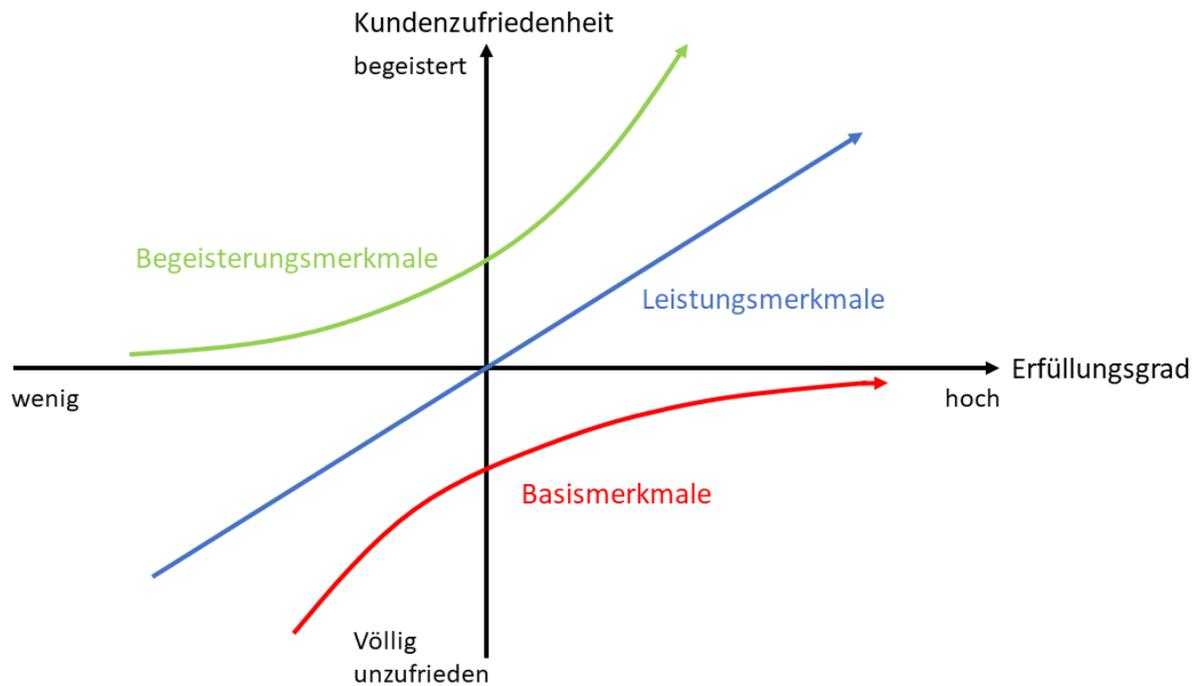


Abbildung 7: Kano-Modell, Quelle: Business-Wissen.de, 2020

Basismerkmale	Leistungsmerkmale	Begeisterungsmerkmale
Bewässert Pflanzen Sicher Optisch ansprechend Langlebig Individuell	Bezahlbar Pflegeleicht Leise	Nachhaltig Verbessertes Raumklima

Tabelle 4: Anforderungen den Dimensionen zugeteilt

Der Kunde möchte die Pflanzenwand individuell nach seinen Vorstellungen gestalten können. Die Pflanzenwand muss zwingend die Pflanzen automatisch bewässern und optisch ansprechend sein. Zudem muss die Pflanzenwand langlebig und sicher im Betrieb sein. Sind diese Anforderungen nicht erfüllt, so ist der Kunde nicht zufrieden mit dem Produkt.

Umso preisgünstiger, leiser und pflegeleichter die Pflanzenwand ist, umso zufriedener ist der Kunde. Wäre die Pflanzenwand jedoch ein wenig lauter als erwartet, so ist das für den Kunden kein Grund von einem Kauf abzutreten.

Währendem die bisherigen Anforderungen von dem Kunden mehr oder weniger erwartet werden, so begeistert den Kunden ein Nachhaltiges Produkt, welches zudem das Raumklima verbessert.

## 4.2.2 Anforderungskatalog

Folgende Anforderungskataloge beschreiben, welche Anforderungen die Pflanzenwand erfüllen muss. Es wird unter funktionalen Anforderungen und nicht funktionalen Anforderungen unterschieden. Wobei unter funktionalen Anforderungen jene Anforderungen verstanden werden, die direkt mit der Funktion der Pflanzenwand in Verbindung stehen. Analog werden mit nicht funktionalen Anforderungen die Anforderungen verstanden, die nicht direkt der Funktion der Pflanzenwand zugeordnet werden können.

### Funktionale Anforderungen

Was	Thema, Fragen	Produktbezug
<b>Akteure</b>	Was ist die Zielgruppe für das Produkt?	- Geschäfte und Büros
<b>Voraussetzungen</b>	Was braucht es, damit das Produkt Funktionsfähig ist?	- Stromanschluss - Internetanschluss
<b>Ergebnis</b>	Was muss die Pflanzenwand erfüllen?	- Die Pflanzenwand kann sich autonom bewässern
<b>Hauptvorgang</b>	Was kann das Produkt?	- Die Pflanzenwand erkennt, wann die Pflanzen bewässert werden müssen und bewässert diese automatisch - Die Pflanzenwand erkennt, wann das Wasserbecken fast leer ist und gibt eine Meldung an den Benutzer
<b>Nebenvorgänge</b>	Was passiert bei einem Ausfall der Elektronik?	- Die Pflanzenwand erkennt, ob die Elektronik fehlerhaft ist und gibt eine Meldung an den Benutzer
<b>Pflanzen</b>	Wie werden die Pflanzen ausgewählt?	- Die Pflanzenauswahl wird an die räumlichen Gegebenheiten vom Endnutzer angepasst

### Nicht funktionale Anforderungen

Was	Thema, Fragen	Produktbezug
<b>Kosten</b>	Wieviel darf das Produkt kosten?	- Der Endverkaufspreis des Produktes muss mit bestehenden Produkten Konkurrenzfähig sein
<b>Zuverlässigkeit</b>	Wie störanfällig das das Produkt sein?	- Das Produkt muss bei der Bewässerung zuverlässig sein - Kommt es zu Teilausfällen so darf das Produkt keinen Schaden nehmen
<b>Design</b>	Wie soll das Produkt gestaltet werden?	- Unaufdringliches und zeitgemässes Design

		- Die Gestaltung soll nach Kundenwunsch erfolgen
<b>Pflegeleicht</b>	Wie lange kann das System autonom funktionieren? Wie viel externer Service ist nötig?	- Das Produkt soll eine längere Periode lang autonom funktionieren können. - Externer Service soll nur selten eingesetzt werden
<b>Langlebig</b>	Wie lange kann man das Produkt in Betrieb lassen?	- Das Produkt muss über mehrere Jahre hinweg betriebsfähig sein
<b>Lärm</b>	Wie laut darf das Produkt maximal sein?	- Das Produkt muss während der Bewässerung unter einem aushaltbaren Geräuschpegel bleiben
<b>Sicherheit</b>	Was muss beachtet werden?	- Elektrischer Normen müssen eingehalten werden - Die Sicherheit bei der Vernetzung mit dem Internet muss gewährleistet werden.

### 4.3 Benutzerszenario

Es soll eine Pflanzenwand mit automatischem Bewässerungssystem entwickelt werden, die keinen Wasseranschluss benötigt. Das System soll erkennen wann die Pflanzen bewässert werden müssen (mittels Sensoren oder nicht) und die Bewässerung automatisch ausführen. Das für die Bewässerung benötigte Wasser wird von einem Wasserbecken bezogen. Der Benutzer erhält eine Meldung auf der MaryCare App sobald das Becken nachgefüllt werden muss (mittels Sensoren oder nicht).

Die Pflanzenauswahl erfolgt nach den Anforderungen und Wünschen des Kunden sowie den Räumlichen Gegebenheiten. Sollte ein Service erforderlich sein, so kann der Kunde einen Service bei Mary and Plants anfordern.

#### 4.3.1 Use Case Becken auffüllen

<b>Name des Use Cases</b>	Becken Auffüllen
<b>Kurzbeschreibung</b>	Der Anwender füllt das Wasserbecken auf.
<b>Akteure</b>	Der Anwender welcher für die Pflege der Pflanzenwand verantwortlich ist.
<b>Auslöser</b>	Meldung auf der App, dass das Wasserbecken aufgefüllt werden muss.
<b>Normaler Ablauf</b>	Der Wasserstand im Becken fällt unter den kritischen Wert, eine Benachrichtigung zum Auffüllen des Wasserbeckens wird in der App angezeigt. Der Nutzer sieht die Meldung und füllt das Becken auf. Sobald der Wasserstand über dem kritischen Wert liegt, wird die Benachrichtigung in der App entfernt.

<b>Alternativer Ablauf</b>	Der Anwender ignoriert oder verpasst die Benachrichtigung auf der App. Der Wasserstand wird nach der Ersten Benachrichtigung alle 15 Minuten eingelesen, sollte er immer noch unter dem kritischen Wert sein, so wird eine Erinnerung an die App gesendet.
<b>Vorbedingung</b>	Das System muss korrekt angeschlossen sein und mit Strom versorgt werden.
<b>Nachbedingung</b>	Sobald der Wasserstand im normalen Bereich liegt, wird die Benachrichtigung entfernt.

#### 4.3.2 Use Case Pflanzenwand überprüfen

<b>Name des Use Cases</b>	Pflanzenwand überprüfen
<b>Kurzbeschreibung</b>	Der Anwender überprüft das System
<b>Akteure</b>	Der Anwender welcher für die Pflege der Pflanzenwand verantwortlich ist.
<b>Auslöser</b>	Erinnerung auf der App.
<b>Normaler Ablauf</b>	Der Anwender überprüft die Pflanzen auf Schädlinge und die Technik auf Fehler. Das System läuft einwandfrei und der Anwender hat keine weiteren Schritte zu befolgen
<b>Alternativer Ablauf</b>	Der Anwender überprüft die Pflanzen auf Schädlinge und die Technik auf Fehler und bemerkt Mängel, kann der Benutzer den Fehler nicht selbst beheben so wird ein Service angefordert.
<b>Vorbedingung</b>	Das System muss korrekt angeschlossen sein und mit Strom versorgt werden.
<b>Nachbedingung</b>	Wird ein Service angefordert so kommt ein Mitarbeiter von Mary and Plants vorbei.

#### 4.4 Risikomanagement

Um Gefahrensituationen frühzeitig zu identifizieren und zu überwachen, wird eine projektbezogene sowie produktbezogene Risikoanalyse durchgeführt. Es werden Risiken identifiziert, die über die gesamte Konzeptionsphase auftreten können. Diese Gefahrensituationen werden in dieser Art quantifiziert, dass «nicht Erfüllen der Ziele» als das Risiko mit dem grössten Gefahrenpotential eingestuft wird. Die betreffenden Risikosituationen werden per Eintrittswahrscheinlichkeit (niedrig, mittel, hoch) und Schadenshöhe (niedrig, mittel, hoch) bewertet.

Projektbezogene Risikoanalyse

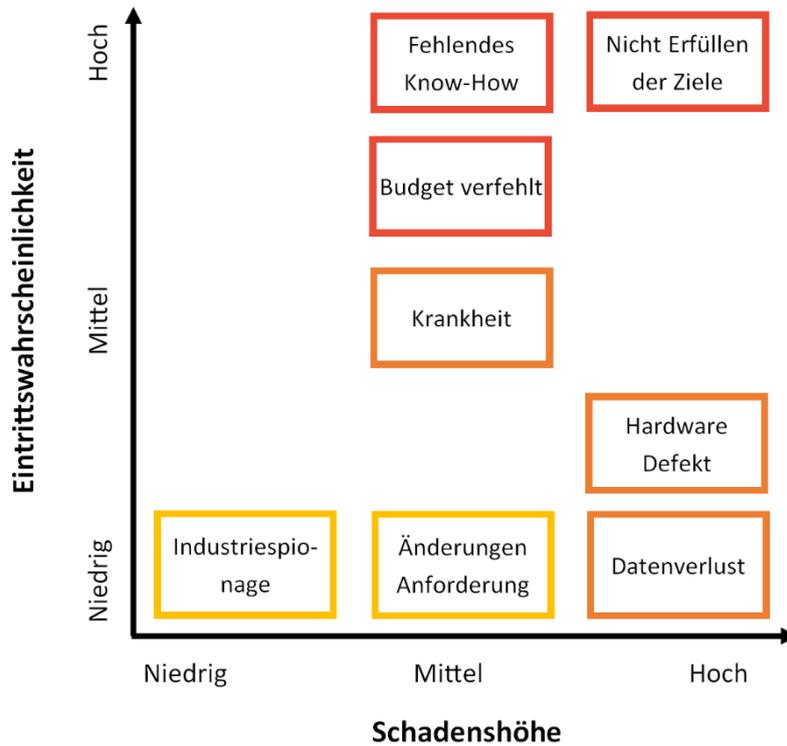


Abbildung 8: Projektbezogene Risikoanalyse, Quelle: Eigene Darstellung

Produktbezogene Risikoanalyse

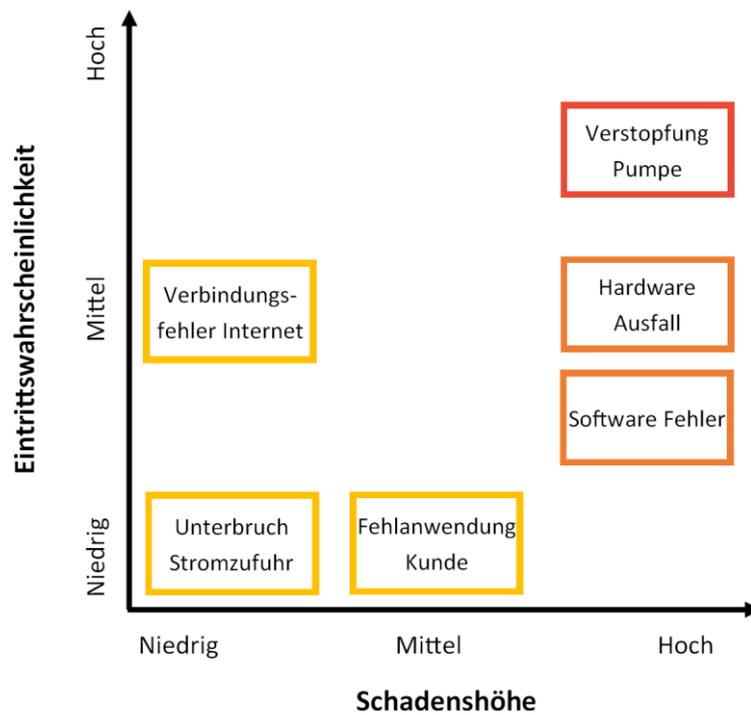


Abbildung 9: Produktbezogene Risikoanalyse, Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.5 Prozessbeschreibung

Mithilfe des sogenannten SIPOC Modell wird der Prozess aus Sicht von Mary and Plants beschrieben. Durch das SIPOC Modell können Prozesse abgegrenzt und relevante Informationen übersichtlich dargestellt werden (Fleig, 2018). In dem Modell in der Abbildung 10 werden unter der Spalte **S** die Lieferanten von Mary and Plants aufgelistet. Die Inputs, die einen Einfluss auf den Entwurf der Pflanzenwand haben, werden in der nächsten Spalte **I** aufgezählt. Der eigentliche Prozess der Pflanzenwand wird in der Spalte **P** beschrieben. Der Prozess beginnt mit der Kontaktaufnahme des Kunden und endet mit dem Lebensende des Produktes. In der Spalte **O** werden die Outputs aufgezählt. Die potenziellen Kunden für eine solche Pflanzenwand werden in der letzten Spalte **C** beschrieben.

