

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

WIRTSCHAFTLICHKEIT VON INDOORAQUAPONIKFARMEN IM URBANEN RAUM IN DER SCHWEIZ

Bachelorarbeit

von

Philipp Bosshard

Bachelorstudiengang 2016

Umweltingenieurwesen

Abgabe: 08.08.19

Fachkorrektoren:

MSc. ETH Umwelt-Ing. Tschudi, Fridolin

IUNR, Grüental, 8820 Wädenswil

Prof. Dr. Junge, Ranka

IUNR, Grüental, 8820 Wädenswil

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, ob das Konzept von Indooraquaponikfarmen im urbanen Raum in der Schweiz wirtschaftlich erfolgreich umgesetzt werden kann.

Aquaponik ist eine Kombination aus Fisch- und Pflanzenzucht in einem rezirkulierendem Aquakultursystem. Das Abwasser der Fischzucht wird als Nährlösung für eine hydroponische Pflanzenzucht verwendet. Die Pflanzen nehmen die Nährstoffe aus dem Wasser auf und reinigen es so. Das gereinigte Wasser wird danach zurück in die Fischzucht geleitet und der Kreislauf beginnt von neuem.

In einem ersten Schritt wurde ein Finanzplan auf Excelbasis erarbeitet, der nach Eingabe technischer und finanzieller Parameter eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchführt und die wichtigsten unternehmerischen Kennzahlen, wie Gewinn und Verlust, Cash Flow, Kapitalwert und Nettobarwert generiert. Mit Hilfe des Excel-Add-ins «Risk Kit» der Wehrspohn GmbH wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die sensitivsten Inputparameter auf den Nettobarwert des Finanzplans zu ermitteln. Basierend auf dem Ergebnis wurden zehn technische, sowie acht allgemeine Parameter mit besonders grosser Sensitivität auf den Nettobarwert ausgewählt und als Key Performance Indicators (KPI) definiert. Die technischen Parameter waren der Pflegeaufwand pro Pflanze, das Erntegewicht pro Pflanze, die Pflanzendichte, die Wachstumsrate der Pflanzen, die Überlebensrate der Pflanzen, die Leistung und Ausleuchtung pro Lampe, der Pflegeaufwand pro Fisch, die Anzahl Etagen des Pflanzbeetes und das Erntegewicht pro Fisch. Die allgemeinen Parameter waren der Kilopreis für Pflanzen, Eigenschaften des Pflanzensubstrats, die Verarbeitung der Pflanzen, der Mietpreis und die Gesamtfläche des Betriebs und die Verpackungskosten der Pflanzen. Diese KPI wurden genauer untersucht und in einer Literaturrecherche nach geeigneten Lösungen für Aquaponikfarmen gesucht, um die KPI so stark wie möglich optimieren zu können. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um sicherzustellen, dass der Finanzplan spezifisch auf die Gegebenheiten in der Schweiz abgestimmt werden kann und möglichst nahe am technischen Optimum liegt. Anhand der Ergebnisse wurden die bestgeeignetsten technischen Installationen, wie Beleuchtung, Filter oder Pumpen für die konkrete Ausgestaltung der Aquaponikanlage recherchiert und zusammengetragen. Auch für die nicht technischen KPI wurden Recherchen durchgeführt, um beispielsweise Methoden zur Optimierung von Arbeitsabläufen zu finden, oder finanzielle Obergrenzen für Miet- und Stromkosten zu bestimmen. Nach der Behandlung aller KPI wurden die gefundenen Werte in den Finanzplan eingegeben und eine finale Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt, um die Frage zu beantworten, ob sich eine Indooraquaponikfarm im urbanen Raum in der Schweiz wirtschaftlich lohnt. Die Auswertung hat ergeben, dass trotz auf die Schweiz abgestimmtem und in allen wichtigen Punkten optimiertem Finanzplan, kein wirtschaftlich sinnvoller Betrieb möglich ist. Die Produktionskosten sind aufgrund der technisch komplexen Produktionsanlage und des hochpreisigen schweizer Standorts zu hoch. Gepaart mit den bereits etablierten Preisen für Fisch und Gemüse, die aus Gründen der Konkurrenzfähigkeit nicht überschritten werden können, reicht die Marge nicht aus, um einen finanziell erfolgreichen Betrieb langfristig sicherstellen zu können. Untersucht wurde allerdings nur eine kleine Anlage mit einer Anbaufläche von 700 m² und einer Gesamtfläche von 550 m², die in einem Lagerraum oder ähnlichem in einer Stadt untergebracht werden könnte. Bei grösseren Anlagen in der Agglomeration wäre es durchaus möglich, dass diese wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden könnten. Trotz des negativen Ergebnisses kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein rentabler Betrieb in Zukunft auch in der Stadt möglich sein könnte. In der gewählten Konfiguration mit einem Erntegewicht von 120 Gramm pro Pflanze, einem Verkaufspreis von 110 Franken pro Kilogramm und zwei Monaten Aufzuchtzeit, wäre eine Pflanzendichte von 38 Pflanzen pro m² Anbaufläche nötig, um einen finanziell erfolgreichen Betrieb sicherzustellen. Dieser Wert wird heute bereits von einigen Anbausystemen erreicht, diese konnten aber nicht berücksichtigt werden, da sie (noch) nicht auf aquaponische Produktion ausgelegt sind. Auch wurde im Rahmen dieser Arbeit nur das Szenario untersucht, dass die Pflanzenproduktion die Haupteinnahmequelle des Unternehmens ist. Es wäre durchaus denkbar, dass ein Unternehmen mit Fokus auf der Fischproduktion finanziell erfolgreicher ist. Diese These müsste aber erst belegt werden.

Abstract

In this thesis the profitability of indoor aquaponics farms in swiss urban areas has been investigated.

Aquaponics systems are recirculating aquaculture systems (RAS), which can be used to grow fish and vegetables. The wastewater from the fish farm is carried to hydroponic planting beds, where vegetables and herbs are cultured. The plants roots filter the nutrients out of the wastewater and clean it. The processed water is then carried back to the fish tanks and the cycle can start again.

To investigate the economic efficiency of aquaponics farms, an excel based financial plan has been created, which can automatically perform an economic efficiency calculation after the input of some required parameters. With the excel-add-in "Risk Kit" of Wehrspohn GmbH a sensitivity analysis has been performed to find the most sensitive input parameters of the financial plan. Based on the results, ten technical and eight non-technical parameters have been defined as key performance indicators (KPI) for indoor aquaponics farms in swiss urban areas. The technical parameters were the maintenance effort for the plants, the harvesting weight of the plants, plant density, growth rate of the plants, survival rate of the plants, power and light distribution of the installed LED lighting, maintenance effort for fish, number of layers of the vertical planting bed and the harvesting weight of the fish. The chosen non-technical parameters were the price per kilogram of plants, properties of the plant substrate, processing of the plants, rent, total area of the company and the packaging costs of the plants. A literature research was then performed, to find the best solutions for the chosen KPI, which are appropriate for the application in swiss urban areas. The new findings were then used to optimize the existing financial plan for the best possible performance. After this step, a final profitability calculation has been carried out, to determine whether an indoor aquaponics farm can be operated economically successful in swiss urban areas. Even though the financial plan has been completely optimized, the analysis has shown, that an economically successful operation is not possible under the current conditions. The production costs in Switzerland are too high, compared to the selling prices of the products. But it must be considered, that regarding the small available spaces in swiss cities, the assumption has been made, that the company occupies an area of 550 m² and has a growth area of 700 m² in its vertical planting beds, which is quite small. Therefore, it is possible, that bigger farms in suburban areas could be operated economically successful, but this thesis hasn't been proved yet. It is even possible, that small aquaponics farms in urban areas will be economically successful in the future. With a harvesting weight of 120 grams per plant, a growth time of two months and a selling price of 110 CHF per kilogram, a plant density of 38 plants per square meter of growth area would be required to have an economically successful operation. This value is already surpassed by some existing aeroponic planting beds, but it hasn't been proven yet, whether these planting beds are suitable for aquaponics production. Another thing, that must be considered, is the fact that the present calculation was optimized for plant production. A production system, optimized on fish production, might be more efficient, but this thesis must be proved first.