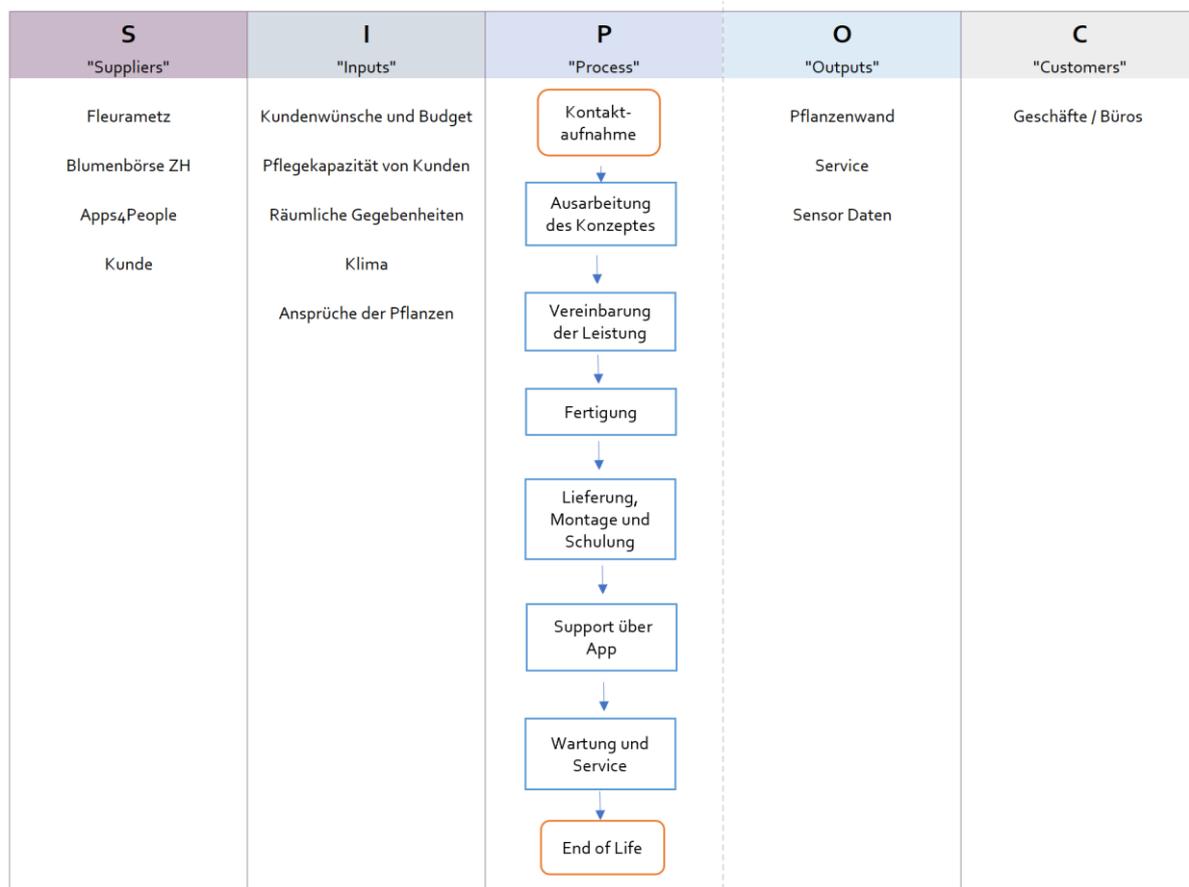


Abbildung 10: SIPOC Modell, Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.6 Lösungsvarianten

Durch die in Kapitel 4.1.2 durchgeführte Produktanalyse wird klar, dass die angebotenen Pflanzenwände der Hauptkonkurrenten eine hohe Individualität anbieten. Um ebenfalls eine solche Individualität anzubieten und trotzdem eine gewisse Planungssicherheit zu gewährleisten, wurde in Absprache mit Mary und Plants entschieden, die Pflanzenwand Modular zu konzipieren. So wird die Pflanzenwand nach Modulen der Masse 220cm x 110cm dimensioniert. Diese Grösse ermöglicht ein Kombinieren der Module im Hoch- sowie Querformat, um auf eine gewünschte Fläche zu kommen. Die Pflanzenauswahl kann weiterhin individuell gestaltet werden.

Mithilfe eines Morphologischen Kasten werden drei Lösungsvorschläge generiert. Dafür wird die Pflanzenwand den Teilfunktionen nach in folgende Lösungsparameter unterteilt.

<b>Lösungsparameter</b>	<b>Funktion</b>
Substrat	In welchem Substrat werden die Pflanzen gedeihen?
Becken	Wo ist das Wasserbecken positioniert und aufgebaut? Verfügt das Wasserbecken über weitere Funktionen?
Halterung Wand	Wie werden die Pflanzenbehälter an der Wand montiert?
Pflanzenbehälter	In was für Behälter werden die Pflanzen platziert?
Wasserzufuhr	Wie erfolgt die Wasserzufuhr zu den Pflanzen?
Sensorik	Wie viele Sensoren sollen angebracht werden und wie sind diese Positioniert?
Ansteuerung/Reglung	Wie wird die Bewässerung der Pflanzenwand angesteuert? Wie viele Microcomputer werden verwendet?
Benutzerschnittstelle	Über welche Benutzerschnittstelle werden Informationen zur Pflanzenwand dargestellt?

Tabelle 5: Definition Lösungsparameter

Die Lösungsparametern werden mit mehreren Parameterausprägungen ergänzt. Die Lösungsparameter werden in folgendem Morphologischen Kasten als Kriterien bezeichnet und die Parameterausprägungen als Lösungsvorschläge.

<b>Kriterium</b>	<b>Lösungsvorschläge</b>				
<b>Substrat</b>	Erde	Blähton	Erde/Blähton Gemisch	Vegetationsmatte	
<b>Becken</b>	Position unterhalb offen	Position unterhalb geschlossen	Position unterhalb mit Wasserpflanzen	Position oberhalb geschlossen	
<b>Halterung Wand</b>	Stahlgitter	Holzplatte	Gipswand	Aluminium Profil	
<b>Pflanzenbehälter</b>	Einzeltopf Kunststoff	Einzeltopf Metall	Pflanzkasten Kunststoff	Pflanzkasten Metall	Stofftaschen
<b>Wasserzufuhr</b>	Wasserpumpe mit Tröpfchen in oberster Reihe	Wasserpumpe mit Durchfluss über alle Reihen	Wasserpumpe mit "Tau-Strahl"	Gravitation mit Pumpe	
<b>Sensorik</b>	1 Sensor pro Pflanzenwand (Unten)	1 Sensor pro Modul (Unten)	2 Sensoren pro Modul (Oben und unten)	2 Sensoren pro Pflanzenwand (Oben und unten)	Kein Sensor/Timer
<b>Ansteuerung / Regelung</b>	1 uC für die gesamte Pflanzenwand	1 uC pro Modul + 1uC pro Wand	1 uC für Sensorik aller Module + 1 uC pro Wand	Mechanische Regelung	
<b>Benutzerschnittstelle</b>	App	Benutzerzentrum Website	Schnittstelle an Pflanzenwand		

Abbildung 11: Morphologischer Kasten, Quelle: Eigene Darstellung

Aus verschiedenen Kombinationen der Parameterausprägungen werden drei Lösungsvarianten erstellt. Die Lösungsvarianten unterscheiden sich in ihrer Komplexität und Art. Diese werden in den nächsten Unterkapitel vorgestellt und beschrieben.

#### 4.6.1 Variante 1

Bei dieser Variante handelt es sich um ein hydroponisches System.

Kriterium	Lösungsvorschläge				
	Erde	Blähton	Erde/Blähton Gemisch	Vegetationsmatte	
Substrat	Erde	Blähton	Erde/Blähton Gemisch	Vegetationsmatte	
Becken	Position unterhalb offen	Position unterhalb geschlossen	Position unterhalb mit Wasserpflanzen	Position oberhalb geschlossen	
Halterung Wand	Stahlgitter	Holzplatte	Gipswand	Aluminium Profil	
Pflanzenbehälter	Einzeltopf Kunststoff	Einzeltopf Metall	Pflanzkasten Kunststoff	Pflanzkasten Metall	Stofftaschen
Wasserzufuhr	Wasserpumpe mit Tröpfchen in oberster Reihe	Wasserpumpe mit Durchfluss über alle Reihen	Wasserpumpe mit "Tau-Strahl"	Gravitation mit Pumpe	
Sensorik	1 Sensor pro Pflanzenwand (Unten)	1 Sensor pro Modul (Unten)	2 Sensoren pro Modul (Oben und unten)	2 Sensoren pro Pflanzenwand (Oben und unten)	Kein Sensor/Timer
Ansteuerung / Regelung	1 uC für die gesamte Pflanzenwand	1 uC pro Modul + 1uC pro Wand	1 uC für Sensorik aller Module + 1 uC pro Wand	Mechanische Regelung	
Benutzerschnittstelle	App	Benutzerzentrum Website	Schnittstelle an Pflanzenwand		

Abbildung 12: Lösungsvariante 1, Quelle: Eigene Darstellung

Bei dieser Lösungsvariante werden die Pflanzen in kein Substrat wie Erde oder Blähton gesetzt, sondern wachsen in eine Vegetationsmatte. Vegetationsmatten bestehen aus einer Schicht von Kokosfasern oder Vlies und werden im Handel oft bereits begrünt verkauft (de Gier, 2018). Das Wasserbecken wird unterhalb von der Pflanzenwand positioniert und grösstenteils abgedeckt, damit über die Zeit weniger Wasser verdunstet. Über eine schmale Rinne wird das von der Pflanzenwand nicht aufgenommene Wasser abgefangen und über eine kleine Öffnung in das Wasserbecken zurückgeleitet. Die einzelnen Pflanzen werden über Stofftaschen in die Vegetationsmatte gesetzt, die Stofftaschen stabilisieren die Pflanzen zusätzlich. Die Pflanzen samt Vegetationsmatte werden an einem Aluminium Profil an der Wand befestigt. Zwischen der Wand und der Vegetationsmatte muss genügend Abstand herrschen, um eine ausreichende Luftzirkulation zu ermöglichen. Die Bewässerung erfolgt über eine Wasserpumpe, die mit genügend Druck das Wasser zum oberen Ende der Pflanzenwand befördert und mit einem Tau Strahl bewässert. Ausgestattet wird die gesamte Pflanzenwand mit nur einem Feuchtesensor am unteren Ende der Vegetationsmatte. Angesteuert wird die Bewässerung durch einen Microcomputer für die gesamte Wand. Zusätzlich zu der MaryCare App verfügt die Pflanzenwand über ein Display auf welchen Informationen zur Pflanzenwand aufgeschaltet werden. Auch die Aufforderung zum Auffüllen des Beckens wird neben der Benachrichtigung auf der App auf dem Display gezeigt.

## 4.6.2 Variante 2

Die zweite Variante beschreibt ein Modulares System.

Kriterium	Lösungsvorschläge				
Substrat	Erde	Blähton	Erde/Blähton Gemisch	Vegetationsmatte	
Becken	Position unterhalb offen	Position unterhalb geschlossen	Position unterhalb mit Wasserpflanzen	Position oberhalb geschlossen	
Halterung Wand	Stahlgitter	Holzplatte	Gipswand	Aluminium Profil	
Pflanzenbehälter	Einzeltopf Kunststoff	Einzeltopf Metall	Pflanzkasten Kunststoff	Pflanzkasten Metall	Stofftaschen
Wasserzufuhr	Wasserpumpe mit Tröpfchen in oberster Reihe	Wasserpumpe mit Durchfluss über alle Reihen	Wasserpumpe mit "Tau-Strahl"	Gravitation mit Pumpe	
Sensorik	1 Sensor pro Pflanzenwand (Unten)	1 Sensor pro Modul (Unten)	2 Sensoren pro Modul (Oben und unten)	2 Sensoren pro Pflanzenwand (Oben und unten)	Kein Sensor/Timer
Ansteuerung / Regelung	1 uC für die gesamte Pflanzenwand	1 uC pro Modul + 1uC pro Wand	1 uC für Sensorik aller Module + 1 uC pro Wand	Mechanische Regelung	
Benutzerschnittstelle	App	Benutzerzentrum Website	Schnittstelle an Pflanzenwand		

Abbildung 13: Lösungsvariante 2, Quelle: Eigene Darstellung

Die Pflanzen werden in diesem Lösungsvorschlag in Blähton gesetzt. Durch den Gebrauch von Blähton, im Vergleich zu Erde, muss die Erde nicht ausgewechselt werden. Zudem lockt der Blähton weniger Schädlinge an. Da im Blähton selbst keine Nährstoffe vorhanden sind, muss bei dieser Variante konstant leicht gedüngt werden. Das Wasserbecken wird unterhalb von der Pflanzenwand positioniert und mit Wasserpflanzen verziert. Diese Wasserpflanzen wirken nicht nur verschönernd, sie reinigen auch das abfließende Wasser und wirken als Filter. Die Pflanzen werden in Pflanzkästen aus Metall eingepflanzt. Die Pflanzkästen aus jeder Reihe sind mit einem Schlauch mit dem unteren Pflanzkasten verbunden. Bei dem Metall muss darauf geachtet werden, dass dieses korrosionsbeständig sind und sich über die Zeit keine Metallstücke lösen und das Wasser verunreinigen. Die Töpfe werden an einem Stahlgitter befestigt. Um die Wand, an der die Pflanzenwand angebracht wird vor Feuchtigkeit zu schützen, wird diese entsprechend behandelt oder eine Schutzfolie wird angebracht. Die Bewässerung erfolgt über eine Wasserpumpe, die das Wasser in einem Schlauch von dem Wasserbecken zur Pflanzenwand hoch befördert und von dort durch alle Reihen hindurch bewässert. Diese Bewässerungsart soll den Prozess beschleunigen und sicherstellen, dass auch die unteren Reihen genügend Wasser erhalten. Der Schlauch endet im Wasserbecken, um den Wasserkreislauf wieder zu schließen. Zur Messung der Feuchtigkeit wird jeweils ein Feuchtesensor mittig in der obersten, sowie untersten Reihe der Pflanzenwand angebracht. Die Verarbeitung der Sensordaten erfolgt über einen separaten Microcontroller. Dieser kommuniziert mit einem Microcomputer, welcher die Ansteuerung der Wasserpumpe sowie Verbindung mit dem Internet steuert. Zusätzlich zur MaryCare App werden Informationen zur Pflanzenwand auf dem Benutzerzentrum der Mary and Plants Webseite dargestellt.

### 4.6.3 Variante 3

Bei der dritten Lösungsvariante wird versucht ein möglichst einfaches System zu konzipieren.

Kriterium	Lösungsvorschläge				
Substrat	Erde	Blähton	Erde/Blähton Gemisch	Vegetationsmatte	
Becken	Position unterhalb offen	Position unterhalb geschlossen	Position unterhalb mit Wasserpflanzen	Position oberhalb geschlossen	
Halterung Wand	Stahlgitter	Holzplatte	Gipswand	Aluminium Profil	
Pflanzenbehälter	Einzeltopf Kunststoff	Einzeltopf Metall	Pflanzkasten Kunststoff	Pflanzkasten Metall	Stofftaschen
Wasserzufuhr	Wasserpumpe mit Tröpfchen in oberster Reihe	Wasserpumpe mit Durchfluss über alle Reihen	Wasserpumpe mit "Tau-Strahl"	Gravitation mit Pumpe	
Sensorik	1 Sensor pro Pflanzenwand (Unten)	1 Sensor pro Modul (Unten)	2 Sensoren pro Modul (Oben und unten)	2 Sensoren pro Pflanzenwand (Oben und unten)	Kein Sensor/Timer
Ansteuerung / Regelung	1 uC für die gesamte Pflanzenwand	1 uC pro Modul + 1uC pro Wand	1 uC für Sensorik aller Module + 1 uC pro Wand	Mechanische Regelung	
Benutzerschnittstelle	App	Benutzerzentrum Website	Schnittstelle an Pflanzenwand		

Abbildung 14: Lösungsvariante 3, Quelle: Eigene Darstellung

Bei dieser Variante werden die Pflanzen in Erde gesetzt. Das Wasserbecken befindet sich unterhalb der Pflanzenwand und wird nicht bedeckt, sondern offengehalten. Die Pflanzen und die Erde werden in Pflanzkasten aus Kunststoff getopft. Der Boden der Pflanzkästen wird mit Löchern versehen. Das ganze Konstrukt wird an einer Gipswand befestigt, diese wiederum wird an der anzubringenden Wand angebracht. Die Gipswand muss wasserabweisend behandelt oder mit einer Schutzfolie beklebt werden. Bei der Bewässerung pumpt die Wasserpumpe das Wasser bis zum obersten Pflanzkasten hoch und der Schlauch wird etwa ein bis zwei Zentimeter über der Erde entlang gezogen. Alle zehn Zentimeter wird der Schlauch mit Löchern versehen. Durch diese Löcher tropft das Wasser von der Ersten Reihe in die nächste, bis das Wasser aus dem Pflanzkasten der Letzen Reihe wieder in das Wasserbecken tropft. Die Feuchtigkeit der Erde sowie der Wasserstand im Becken werden in diesem Lösungsvorschlag nicht gemessen. Stattdessen wird ein Timer gesetzt, nach dessen Ablauf wird die Bewässerung durchgeführt. Auf welche Zeit der Timer gestellt werden muss, wird im Vorfeld über Tests ermittelt. Die Bewässerung wird bei Ablauf des Timers mechanisch gestartet und nach einer vorgegebenen Zeit wieder gestoppt. Da keine Sensoren verwendet werden, sind wenig Informationen vorhanden die dem Benutzer gezeigt werden können. Die einzige Benutzerschnittstelle hier ist die MaryCare App. Die Aufforderung das Becken aufzufüllen erfolgt auch über einen Timer. Bei der Montage der Pflanzenwand muss die MaryCare App synchronisiert werden, wobei der Timer startet. Läuft der Timer aus, so wird der Benutzer über die App benachrichtigt das Wasserbecken aufzufüllen. Wurde das Becken aufgefüllt, so muss der Benutzer manuell die Benachrichtigung in der App entfernen, was den Timer wieder starten lässt.

## **4.7 Lösungsfindung**

Zur Evaluierung der verschiedenen Parameterausprägungen wird eine Nutzwertanalyse erstellt. Hierbei werden verschiedenen Kriterien Gewichtungen zugeteilt. Die Gewichtung wurde in drei Teile unterteilt. Eins für geringfügig relevant, Zwei für weniger wichtig und Drei für hohe Bedeutung. Anschliessend werden die verschiedenen Parameterausprägungen beurteilt. Dies erfolgt mit einer Skala von Eins – Fünf, wobei Eins für schlecht und Fünf für ideal steht. Dieser Wert wird mit der Gewichtung des jeweiligen Kriteriums multipliziert. Das wird bei jedem Kriterium durchgeführt und anschliessend addiert. Das Total der Nutzwerte kann mit den anderen Parameterausprägungen verglichen werden, um eine Bewertung der Lösungsvarianten, die für die Pflanzenwand am geeignetsten sind, vorzunehmen.

Die Kriterien für die Bewertung werden von den Kernanforderungen an die Pflanzenwand abgeleitet und nach Relevanz der Kundenzufriedenheit gewichtet. Anhand folgender Kriterien werden die Parameterausprägungen beurteilt.

### **Preis**

Mit dem Preis werden die Kosten des Erwerbens und Instandhaltens gemeint. Der Preis darf nicht zu hoch sein, es muss gleichzeitig auch nicht die günstigste Variante ausgewählt werden. Gemäss dem Kano Modell in Kapitel X fällt der Preis in die Leistungsmerkmale. Dementsprechend wird dieses Kriterium mit einer Zwei gewichtet. Je höher die Kosten, umso niedriger der Nutzwert.

### **Montage Komplexität**

Unter Montage Komplexität wird der Aufwand verstanden, der bei der Montage nötig ist. Zudem kommt das Einbinden der Komponente in das gesamte System dazu. Die Montage Komplexität hängt mit der Machbarkeit einer Lösung zusammen und wird daher mit einer Drei für hohe Bedeutung gewichtet. Eine hohe Montage Komplexität wird in der Nutzwertanalyse mit einer niedrigen Zahl bewertet.

### **Design**

Das Design bestimmt die Optik der Pflanzenwand. Mit diesem Kriterium wird die Anschaulichkeit des Endproduktes gemeint. Da die Pflanzenwand grundsätzlich als Dekoratives Element eingesetzt wird und eine ansprechende Optik im Kano Modell als Basismerkmal notiert wird, erhält dieses Kriterium eine Gewichtung von Drei.

### **Pflegeaufwand für den Kunden**

Dieses Kriterium beschreibt den Pflegeaufwand, welcher der Kunde aufbringen muss. Die Anforderung das die Pflanzenwand Pflegeleicht sein muss, wird als Leistungsmerkmal bewertet. Somit wird dieses Kriterium mit einer Zwei gewichtet.

### **Pflegeaufwand für Mary and Plants**

Dieses Kriterium beschreibt den Pflegeaufwand, welcher Mary and Plants als Anbieter der Pflanzenwand aufbringen muss. Da Mary and Plants nur die nötigsten Dienstleistungen anbieten möchten, erhält dieses Kriterium eine hohe Bedeutung und eine Gewichtung von Drei.

## Nachhaltigkeit

Mit Nachhaltigkeit wird Herstellung, Entsorgung oder Weiterverwertbarkeit der zu beurteilenden Komponente verstanden. Die Nachhaltigkeit ist ein Begeisterungsmerkmal und wird dementsprechend mit einer Eins gewichtet.

## Raumklima

Unter Raumklima wird nicht nur die Temperatur gemeint, sondern das Wohlfühlen in einem Raum. Dieses Kriterium wird subjektiv wahrgenommen und im Kano Modell als Begeisterungsmerkmal verzeichnet. Somit ist das Raumklima nur geringfügig relevant und erhält eine Gewichtung von Eins.

### 4.7.1 Nutzwertanalyse Substrat

In folgender Nutzwertanalyse werden die möglichen Substrate aus den drei Lösungsvarianten verglichen und bewertet.

Kriterien	Gewichtung	Erde		Blähton		Vegetationsmatte	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	5	10	4	8	2	4
Montage Komplexität	3	5	15	3	9	2	6
Design	3	3	9	3	9	5	15
Pflegeaufwand für Kunden	2	4	8	3	6	4	8
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	3	9	4	12	2	6
Raumklima	1	3	3	3	3	5	5
Nachhaltigkeit	1	4	4	4	4	3	3
<b>Total</b>			<b>58</b>		<b>51</b>		<b>47</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 15: Nutzwertanalyse Substrat, Quelle: Eigene Darstellung

## Fazit

Das Substrat Erde schneidet im Vergleich zu Blähton und der Vegetationsmatte am besten ab. Das liegt vor allem am günstigen Preis und der einfachen Handhabung.

Die Begründung hinter der Bewertung der einzelnen Kriterien ist im Anhang auf der Seite II ersichtlich.

### 4.7.2 Nutzwertanalyse Becken

In der nachfolgenden Nutzwertanalyse werden die verschiedenen Varianten des Wasserbeckens bewertet.

Kriterien	Gewichtung	Unterhalb offen		Unterhalb mit Wasserpflanzen		Unterhalb geschlossen	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	5	10	3	6	4	8
Montage Komplexität	3	5	15	3	9	4	12
Design	3	4	12	5	15	2	6
Pflegeaufwand für Kunden	2	4	8	3	6	5	10
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	4	12	3	9	4	12
Raumklima	1	4	4	5	5	3	3
Nachhaltigkeit	1	3	3	4	4	3	3
<b>Total</b>			<b>64</b>		<b>54</b>		<b>54</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 16: Nutzwertanalyse Becken, Quelle: Eigene Darstellung

## Fazit

Das Becken unterhalb der Pflanzenwand ohne Abdeckung wird mit dem höchsten Nutzwert bewertet. Diese Variante schneidet in allen Kriterien, bis auf die Nachhaltigkeit, mindestens gut ab.

Die Begründung hinter der Bewertung der einzelnen Kriterien ist im Anhang auf der Seite III ersichtlich.

#### 4.7.3 Nutzwertanalyse Halterung Wand

Folgende Nutzwertanalyse stellt die Bewertung der möglichen Lösungsvarianten für die Halterung an der Wand dar.

Kriterien	Gewichtung	Stahlgitter		Gipswand		Aluminium Profil	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	4	8	5	10	4	8
Montage Komplexität	3	4	12	3	9	3	9
Design	3	5	15	4	12	4	12
Pflegeaufwand für Kunden	2	3	6	3	6	3	6
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	4	12	3	9	4	12
Raumklima	1	4	4	4	4	4	4
Nachhaltigkeit	1	4	4	3	3	4	4
<b>Total</b>			<b>61</b>		<b>53</b>		<b>55</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 17: Nutzwertanalyse Halterung Wand, Quelle: Eigene Darstellung

#### Fazit

Die Variante, welche in der Nutzwertanalyse am besten bewertet wird, ist das Stahlgitter. Da das Stahlgitter eng an der Wand anliegt erzeugt es eine ansprechende Optik der gesamten Pflanzenwand.

Die Begründung hinter der Bewertung der einzelnen Kriterien ist im Anhang auf der Seite IV ersichtlich.

#### 4.7.4 Nutzwertanalyse Pflanzenbehälter

In folgender Nutzwertanalyse werden die möglichen Pflanzenbehälter verglichen und bewertet.

Kriterien	Gewichtung	Pflanzkasten Kunststoff		Pflanzkasten Metall		Stofftasche	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	5	10	3	6	5	10
Montage Komplexität	3	4	12	3	9	5	15
Design	3	4	12	4	12	3	9
Pflegeaufwand für Kunden	2	4	8	3	6	4	8
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	5	15	5	15	4	12
Raumklima	1	3	3	3	3	4	4
Nachhaltigkeit	1	3	3	4	4	4	4
<b>Total</b>			<b>63</b>		<b>55</b>		<b>62</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 18: Nutzwertanalyse Pflanzenbehälter, Quelle: Eigene Darstellung

#### Fazit

Der Pflanzkasten aus Kunststoff wird mit kleinem Vorsprung am besten bewertet. Die Variante der Stofftasche schneidet ebenfalls gut ab, gerät aber durch ein minderes Design in den Hintergrund.

Die Begründung hinter der Bewertung der einzelnen Kriterien ist im Anhang auf der Seite V ersichtlich.

#### 4.7.5 Nutzwertanalyse Wasserzufuhr

Folgend wird die Wasserzufuhr der Pflanzenwand mithilfe einer Nutzwertanalyse bewertet.

Kriterien	Gewichtung	Wasserpumpe Tröpfchen		Wasserpumpe Tau		Wasserpumpe durchfluss	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	5	10	3	6	4	8
Montage Komplexität	3	4	12	4	12	3	9
Design	3	3	9	3	9	3	9
Pflegeaufwand für Kunden	2	4	8	4	8	3	6
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	4	12	4	12	2	6
Raumklima	1	5	5	2	2	4	4
Nachhaltigkeit	1	4	4	3	3	4	4
<b>Total</b>			<b>60</b>		<b>52</b>		<b>46</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 19: Nutzwertanalyse Wasserzufuhr, Quelle: Eigene Darstellung

#### Fazit

Die Bewässerungsmethode mit einer Wasserpumpe mit Tröpfchen schneidet mit abstand am besten ab. Diese Variante bewährt sich als einfach sowie effektiv.

Die Begründung hinter der Bewertung der einzelnen Kriterien ist im Anhang auf der Seite VI zu finden.

#### 4.7.6 Nutzwertanalyse Sensorik

In der nachfolgenden Nutzwertanalyse werden die verschiedenen Möglichkeiten, wie die Feuchtigkeit gemessen werden kann, untersucht.

Kriterien	Gewichtung	1 Sensor/Pflanzenwand		2 Sensor/Pflanzenwand		Kein Sensor	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	4	8	3	6	5	10
Montage Komplexität	3	4	12	4	12	5	15
Design	3	3	9	3	9	3	9
Pflegeaufwand für Kunden	2	5	10	5	10	3	6
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	3	9	4	12	2	6
Raumklima	1	3	3	3	3	3	3
Nachhaltigkeit	1	4	4	4	4	3	3
<b>Total</b>			<b>55</b>		<b>56</b>		<b>52</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 20: Nutzwertanalyse Sensorik, Quelle: Eigene Darstellung

#### Fazit

Zwei Sensoren, eine in der obersten Reihe und eine in der untersten Reihe, wird am besten bewertet. Dies liegt daran, dass mit zwei Sensoren die Feuchtigkeit und der Zeitpunkt des Bewässerns besser bestimmt werden kann. Auch die Dauer der Bewässerung erfolgt mit dieser Variante genauer.

Die Begründung hinter der Bewertung der einzelnen Kriterien ist im Anhang auf der Seite VII ersichtlich.

#### 4.7.7 Nutzwertanalyse Ansteuerung/Reglung

Mithilfe der folgenden Nutzwertanalyse wird die Ansteuerung und Regelung der Pflanzenwand bewertet.

Kriterien	Gewichtung	1 uC/Pflanzenwand		1 uC/Sensorik + 1uC/Wand		Mechanische Regelung	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	4	8	4	8	4	8
Montage Komplexität	3	4	12	3	9	3	9
Design	3	3	9	3	9	3	9
Pflegeaufwand für Kunden	2	5	10	5	10	4	8
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	4	12	3	9	2	6
Raumklima	1	3	3	3	3	3	3
Nachhaltigkeit	1	3	3	3	3	4	4
<b>Total</b>			<b>57</b>		<b>51</b>		<b>47</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 21: Nutzwertanalyse Ansteuerung, Quelle: Eigene Darstellung

#### Fazit

Ein Microcontroller pro Pflanzenwand bewährt sich gemäss der Nutzwertanalyse als beste Option der Ansteuerung. Ein Zentrales System ist weniger Fehleranfällig und das System erkennt vorliegende Defekte und leitet diese an Mary and Plants weiter. Die vom Kunden angeforderte Dienstleistung, um diese Fehler zu beheben wird somit vereinfacht.

Die Begründung zu der Bewertung der jeweiligen Kriterien ist im Anhang auf der Seite VIII ersichtlich.

#### 4.7.8 Nutzwertanalyse Benutzerschnittstelle

In der letzten Nutzwertanalyse wird die Art der Benutzerschnittstelle verglichen und bewertet.

Kriterien	Gewichtung	App		Schnittstelle an Wand		Benutzerzentrum Webseite	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Preis	2	5	10	2	4	4	8
Montage Komplexität	3	5	15	3	9	4	12
Design	3	3	9	4	12	3	9
Pflegeaufwand für Kunden	2	4	8	4	8	5	10
Pflegeaufwand für Mary and Plants	3	5	15	3	9	5	15
Raumklima	1	3	3	3	3	3	3
Nachhaltigkeit	1	2	2	3	3	2	2
<b>Total</b>			<b>62</b>		<b>48</b>		<b>59</b>

Legende Gewichtung	1: geringfügig relevant	2: weniger wichtig	3: hohe Bedeutung		
Legende Bewertung	1: schlecht	2: weniger gut	3: grössenteils OK	4: gut	5: ideal

Abbildung 22: Nutzwertanalyse Benutzerschnittstelle, Quelle: Eigene Darstellung

#### Fazit

Die bereits vorhandene App eignet sich für die Benutzerschnittstelle am besten, da die App ständig weiterentwickelt wird und somit kein Mehraufwand entsteht. Ein Nachteil liegt darin, dass die App heruntergeladen werden muss und die Person, die für die Pflanzenwand zuständig ist, die App immer in der Nähe haben sollte.

Die Begründung hinter der Bewertung der einzelnen Kriterien ist im Anhang auf der Seite IXVII ersichtlich.

## 5 Grobkonzept und Prototyp

Die in der Konzeption evaluierte technische Lösung wird in dem nächsten Unterkapitel vorgestellt. Zudem wird der Entwicklungsprozess des Prototyps erläutert.

### 5.1 Evaluierte technische Lösung

Die Lösungsvorschläge der einzelnen Teilfunktionen, welche für das Konzept am besten geeigneten sind, werden anhand der Nutzwertanalysen evaluiert. Diese werden kombiniert und zu der folgenden technischen Lösung zusammengefasst.

Kriterium	Lösungsvorschläge				
Substrat	Erde	Blähton	Erde/Blähton Gemisch	Vegetationsmatte	
Becken	Position unterhalb offen	Position unterhalb geschlossen	Position unterhalb mit Wasserpflanzen	Position oberhalb geschlossen	
Halterung Wand	Stahlgitter	Holzplatte	Gipswand	Aluminium Profil	
Pflanzenbehälter	Einzeltopf Kunststoff	Einzeltopf Metall	Pflanzkasten Kunststoff	Pflanzkasten Metall	Stofftaschen
Wasserzufuhr	Wasserpumpe mit Tröpfchen in oberster Reihe	Wasserpumpe mit Durchfluss über alle Reihen	Wasserpumpe mit "Tau-Strahl"	Gravitation mit Pumpe	
Sensorik	1 Sensor pro Pflanzenwand (Unten)	1 Sensor pro Modul (Unten)	2 Sensoren pro Modul (Oben und unten)	2 Sensoren pro Pflanzenwand (Oben und unten)	Kein Sensor/Timer
Ansteuerung / Regelung	1 uC für die gesamte Pflanzenwand	1 uC pro Modul + 1uC pro Wand	1 uC für Sensorik aller Module + 1 uC pro Wand	Mechanische Regelung	
Benutzerschnittstelle	App	Benutzerzentrum Website	Schnittstelle an Pflanzenwand		

Abbildung 23: Morphologischer Kasten evaluierte Lösung, Quelle: Eigene Darstellung

Bei der evaluierten Lösung gedeihen die Pflanzen in torfreier Erde. Eingepflanzt werden die Pflanzen in Reihentöpfe, sogenannte Pflanzkästen, aus Kunststoff. Der Boden der Töpfe wird mit Löchern versehen, diese werden so positioniert und dimensioniert, dass das Wasser optimal abläuft. Die Töpfe werden an einem Stahlgitter an der Wand befestigt. Das Stahlgitter und dessen Maschen sind so zu dimensionieren, dass nach der Montage der Pflanzkästen kein Stahlgitter mehr sichtbar ist. Das Wasserbecken wird unterhalb der Pflanzenwand positioniert. Das Becken verfügt über keinen Deckel, wodurch das überschüssige Wasser von der Letzten Reihe der Pflanzenwand direkt wieder in das Becken tropft. Die Bewässerung erfolgt über eine Wasserpumpe, die das Wasser aus dem Becken durch einen PVC-Schlauch zu der obersten Reihe der Pflanzenwand befördert. Der Schlauch wird in der obersten Reihe dem Topf entlang angebracht, sodass der Schlauch ein bis zwei Zentimeter über der Erde im Topf hängt. Der Abschnitt des Schlauches, der sich in dem Pflanzkasten befindet, wird alle zehn Zentimeter mit Löchern versehen. Durch diese Löcher tropft bei der Bewässerung das Wasser in den obersten Pflanzkasten. Wird die Erde genügend durchnässt, so tropft das Wasser in den nächsten Topf runter, bis das Wasser wieder in das Wasserbecken am Fuss der Pflanzenwand fließt. Die Feuchtigkeit der Pflanzenerde wird mit je einem Sensor in der obersten Reihe sowie untersten Reihe ermittelt. Die Pflanzenwand bewässert sich selbst, sobald die Sensoren einen kritischen Wert unterschreiten. Ebenso wird das Wasserbecken mit einem Sensor versehen, dieser ermittelt den Wasserstand des Beckens und benachrichtigt den Benutzer, falls das Becken

aufgefüllt werden muss. Die Sensordaten werden auf einer Cloud gespeichert. Gesteuert wird das System mit einem Zentralen Microcontroller. Das System erkennt fehlerhafte Teilfunktionen und teilt allfällige Störungen dem Benutzer mit. Als Benutzerschnittstelle dient die bereits vorhandene MaryCare App. Auf der App werden die Benachrichtigungen sowie weitere Informationen wie, momentane Feuchtigkeit und Zeitpunkt der letzten Bewässerung gezeigt.

Eine erste Kostenrechnung kann dem Anhang auf Seite X entnommen werden.

### 5.1.1 Schnittstellen

Die folgende Grafik veranschaulicht mithilfe eines Systemdiagramms die Schnittstellen des Grobkonzeptes. Hierfür werden jegliche Systemkomponenten eingefügt. Mit Pfeilen wird aufgezeigt, wie die einzelnen Systemkomponenten miteinander interagieren. Dieses Interagieren zwischen den Komponenten wird als Schnittstelle bezeichnet. Die Beschreibung der Schnittstellen folgt dem Systemdiagramm.