Inhalt

1.	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Lokale Lebensmittelproduktion mit Aquaponik.....	1
1.3	Aufgabenstellung.....	1
1.4	Vertical Farming und Aquaponik.....	1
2.	Material und Methode	2
2.1	Vorgehen	2
2.2	Funktionsweise von Aquaponik	2
2.3	Aufbau des Unternehmens	3
2.3.1	Infrastruktur.....	3
2.3.2	Betriebskosten	5
2.4	Finanzplan	5
2.4.1	Vorgehen	5
2.4.2	Aufbau.....	5
2.4.3	Gliederung	7
2.5	Sensitivitätsanalyse	8
2.5.1	Inputfaktoren in Zusammenhang mit der Anbaumethode.....	9
2.5.2	Inputfaktoren ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode	10
2.5.3	Auswertung	10
2.6	Verbesserung des Finanzplans	10
3.	Resultate.....	11
3.1	Sensitivität von Inputfaktoren in Zusammenhang mit der Anbaumethode	11
3.2	Sensitivität von Inputfaktoren ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode	12
3.3	Aufbau eines Aquaponikunternehmens basierend auf den evaluierten KPI.....	13
3.3.1	Technische Daten	13
3.3.2	Verarbeitung.....	14
3.3.3	Verpackung	14
3.3.4	Verkaufspreise.....	15
3.3.5	Absatzmarkt.....	15
3.3.6	Organisation	15
3.3.7	Investition.....	15
3.3.8	Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	17
4.	Diskussion	18
4.1	KPI der Anbaumethode	18
4.1.1	Pflegeaufwand pro Pflanze.....	18
4.1.2	Erntegewicht pro Pflanze	19
4.1.3	Pflanzendichte	19

4.1.4	Wachstumsrate der Pflanzen	21
4.1.5	Überlebensrate der Pflanzen.....	21
4.1.6	Leistung pro Lampe / Ausleuchtung pro Lampe	21
4.1.7	Pflegeaufwand pro Fisch	22
4.1.8	Anzahl Etagen Pflanzenbeet.....	22
4.1.9	Erntegewicht pro Fisch.....	22
4.2	KPI des restlichen Betriebs	23
4.2.1	Kilopreis Pflanzen	23
4.2.2	Pflanzensubstrat.....	24
4.2.3	Verarbeitung der Pflanzen.....	24
4.2.4	Mietpreis und Gesamtfläche des Betriebs	26
4.2.5	Verpackungskosten der Pflanzen	26
4.3	Auswertung der Wirtschaftlichkeitsrechnung (Kap. 3.3).....	27
5.	Schlussfolgerung	28
6.	Quellen	29
6.1	Literaturverzeichnis.....	29
6.2	Abbildungsverzeichnis	35
6.3	Tabellenverzeichnis.....	35
6.4	Anhangsverzeichnis.....	35
7.	Anhang	36
7.1	Anhang A	36
7.2	Anhang B.....	44
7.3	Anhang C.....	44
7.4	Anhang D	45

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der massiv angestiegene Bedarf an Lebensmitteln kann heute nur noch durch Importe aus dem Ausland gedeckt werden. So stammen im Schnitt ca. 70 – 80 Prozent des in der Schweiz verkauften Obstes aus dem Ausland, beim Gemüse sind es etwa 30 Prozent [1]. Die starke Konkurrenz führt dazu, dass die Produkte in den Herkunftsländern möglichst kostensparend produziert werden müssen, den Preis dafür zahlt meist die Umwelt. Dünger, Herbizide und Pestizide hinterlassen Rückstände in der Erde, Grundwasserreserven werden immer knapper und Monokulturen vernichten einen Grossteil der lokalen Biodiversität. Dies führt je nach Land zu unterschiedlich hohen Umweltbelastungen [2]. Ein guter Ansatz, um die Umweltbelastung durch die Lebensmittelproduktion zu senken, ist die Rückkehr zu lokaler Produktion. Doch gerade in einem kleinen, dicht besiedelten Land, wie der Schweiz, hätte dies eine Intensivierung der Landwirtschaft zur Folge, was wiederum mit negativen ökologischen Auswirkungen verbunden wäre. Ein weiterer guter Ansatz ist den saisonalen Konsum zu fördern. Eine Aufgabe, die immer schwieriger wird, da Konsumenten heute daran gewöhnt sind, zu jeder Jahreszeit die komplette Produktpalette zur Verfügung zu haben und nur ungern auf etwas verzichten wollen [3].

1.2 Lokale Lebensmittelproduktion mit Aquaponik

Aquaponik ermöglicht eine lokale und gleichzeitig ressourcensparende und nachhaltige Produktion von Gemüse, Kräutern und Fisch. Anbausysteme, die auf Aquaponik basieren, können kompakt gebaut werden, benötigen keinen fruchtbaren Boden und können somit auch auf versiegelte Flächen gestellt werden. In Hallen, oder Lagerräumen aufgebaut, können sie ausserdem über das ganze Jahr betrieben werden und sind damit unabhängig von den Jahreszeiten. Sie ermöglichen damit einen ganzjährigen lokalen Anbau ohne Unterbruch, kombiniert mit minimalem Platzverbrauch und stark verringertem Ressourcenverbrauch, im Vergleich zu herkömmlicher Landwirtschaft. Mit der stetig wachsenden Bevölkerung könnte der Aquaponik daher in Zukunft eine wichtige Rolle zukommen [4]. Gerade in Industrieländern, wie der Schweiz, gilt es aber einige Hürden zu überwinden, um Aquaponik wirtschaftlich betreiben zu können. Ein Problem stellen die hohen Löhne und Mietpreise dar, welche die Produktion verteuern. Gleichzeitig ist der Konkurrenzdruck im Lebensmittelmarkt sehr hoch, was zu einem Preiszerfall geführt hat [5]. Diese Kombination aus hohen Produktionskosten und tiefen Verkaufspreisen stellt wirtschaftlich eine Herausforderung dar. Es braucht daher spezifische Lösungen für hochpreisige Industrienationen, um der Aquaponik langfristig zum Durchbruch zu verhelfen.

1.3 Aufgabenstellung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, ob Aquaponik als Produktionsmethode im urbanen Raum in der Schweiz wirtschaftlich erfolgreich eingesetzt werden kann und welche Faktoren dabei den grössten Einfluss haben. Untersucht wurde eine Kleinanlage mit 700 m² Anbaufläche und einer Gesamtfläche von 550 m², die in einem Lagerraum oder Keller innerhalb einer Stadt untergebracht werden könnte. Dazu soll folgende Fragestellung beantwortet werden:

- Welche Faktoren haben den grössten Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Aquaponikunternehmens im urbanen Raum in der Schweiz und wie muss mit diesen Faktoren umgegangen werden?

1.4 Vertical Farming und Aquaponik

Ein vielversprechender Ansatz stellt die Kombination von Aquaponik und vertical farming dar. Dabei werden mehrere Pflanzenbeete übereinander angeordnet, wodurch die Produktivität pro Quadratmeter Grundfläche stark steigt. In urbanen Gebieten mit hohen Bodenpreisen und Mieten ist eine gute Ausnutzung der Fläche essenziell und kann den Unterschied zwischen Erfolg und Misserfolg eines Unternehmens machen. In vertikalen Farmen ist ausserdem eine sehr intensive Produktion möglich, die durch das geschlossene Produktionssystem keinen schädlichen Einfluss auf die Umwelt hat. Die

Produktivität einer Anbaufläche in einer vertikalen Farm ist daher 4 – 6 mal höher, als die selbe Anbaufläche in konventioneller Landwirtschaft [6]. Aufgrund der Vorteile von vertical farming und vorangegangenen Erkenntnissen aus einer eigenen Semesterarbeit («Potential von vertikalen Aquaponiksystemen» 2018) wird im Excelmodell für den Finanzplan davon ausgegangen, dass das Unternehmen über ein vertikales Aquaponiksystem verfügt.

2. Material und Methode

2.1 Vorgehen

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde gemäss Abbildung 1 vorgegangen. Als erstes wurde ein Finanzplan auf Basis von Excel für ein Aquaponikunternehmen erstellt. Im Finanzplan sollten sämtliche Kostenfaktoren und externe Einflüsse einbezogen werden, um eine möglichst realitätsgetreue Erfolgsrechnung zu ermöglichen. Mit Hilfe des Excel-Add-Ins «Risk Kit» wurde dann eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die sensitivsten Inputfaktoren zu finden. Anschliessend wurden 8 – 10 der sensitivsten Inputfaktoren, die in Zusammenhang mit der Anbaumethode stehen und weitere 5 – 10 Faktoren, die nicht mit der Anbaumethode in Zusammenhang stehen ausgewählt und als Key Performance Indicators (KPI) definiert. Anhand dieser KPI wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um Technik und Methoden zu finden, welche einen wirtschaftlichen Betrieb eines Aquaponikunternehmens in der Schweiz begünstigen. Die Erkenntnisse wurden zusammengefasst und wenn möglich Empfehlungen abgegeben.

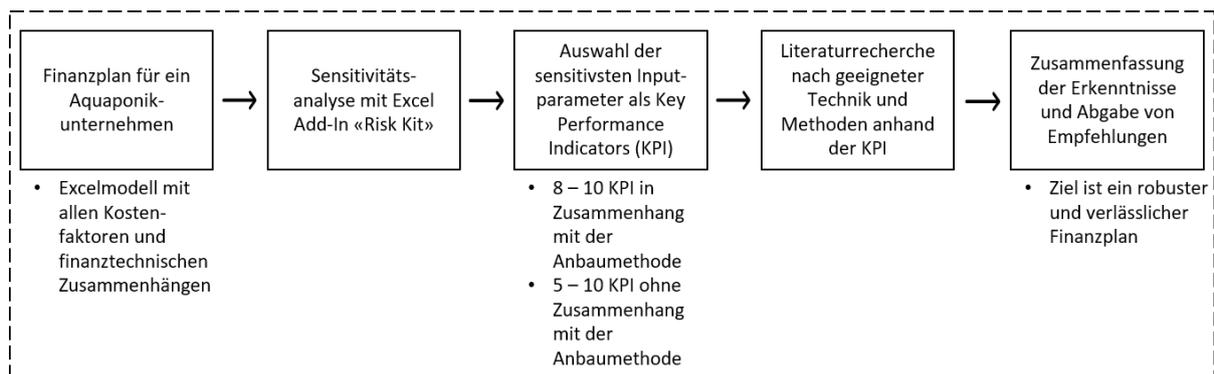


Abbildung 1 Vorgehen zur Beantwortung der Fragestellung

2.2 Funktionsweise von Aquaponik

Aquaponik ist eine Kombination aus Fisch- und Pflanzenzucht in einem rezirkulierendem System. Dazu wird die Wechselwirkung zwischen Fischen, Pflanzen und Bakterien genutzt. Die Fische reichern das Wasser durch ihre Ausscheidungen mit Nährstoffen an. Ammonium, das für die Fische in grossen Mengen toxisch ist, spielt dabei eine besonders wichtige Rolle. Das Wasser wird von den Fischbecken in einen Biofilter geleitet. Dort wird das Ammonium in einem ersten Schritt durch Bakterien der Gattung *Nitrosomonas* in Nitrit-Ionen umgewandelt. In einem zweiten Schritt werden die Nitrit-Ionen durch Bakterien der Gattung *Nitrobacter* zu Nitrit und anschliessend zu Nitrat umgewandelt. Das Wasser wird anschliessend weiter in hydroponische Pflanzenbeete geleitet, in denen Pflanzen ohne organisches Substrat gezüchtet werden. Die Pflanzen nehmen das Nitrat und andere Nährstoffe über ihre im Wasser hängenden Wurzeln auf und reinigen es so. Das geklärte Wasser wird anschliessend wieder zurück in die Fischbecken geleitet und der Kreislauf kann von neuem beginnen [7], [8].

Für die Pflanzenzucht gibt es verschiedene Anbaumethoden. Unter anderem die Nährfilmtechnik, Ebbe- und Flut-Systeme, sowie Tiefwasserkulturen [9]. Für die kommerzielle Anwendung werden am häufigsten Tiefwasserkulturen eingesetzt [10]. Dabei handelt es sich um 20 – 30 cm tiefe wassergefüllte Kanäle, in denen Flosse schwimmen, auf denen die Pflanzen angebaut werden. Die Pflanzen werden in Netztöpfchen gezüchtet, die in entsprechende Löcher auf den Flossen passen. Die Wurzeln hängen dabei

durch die Löcher ins Wasser, wodurch der maximale Kontakt zum Wasser sichergestellt ist und Verstopfungen vermieden werden. Diese Form ist einfach im Unterhalt und flexibel, was die Pflanzendichte angeht, da Flosse mit unterschiedlichen Lochgrößen und Abständen, je nach Pflanzenart, eingesetzt werden können [9]. Weiter bietet sie im Falle eines Strom- oder Pumpenausfalls die grösste Sicherheit, um ein schnelles Pflanzensterben zu vermeiden und ist günstig in Unterhalt und Herstellung [11].

2.3 Aufbau des Unternehmens

Da der Fokus dieser Arbeit auf der urbanen Anwendung von Aquaponik lag, wurde angenommen, dass das Unternehmen in Räumlichkeiten in einer Stadt untergebracht ist. Da grosse Flächen in schweizer Städten meist knapp sind und hohe Mieten gezahlt werden müssen, wurde die Anlage eher klein ausgelegt, um die Suche nach geeigneten Räumlichkeiten zu vereinfachen (Kap. 4.2.4). Es wurde angenommen, dass sich die gesamte Infrastruktur des Unternehmens am gleichen Standort befindet. Es gibt somit neben den Produktionsräumen, in denen sich alle technischen Installationen befinden, auch Verarbeitungsräume für Fische und Pflanzen, einen Kühlraum, ein Labor, Büroräume und einen Logistikbereich.

2.3.1 Infrastruktur

1. Produktionssystem

Für die weiteren Berechnungen wurde angenommen, dass das Unternehmen über ein vertikales Aquaponiksystem verfügt, das sich besonders für den Einsatz im urbanen Raum anbietet. Die Fische werden in grossen Tanks aufgezogen. Als Kulturform für die Pflanzen wird Tiefwasserkultur gewählt. Da es sich um ein vertikales System handelt, wird ausserdem eine künstliche Beleuchtung mit LED einberechnet [12]. Weiter wird ein leistungsfähiges Belüftungssystem für Zu- und Abluft und zur Klimatisierung der Produktionsräume benötigt. Zur Keimbehandlung des Wassers wird ausserdem ein UV-Filter eingesetzt und eine PSA Sauerstoffanlage sorgt für eine ausreichende Sauerstoffsättigung im Wasser.

2. Anzuchtbereich für Pflanzen

Die Pflanzen müssen aus Saatgut gezogen werden, bevor sie in das Produktionssystem gesetzt werden. Um das Saatgut aufzubewahren wird ein Thermoschrank benötigt in dem Temperatur und Luftfeuchtigkeit geregelt werden können. Um die Pflanzen zu keimen und anzuzüchten wird eine Anzuchtanlage mit Umwälzpumpe und künstlicher Beleuchtung benötigt. Die Angezuchteten Pflanzen werden in Gebinde gesetzt, welche in das Produktionssystem passen. Diese Gebinde sind wiederverwendbar, müssen aber nach dem Gebrauch gewaschen und desinfiziert werden.

3. Quarantänebereich für Fische

Bevor die Jungfische in die grossen Fischtanks eingesetzt werden können, müssen sie in Quarantäne gehalten werden, um zu verhindern, dass Pathogene in das System gelangen können. Dafür muss ein kleineres Quarantänebecken eingerichtet werden, das über ein separates Filtersystem verfügt und nicht mit dem Produktionssystem verbunden ist.

4. Verarbeitungsbereich für Pflanzen

Haben die Pflanzen erntereife erlangt, müssen sie für den Verkauf weiterverarbeitet werden. Je nach Pflanzenart werden sie entweder geschnitten und portioniert, oder gleich am Stück verpackt. Dafür ist eine Abpackmaschine notwendig. Weiter werden geeignete Tische und Werkzeuge zur Verarbeitung benötigt. Ausserdem sind Kühlschränke oder ein Kühllager zur Zwischenlagerung der fertigen Produkte notwendig.

5. Verarbeitungsbereich für Fische

Vor der Schlachtung müssen die Fische gehältert werden. Dazu ist ein separates Becken mit Sauerstoffbegasung, CO₂-Entgasung und Beleuchtung erforderlich. Bei der Schlachtung werden die Fische mit einem Stromschlag oder einem Schlag auf den Kopf betäubt und mit einem Kiemenschnitt getötet. Anschliessend werden sie ausgenommen, was ebenfalls an Tischen und mit geeignetem Werkzeug geschieht. Der fertig verarbeitete Fisch wird auf Eis gelegt und in einem Kühllager zwischengelagert. Um stets genügend Eis zu haben braucht das Unternehmen ausserdem eine eigene Eismaschine.

6. Vertrieb

Für den Fabrikladen werden Regale, Preisschilder, Werbetafeln, sowie ein Kassensystem benötigt. Für den Kurierdienst soll ein Lastenfahrrad angeschafft werden. Um die Übersicht über die Logistik zu behalten muss ausserdem ein Bereich eingerichtet werden, in dem alle Bestellungen zusammenkommen und vorbereitet werden.

7. Verwaltung

Das Unternehmen braucht ein voll ausgestattetes Büro. Dazu gehören EDV, Drucker, Beleuchtung, Mobiliar, diverses Kleinmaterial, sowie eine ERP Software. Das Büro wird für die Buchhaltung, Geschäftsführung, Produktionsplanung und Marketing benötigt.

8. Labor

Zur ständigen Überwachung der Produktionsanlage wird eine Laborbereich zur Untersuchung von Wasserproben benötigt. Dazu soll ein Spektralphotometer von Hach, sowie ein pH-EC-Kombimessgerät zum Einsatz kommen. Folgende Werte sollten mindestens bestimmbar sein: Sauerstoffsättigung, CO₂-Gehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Gehalt von Ammonium, Nitrit, Nitrat, Chlor, Phosphor, Kalium, Magnesium, Kalzium und Schwefel.