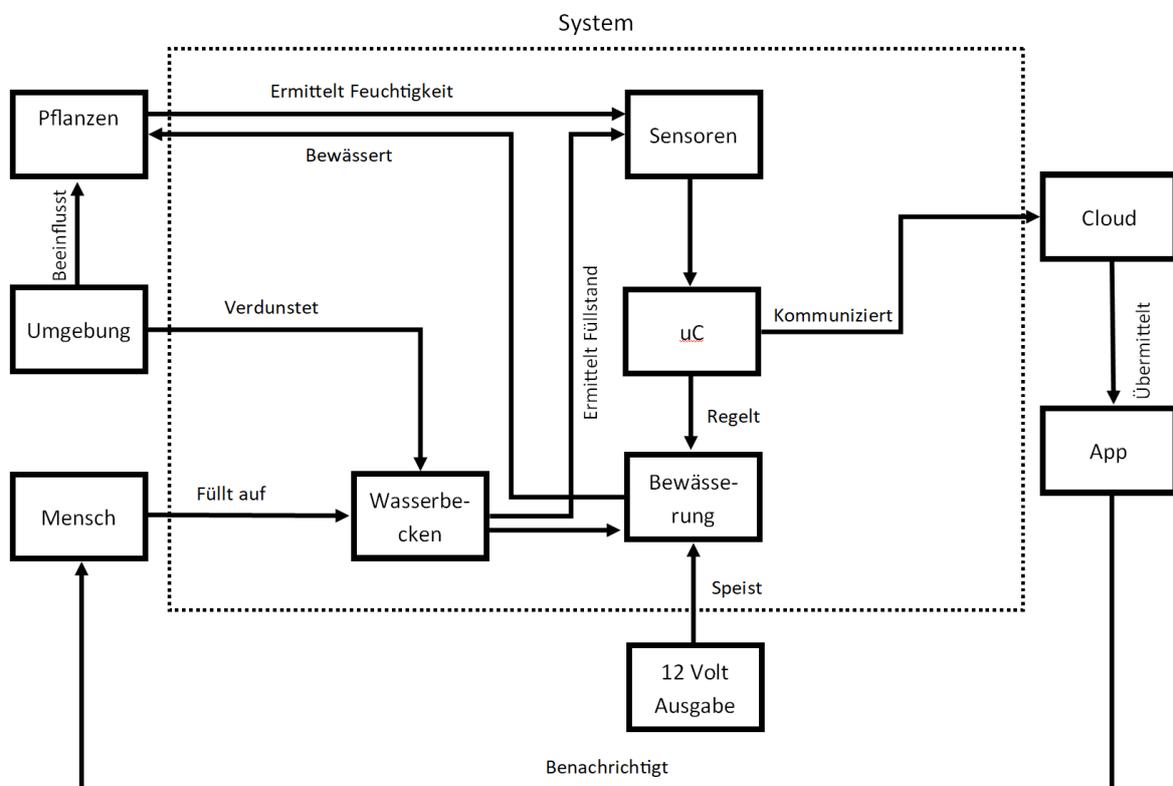


Abbildung 24: Systemdiagramm Schnittstellen, Quelle: Eigene Darstellung

Die Komponente Pflanzen wird durch die Umgebung beeinflusst, so hat die Temperatur sowie die Sonneneinstrahlung einen Einfluss auf das Gedeihen der Pflanze. Ebenso durch die Umgebung wird das Wasserbecken beeinflusst. Die Feuchtigkeit der Pflanzenerde wird mittels Sensoren ermittelt. Ebenso wird der Füllstand des Wassers im Wasserbecken mit einem Sensor gemessen. Die Sensorwerte werden durch den Microcontroller verarbeitet. Der Microcontroller steuert das Starten und Stoppen der Bewässerung. Die in der Bewässerung verwendete Wasserpumpe wird mit 12 Volt gespeist. Das Wasser für die Bewässerung wird aus dem Wasserbecken bezogen und fließt zu den Pflanzen. Bei niedrigem Wasserstand im Wasserbecken oder bei Störungen innerhalb des Systems

aktualisiert der Microcontroller über die Cloud die MaryCare App. Die App benachrichtigt den Benutzer. Bei einem zu tiefen Wasserstand füllt der Benutzer das Wasserbecken wieder auf.

In einem nächsten Schritt gilt es die einzelnen Komponenten genauer zu definieren. Dies findet in der Entwurfsphase statt und wird in dieser Projektarbeit nicht behandelt.

### 5.1.2 Prozessstruktur

Folgend werden die Hauptprozesse der Pflanzenwand beschrieben.

#### Bewässerung



Abbildung 25: Prozess Bewässerung, Quelle: Eigene Darstellung

Als Vorbedingung für eine fehlerfreie Bewässerung müssen die Sensorwerte im Normbereich liegen. Liegen die Werte ausserhalb des Normbereichs so kann davon ausgegangen werden, dass der Sensor defekt ist. Liegen die Sensorwerte im Normbereich so werden diese ausgewertet. Sobald der Sensorwert einen unteren Schwellwert unterschreitet, beginnt die Bewässerung. Während der Bewässerung wird der Sensorwert konstant eingelesen. Damit die Bewässerung nicht ständig gestartet und gestoppt wird bei Überschreiten des Schwellwertes und die Wasserpumpe Schaden nehmen kann, wird eine Hysterese eingesetzt. Durch die Hysterese startet die Bewässerung, sobald der Sensorwert in der obersten Reihe beispielsweise 30% Feuchtigkeit unterschreitet. Gestoppt wird die Bewässerung erst, sobald der Sensorwert in der untersten Reihe 60% Feuchtigkeit überschreitet.

Der Wert für die Hysterese wird durch Testen der Sensoren ermittelt.

#### Wasserbecken Auffüllen



Abbildung 26: Prozess Wasserbecken Auffüllen, Quelle: Eigene Darstellung

Wie bei der Bewässerung wird zu Beginn geprüft ob der Sensorwert im Normbereich liegen. Liegt der Sensorwert im erwarteten Bereich so wird dieser verarbeitet. Ist der Wasserstand im Becken unter dem definiertem Schwellwert, so wird der Benutzer über die App

benachrichtigt. Sobald der Benutzer das Wasserbecken auffüllt und der Wasserstand den Schwellwert überschreitet, wird die Meldung auf der App entfernt.

Der Schwellwert für das Wasserbecken wird durch das Testen am Prototyp ermittelt.

### Sensorfehler erkennen



Abbildung 27: Prozess Sensorfehler erkennen, Quelle: Eigene Darstellung

Wird ein Sensorwert ausserhalb des Normalbereiches erkannt, so blockiert das System die Bewässerung. Auf der App wird eine Meldung angezeigt, die beschreibt welchen Sensor einen falschen Wert ausgegeben hat und dass die Bewässerung vorzeitig blockiert ist. Der Benutzer kann versuchen das Problem selbst zu beheben oder einen Service anzufordern. Sobald der Sensorwert im Normalbereich liegt, wird die Meldung auf der App entfernt und die Bewässerung wieder freigegeben.

## 5.2 Prototyp

Die evaluierte technische Lösung dient als Vorlage für den Prototyp. Als Teilfunktionen werden, wenn möglich, die Lösungsvorschläge der technischen Lösung eingesetzt. Der Prototyp soll in der Lage sein, die Pflanzen autonom zu bewässern und dem Benutzer mitzuteilen, falls das Wasserbecken aufgefüllt werden muss oder die Sensoren defekt sind. Was nicht in die Entwicklung einbezogen wird, ist die Kommunikation über die App. Stattdessen wird der Prototyp mit einem kleinen Display ausgestattet, auf welchem die Sensorwerte und weitere Meldungen gezeigt werden. Gesteuert wird die Pflanzenwand mit einem Arduino Nano. Die Dimension von 110cm x 220cm wird nicht erreicht, stattdessen wird ein Modul der Grösse 80cm x 200cm erstellt.

Der Prototyp dient als Eigenschaftsabsicherung für die Bewässerung. Anhand des Prototyps werden Tests durchgeführt, um Daten für Grössen wie das Wasserbecken oder der Hysterese-Wert zu erhalten.

Der Prototyp wird in zwei Baugruppen unterteilt, die Mechanische Halterung und das Bewässerungssystem. Zudem kommt die Pflanzenauswahl als dritter Teilbereich dazu. Aufgebaut wird der Prototyp im Lager von Mary and Plants. Die nächsten Unterkapitel beschreiben den Aufbau der Teilbereiche und die Ergebnisse der durchgeführten Tests.

### 5.2.1 Mechanische Halterung

Unter mechanische Halterung werden die Pflanzenbehälter, und dessen Aufbereitung für die Bewässerung sowie Montage and der Wand verstanden. Folgende Bauteile werden für die mechanische Halterung verwendet.

Teil	Anzahl
Geli Blumenkasten Standard 80 cm	5
Geli Balkonkastenhalter Typ D	5
hadra Metallzaun Grau 2000 x 1030 mm	1
Klemme 5 x 15mm	9
fischer Dübel- & Schraubenbox Ø x L: 6 x 35 mm	3
Gartenvlies 10x1.5 m 17 g/m <sup>2</sup>	1

Tabelle 6: Bauteile mechanische Halterung

Die im Lager für die Pflanzenwand auserwählte Wand besteh aus Beton. Um in eine Betonwand Löcher bohren zu können, wird eine Schlagbohrmaschine oder ein Bohrhammer benötigt (Rust, 2019). Die für den Metallzaun benötigten Bohrlöcher werden mit einer Schlagbohrmaschine mit einem 6mm Betonbohrer Aufsatz gebohrt. Der Metallzaun wird mit den neun Klemmen an der Wand befestigt.



Abbildung 28: Metallzaun an der Wand befestigt, Quelle: Eigene Aufnahme

Als Pflanzenbehälter werden fünf Blumenkästen mit einer Länge von 80 cm verwendet. Diese haben ein Fassungsvermögen von rund 20 l. Damit das Wasser ablaufen kann, werden auf der Unterseite der Blumenkästen Löcher gebohrt. Da die Blumenkästen leicht schräg angebracht werden, staut sich das Wasser besonders an der Seite, die weg von der Wand zeigt. An dieser frontalen Seite werden mehr und auch grössere Löcher gebohrt.



Abbildung 29: Unterseite eines Blumenkastens, Quelle: Eigene Aufnahme

Damit bei der Bewässerung keine Erde durch die Löcher fließt, wird die Innenseite mit Gartenvlies bedeckt. Das Gartenvlies dient so als Filter, damit von den oberen Balkonkästen keine Erde auf die Pflanzen tropft und die Wasserpumpe im Wasserbecken nicht durch die Erde verstopft oder beschädigt wird.



Abbildung 30: Blumenkasten mit Gartenvlies, Quelle: Eigene Aufnahme

Verstellbare Balkonhalter werden mit einem Regelmässigen Abstand an dem Metallzaun befestigt. Die Grösse der Balkonhalter werden so eingestellt, dass die Blumenkästen leicht schräg in der Halterung halten, was den Wasserabfluss begünstigen sollte. Durch seitliches Einschieben können die Blumenkästen angebracht oder entfernt werden.



Abbildung 31: Blumenkästen an dem Metallzaun befestigt, Quelle: Eigene Aufnahme

### 5.2.2 Bewässerungssystem

Das Bewässerungssystem gilt als die Hauptfunktion des Prototyps. Es beinhaltet die Feuchtigkeitsmessung, die Bewässerung sowie Kommunikation mit dem Benutzer. Im

nachfolgenden Flussdiagramm wird der Prozess der Bewässerung dargestellt. Der Prozess wird in Anschluss auf die Abbildung näher erläutert und beschrieben.

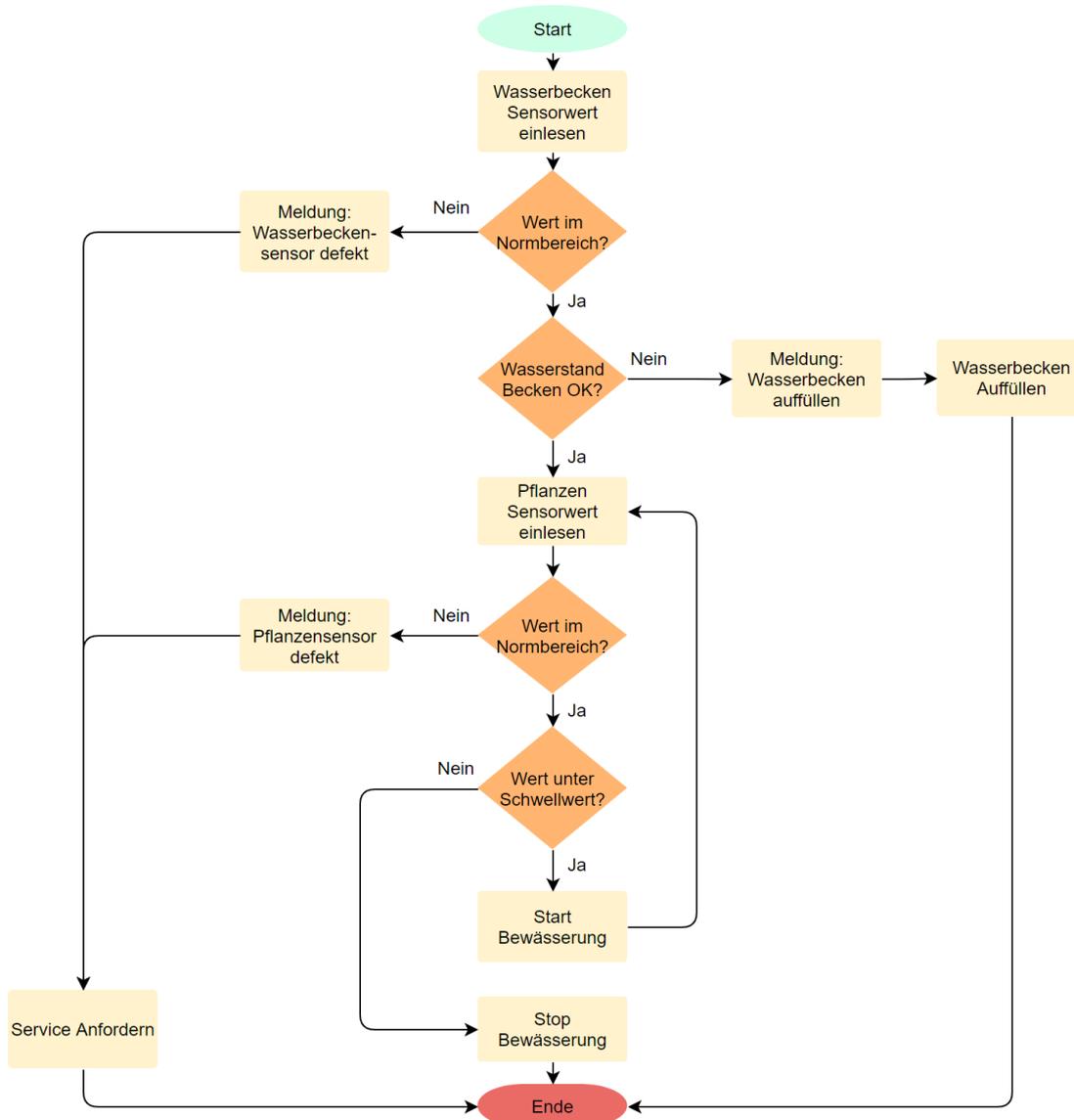


Abbildung 32: Flussdiagramm Bewässerungssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Zu Beginn wird der Sensor des Wasserbeckens eingelesen. Liegt der eingelesene Sensorwert nicht im Normbereich, so wird über das Display eine Meldung ausgegeben, dass der Wasserbeckensensor defekt ist. In so einem Fall wird ein Service angefordert und der Prozess beendet. Falls der Sensorwert im Normbereich liegt, wird der Füllstand gemessen. Liegt der Wasserstand unterhalb des definierten Wertes, wird der Benutzer über das Display informiert, dass das Wasserbecken aufgefüllt werden muss. Füllt der Benutzer das Wasserbecken auf, endet der Prozess. Bei einem Sensorwert über dem definierten Wert, wird als nächstes die Feuchtigkeit der Pflanzenerde eingelesen. Auch hier wird überprüft, ob der Wert im Normbereich liegt. Ist dies nicht der Fall, wird die entsprechende Meldung auf dem Display angezeigt. Auch hier wird ein Service angefordert und der Prozess beendet. Bei normalen Sensorwerten wird geprüft, ob der Wert unter dem Schwellwert für das Starten der Bewässerung ist. Liegt der eingelesene Sensorwert über diesem Schwellwert, so wird die Bewässerung gestoppt und der Prozess beendet. Ist der Wert jedoch unter dem Schwellwert, wird die Bewässerung gestartet. Während der Bewässerung wird der

Sensorwert konstant eingelesen, um die Bewässerung bei Defekten Sensoren oder überschreiten des Schwellenwertes zu stoppen.

Der Schwellwert wird in diesem Flussdiagramm vereinfacht dargestellt, in Wahrheit handelt es sich nicht um einen einzelnen Schwellwert, sondern um Zwei. Ein Wert, der bei Unterschreitung die Bewässerung startet und ein zweiter Wert, welcher bei Überschreitung die Bewässerung stoppt. Folgende Bauteile werden in dem Bewässerungssystem eingesetzt.

Teil	Anzahl
Nano kompatibles Board Atmega 328 Rev3	1
15g Lötzinn Spender bleifrei 0.8mm	1
Litze 0.5mm <sup>2</sup> 20AWG rot Halogenfrei	1
Litze 0.5mm <sup>2</sup> 20AWG Schwarz Halogenfrei	1
Litze 1.5mm <sup>2</sup> 16AWG Schwarz Halogenfrei	1
Litze 1.5mm <sup>2</sup> 16AWG Rot Halogenfrei	1
Kapazitiver Bodenfeuchtesensor V1.2	2
LM2596 DC-DC Step-Down Abwärtswandler	1
OLED Display Blau I2c 128x64 0.96"	1
Schrumpfschlauch Set diverse Farben	1
Kabelverschraubung M12 / IP68	3
Wasserpumpe JT-280AT 280-600L/h 6-12V	1
12V DC 4000mA Netzteil	1
Yihua 908+ LötKolben 65W regelbar	1
Bodenfeuchtesensor Modul	1
Kunststoffgehäuse Gehäuse IP66 Transparent L	1
Set Mini Breadboard 25 Pins 7 Stück	1
Dupont Kabel M-F 10cm 20 Stück	1
PVC-Schlauch 10 x 2 mm 1m	3
Deroma Pflanzengefäß Gravity Schwarz 79l	1

Tabelle 7: Bauteile Bewässerungssystem

Das Wasser für die Bewässerung stammt aus einem Pflanzgefäß mit einem Fassungsvermögen von 79 l. Das Wasserbecken wird unterhalb des letzten Balkonkastens positioniert. In dieses Becken wird eine Tauchpumpe gelegt, die bei einer Betriebsspannung von 12 V eine Förderhöhe von 420 cm erreicht. Die Tauchpumpe wird mit einem Relais geschaltet und mit einem 12 V Netzteil betrieben. Angesteuert wird das System mit einem Arduino Nano, was mit 7 V betrieben wird. Damit kein zweites Netzteil benötigt wird, wird die Spannung mithilfe eines Gleichspannungsreglers auf 7 V reduziert. Die weiteren Bauteile werden mit 5 V betrieben, was von dem 5 V Ausgang von dem Arduino bezogen wird. Für die Messung der Feuchtigkeit der Pflanzenerde werden zwei Kapazitive Sensoren verwendet, für das Ermitteln des Füllstandes im Wasserbecken wird ein Sensor mit Widerstandsfeuchtemessung verwendet. Die Sensoren werden an den Analog-Eingängen des Arduino angeschlossen. Als Benutzerschnittstelle wird ein kleines OLED Display angeschlossen. Folgender Schaltplan zeigt wie die Bauteile elektrisch verschaltet sind.

Der Code zu der Bewässerung im Anhang auf der Seite XV zu finden.

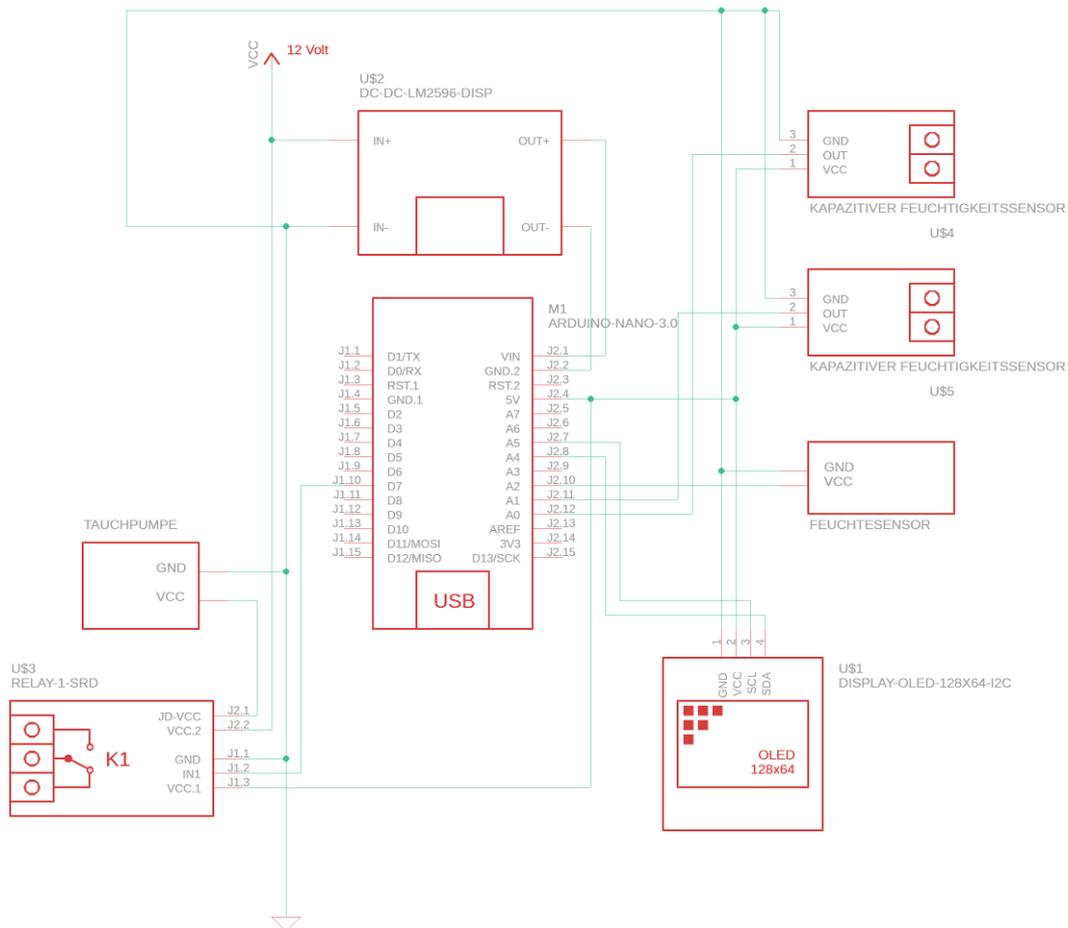


Abbildung 33: Schaltplan Bewässerung, Quelle: Eigene Darstellung

Der PVC-Schlauch, welcher das Wasser aus dem Wasserbecken zu den Pflanzen befördert, wird hinter den Balkonkästen mit Kabelbinder am Metallzaun befestigt. Das obere Ende des Schlauches wird mit Heissleim verklebt und abgedichtet. Mit einem 4 mm Bohrer werden die letzten 80 cm des Schlauches mit kleinen Löchern versehen. Die Sensoren werden mit Litzen verlötet und so verlängert, wobei die verlöteten Stellen mit Schrumpfschläuchen abgedeckt werden. Die kapazitiven Sensoren werden in jeweils untersten und obersten Blumenkasten mittig in die Erde gesteckt. Der Feuchtesensor für das Wasserbecken wird an die Innenseite des Wasserbeckens befestigt. Die Position des Sensors im Wasserbecken muss mithilfe von Tests ermittelt werden. Die einzelnen Bauteile werden in ein Gehäuse verpackt. Das Gehäuse verfügt über drei Zugänge, einen für die Sensoren, einen für die Wasserpumpe und einen für das Netzteil.

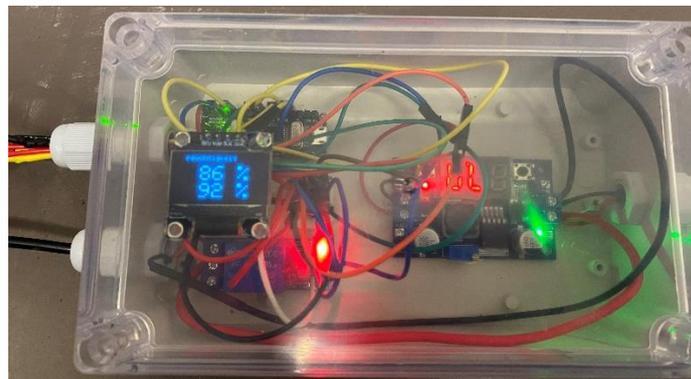


Abbildung 34: Ansteuerung der Bewässerung in einem Gehäuse, Quell: Eigene Aufnahme

### 5.2.3 Pflanzenauswahl

Folgende Pflanzen werden in der Pflanzenwand eingepflanzt.

Pflanze	Anzahl
Adiantum Mix	6
Chlorophytum Bonnie	4
Epiprenum Mix	12
Philodendron Lime	12
Syngonium White Butterfly	6

Tabelle 8: Pflanzenauswahl

Die Pflanzenauswahl wird zusammen mit Mary and Plants getroffen. Es muss darauf geachtet werden, dass die Pflanzen generell wenig Ansprüche auf Lichtverhältnisse haben. Ausserdem müssen die Pflanzen staunässe vertragen. Die Pflanzen die direkt unter einem Loch platziert werden, dürfen nicht empfindlich darauf reagieren das Wasser auf ihre Blätter tropft.



Abbildung 35: Pflanzenwand, Quelle: Eigene Aufnahme

### 5.2.4 Test

Die Tests werden zum einen dafür benötigt, um Werte für den Betrieb des Prototyps festzulegen, zum anderen werden die Ergebnisse der Tests für die weitere Entwicklung des

Prototyps verwendet. Folgende sechs Tests werden durchgeführt. Zu jedem Test werden die Resultate zusammengefasst und erläutert, was die Ergebnisse für die Pflanzenwand bedeuten.

### **Kapazitiver Sensorwert trocken/feucht kein Substrat**

Mit diesem Test soll der Sensorwert des kapazitiven Sensors in komplett trockenem Zustand und in komplett feuchtem Zustand ermittelt werden. Mit dem Ergebnis kann der im Programm verwendete Vergleichswert für 0 Prozent Feuchtigkeit und 100 Prozent Feuchtigkeit definiert werden. Zudem wird mit dem Ergebnis der Normbereich des Sensors definiert.

Der Test ergibt einen Sensorwert bei komplett trockenem Zustand von 555 und bei komplett nassem Zustand von 255. Für die Vergleichswerte im Programm wird ein Puffer hinzugefügt und allfällige Schwankungen zu tolerieren. Der Wert für 0 Prozent wird auf 600 gesetzt und der Wert für 100 Prozent wird auf 200 gesetzt. Der Normbereich für den kapazitiven Sensor wird ebenfalls in diesem Bereich definiert.

Das Testprotokoll T-001 ist im Anhang auf der Seite XII ersichtlich.

### **Kapazitiver Sensorwert trocken/feucht in Erde**

Wie in dem Grundlagen Kapitel bereits erwähnt, müssen kapazitive Sensoren vor dem gebrauch für das Messsubstrat Erde kalibriert werden. Es wird keine zu hohe Differenz erwartet. Mit dem Ergebnis kann die untere sowie obere Schwelle für die Bewässerung bestimmt werden.

Bei diesem Test wird ein Sensorwert in trockener Erde von 487 und in feuchter Erde von 289 gemessen. Somit wird die Schwelle für den Beginn der Bewässerung bei 455 gesetzt. Überschreitet der Sensor diesen Wert, so beginnt die Bewässerung. Die Schwelle für den Stopp der Bewässerung beträgt 325. Wird diese Schwelle von dem Sensor in der letzten Reihe unterschritten, so stoppt die Bewässerung. Diese Hysterese soll den Motor vor Schaden schützen.

Das Testprotokoll T-002 ist im Anhang auf der Seite XII zu finden.

### **Widerstandsfeuchtesensorwert im Wasser/nicht im Wasser**

Der Widerstandsfeuchtesensor, der im Wasserbecken eingesetzt wird, soll erkennen, ob der Sensor in Wasser eingetaucht ist oder nicht. Das Ergebnis wird im Programm so verwendet das eine Schwelle für «im Wasser eingetaucht» und «nicht im Wasser eingetaucht» gesetzt werden kann. Sobald das Programm erkennt, dass der Sensor nicht im Wasser eingetaucht ist, wird der Benutzer aufgefordert das Wasserbecken aufzufüllen. Ausserdem wird mit den gemessenen Werten der Normbereich für den Widerstandsfeuchtesensor bestimmt.

Der Test ergibt einen Sensorwert von 0 wenn der Sensor im Wasser eingetaucht ist und einen Wert von 130-234 im trockenen Zustand. Diese Werte werden im Programm so verwendet, dass bei einem Sensorwert unter 20 der Füllstand im Becken als genügend beurteilt wird. Bei einem Sensorwert über 20 ist der Sensor nicht mehr im Wasser eingetaucht und die Meldung «Becken auffüllen» wird ausgegeben. Als Normbereich für den Widerstandsfeuchtesensor wird 0-250 definiert.

Das Testprotokoll T-003 zu diesem Test ist auf Seite XIII im Anhang zu finden.

### **Wasserverbrauch einer Bewässerung**

Die Ergebnisse aus den vorherigen Tests werden als Parameter im Programm eingefügt und das System kann sich nun selbst bewässern. Der Wasserverbrauch einer Bewässerung soll überprüft werden. Mit dem ermittelten Wert kann bestimmt werden, bei welchem Füllstand das Becken zwingend wieder aufgefüllt werden muss. Anhand des Wasserverbrauches kann zusammen mit der Wasserverdunstung und dem Zeitintervall zwischen den Bewässerungen die Grösse des Wasserbeckens sowie die Position des Widerstandsfeuchtesensors bestimmt werden.

Das System verbraucht bei einer Bewässerung 12 Liter Wasser. Hier ist zu bemerken, dass dies das Wasser ist, das während der Bewässerung aus dem Wasserbecken bezogen wird. Da das Wasser noch, nachdem die Bewässerung gestoppt hat, von den oberen Pflanzenbehälter zu den unteren tropft, wird weniger Wasser effektiv von den Pflanzen aufgenommen. Aber diese Menge an Wasser ist nötig, um eine Bewässerung zu durchlaufen. Ist der Füllstand im Wasserbecken unter 12 Liter, so muss das Wasserbecken aufgefüllt werden.

Das ausgefüllte Testprotokoll T-004 ist im Anhang auf der Seite XIII ersichtlich.

### **Wasserverdunstung aus dem Wasserbecken**

Mit diesem Test soll erfasst werden, wie viel Wasser innerhalb von einer Woche aus dem Wasserbecken verdunstet. Dies wird gemessen, während dem das System nicht läuft, damit die Bewässerung keinen Einfluss auf den Füllstand im Wasserbecken nehmen kann. Das Ergebnis kann für die Dimensionierung des Wasserbeckens und die Positionierung des Füllstand-Sensor verwendet werden.

Der Test ergibt eine Verdunstung von 4 Liter Wasser innerhalb von einer Woche. Dieser Test wurde im Dezember durchgeführt bei niedrigen Aussentemperaturen sowie wenig Sonneneinstrahlung. Es kann angenommen werden, dass im Sommer an heissen Tagen deutlich mehr Wasser verdunstet. Die Menge an Wasser, das verdunstet, ist auch von der Wasserfläche abhängig. Mit einem schmaleren Becken könnte die Menge an verdunstetem Wasser reduziert werden.

Das Testprotokoll T-005 ist im Anhang auf der Seite XIV zu finden.

### **Zeitintervall zwischen Bewässerungen**

Die Dauer zwischen den Bewässerungen soll ermittelt werden. Mit dem Ergebnis kann die Zeit bestimmt werden, wie lange das System mit einem Becken dieser Grösse autonom betrieben werden kann. Zudem wird das Ergebnis für die Positionierung des Füllstand-Sensor verwendet.

Bei dem Test wurde ein Zeitintervall von 16 Tagen zwischen zwei Bewässerungen ermittelt. Hier ist zu beachten, dass der Test im Winter durchgeführt wurde. Es ist davon auszugehen, dass in den Sommermonaten öfters bewässert wird.

Das Testprotokoll T-006 ist auf der Seite XIV im Anhang zu finden.

Zusammen mit den Ergebnissen aus den Tests für den Wasserverbrauch einer Bewässerung sowie der Wasserverdunstung aus dem Wasserbecken werden folgende Berechnungen ausgeführt.

Verbrauch Wasser Bewässerung	12	Liter
Verdunstung Wasser pro Woche	4	Liter
Tage zwischen Bewässerung	16	Tage
Dimension Wasserbecken Länge	78	cm
Dimension Wasserbecken Tiefe	39	cm
Buffer	7	Tage
Füllstand bei Meldung	16	Liter
<b>Position Sensor</b>	5.2596976	cm

Tabelle 9: Berechnung Position Sensor

Für ein Becken mit den angebenen Dimensionen muss der Füllstand-Sensor 5.3 cm von dem Beckenboden entfernt platziert werden.

Verbrauch Wasser Bewässerung	12	Liter
Verdunstung Wasser pro Woche	4	Liter
Tage zwischen Bewässerung	16	Tage
Grösse Wasserbecken	79	Liter
Menge an Wasser für Bewässerung	63	Liter
Verbrauch alle 16 Tage	21.142857	Liter
	1.3214286	Liter / Tag
<b>Dauer autonome Bewässerung</b>	47.675676	Tage

Tabelle 10: Berechnung autonome Bewässerung

Mit Menge an Wasser für Bewässerung wird die Menge verstanden, die das System verbrauchen kann, bis das Wasserbecken aufgefüllt werden muss. Bei einem Becken dieser Grösse kann das System 47 Tage lang in Betrieb sein, bis der Benutzer aufgefordert wird das Wasserbecken aufzufüllen. Die für die Berechnungen verwendeten Werte wurden in einem Wintermonat gemessen. Es ist davon auszugehen, dass in Sommermonaten das Wasserbecken zu einer früheren Zeit aufgefüllt werden muss.

### 5.2.5 Budget

Für den Prototyp wurde ein Budget von CHF 1000.- bereitgestellt. Folgende Kosten fallen für die Entwicklung des Prototyps an. In Tabelle sind die Kosten nach den Teilbereichen aufgeteilt.

#### Bewässerungssystem

<b>Sub Total</b>	<b>CHF 249.15</b>
------------------	-------------------

#### Mechanische Halterung

<b>Sub total</b>	<b>CHF 155.25</b>
------------------	-------------------

**Pflanzen**

<b>Sub Total</b>	<b>CHF 153.38</b>
------------------	-------------------

**Total**

**CHF 557.78**

Tabelle 11: Budget Prototyp

Von den zu Verfügung gestellten CHF 1000.- sind nach der Entwicklung des Prototyps CHF 442.22 übrig. Das Budget wurde somit gut eingehalten. Das gesamte Budget mit den einzelnen Preisen ist im Anhang auf der Seite XI zu finden.

## **6 Schlussbetrachtung und Ausblick**

Die nachfolgenden Kapitel behandeln die Frage, inwiefern die in der Einleitung formulierte Fragestellung geklärt sowie die gesetzten Ziele erreicht werden konnten. Anhand der Ergebnisse werden Empfehlungen an das Unternehmen gegeben sowie aufgezeigt, an welchen Thematiken weiter geforscht werden sollte.