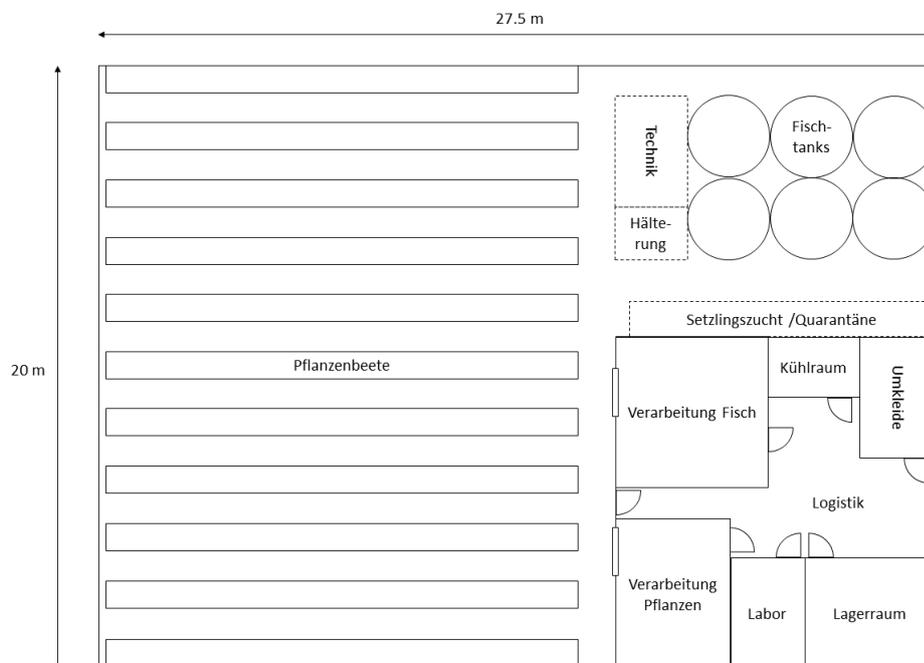


Abbildung 2 Übersichtsplan des Betriebs mit möglicher Anordnung der verschiedenen Bereiche ohne Fabrikladen und Büro

2.3.2 Betriebskosten

Das Unternehmen muss Produkte und Dienstleistungen zukaufen, um den Betrieb aufrecht zu erhalten. Weiter fallen standortspezifische Kosten an. Diese sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 Übersicht anfallende Kostenpunkte für den Betrieb

Standortspezifische Kosten	Betriebsmittel	Externe Dienstleistungen
1. Miete	1. Verbrauchsmaterial Labor	1. Versicherungen
2. Heizkosten	2. Verbrauchsmaterial Unterhalt	2. Zertifizierungen
3. Stromkosten	3. Verbrauchsmaterial Hygiene	3. Entsorgung
4. Wasserkosten	4. Verbrauchsmaterial Fabrikladen	4. Tierarzt
5. Steuern	5. Verbrauchsmaterial Büro	5. Marketing
	6. Dünger	
	7. Chemikalien	
	8. Saatgut	
	9. Pflanzenschutzmittel (Nützlinge)	
	10. Medikamente	
	11. Pflanzensubstrat	
	12. Fischfutter	
	13. Fingerlinge (Jungfische)	
	14. Verpackungsmaterialien	

2.4 Finanzplan

2.4.1 Vorgehen

Um eine Analyse durchführen zu können, wurde ein Finanzplan auf Excelbasis erstellt. Er enthält alle relevanten Angaben und Verknüpfungen, um eine automatische Vollkostenrechnung durchführen zu können und ist auf die Produktion mit Aquaponik ausgelegt. Der Aufbau und die zugrunde liegende Logik hinter dem Modell orientiert sich an der Vorlage eines Finanzplans, der im Rahmen des «Business Concept» Kurs von Innosuisse erhältlich ist und Startups als Basis für eine erste persönlichen Finanzplanung dienen soll [13].

2.4.2 Aufbau

Der Finanzplan besteht aus zehn Seiten (Abb. 3), die jeweils alle Inputs und Outputs einer Kategorie enthalten. Er enthält einen Produktionsplan, einen Umsatzplan, einen Investitionsplan, einen Material- und Logistikplan, einen Personalplan, den Cashflow und eine Gewinn- und Verlustrechnung. Auf der letzten Seite werden ausserdem ökonomische Kennzahlen, wie Kapitalwert und Nettobarwert berechnet.

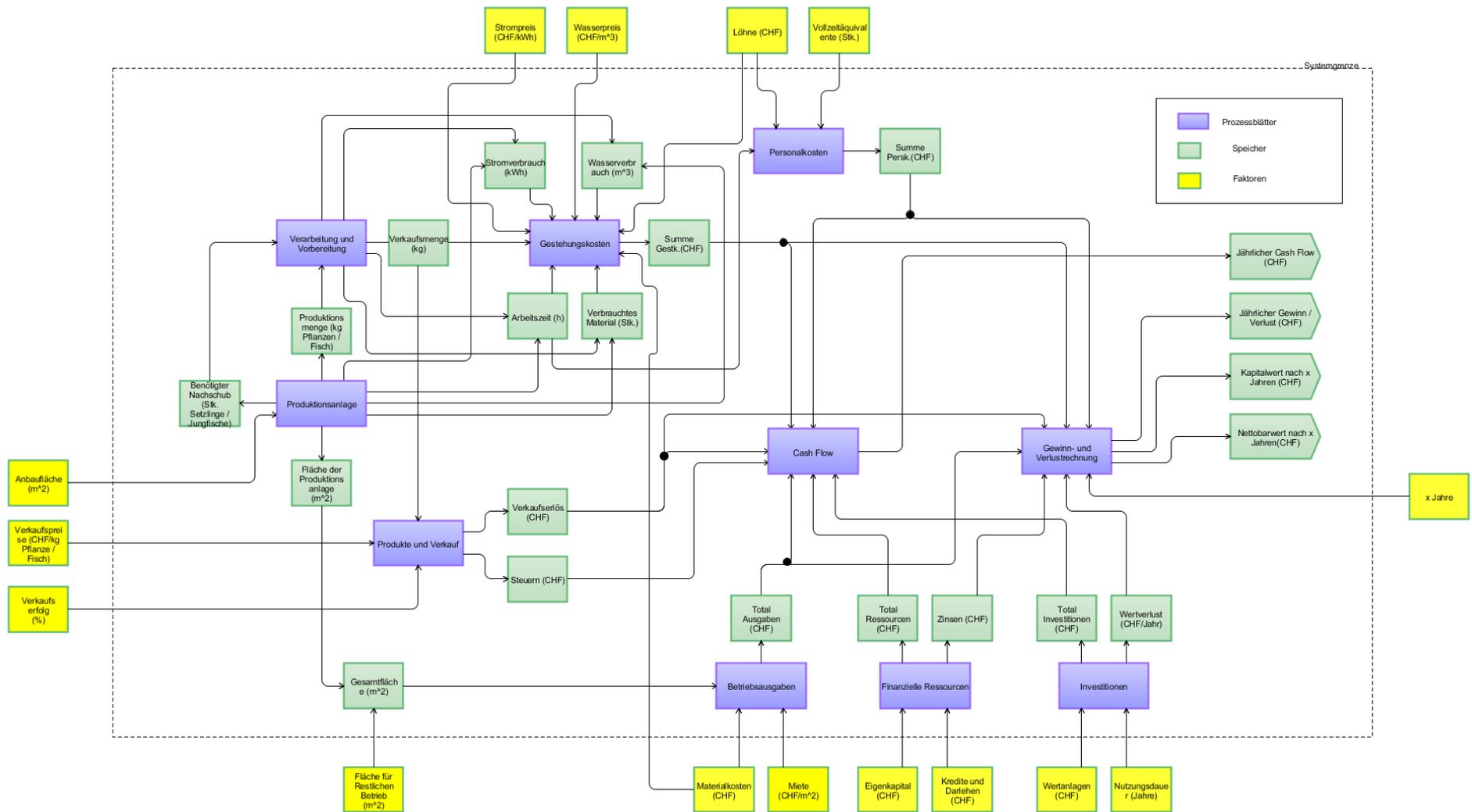


Abbildung 3 Übersicht der wichtigsten Zusammenhänge zwischen den Prozessblättern im Excelmodell

2.4.3 Gliederung

1. Seite - Produktionsanlage

Hier finden die Berechnungen für das Aquaponiksystem statt. Nach Eingabe der Inputfaktoren rechnet das Modell die Grundfläche des Pflanzenbeetes, den jährlichen N- und P-Bedarf, die jährliche Produktionsmenge von Fisch und Pflanzen, die Grundfläche der Fischzucht, die benötigten Werte für Feststoff- und Biofilter, Wasservolumen und Volumenstrom, den Sauerstoffbedarf der Anlage, die benötigte Gesamtfläche, sowie den Gesamtstromverbrauch aus. Die Berechnungen basieren auf Massenbilanzgleichungen von Losordo und Westers [14]. Es werden nur Zahlen für die Pflanzenproduktion berechnet. Aus dem Stickstoffbedarf der Pflanzenzucht wird die Grösse der Fischzucht abgeleitet. Weiter werden der Pflegeaufwand in Stunden, sowie der Stromverbrauch der Produktionsanlage berechnet.

2. Seite - Verarbeitung und Vorbereitung

Mit Hilfe der Produktionsmenge wird berechnet, wie viel Nachschub an Setzlingen und Jungfischen benötigt wird und wieviel Biomasse, abzüglich Ausschuss und Verluste durch die Verarbeitung, am Schluss zum Verkauf übrigbleibt. Weiter wird für die Verarbeitung und Vorbereitung der Arbeitsaufwand, der Stromverbrauch, sowie die Kosten für Verpackung berechnet.