### **6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die mithilfe der durchgeführten Nutzwertanalysen evaluierte technische Lösung ist eine Kombination aus den im Kapitel Konzeption vorgestellten Lösungsvarianten. Anders als die untersuchten Pflanzenwände der Konkurrenten, wird bei dem Konzept von Mary and Plants statt einer Vegetationsmatte als Substrat, Erde sowie Pflanzkästen verwendet. Ausserdem wird die Pflanzenwand von Mary and Plants modular angeboten. Bei den Prozessen der Pflanzenwand wurde darauf geachtet, dass das System möglichst keinen Schaden nimmt. Dies wird so bewerkstelligt, dass die Bewässerung nur stattfindet, sollten alle eingelesenen Sensorwerte im erwarteten Normbereich liegen. Ist dies nicht der Fall, so wird die Bewässerung verhindert oder unterbrochen. Werden solche fehlerhaften Sensoren vom System erkannt, wird der Benutzer informiert und ein Service angefordert. Das erarbeitete Konzept ist für ein Unternehmen der Grösse von Mary and Plants durchaus machbar, sollten die für die weitere Entwicklung benötigten finanziellen Mittel zur Verfügung stehen. Der entwickelte Prototyp verfügt über dieselben Teilfunktionen wie das Konzept, mit Ausnahme der Kommunikation mit dem Benutzer. Diese erfolgt nicht über die MaryCare App, sondern über eine Benutzerschnittstelle in Form eines kleinen Displays an dem Prototyp. Die in dem Konzept vorgegebene Dimension eines Moduls konnte im Prototyp nicht realisiert werden, da kein geeignetes Wasserbecken mit einer Länge von 110 cm gefunden wurde. Den für das Wasserbecken gewählte Widerstandsfeuchtesensor mag für den Zweck weniger gut geeignet sein. Da dieser Sensor die meiste Zeit eingetaucht in Wasser verbringt, zeigen die Kontaktstellen bereits eine gewisse Abnutzung. Bei der Entwicklung des Prototyps wurde darauf geachtet, die preiswertesten Produkte für die Teilfunktionen zu erwerben. Das Budget konnte somit mit einer Reserve von über CHF 400.- eingehalten werden. Bei den Tests wurde ersichtlich, dass bei einem Modul dieser Grösse und einem Wasserbecken, das 79 Liter fasst, die Pflanzenwand in einem Wintermonat 47 Tage autonom betrieben werden kann. Spätestens nach 47 Tagen muss der Benutzer das Wasserbecken der Pflanzenwand auffüllen. Die für die Berechnung verwendeten Werte wurden an dem Prototyp im Dezember durch Test ermittelt. Da es im Winter in der Schweiz deutlich kälter ist und weniger Sonneneinstrahlung hat als im Sommer, muss davon ausgegangen werden, dass bei einem Betrieb im Sommer das Wasserbecken früher aufgefüllt werden muss.

### **6.2 Empfehlungen an das Unternehmen**

Die durchgeführte Wettbewerbsanalyse zeigt auf, dass für eine solche Pflanzenwand eine Nachfrage besteht. Die Aufnahme einer Pflanzenwand in das Produktsortiment von Mary and Plants kann sich positiv auf ihre Positionierung gegenüber den Konkurrenten auswirken. Das für die weitere Entwicklung eingeplante Budget soll grosszügig gewählt werden. Die Produktentwicklung gehört nicht zum Kerngeschäft von Mary and Plants und es besteht die Gefahr, unerwarteten Problemstellungen gegenüber gestellt zu werden, was weitere Kosten generieren kann. Im Vergleich zu den Konkurrenten bietet Mary and Plants weniger Dienstleistungen an. Hier besteht ein Potential sich weiter von der Konkurrenz abzuheben. So könnte für die Pflanzenwand mehrere Service-Pakete zusammengestellt und angeboten werden. In dem erstellten Konzept sind die Kunden keine Privatpersonen, sondern Geschäfte und Büros. Die Pflanzenwand so anzubieten, dass sie auch für privat Kunden attraktiv wäre, ist auch eine mögliche Differenzierung. Der nächste Schritt in der

Produktentwicklung nach Pahl/Beitz, die Entwurfsphase, könnte erneut einer Hochschule in Auftrag gegeben werden. Bei einer Kollaboration mit einer Hochschule für die weitere Entwicklung bestehen Vorteile für Mary and Plants, da Kosten gespart, sowie Einblicke aus einer anderen Perspektive gewonnen werden können.

### **6.3 Zukünftiger Forschungsbedarf**

Alle Tests am Prototyp wurden im Winter ausgeführt, dieselben Test müssten im Sommer erneut gemacht werden. Zudem kann nach längerem Betrieb des Prototyps festgestellt werden, ob die Parameter für die Bewässerung richtig gewählt wurden. Im nächsten Schritt sollen die Teilfunktionen des Konzeptes weiter konkretisiert werden.

Interessant zu untersuchen wäre der Einfluss auf die Luftqualität bei einer Pflanzenwand. Dies könnte als weitere Funktion der Pflanzenwand angeboten werden. Es müsste festgestellt werden, wie viel Quadratmeter Pflanzenwand nötig ist, um die Luft in einem Raum von gegebener Grösse zu reinigen. Auch das Herunterkühlen eines Raumes und die schalldämmende Wirkung der Pflanzenwand kann weiter untersucht werden.

## Literaturverzeichnis

- de Gier, J. (2018). *Sempergreen*. Von Was ist eine Vegetationsmatte?: <https://www.sempergreen.com/de/loesungen/gruendaecher/haeufig-gestellte-Fragen-Gruendach/was-ist-eine-vegetationsmatte#:~:text=Eine%20Vegetationsmatte%20von%20Sempergreen%20besteht,und%20Nektarpflanzen%20erg%C3%A4nzt%20werden%20kann.> abgerufen 20.10.2020
- Deltl, J. (22. 10 2018). *Konkurrenzanalyse*. Von Strategische-Wettbewerbsbeobachtung: <https://www.strategische-wettbewerbsbeobachtung.com/konkurrenzanalyse> abgerufen 17.11.2020
- Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2013). *Pahl/Beitz Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag.
- Fiedler, R. (2014). Controlling von Projekten. In F. Rudolf, *Mit konkreten Beispielen aus der Unternehmenspraxis - Alle Aspekte der Projektplanung, Projektsteuerung und Projektkontrolle* (S. 34). Springer Verlag.
- Fleig, D. (9. 2 2018). *Business-Wissen*. Von SIPOC: Supplier, Input, Process, Output, Customer: <https://www.business-wissen.de/hb/sipoc-modell-zweck-und-aufbau/> abgerufen 13.10.2020
- Karaca, Ö. B. (2012). *Vertical Gardens*. London: IntechOpen.
- Lewrick, M., Link, P., & Leifer, L. (2019). Das Design Thinking Toolbook. In L. Michael, L. Patrick, & L. Larry, *Die besten Werkzeuge & Methoden* (S. 192). Zürich: Verlag Versus Zürich.
- Markgraf, P. D. (16. 2 2018). *Produktanalyse*. Von Wirtschaftslexikon: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/produktanalyse-46486/version-269764> abgerufen 17.11.2020
- Prauchner, M.-F. (9 2013). *Baufeuchte - Messung*. Von SV-Prauchner: [http://www.sv-prauchner.com/wp-content/content/pdf/messbau/baufeuchte-messung\\_prauchner.pdf](http://www.sv-prauchner.com/wp-content/content/pdf/messbau/baufeuchte-messung_prauchner.pdf) abgerufen 22.10.2020
- Riley, B. (2017). The state of the art of living walls: Lessons learned. In B. Riley, *Building and Enviroments* (S. 219-232). ScienceDirect.
- Rust, S. (25. 3 2019). *BETON BOHREN – ANLEITUNG FÜR SAUBERE BOHRLÖCHER*. Von Theo-Schrauben: <https://www.theo-schrauben.de/blog/beton-bohren-anleitung-fuer-saubere-bohrloecher/> abgerufen 08.12.2020
- Sauerwein, E. (17. 1 2019). *Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit*. Von Researchgate: <https://www.researchgate.net/publication/301078888> abgerufen 18.11.2020
- Wübbenhorst, P. D. (15. 2 2018). *Konkurrenzanalyse*. Von Wirtschaftslexikon: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/konkurrenzanalyse-37329> abgerufen 17.11.2020
- Wünsche, V. (2. 11 2020). *Wie funktioniert die kapazitive Feuchtemessung?* Von Induux: [https://www.induux.de/blogs/3407#:~:text=Das%20kapazitive%20Feuchtemessprinzip%20basiert%20auf,Feld%20zwischen%20zwei%20Kondensatorplatten%20auf.&text=Der%20Abstand%20der%20Platten%20\(D,beim%20kapazitiven%20Feuchtesensor%20stets%20konstant.](https://www.induux.de/blogs/3407#:~:text=Das%20kapazitive%20Feuchtemessprinzip%20basiert%20auf,Feld%20zwischen%20zwei%20Kondensatorplatten%20auf.&text=Der%20Abstand%20der%20Platten%20(D,beim%20kapazitiven%20Feuchtesensor%20stets%20konstant.) abgerufen 24.11.2020
- Zec, D. M. (30. 5 2016). *Morphologischer Kasten*. Von Kreativitätstechniken: <https://xn--kreativittstechniken-jzb.info/morphologischer-kasten-bzw-morphologische-analyse/> abgerufen 13.10.2020

Ziemann, C. (22. 11 2016). *Produktentwicklung*. Von Chrisitanziemann:

<https://www.christianziemann.de/produktmanagement/produktentwicklung-phasen/>  
abgerufen 17.11.2020

zur Hörst, P. (8. 12 2011). *Darr-Methode (Feuchtemessung)*. Von Webarchiv:

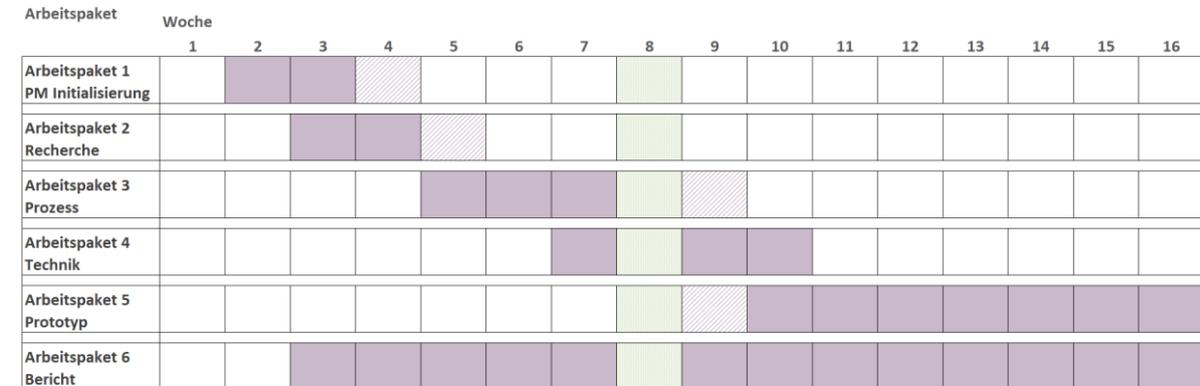
<https://web.archive.org/web/20140222020019/http://www.drytest.de/Darr-Methode-Feuchtemessung>  
abgerufen 22.10.2020

## Anhang

### Projektplan

# BAT Kimberly Wyss

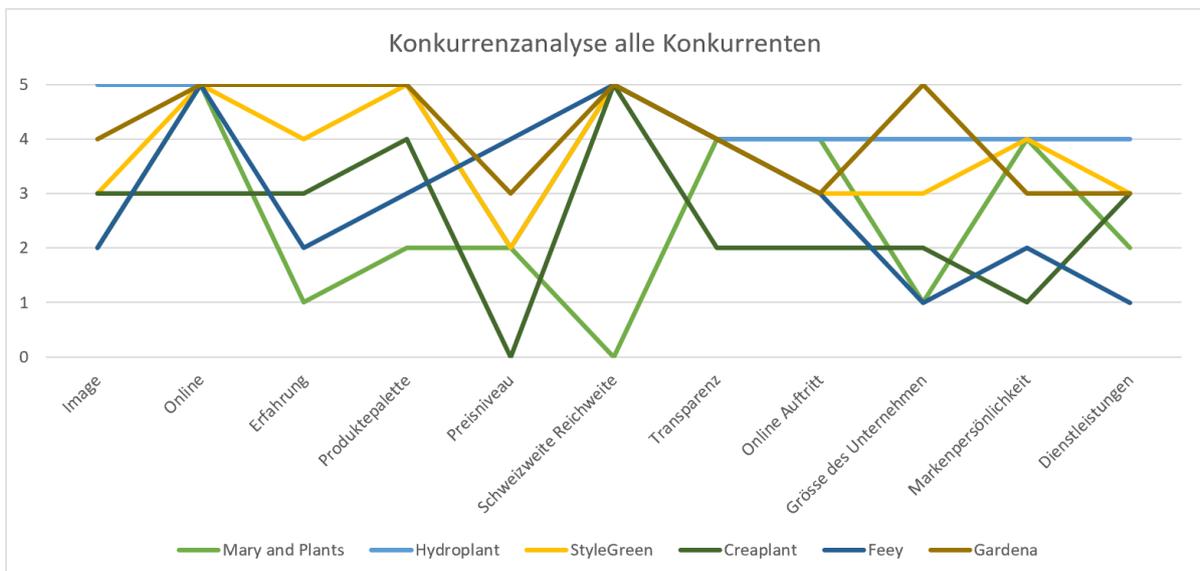
Geplant
  Puffer
  ZB



## Konkurrenzanalyse

Kategorie	Mary and Plants	Hydroplant	StyleGreen	Creaplant	Feey	Gardena	Durchschnitt Konkurrenz
Image		2	5	3	3	2	4
Online		5	5	5	3	5	5
Erfahrung		1	5	4	3	2	5
Produktepalette		2	5	5	4	3	5
Preisniveau		2	2	2	0	4	3
Schweizweite Reichweite		0	5	5	5	5	5
Transparenz		4	4	4	2	4	4
Online Auftritt		4	4	3	2	3	3
Grösse des Unternehmen		1	4	3	2	1	5
Markenpersönlichkeit		4	4	4	1	2	3
Dienstleistungen		2	4	3	3	1	3

**Legende**  
 0 Nicht erfüllt  
 5 Sehr gut erfüllt



**Bwertung**

Kategorie	Mary and Plants	Hydroplant	StyleGreen	Creaplant	Feey	Gardena
Image	Junges Unternehmen jedoch starke online präsens durch Werbung	Schweizer Kompetenzzentrum in diesem Bereich	Relativ Unbekannt	Relativ Unbekannt	Junges Schweizer Unternehmen, nicht sehr bekannt	Grosses International tätiges Deutsches Unternehmen
Online	Website und Onlineshop vorhanden	Website und Onlineshop vorhanden	Website und Onlineshop vorhanden	Website aber ohne Onlineshop	Website und Onlineshop vorhanden	Website und Onlineshop vorhanden
Erfahrung	Neu auf dem Markt	Gründung 1972	6+ Jahre Erfahrung	Fast 20 Jahre Erfahrung	Mehrjährige Erfahrung	Gründung 1961
Produktepalette	Nur Zimmerpflanzen	Grosses Angebot, auch Pflanzenmiete möglich	Breites Angebot	Angebot für Innen sowie Aussenbereich	Zimmerpflanzen und Moosbilder	Sehr grosse Palette
Preisniveau	Relativ hoch	Relativ hoch	Relativ hoch	Online keine Preisangaben zu finden	Im vergleich günstiger als andere Konkurrenten	Im oberen Bereich
Schweizweite Reichweite	Keine Schweizweite Lieferung	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Transparenz	Transparente Angaben zu Preis und Partner	Transparente Angaben zu Preis und Partner	Transparente Angaben zum Preis und Prozesse	Online wenig Angaben zu Lieferanten und Prozesse	Transparente Angaben zu Preis und Partner	Transparente Angaben zu Preis und Partner
Online Auftritt	Ansprechende Website, einheitlicher Auftritt	Passender und ansprechender Auftritt	Zeitgemässer und passender Auftritt	Website nicht besonders Benutzerfreundlich	Website gut, jedoch nichts herausragendes	Überladene Website, teils unübersichtlich
Grösse des Unternehmen	Klein	Sehr gross	Mittlere Grösse	Eher klein	Klein	Sehr gross
Markenpersönlichkeit	Starke Marke mit kommunizierter Vision	Starke Marke mit kommunizierter Vision	Einzigartig	Wird Online nicht gross kommuniziert	Markenpersönlichkeit nicht sehr stark	Sehr grosses Unternehmen, die Markenpersönlichkeit geht unter
Dienstleistungen	Nicht Teil des Kerngeschäftes, CareApp	Planung, Montage und Service Pakete an Kundenwunsch angepasst	Nur Montage	Bieten Dienstleistungen an	Online Pflanzentipps	Beratung und Reparatur Service werden angeboten

**Nutzwertanalyse Substrat**

Kriterien	Erde	Blähton	Vegetationsmatte
Preis	Günstig und vielerorts erhältlich.	Günstig erhältlich, jedoch im Schnitt teurer als Erde.	Teurer und nicht überall erhältlich.
Montage Komplexität	Einfache Montage und Verwendung von Sensoren.	Einfache Montage aber das Anbringen von Sensoren wird erschwert. Zudem fliesst das Wasser schneller ab.	Die Montage wird erschwert sowie das Messen der Feuchtigkeit
Design	Keinen besonderen Einfluss	Keinen besonderen Einfluss	Homogenes und lückenloses Bild der Pflanzenwand
Pflegeaufwand für Kunden	Es muss auf wenig geachtet werden, vor allem auf Schädlinge. Schädlingsproblem kann oft selbst behoben werden.	Weniger Schädlinge als bei der Erde, aber es muss darauf geachtet werden, dass die Pflanzen genug gedüngt werden.	Es muss auf wenig geachtet werden, vor allem auf Schädlinge. Schädlingsproblem kann oft selbst behoben werden.