3. Seite - Gestehungskosten

Auf dieser Seite werden alle variablen Kosten, die von der Produktionsmenge abhängen zusammengefasst und jeweils auf eine Verkaufseinheit eines Produktes heruntergebrochen. Dazu gehören der Strom für die Beleuchtung der Pflanzenbeete, die Kosten für die Angestellten in Verarbeitung und Produktion, sowie die Kosten für Anzuchtsubstrat für Pflanzen, Fischfutter und Jungfische.

4. Seite - Produkte und Verkauf

Nach der Eingabe von Verkaufspreis und Verkaufserfolg werden die Einnahmen durch Verkäufe, sowie die Mehrwertsteuern berechnet. Mithilfe der Gestehungskosten werden ausserdem die Profitmarge und der Gewinn pro verkauftes Produkt berechnet. Weiter wird berechnet, wie gross der Ausschuss in Kilogramm durch nicht verkaufte Produkte ist.

5. Seite - Betriebsausgaben

Hier werden alle Kosten erfasst, die unabhängig von der Produktionsmenge sind. Dazu gehören die Kosten für Betriebsmittel, wie Labormaterial, Chemikalien, Reinigungsmaterial oder Büromaterial, sowie allgemeine Kosten, wie Miete oder Heizkosten und Kosten für externe Dienstleistungen, z.B. Tierarztbesuche, Versicherung oder Entsorgungskosten. Um die Höhe der Miete zu bestimmen, wird die Gesamtfläche des Betriebs in der Modellrechnung automatisch berechnet, indem die Fläche der Produktionsanlage mit dem Faktor «Flächenzuschlag für den restlichen Betrieb» multipliziert wird. Über diesen Faktor kann eingestellt werden, wieviel Prozent der für die Produktionsanlage belegten Fläche zusätzlich benötigt wird, um den restlichen Betrieb, wie Verarbeitung, Logistik, Lager und Administration unterzubringen.

6. Seite - Personalkosten

Auf dieser Seite werden die Lohngruppen, deren Jahreslöhne, sowie die jeweilige Anzahl Vollzeitäquivalente erfasst. Weiter kann erfasst werden, wieviel Prozent des Lohns das Unternehmen für zusätzlich anfallende Kosten pro Mitarbeiter, wie Sozialleistungen, Versicherungen, Arbeitskleidung oder Verpflegung aufwenden muss. Aus diesen Angaben werden dann die Gesamtkosten für das Personal berechnet, die über ein Jahr anfallen.

7. Seite - Finanzielle Ressourcen

Hier werden Eigenkapital, sowie Kredite und Darlehen erfasst. Bei Krediten und Darlehen müssen ausserdem Angaben zu Laufzeit und Zinssatz gemacht werden, damit die jährlichen Zinsen berechnet werden können. Die Summe aus Krediten, Darlehen und Eigenkapital ergibt die jährlich zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen.

8. Seite - Investitionen

Auf dieser Seite können sämtliche Investitionen erfasst werden, die für die Infrastruktur getätigt werden müssen. Durch die Angabe der Nutzungsdauer der jeweiligen Investition werden ausserdem die jährlichen Abschreibungen linear berechnet. Daraus ergeben sich dann die Summe der jährlichen Investitionen, sowie die jährlichen Abschreibungen.

9. Seite - Cash Flow

Diese Seite zeigt, wie sich der Cash Flow des Unternehmens in den ersten vier Jahren verhält (Abb. 4).

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Startbetrag (CF_{Start})	-	-241'872.61	-301'428.93	-295'509.89
Verkäufe	238'298.35	435'745.55	551'490.46	614'469.31
Gestehungskosten der Produkte	-123'458.54	-197'533.67	-222'225.37	-234'571.23
Total Betriebskosten	-263'363.44	-263'059.06	-263'059.06	-263'059.06
Zinsen	-	-	-	-
Steuern	-	-11'156.74	-27'822.22	-36'673.14
Mwst.	-18'348.97	-33'552.41	-42'464.77	-47'314.14
= Operativer Cash Flow (CF_{Op})	-166'872.61	-69'556.32	-4'080.96	32'851.74
Investitionen	-175'000.00	-	-	-
= Investitionen Cash Flow (CF_{Inv})	-175'000.00	-	-	-
Freier Cash Flow (CF_{Free} = CF_{Op} + CF_{Inv})	-341'872.61	-69'556.32	-4'080.96	32'851.74
Finanzielle Ressourcen	100'000.00	10'000.00	10'000.00	10'000.00
= Finanzieller Cash Flow (CF_{Fin})	100'000.00	10'000.00	10'000.00	10'000.00
Cash Flow Total (CF_{Total} = CF_{Free} + CF_{Fin})	-241'872.61	-59'556.32	5'919.04	42'851.74
Endbetrag (CF_{End} = CF_{Total} + CF_{Total})	-241'872.61	-301'428.93	-295'509.89	-252'658.15

Abbildung 4 Datenblatt mit Angaben zum Cash Flow des Unternehmens (enthaltene Zahlen nur zu Testzwecken und ohne Aussagekraft)

10. Seite - Profit and Loss Statement

Diese Übersichtsseite zeigt, die Gewinn- und Verlustrechnung des Unternehmens, sowie eine statische und eine dynamische Gewinnrechnung. Daraus werden wichtige finanzielle Kennzahlen, wie Nettobarwert und Kapitalwert berechnet. Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Faktoren, welche in die Gewinn- und Verlustrechnung einfließen.

Jahr	1	2	3	4
Verkaufserlös	219'949	402'193	509'026	567'155
Gestehungskosten der Produkte	-123'459	-197'534	-222'225	-234'571
= Bruttoertrag	96'491	204'659	286'800	332'584
= Brutto Marge	44%	51%	56%	59%
Betriebskosten	-263'363	-263'059	-263'059	-263'059
= Operativer Gewinn (EBITDA)	-166'873	-58'400	23'741	69'525
Wertverlust	-14167	-14167	-14167	-14167
= Gewinn vor Zins und Steuern (EBIT)	-181039	-72566	9575	55358
Zinsen	0	0	0	0
= Gewinn vor Steuern	-181'039	-72'566	9'575	55'358
Steuern	-	-11'157	-27'822	-36'673
Netto Gewinn / Verlust	-362'079	-156'289	-8'673	74'043
= Netto Marge	37%	45%	48%	50%

Abbildung 5 Datenblatt mit Angaben zu Gewinn und Verlust des Unternehmens (enthaltene Zahlen nur zu Testzwecken und ohne Aussagekraft)

2.5 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse wurde mit dem gratis erhältlichen Excel Add-in «Risk Kit» (Wehrspohn GmbH, Mannheim, DE) durchgeführt. Die Sensitivitäten werden als lineare Korrelation mit Hilfe des Pearson Korrelationskoeffizienten berechnet [15]. Dabei wird untersucht, welchen Einfluss die verschiedenen Inputfaktoren auf eine Ausgangsvariable des Modells haben. Die Inputfaktoren können eine gleiche

oder unterschiedliche Verteilung aufweisen, was in Verbindung mit dem Modell zu einer Varianz der Ausgangsvariablen führt. Die Sensitivitätsanalyse erlaubt es, den Anteil der Varianz der Ausgangsvariablen zu bestimmen, der durch einen bestimmten Inputfaktor verursacht wird [16]. Der Ablauf des Vorgangs ist in Abbildung 6 dargestellt.

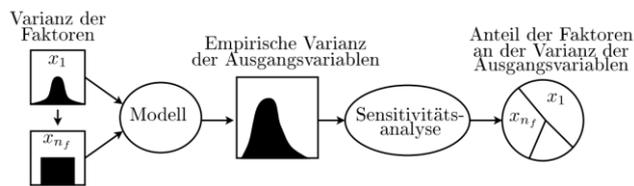


Abbildung 6 Ablauf einer Sensitivitätsanalyse (Quelle: Wehrspohn GmbH)

Es wurden zwei verschiedene Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um die sensitivsten Inputfaktoren mit und ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode zu finden.

Die Sensitivitätsanalyse wurde mit 5'000 Simulationsläufen durchgeführt und in die Felder mit den Inputfaktoren wurden jeweils gleichverteilte Zufallsvariablen eingefügt. Als Ausgangsvariable wurde der Nettobarwert über die ersten vier Jahre gewählt. Dieser setzt sich aus der Summe aller dynamisch abgezinsten Gewinne und Verluste über eine gewisse Zeitperiode zusammen. Der Nettobarwert gilt als einer der wichtigsten Indikatoren, um zu sehen, ob sich eine Investition lohnt. Ist er positiv, lohnt sich die Investition. Bei einem negativen Wert lohnt sich die Investition nicht und der Finanzplan soll gegebenenfalls überarbeitet werden [17].

Gemäss einer persönlichen Nachricht per Email von Uwe Wehrspohn der Wehrspohn GmbH unterliegen die Ergebnisse gewissen Unsicherheiten. Durch die in das Modell eingeführten Zufallsvariablen erbt auch die Ergebnisstatistik den Zufall, wenn auch in viel geringerer Masse. Dadurch variierten die Sensitivitäten besonders im niedrigen Bereich und die Analyse lieferte nicht immer das exakt gleiche Ergebnis zur Rangfolge der Inputfaktoren. In den Top 10 rangierten aber immer etwa die gleichen Inputfaktoren, wenn auch nicht immer in der gleichen Reihenfolge (Wehrspohn, 2019). Das Ergebnis wurde daher trotzdem als aussagekräftig angesehen.

2.5.1 Inputfaktoren in Zusammenhang mit der Anbaumethode

Aquaponische Produktionssysteme können je nach Art und Aufbau sehr grosse Unterschiede in Kapazität und Effizienz aufweisen [18]. Dies kann sich entsprechend auf das Geschäftsergebnis auswirken [19]. Um die Faktoren mit der grössten Sensitivität im Zusammenhang mit der Anbaumethode zu finden, wurden alle Inputfaktoren gemäss Tabelle 2 in die Analyse einbezogen.

Tabelle 2 Inputfaktoren für die Sensitivitätsanalyse in Zusammenhang mit der Anbaumethode

Pflanzenzucht	Fischzucht
1. Wassertiefe in den Pflanzenbeeten	1. Fütterungsrate
2. Anzahl Etagen des Pflanzenbeets	2. Proteingehalt Futter
3. Höhe der Etagen	3. Erntegewicht pro Fisch
4. Überlebensrate der Pflanzen	4. Besatzdichte
5. Pflegeaufwand pro Pflanze	5. Überlebensrate der Fische
6. Pflanzendichte	6. Pflegeaufwand pro Fisch
7. Wachstumsrate	
8. Erntegewicht pro Pflanze	
9. N-Bedarf	
10. Beleuchtung: Ausleuchtung pro Lampe	
11. Beleuchtung: Leistung pro Lampe	
Technische Faktoren	
1. Biofiltereffizienz	5. Wassermwälzrate
2. Oberfläche des Filtermediums	6. Leistung Klimaanlage
3. Wasserverlust pro Tag	7. Rohrlänge der Lüftung
4. Wirkungsgrad Umwälzpumpe	8. Wirkungsgrad des Lüftungsgebläses

2.5.2 Inputfaktoren ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode

Als Inputfaktoren ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode wurden alle Faktoren gesehen, die keinen direkten Einfluss auf die Outputs der Anbaumethode haben. Dazu zählten auch die Faktoren aus dem Teil der Verarbeitung. Diese haben zwar einen direkten Einfluss auf den endgültigen Warenoutput des Betriebs, sind aber nicht durch die Anbaumethode bestimmt, sondern vor allem von standortbedingten Gegebenheiten und der betrieblichen Organisation abhängig. Nachfolgend sind alle Inputfaktoren aufgelistet, die in die Analyse einbezogen wurden.

- | | |
|--|--|
| 1. Preis Fischfutter | 22. Stromtarif |
| 2. Preis Filtermedium | 23. Wassertarif |
| 3. Produktionsausschuss Aufzuchtanlage | 24. Summe der Betriebsmittelkosten (Jahr 1 – 4) |
| 4. Preis Pflanzensubstrat | 25. Summe der Kosten für externe Dienstleistungen (Jahr 1 – 4) |
| 5. Substratmenge pro Pflanze | 26. Jahressalär Ernter / Verarbeiter |
| 6. Vorbereitungszeit pro Pflanze | 27. Jahressalär Pfleger |
| 7. Vorbereitungszeit pro Fisch | 28. Jahressalär Buchhaltung |
| 8. Preis pro Fingerling (Jungfisch) | 29. Jahressalär Marketing |
| 9. Ausschuss bei Verarbeitung (Pflanzen) | 30. Jahressalär Geschäftsführung |
| 10. Gewichtsverlust durch Verarbeitung (Pflanzen) | 31. Investition Produktionssystem |
| 11. Verarbeitungszeit pro Pflanze | 32. Nutzungsdauer Produktionssystem |
| 12. Verpackungskosten pro Verkaufseinheit (Pflanzen) | 33. Investition Laborausrüstung |
| 13. Ausschuss bei Verarbeitung (Fische) | 34. Nutzungsdauer Laborausrüstung |
| 14. Gewichtsverlust durch Verarbeitung (Fische) | 35. Investition Mobiliar |
| 15. Verarbeitungszeit pro Fisch | 36. Nutzungsdauer Mobiliar |
| 16. Verpackungskosten pro Verkaufseinheit (Fisch) | 37. Investition Ausrüstung Verarbeitung |
| 17. Verkaufspreis pro Portion (Pflanzen) | 38. Nutzungsdauer Ausrüstung Verarbeitung |
| 18. Portionsgrösse (Pflanzen) | 39. Investition IT |
| 19. Verkaufspreis pro Kilogramm (Fisch) | 40. Nutzungsdauer IT |
| 20. Mietpreis pro m ² und Jahr | 41. Investition Fabrikladen |
| 21. Heizkosten pro m ² und Jahr | 42. Nutzungsdauer Fabrikladen |
| | 43. Investition Fuhrpark (Velo) |
| | 44. Nutzungsdauer Fuhrpark (Velo) |

2.5.3 Auswertung

Die zehn sensitivsten Faktoren in Zusammenhang mit der Anbaumethode, sowie die acht sensitivsten Faktoren ohne direkten Zusammenhang mit der Anbaumethode wurden ausgewählt und einer genaueren Prüfung unterzogen.

2.6 Verbesserung des Finanzplans

Nachdem alle sensitiven Inputfaktoren aufgrund der gefundenen Daten auf den bestmöglichen Stand aktualisiert wurden, wurde eine finale Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Diese sollte das abschliessende Ergebnis liefern, ob ein Aquaponikunternehmen innerhalb einer Stadt in der Schweiz wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden kann und welche Voraussetzungen dafür gegeben sein müssen.

Als wichtigste Indikatoren galten in dieser Arbeit der Nettobarwert, der Kapitalwert, der Cash Flow, sowie der Punkt an dem Break Even erreicht wird. Aus diesen vier Indikatoren lässt sich zuverlässig ableiten, ob das Unternehmen wirtschaftlich erfolgreich sein wird.

3. Resultate

3.1 Sensitivität von Inputfaktoren in Zusammenhang mit der Anbaumethode

Eine besonders grosse Sensitivität weist der Pflegeaufwand pro Pflanze auf. Der hohe Wert kommt zustande, weil der Pflegeaufwand direkten Einfluss auf die Anzahl Vollzeitäquivalente für Pfleger hat, welche einen erheblichen Kostenpunkt darstellen. Die weiteren Faktoren, welche sich durch die Höhe der Sensitivität von den übrigen Ergebnissen unterscheiden, sind ebenfalls Werte der Pflanzenproduktion. Erst an sechster Stelle folgt ein Faktor, der keinen direkten Zusammenhang mit der Pflanzenproduktion aufweist (Abb. 7).

Aufgrund der Ergebnisse wurden folgende Inputfaktoren als Key Performance Indicators (KPI) für die Anbaumethode ausgewählt:

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1. Pflegeaufwand pro Pflanze | 6. Leistung pro Lampe |
| 2. Erntegewicht pro Pflanze | 7. Pflegeaufwand pro Fisch |
| 3. Pflanzendichte | 8. Anzahl Etagen Pflanzenbeet |
| 4. Wachstumsrate Pflanzen | 9. Ausleuchtung pro Lampe |
| 5. Überlebensrate der Pflanzen | 10. Erntegewicht pro Fisch |