Pflegeaufwand für Mary and Plants	Erde im Wasserbecken könnte die Wasserpumpe verstopfen, was zu einem Service führt. Zu einem Zeitpunkt muss die Erde ausgewechselt werden.	Blähton ist sehr langlebig und muss lange nicht ersetzt werden. Die Pflanzen für den Blähton müssen jedoch speziell angepflanzt werden.	Die Pflanzen müssen hydroponisch angebaut werden, um sie in die Vegetationsmatte einsetzen zu können. Wird die Vegetationsmatte beschädigt, so ist ein Service zwingend nötig, dieser kann sehr aufwändig ausfallen.
Raumklima	Wie Luftfeuchtigkeit wird reguliert und die Zimmertemperatur gesenkt. Allfällige Schädlinge mindern das Raumklima.	Wie Luftfeuchtigkeit wird reguliert und die Zimmertemperatur gesenkt. Durchgehendes Düngen kann unangenehm riechen.	Die Vegetationsmatte wirkt Schallisierend, zudem wird die Luftfeuchtigkeit reguliert und die Zimmertemperatur gesenkt.
Nachhaltigkeit	Torfabbau greift die Natur an, jedoch sind Torffreie Varianten erhältlich.	Blähton ist ein Umweltschonendes Material, dass sehr langlebig ist.	Die Kokosfasern für die Unterlage der Vegetationsmatte sind nicht lokal erhältlich. Synthetische Unterlagen werden meist nicht Umweltschonend produziert.

### Nutzwertanalyse Becken

Kriterien	Unterhalb offen	Unterhalb mit Wasserpflanzen	Unterhalb geschlossen
Preis	Einfaches Becken, vielerorts erhältlich und günstig.	Das Becken für die Wasserpflanzen herzurichten kostet Geld, sowie die Wasserpflanzen selbst.	Einfaches Becken, muss jedoch noch oben verschlossen werden.
Montage Komplexität	Einfache Montage, das überschüssige Wasser fließt direkt in das Becken.	Aufwand das Becken für die Pflanzen herzurichten, sowie die Pumpe vor Verstopfung zu schützen.	Rinne für das überschüssige Wasser muss zusätzlich montiert werden.
Design	Offenes Becken wirkt einladend.	Durch die Wasserpflanzen wird das Becken verschönernd.	Geschlossenes jedoch sichtbares Becken hat keine besonders schöne Wirkung.

Pflegeaufwand für Kunden	Durch das offene Becken verdunstet mehr Wasser, wodurch das Becken öfters aufgefüllt werden muss.	Die Wasserpflanzen brauchen auch Wasser, was dazu führen kann das das Becken öfters aufgefüllt werden muss. Zudem müssen auch die Wasserpflanzen auf Schädlinge überprüft werden.	Da das Becken geschlossen ist verdunstet weniger Wasser, der Kunde muss folglich weniger oft das Becken auffüllen.
Pflegeaufwand für Mary and Plants	Wenig Aufwand.	Wegen den Wasserpflanzen erhöhte Chance auf Schädlingsbefall.	Wenig Aufwand.
Raumklima	Durch die Verdunstung erhöht sich die Luftfeuchtigkeit im Raum.	Verdunstung erhöht die Luftfeuchtigkeit, zudem wirken die Wasserpflanzen erholend.	Weniger Verdunstung hat keinen Einfluss auf die Luftfeuchtigkeit.
Nachhaltigkeit	Kein besonderer Einfluss.	Wasserpflanzen wirken wie ein nachhaltiger Wasserfilter.	Kein besonderer Einfluss.

### Nutzwertanalyse Halterung Wand

Kriterien	Stahlgitter	Gipswand	Aluminium Profil
Preis	Verschiedene Ausführung zu unterschiedlichen Preisen.	Im Vergleich die günstigste Variante pro Quadratmeter.	Verschiedene Ausführung zu unterschiedlichen Preisen.
Montage Komplexität	In verschiedenen Grössen erhältlich, sollte die Grösse nicht passen kann das Gitter mit einem Winkelschneider bearbeitet werden.	In verschiedenen Grössen erhältlich, je nach Last der Pflanzen muss eine zusätzliche Stabilisierung der Wand vorgenommen werden.	Muss vor Montage noch zusammengesteckt werden.
Design	Bei der richtigen Auswahl der Grösse wird das Gitter/Stabmatte durch die Pflanzen nicht mehr sichtbar sein.	Gipswand kommt von der eigentlichen Wand ein Stück hervor.	Pflanzenwand ragt ein Stück hervor, bei korrekter Dimension sollten die Profile jedoch nicht mehr sichtbar sein.
Pflegeaufwand für Kunden	Kein besonderer Einfluss.	Die Gipswand muss auf Feuchtigkeit kontrolliert werden.	Kein besonderer Einfluss.

Pflegeaufwand für Mary and Plants	Stabile und langlebige Stabmatten sollten wenig Service benötigen. Das Material muss korrosionsbeständig sein.	Wird die Gipswand durch Feuchtigkeit beschädigt so muss die gesamte Wand ersetzt werden.	Bei defekten Teilen, einfacher Ersatz der defekten Profile.
Raumklima	Einheitliche Wand wirkt angenehm.	Die Pflanzenwand wirkt durch das aufsetzen der Gipswand auf die eigentliche Wand wie ein Gemälde	Einheitliche Wand wirkt angenehm.
Nachhaltigkeit	Stahl ist langlebig und kann am Ende des Produktlebenszyklus demontiert und wiederverwendet werden [1].	Gips kann unkompliziert abgebaut werden, die Gipswand ist für die Kreislaufwirtschaft jedoch eher nicht geeignet [2].	Innovative Herstellungsverfahren und Verbundwerkstoffe. Die Aluminium Profile können zu jederzeit abmontiert und wiederverwendet werden [3].

#### Quellen

[1] [https://www.tatasteelconstruction.com/de\\_DE/Uber-uns/Blog/Sieben-erstaunliche-Gr%C3%BCnde,-warum-Stahl-nachhaltig-ist](https://www.tatasteelconstruction.com/de_DE/Uber-uns/Blog/Sieben-erstaunliche-Gr%C3%BCnde,-warum-Stahl-nachhaltig-ist)

[2] <https://utopia.de/ratgeber/gips-als-baustoff-vorteile-und-nachhaltigkeit-beim-bauen/>

[3] [https://welcome.item24.ch/mb?src=AdWords&src=adwords&gclid=EAlaIqobChMI7PHJu6Pz7QIVD5ntCh3nBwehEAAAYAiAAEgKhRfD\\_BwE#](https://welcome.item24.ch/mb?src=AdWords&src=adwords&gclid=EAlaIqobChMI7PHJu6Pz7QIVD5ntCh3nBwehEAAAYAiAAEgKhRfD_BwE#)

#### Nutzwertanalyse Pflanzenbehälter

Kriterien	Pflanzkasten Kunststoff	Pflanzkasten Metall	Stofftasche
Preis	Relativ günstig und vielerorts erhältlich.	Vielerorts erhältlich jedoch nicht so Preisgünstig die die Variante aus Kunststoff.	Günstig erhältlich jedoch nicht einzeln, sondern in grösseren Mengen.
Montage Komplexität	Einfache Montage, müssen Löcher angebracht werden ist das ein leichtes Unterfangen.	Einfache Montage, müssen Löcher angebracht werden ist das wegen dem Material Stahl nicht so einfach wie bei Kunststoff.	Sehr einfache Montage, die Taschen sind von sich aus Wasserdurchlässig und müssen nicht weiter behandelt werden.
Design	Je nach Auswahl der Töpfe können sie schlicht und robust wirken.	Je nach Auswahl der Töpfe können sie schlicht und robust wirken.	Wirkt bei genauerem Betrachten nicht besonders edel.

Pflegeaufwand für Kunden	Langlebige Töpfe worauf wenig geachtet werden muss.	Langlebige Töpfe, ab und zu braucht es eine Kontrolle, ob das Metall an keinen Stellen rostet.	Taschen aus Robustem Material sind langlebig.
Pflegeaufwand für Mary and Plants	Einfacher Ersatz der Töpfe sollte dies nötig sein.	Einfacher Ersatz der Töpfe sollte dies nötig sein.	Möglichkeit das Schädlinge die Taschen mitbefallen und diese Ersetzt werden müssen.
Raumklima	Durch die Töpfe ragt die Pflanzenwand der Wand hervor, was die Pflanzenwand massiver aussehen lässt.	Durch die Töpfe ragt die Pflanzenwand von der Wand hervor, was die Pflanzenwand massiver aussehen lässt.	Die Taschen liegen nahe an der Wand, wodurch ein angenehmes einheitliches Bild entsteht.
Nachhaltigkeit	Kunststoff grundsätzlich kein Nachhaltiges Material, kann jedoch nach Gebrauch wiederverwendet werden.	Töpfe aus Stahl sind sehr langlebig und können wiederverwendet werden.	Stofftaschen aus natürlichen Materialien oder auch recycelten Materialien schonen die Umwelt.

### Nutzwertanalyse Wasserzufuhr

Kriterien	Wasserpumpe Tröpfchen	Wasserpumpe Tau	Wasserpumpe Durchfluss
Preis	Der Schlauch muss nur so lang sein, wie die Pflanzenwand hoch ist. Zudem braucht die Pumpe nur genug Leistung, um das Wasser in die Höhe zu befördern.	Durch den Tau Strahl wird eine Pumpe mit mehr Leistung benötigt.	Es wird ein genug Schlauch benötigt, um das Wasser einmal die Pflanzenwand hoch und durch alle Pflanzenreihen durch wieder runter zu führen.
Montage Komplexität	Der Schlauch muss mit Löchern versehen werden.	Der Schlauch muss mit Löchern versehen werden und das offene Ende des Schlauches muss so dicht gemacht werden, dass es den Druck aushält.	Der Schlauch muss von dem Pflanzenbehälter in jeder Reihe zum nächsten runtergezogen werden.

Design	Da die der Schlauch hinter der Wand durchgezogen wird, hat es keinen besonderen Einfluss.	Da die der Schlauch hinter der Wand durchgezogen wird, hat es keinen besonderen Einfluss.	Da die der Schlauch hinter der Wand durchgezogen wird, hat es keinen besonderen Einfluss.
Pflegeaufwand für Kunden	Die Bewässerung erfolgt automatisch. Bei der Kontrolle muss nur ein Schlauch auf Verstopfungen überprüft werden.	Die Bewässerung erfolgt automatisch. Bei der Kontrolle muss nur ein Schlauch auf Verstopfungen überprüft werden.	Die Bewässerung erfolgt automatisch. Jedoch müssen alle Schläuche auf Verstopfung untersucht werden.
Pflegeaufwand für Mary and Plants	Einfaches beheben der Verstopfung oder Ersatz des Schlauches.	Einfaches beheben der Verstopfung oder Ersatz des Schlauches.	Da der Schlauch durch die Pflanzenbehälter geht, besteht eine höhere Chance das der Schlauch verstopft.
Raumklima	Das Tröpfeln bei der Bewässerung wirkt beruhigend.	Eine stärkere Pumpe erzeugt mehr Lärm während der Bewässerung.	Die Bewässerung findet durch das Durchlaufen der Schläuche relativ unbemerkt statt.
Nachhaltigkeit	Kreislaufsystem verwendet dasselbe Wasser.	Kreislaufsystem verwendet dasselbe Wasser, die stärkere Pumpe bezieht jedoch mehr Strom.	Kreislaufsystem verwendet dasselbe Wasser.

### Nutzwertanalyse Sensorik

Kriterien	1 Sensor pro Pflanzenwand	2 Sensor pro Pflanzenwand	Kein Sensor
Preis	Kapazitive Feuchtesensoren sind preiswert.	Leicht erhöhte Kosten da zwei Sensoren erworben werden müssen.	Keine Kosten im Einkauf.
Montage Komplexität	Anbringen des Sensors ist leicht	Anbringen von zwei Sensoren ist einfach.	Keine Montage benötigt.
Design	Kein besonderer Einfluss auf das Gesamtbild.	Kein besonderer Einfluss auf das Gesamtbild.	Kein besonderer Einfluss auf das Gesamtbild.
Pflegeaufwand für Kunden	Wenig Aufwand für den Kunden, ist ein Sensor defekt so wird das dem System mitgeteilt.	Wenig Aufwand für den Kunden, ist ein Sensor defekt so wird das dem System mitgeteilt.	Der Kunde muss hin und wieder kontrollieren, ob die Pflanzenerde nicht zu trocken oder zu feucht ist, um festzustellen ob das Zeitintervall zwischen den

			Bewässerungen stimmt.
Pflegeaufwand für Mary and Plants	Die Feuchtemessung mit nur einem Sensor kann weniger genau ausfallen über die gesamte Pflanzenwand, was möglicherweise zu Staunässe und verfaulten Wurzeln führen kann.	Genaue Feuchtemessung der Pflanzenwand führt zu weniger Problemen bei den Pflanzen. Defekte Sensoren können leicht ausgetauscht werden.	Durch andere Wetterverhältnisse im Sommer und Winter kann es sein, das die Zeitintervalle der Bewässerung angepasst werden muss.
Raumklima	Kein besonderer Einfluss.	Kein besonderer Einfluss.	Kein besonderer Einfluss.
Nachhaltigkeit	Bewässert nur, wen die Pflanzen auch Wasser benötigen.	Bewässert nur, wen die Pflanzen auch Wasser benötigen.	Die Pflanzen werden regelmässig nach Ablauf eines Timer bewässert, wodurch mehr Wasser sowie Strom als nötig verbraucht werden kann.

### Nutzwertanalyse Ansteuerung

Kriterien	1 uC/Pflanzenwand	1 uC/Sensorik + 1uC/Wand	Mechanische Regelung
Preis	Microcontroller sind günstig zu erwerben.	Microcontroller sind günstig zu erwerben.	Mechanische Bauteile sind günstig zu erwerben.
Montage Komplexität	Einfache Montage und Zentrales System.	Kommunikation zwischen beiden Computern muss sichergestellt werden, mit Kabel oder ohne.	Die mechanischen Teile brauchen mehr Platz.
Design	Kein besonderer Einfluss.	Kein besonderer Einfluss.	Kein besonderer Einfluss.
Pflegeaufwand für Kunden	Das System benachrichtigt den Benutzer sollte es Fehler erkennen.	Das System benachrichtigt den Benutzer sollte es Fehler erkennen.	System erkennt defekte nicht von selbst, der Kunde muss die Teile hin und wieder kontrollieren.

Pflegeaufwand für Mary and Plants	Bei einem Defekt erkennt das System vorweg welches Teil eine Störung verursacht und teilt dies Mary and Plants weiter.	Kommunikation zwischen zwei Teilsystemen ist Fehleranfälliger als ein Zentrales System. Sollte ein defekt vorliegen, erkennt das System jedoch vorweg welches Teil defekt ist und teilt dies Mary and Plants weiter.	Bei einem defekten System muss durch einen Mitarbeiter von Mary and Plants vor Ort beim Kunden erst der Fehler genau erkannt werden um ihn dann zu beheben.
Raumklima	Kein besonderer Einfluss.	Kein besonderer Einfluss.	Kein besonderer Einfluss.
Nachhaltigkeit	Verbraucht nicht besonders viel Strom.	Wird nur alle 15 Minuten Sensorwerte eingelesen, so kann der zweite uC auch per Batterie betrieben werden.	Weniger Stromverbrauch.

#### Nutzwertanalyse Benutzerschnittstelle

Kriterien	App	Schnittstelle an Wand	Benutzerzentrum
Preis	App existiert bereits, Kosten für das Einbinden nicht zu hoch.	Benötigtes Display muss erworben und integriert werden. Zusätzlich zum Einbinden der App.	Zum jetzigen Zeitpunkt besitzt die Webseite von Mary and Plants bereits über ein Benutzerzentrum, das Einbinden der Pflanzenwand ist keine aufwändige Sache.
Montage Komplexität	Die Pflanzenwand muss mit dem Internet verbunden werden, um mit der App zu kommunizieren.	Die Pflanzenwand muss mit dem Internet verbunden werden, um mit der App zu kommunizieren. Zudem muss ein Display montiert werden.	Die Pflanzenwand muss mit dem Internet verbunden werden, um mit der App zu kommunizieren.
Design	Keinen Einfluss auf das Gesamtbild der Pflanzenwand.	Durch das Display wirkt die Pflanzenwand wie ein High-Tech gerät.	Keinen Einfluss auf das Gesamtbild der Pflanzenwand.

Pflegeaufwand für Kunden	Benachrichtigungen werden über das App dem Benutzer mitgeteilt.	Neben dem App können Informationen schnell beim Vorbeigehen dem Display entnommen werden.	Falls das App nicht heruntergeladen wird, kann über das Benutzerzentrum jederzeit Informationen über die Pflanzenwand gelesen werden.
Pflegeaufwand für Mary and Plants	App wird bereits instandgehalten.	Zusätzliches Bauteil das Schaden nehmen könnte und ersetzt werden muss.	Webseite wird bereits unterhalten.
Raumklima	Kein besonderer Einfluss auf das Raumklima.	Kein besonderer Einfluss auf das Raumklima.	Kein besonderer Einfluss auf das Raumklima.
Nachhaltigkeit	Setzt konstante Verbindung mit einem Smartphone heraus.	Internetverbindung nicht zwingen nötig, das Display muss jedoch konstant mit Strom versorgt werden.	Setzt konstante Verbindung mit einem Internetfähigen Gerät aus.