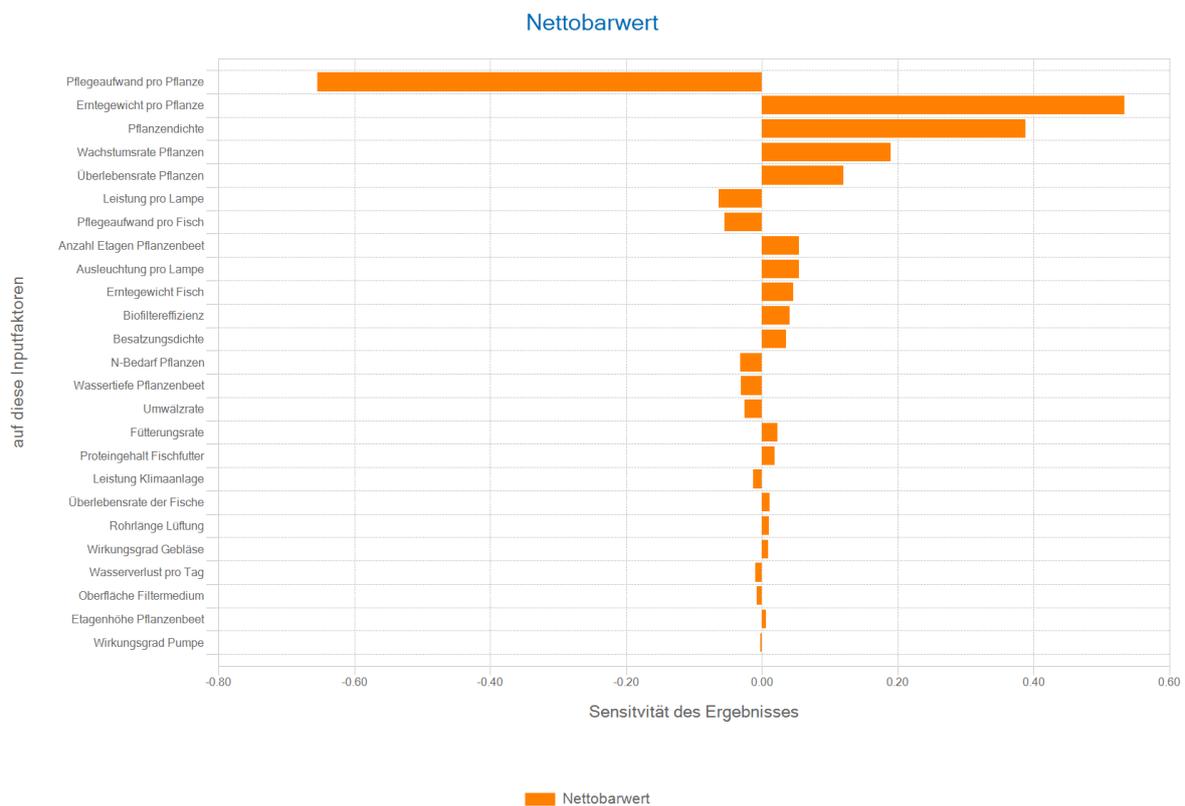


Abbildung 7 Sensitivität der Inputfaktoren in Zusammenhang mit der Anbaumethode

3.2 Sensitivität von Inputfaktoren ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode

Die Inputfaktoren, die keinen Zusammenhang mit der Anbaumethode haben, werden vor allem durch den Standort der Anlage beeinflusst, da es regional grosse Unterschiede beim Preisniveau gibt. In einem Land, wie der Schweiz, mit hohen Preisen, fallen daher andere Faktoren ins Gewicht, als dies beispielsweise in einem durchschnittlichen EU-Land der Fall wäre [20] (Abb. 8). Da die meisten dieser Inputfaktoren bei einem Anstieg höhere Kosten, oder eine Verringerung der Marge zur Folge haben, besitzen sie überwiegend negative Sensitivitäten. Von den Inputfaktoren mit einer Sensitivität von über +/- 0.1 würde sich lediglich eine Erhöhung des Kilopreises für die Pflanzen positiv auf den Nettobarwert auswirken. Da es sich bei den Pflanzen um das Produkt des Unternehmens mit dem grössten Produktionsvolumen handelt, weist der Kilopreis auch die mit Abstand höchste Sensitivität auf.

Wie bereits in Kap. 2.5 erwähnt unterliegen die Ergebnisse gewissen Unsicherheiten. Daher weisen beispielsweise der Preis und die Menge für Pflanzensubstrat nicht dieselbe Sensitivität auf, obwohl sie im Modell direkt miteinander verrechnet werden und somit theoretisch auch die gleiche Sensitivität aufweisen sollten.

Aufgrund der Ergebnisse wurden nachfolgende Inputfaktoren als Key Performance Indicators (KPI) für den Erfolg des Unternehmens, ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode, gewählt.

- | | |
|--|---|
| 1. Kilopreis Pflanzen | 5. Substratpreis Pflanzen |
| 2. Substratmenge pro Pflanze | 6. Mietpreis |
| 3. Gewichtsverlust durch Verarbeitung der Pflanzen | 7. Flächenzuschlag für restlichen Betrieb |
| 4. Produktionsausschuss Verarbeitung der Pflanzen | 8. Verpackungskosten der Pflanzen |

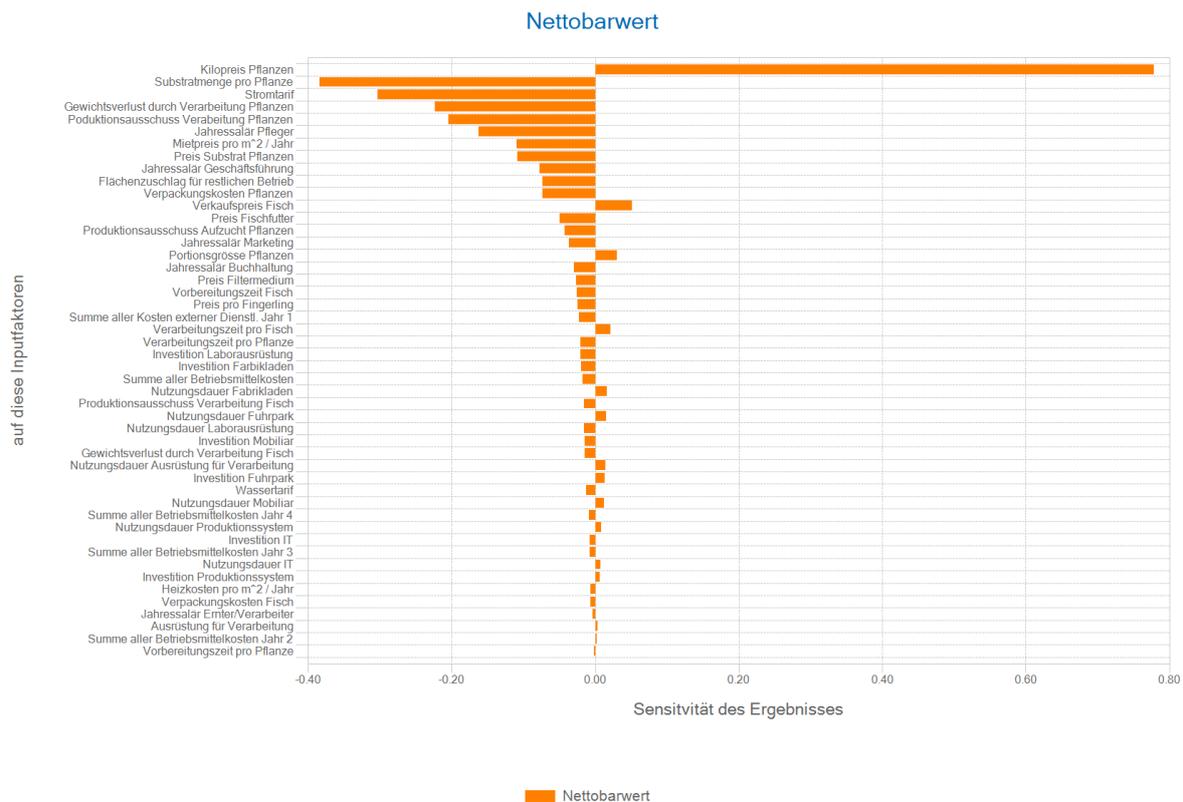


Abbildung 8 Sensitivitäten der Inputfaktoren ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode

3.3 Aufbau eines Aquaponikunternehmens basierend auf den evaluierten KPI

Anhand der Erkenntnisse zu den verschiedenen KPI wird in diesem Kapitel, mit Hilfe der entwickelten Modellrechnung, eine Wirtschaftlichkeitsrechnung basierend auf realen Zahlen durchgeführt. Sie soll das abschliessende Ergebnis liefern, ob ein Aquaponikunternehmen im urbanen Raum in der Schweiz wirtschaftlich sinnvoll betrieben werden kann.

3.3.1 Technische Daten

1. Grösse

Da sich die Anlage innerhalb einer Stadt befinden soll, wurde angenommen, dass die Gesamtfläche des Betriebs 550 m² beträgt. Damit sollte es möglich sein, einen geeigneten Standort zu finden. Weiter wurde angenommen, dass sich Fabrikladen und Büro nicht in denselben Räumlichkeiten befinden. Abzüglich der Fläche für Verarbeitung und Logistik von 115 m² (Kap. 4.2.4) bleiben somit noch 435 m² für die Produktionsanlage. Wird davon die Fläche für Fischzucht und Technik abgezogen, bleiben noch etwa 370 m². Bei einer angenommenen Raumhöhe von 3 Metern, einer Beetbreite von 0.9 Metern und einem Abstand von einem Meter zwischen den Beeten, kann ein vierstöckiges Pflanzenbeet installiert werden, das über 700 m² Anbaufläche verfügt. Aufgrund der Lage in der Stadt wurden für die Miete 250 Franken pro m² und Jahr gerechnet, was nur auf 10 Prozent der Immobilien für Gewerbe, Lager und Produktion in der Schweiz zutrifft, während 90 Prozent eine tiefere Miete aufweisen (Abb. 14).