## Kostenrechnung

### Legende

A	Initialaufwand (Getrennt von Tagesgeschäft, einmalig, entwicklung ect)
B	Aufwand je Bestellung (Administrativer Aufwand des Verkaufs/Papierkram)
C	Aufwand je Modul (Auslegung, Bau und Instalation)
D	Aufwand je Modul & Zeit (Service)
Nb	Anzahl Bestellungen
Nm	Anzahl Module (Durchschnittlich pro Bestellung)
Ns	Service pro Modul (Steigt nicht Linear mit Anzahl Modulen)
K	Kosten pro Modul

### Gleichung

$$K = \frac{A}{Nb + Nm} + \frac{B}{Nm} + C + Ns * D$$

### Eingabe

A	5000	CHF
B	200	CHF
C	710	CHF
D	200	CHF
Nb	10	n
Nm	3	n
Ns	10	n

### Resultat

$$K = 3279.66667$$

<b>B Bsp</b>		
Administrativer Aufwand in h	3	(Gestaltung Offerte & Abwicklung)
Kosten/h in CHF	60	
Material in CHF	20	(Nur für Verkauf nicht für Entwicklung)
Total CHF	200	

<b>C Bsp</b>		
Aufwand in h	6	
Kosten/h in CHF	60	
Material in CHF	350	
Total CHF	710	

<b>D Bsp</b>		
Service Zeit in h:	3	(Inkl. Anfahrt)
Kosten/h in CHF	50	
Material CHF	50	
Total CHF	200	

<b>Ns Bsp</b>		
Lebensdauer Jahre	10	(Gesamt)
Service pro Jahr	1	
Total Ns	10	

## Budget Prototyp

### Bewässerungssystem

Artikel	Anzahl	Preis/Stück	Betrag
Nano kompatibles Board Atmega 328 Rev3	1	CHF 9.50	CHF 9.50
15g Lötzinn Spender bleifrei 0.8mm	1	CHF 9.90	CHF 9.90
Litze 0.5mm <sup>2</sup> 20AWG rot Halogenfrei	1	CHF 0.60	CHF 0.60
Litze 0.5mm <sup>2</sup> 20AWG Schwarz Halogenfrei	1	CHF 0.60	CHF 0.60
Litze 1.5mm <sup>2</sup> 16AWG Schwarz Halogenfrei	1	CHF 1.10	CHF 1.10
Litze 1.5mm <sup>2</sup> 16AWG Rot Halogenfrei	1	CHF 1.10	CHF 1.10
Kapazitiver Bodenfeuchtesensor V1.2	2	CHF 6.90	CHF 13.80
LM2596 DC-DC Step-Down Abwärtswandler	1	CHF 9.00	CHF 9.00
OLED Display Blau I2c 128x64 0.96"	1	CHF 9.50	CHF 9.50
Schrumpfschlauch Set diverse Farben	1	CHF 9.90	CHF 9.90
Kabelverschraubung M12 / IP68	3	CHF 1.00	CHF 3.00
Wasserpumpe JT-280AT 280-600L/h 6-12V	1	CHF 16.90	CHF 16.90
12V DC 4000mA Netzteil	1	CHF 16.90	CHF 16.90
Yihua 908+ LötKolben 65W regelbar	1	CHF 37.90	CHF 37.90
Bodenfeuchtesensor Modul	1	CHF 4.50	CHF 4.50
Kunststoffgehäuse Gehäuse IP66 Transparent L	1	CHF 13.90	CHF 13.90
Set Mini Breadboard 25 Pins 7 Stück	1	CHF 1.90	CHF 1.90
Dupont Kabel M-F 10cm 20 Stück	1	CHF 1.90	CHF 1.90
PVC Schlauch 10 x 2 mm	3	CHF 2.75	CHF 8.25

Deroma Pflanzengefäss Gravity Schwarz 32l	1	CHF 79.00	CHF 79.00
<b>Sub Total</b>			<b>CHF 249.15</b>

### Mechanische Halterung

Artikel	Anzahl	Preis/Stück	Betrag
Geli Blumenkasten Standard 80 cm	5	CHF 2.70	CHF 13.50
Geli Balkonkastenhalter Typ D	5	CHF 8.30	CHF 41.50
hadra Metallzaun Grau 2000 x 1030 mm	1	CHF 69.50	CHF 69.50
Klemme 5 x 15mm	9	CHF 0.90	CHF 8.10
Gartenvlies 10x1.5 m 17 g/m <sup>2</sup>	1	CHF 7.95	CHF 7.95
fischer Dübel- & Schraubenbox Ø x L: 6 x 35 mm	3	CHF 4.90	CHF 14.70
<b>Sub Total</b>			<b>CHF 155.25</b>

### Pflanzen

Artikel	Anzahl	Preis/Stück	Betrag
Adiantum Mix	6	CHF 5.34	CHF 32.04
Chlorophytum Bonnie	4	CHF 4.49	CHF 17.96
Epiprenum Mix	12	CHF 4.26	CHF 51.12
Philodendron Lime	12	CHF 2.50	CHF 30.00
Syngonium White Butterfly	6	CHF 3.71	CHF 22.26
<b>Sub Total</b>			<b>CHF 153.38</b>

### Total

**CHF 557.78**

### Testprotokoll T-001

Testprotokoll		
ID / Bezeichnung	T-001	Kapazitiver Sensorwert kein Substrat
Beschreibung	Der Sensorwert des kapazitiven Sensors soll im trockenen sowie im feuchten Zustand ermittelt werden.	
Testvoraussetzung	Funktionstüchtige Sensoren.	
Testschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trockener Sensor wird an Arduino geschlossen</li> <li>2. Sensorwert wird ausgelesen und notiert</li> <li>3. Sensor wird ganz in Wasser eingelegt</li> <li>4. Sensorwert wird ausgelesen und notiert</li> </ol>	
Erwartetes Ergebnis	Der Sensor Wert komplett feucht und ganz trocken ist klar zu unterscheiden.	
Testergebnis	Ganz trocken: 555 Ganz feucht: 255	
Erkenntnis	Die gemessenen Werte sind klar unterscheidbar und können für die Verarbeitung weiterverwendet werden als; 600 = 0% Feuchtigkeit (Buffer hinzugefügt) 200 = 100% Feuchtigkeit (Buffer hinzugefügt)	

### Testprotokoll T-002

Testprotokoll
---------------

ID / Bezeichnung	T-002	Kapazitiver Sensorwert in Erde
Beschreibung	Der Sensorwert des kapazitiven Sensors soll in trockener Erde sowie in feuchter Erde ermittelt werden.	
Testvoraussetzung	Funktionstüchtige Sensoren.	
Testschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensor wird in (möglichst) trockene Erde gesteckt und wird am Arduino angeschlossen</li> <li>2. Sensorwert wird ausgelesen und notiert</li> <li>3. Der trockenen Erde wird genug Wasser beigefügt, dass sie (komplett) nass ist</li> <li>4. Sensorwert wird ausgelesen und notiert</li> </ol>	
Erwartetes Ergebnis	Der Sensorwerte aus diesem Test unterscheidet sich leicht von dem ermittelten Wert ohne Substrat	
Testergebnis	Ganz trocken: 487 Ganz feucht: 289	
Erkenntnis	<p>Der Sensorwert bei trockener Erde unterscheidet sich deutlich von dem Testergebnis ohne Substrat, dieser Wert kann leicht erhöht und für die Schwelle der Bewässerung eingesetzt werden. Der obere Schwellwert für die Bewässerung soll 289 nicht unterschreiten.</p> <p>Untere Schwelle Bewässerung: 455 (Beginn Bewässerung) Obere Schwelle Bewässerung: 325 (Stopp Bewässerung)</p>	

**Testprotokoll T-003**

<b>Testprotokoll</b>		
ID / Bezeichnung	T-003	Widerstandsfeuchtesensor
Beschreibung	Der Sensorwert des Widerstandsfeuchtesensor im Wasserbecken soll im trockenen sowie komplett nassem Zustand ermittelt werden.	
Testvoraussetzung	Funktionstüchtiger Sensor.	
Testschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensor wird am Arduino angeschlossen</li> <li>2. Sensorwert wird ausgelesen und notiert</li> <li>3. Sensor wird in Wasser eingelegt</li> <li>4. Sensorwert wird ausgelesen und notiert</li> </ol>	
Erwartetes Ergebnis	Klar zu Unterscheidende Werte für nass und trocken	
Testergebnis	Ganz trocken: 130-234 (Schwankende Werte) Ganz nass: 0	
Erkenntnis	<p>Der Sensorwert bei trockenem Zustand schwankt. Die ermittelten Werte werden folgendermassen weiterverwendet:</p> <p>Im Wasser eingetaucht: unter 20 Nicht im Wassereingetaucht: über 20 Normbereich: 0 – 250 (mit Buffer)</p>	

**Testprotokoll T-004**

<b>Testprotokoll</b>		
ID / Bezeichnung	T-004	Wasserverbrauch eine Bewässerung

Beschreibung	Eine Bewässerung wird durchgelaufen und der Wasserverbrauch soll gemessen werden.
Testvoraussetzung	Funktionstüchtige Sensoren, genügend Wasser.
Testschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Füllstand im Wasserbecken wird vor der Bewässerung mit einem Tape markiert</li> <li>2. Sensoren werden in die noch trockene Erde gesteckt und die Bewässerung beginnt</li> <li>3. Bewässerung stoppt von selbst, sobald die Schwelle erreicht wird</li> <li>4. Dem Wasserbecken wird so viel Wasser beigegeben, bis der Wasserstand die Markierung wieder erreicht. Die Menge an beigegebenem Wasser wird notiert.</li> </ol>
Erwartetes Ergebnis	Mehrere Liter werden für einen Durchlauf verwendet.
Testergebnis	Wasserverbrauch: 12 Liter
Erkenntnis	In dem Wasserbecken muss mindestens mit 12 Liter Wasser gefüllt sein, um eine Bewässerung durchzuführen. Unterschreitet der Füllstand im Becken 12 Liter so muss es aufgefüllt werden.

### Testprotokoll T-005

<b>Testprotokoll</b>		
ID / Bezeichnung	T-005	Wasserverdunstung aus dem Wasserbecken
Beschreibung	Die Menge an Wasser, die in einer Woche aus dem Wasserbecken verdunstet soll gemessen werden.	
Testvoraussetzung	Aufgefülltes Wasserbecken, System nicht betriebsbereit.	
Testschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Füllstand im Wasserbecken wird mit einem Tape markiert</li> <li>2. Eine Woche wird abgewartet.</li> <li>3. Dem Wasserbecken wird so viel Wasser beigegeben, bis der Wasserstand die Markierung wieder erreicht. Die Menge an beigegebenem Wasser wird notiert.</li> </ol>	
Erwartetes Ergebnis	Mehrere Liter verdunsten bei einem Becken dieser Grösse	
Testergebnis	Verdunstetes Wasser: 4 Liter	
Erkenntnis	In einer Woche verdunstet bei diesem Becken 4 Liter Wasser. Da der Test in einem Wintermonat mit weniger Sonne und tieferen Temperaturen durchgeführt wurde, wird mit einem Wert von 6 Liter gerechnet.	

### Testprotokoll T-006

<b>Testprotokoll</b>		
ID / Bezeichnung	T-006	Zeitintervall zwischen Bewässerungen
Beschreibung	Es soll die Zeit zwischen zwei Bewässerungen ermittelt werden.	
Testvoraussetzung	Funktionierendes System, genügend Wasser für zwei Bewässerungen.	
Testschritte	1. Tag der ersten Bewässerung wird notiert.	

	2. Abwarten. 3. Tag der zweiten Bewässerung wird notiert.
Erwartetes Ergebnis	Mindestens eine Woche zwischen den Bewässerungen.
Testergebnis	Zeitintervall: 16 Tage
Erkenntnis	16 Tage nach der ersten Bewässerung wurde die zweite Bewässerung vom System ausgelöst.

## Code Bewässerung

```
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <splash.h>

#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_GrayOLED.h>
#include <Adafruit_SPITFT.h>
#include <Adafruit_SPITFT_Macros.h>
#include <gfxfont.h>

#include <SPI.h>
#include <Wire.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels

// Deklaration SSD1306 Display verbunden mit I2C (SDA, SCL pins)
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

// Deklaration Variablen
int pumpe_pin = 7;
int sensor_pin[3] = {A0, A1, A2};
int sensor_wert[3]; // 0 = Sensor unten, 1 = Sensor oben, 2 =
Sensor Becken
int feuchtigkeit_max = 200;
int feuchtigkeit_0 = 600;
int norm_max = 250;
int norm_min = 0;

//Deklaration Funktionen
int get_sensor_wert();
void ptint_display();
void print_display_becken();
void print_display_defekt();

void setup() {
  pinMode(pumpe_pin, OUTPUT);
  digitalWrite(pumpe_pin, HIGH);

  Serial.begin(115200);
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for(;;);
  }
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(WHITE);
}

void loop() {
  sensor_wert[0] = analogRead(sensor_pin[0]);
  sensor_wert[0] = get_sensor_wert(sensor_wert[0]);
  sensor_wert[1] = analogRead(sensor_pin[1]);
```

```
sensor_wert[1] = get_sensor_wert(sensor_wert[1]);
sensor_wert[2] = analogRead(sensor_pin[2]);

if (sensor_wert[0] >= feuchtigkeit_max && sensor_wert[0] <= feuchtigkeit_0
&& sensor_wert[1] >= feuchtigkeit_max && sensor_wert[1] <= feuchtigkeit_0
&& sensor_wert[2] >= norm_max && sensor_wert[2] <= norm_min){
if (sensor_wert[2] > 20){
    print_display_becken();
    digitalWrite(pumpe_pin, HIGH);
}
else {
    print_display_sensor();
    if (sensor_wert[0] < 31 || sensor_wert[0] < 31){
        digitalWrite(pumpe_pin, LOW);
    }
else if(sensor_wert[1] > 60){
    digitalWrite(pumpe_pin, HIGH);
}
}
else{
    print_display_defekt();
    digitalWrite(pumpe_pin, HIGH);
}
}

// Funktionen
int get_sensor_wert(int wert){
int sensor_wert;

sensor_wert = map(wert, feuchtigkeit_0, feuchtigkeit_max, 1, 100);

return sensor_wert;
}

void print_display_sensor(){
display.setCursor(15, 0);
display.setTextSize(1);
display.println("Feuchtigkeit");

display.setCursor(35, 15);
display.setTextSize(3);
display.print(sensor_wert[0]);
display.println(" % ");
display.setCursor(35, 40);
display.setTextSize(3);
display.print(sensor_wert[1]);
display.println(" % ");
display.display();
delay(1000);
display.clearDisplay();
}

void print_display_becken(){
display.setCursor(15, 5);
display.setTextSize(2);
display.print("Becken\n auffuellen!");
display.display();
delay(1000);
display.clearDisplay();
}
```

```
void print_display_defekt() {  
display.setCursor(15, 5);  
display.setTextSize(2);  
display.print("Defekt");  
display.display();  
delay(1000);  
display.clearDisplay();  
}
```

# **Bachelor-Thesis an der Hochschule Luzern - Technik & Architektur**

<b>Titel</b>	<b>Ausarbeiten eines Konzeptes und Entwickeln eines Prototyps für eine smarte Pflanzenwand</b>
<b>Diplomandin/Diplomand</b>	<b>Wyss, Kimberly</b>
<b>Bachelor-Studiengang</b>	<b>Bachelor Wirtschaftsingenieur   Innovation</b>
<b>Semester</b>	<b>HS20</b>
<b>Dozentin/Dozent</b>	<b>Züst, Simon</b>
<b>Expertin/Experte</b>	<b>Brändle, Christoph</b>

## **Abstract Deutsch**

Diese Arbeit befasst sich mit dem Konzeptionieren einer vertikalen Begrünung mit automatisierter Bewässerung und dem Entwickeln und Testen eines Prototyps. Das Projekt wurde von dem Start-Up Mary and Plants in Auftrag gegeben.

Einen Überblick über die relevanten Konkurrenten und dessen Produkte wird mit einer Wettbewerbsanalyse gewonnen. Für die Realisierung des finalen Konzepts werden drei Lösungsvarianten ausgearbeitet, die sich in deren Komplexität und Art unterscheiden. Die Teilfunktionen der Konzepte werden evaluiert und zu dem finalen Konzept kombiniert. Das evaluierte Konzept gilt als Vorlage für die Entwicklung des Prototyps. Das Potential einer solchen Pflanzenwand in dem Sortiment von Mary and Plants sowie die Machbarkeit des Konzeptes konnten bestätigt werden. Ausserdem wurde ein funktionsfähiger Prototyp entwickelt.

## **Abstract English**

This thesis deals with the conception of a vertical greening with automated irrigation and the development and testing of a prototype. The project was commissioned by the start-up Mary and Plants.

An overview of the relevant competitors and their products is obtained with a competition analysis. For the realization of the final concept, three variants are worked out, which differ in their complexity and type. The partial functions of the concepts are evaluated and combined to form the final concept. The evaluated concept is used as a template for developing the prototype.

The potential of such a living wall in the range of Mary and Plants as well as the feasibility of the concept could be confirmed. Also, a functioning prototype was developed.

Ort, Datum

Zürich, 03.01.2021

© hier Vorname und Name erfassen, Hochschule Luzern – Technik & Architektur

---

Alle Rechte vorbehalten. Die Arbeit oder Teile davon dürfen ohne schriftliche Genehmigung der Rechteinhaber weder in irgendeiner Form reproduziert noch elektronisch gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Sofern die Arbeit auf der Website der Hochschule Luzern online veröffentlicht wird, können abweichende Nutzungsbedingungen unter Creative-Commons-Lizenzen gelten. Massgebend ist in diesem Fall die auf der Website angezeigte Creative-Commons-Lizenz.