2. Pflanzenzucht

Die Pflanzenzucht soll in vierstöckigen Tiefwasserkulturen stattfinden. Um Kosten zu sparen, werden dafür Schwerlastregale umgenutzt. Zugunsten eines höheren Erntegewichts der Pflanzen (siehe Kap. 4.1.2 / 4.1.3), wird die Pflanzendichte verringert, um den Pflanzen den nötigen Raum zu geben, um grösser zu wachsen. Angebaut werden verschiedene Basilikumarten, die eine Kulturzeit von 60 Tagen [21] haben und mit einer Pflanzendichte von 16 Pflanzen pro m² [22] kultiviert werden. Als Nährstoffbedarf wurden 0.2 Gramm Stickstoff und 0.1 Gramm Phosphor pro Tag und m² angenommen. Aus einem Versuch von Saha et. al. (2016) kann abgeleitet werden, welches Gewicht ein Basilikum aus aquaponischer Produktion nach 60 Tagen Kulturzeit erreicht. Dabei handelt es sich nur um den verwendbaren Teil der Pflanze ohne Wurzeln [23]. Nach 8 Wochen haben die Pflanzen rund 70 Prozent der Erntehöhe erreicht (Abbildung 10). Rechnet man dies auf das Erntegewicht um (Abbildung 9), ergibt sich daraus ein Gewicht von rund 120 Gramm nach 8 Wochen Kulturzeit.

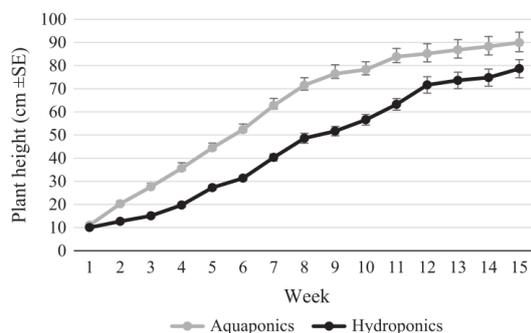


Abbildung 10 Vergleich der durchschnittlichen wöchentlichen Höhe von Basilikum in hydroponischen und aquaponischen Systemen

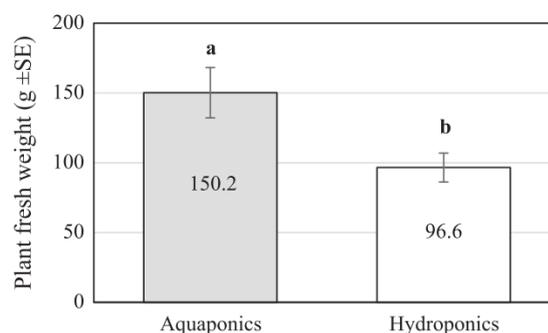


Abbildung 9 Vergleich des Erntegewichts von Basilikum nach 15 Wochen in hydroponischen und aquaponischen Systemen

Besonderes Augenmerk liegt auf der Schulung der Mitarbeiter, um die Pflegezeit pro Pflanze und Tag möglichst niedrig zu halten (siehe Kap. 4.1.1.) und die Sterblichkeitsrate der Pflanzen während der Aufzucht zu minimieren (siehe Kap. 4.1.5). Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wird mit einer Sekunden Pflegezeit pro Pflanze und Tag gerechnet.

Zur Beleuchtung kommen LED-Bänder mit 10 Watt und 0.15 m² Ausleuchtung zum Einsatz [24].

Als Substrat kommt Blähton zum Einsatz, der in Grossmengen gekauft wird und so noch 13 Rappen pro Liter kostet [25].

3. Fischzucht

Die Mitarbeiter werden entsprechend geschult, um die Pflegezeit pro Fisch und Tag möglichst gering und die Sterblichkeitsrate der Fische während der Aufzucht möglichst tief zu halten. Weiter werden die Fischbecken so konstruiert, dass sie möglichst selbstreinigend sind und sich nur wenig Feststoffe absetzen (Kap. 4.1.7). Zur Fütterung werden Futterautomaten eingesetzt, um den Aufwand weiter zu reduzieren. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wird eine Pflegezeit von einer Sekunde pro Fisch und Tag gerechnet.

Die Fische werden tendenziell eher etwas länger gehalten und mit einem Gewicht von etwa 600 Gramm geschlachtet (Kap. 4.1.9)

4. Auslastung der Anlage

In den ersten Jahren ist damit zu rechnen, dass die Anlage noch nicht die volle Leistung bringen kann. Dies liegt einerseits daran, dass sich die biologischen Prozesse im System erste einpendeln müssen, weiter sind Fehler in der Handhabung und auftretende kleinere konzeptionelle Fehler keine Seltenheit. Die Anlage muss ausserdem stufenweise angefahren werden, um eine gestaffelte Produktion etablieren zu können. Dies führt zu Beginn ebenfalls zu Mindererträgen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wird angenommen, dass die Anlage im ersten Jahr zu 30 Prozent ausgelastet ist. Im Folgejahr steigt die Auslastung auf 50 Prozent, erreicht im Jahr drei 70 Prozent und pendelt sich ab Jahr vier bei 80 Prozent ein. Dies entspricht laut einer Studie von Morgenstern et. al. etwa der zu erwartenden Entwicklung der Auslastung in Aquaponikanlagen [26].

3.3.2 Verarbeitung

Besonderes Augenmerk liegt auf der korrekten Ernte der Pflanzen. Dabei können Anwendungsfehler dazu führen, dass bei der späteren Verarbeitung ein grösserer Gewichtsverlust resultiert, weil durch unsachgemässe Handhabung Teile der Pflanze unbrauchbar werden können (Kap. 4.2.3). Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wird mit einem Gewichtsverlust von 5 Prozent (ohne Wurzeln) gerechnet.

Um den Anteil an Ausschussware zu reduzieren, werden schon während der Produktion Massnahmen ergriffen. Das Mikroklima in den Produktionsräumen wird überwacht und geregelt. Einerseits um Schädlingen schlechte Bedingungen zu bieten und andererseits, um Nützlinge zu fördern. Die Zuluft der Anlage wird ausserdem gefiltert und ein leichter Überdruck in den Produktionsräumen aufrechterhalten, um das Eindringen von Pathogenen über die Luft zu verhindern (Kap. 4.2.3). Für die Berechnung wird eine geringer Ausschuss von fünf Prozent angenommen.

3.3.3 Verpackung

Die Verpackungen sollen hochwertig sein und ausschliesslich aus recyclebaren Stoffen bestehen, um die ökologische Nachhaltigkeit der Produkte widerzuspiegeln. Der Einsatz von Plastik soll weitgehendst vermieden werden. Im Fabrikladen soll ausserdem die Möglichkeit bestehen, die Produkte roh und unverpackt zu kaufen, damit die Produkte auch ganz ohne Verpackung bezogen werden können.

Zwar haben die Verpackungskosten eine hohe Sensitivität, aufgrund der wichtigen Funktion der Verpackung erscheint es aber sinnvoll, an diesem Punkt nicht zu sparen. Die Verpackung trägt massgeblich zur öffentlichen Wahrnehmung der Produkte und des Unternehmens bei und ist daher von grosser Wichtigkeit.

3.3.4 Verkaufspreise

Das Kilogramm Basilikum wird für 110 Franken verkauft. Damit liegt der Preis im Bereich von Kräutern aus Bio-Produktion (siehe Kap. 4.2.1). Der Fisch wird für 17 Franken pro Kilogramm verkauft [27].

3.3.5 Absatzmarkt

Die schwankende Nachfrage von Grosskunden, kann grosse Ausschüsse verursachen (Kap. 4.2.3). Das Aquaponikunternehmen soll deshalb über einen möglichst diversen Absatzmarkt verfügen, um nicht zu sehr von einzelnen Grosskunden abhängig zu sein. Dazu gehört der Aufbau eines Fabrikladens, in dem die Produkte direkt an den Endverbraucher verkauft werden können. Weiter wird eine Zusammenarbeit mit kleineren eigenständigen Quartierläden und spezialisierten Feinkostgeschäften angestrebt. Ein dritter Absatzkanal biete der eigene Onlineshop, mit Lieferung per Velokurier. So soll sichergestellt werden, dass ein möglichst kleiner Teil des Produktionsvolumens als Foodwaste im Müll landet. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wird angenommen, dass der Verkaufserfolg sowohl für Pflanzen als auch Fische im ersten Jahr 50 Prozent beträgt und danach im Jahr zwei auf 65 Prozent, im Jahr drei auf 75 Prozent und im Jahr vier auf 80 Prozent ansteigt.

3.3.6 Organisation

Um die Lohnkosten tief zu halten, hat das Unternehmen zu Beginn nur zwei Angestellte. Eine Person für Pflege und Ernte, die hauptsächlich mit dem Unterhalt der Anlage beschäftigt sein wird, sowie einen Geschäftsführer, der auch die Rolle des Produktionsleiters übernimmt und hauptsächlich für die Administration zuständig sein wird, aber ebenfalls bei Pflege und Ernte mithilft.

Als Richtwert für die Löhne werden 4500 Franken pro Monat angenommen, was einem Jahressalär von 54'000 Franken entspricht. Für Sozialabgaben und weitere Kosten, welche pro Mitarbeiter anfallen, werden 45 Prozent des Jahressalärs gerechnet, was weiteren 24'300 Franken entspricht. Pro Mitarbeiter entstehen so jährliche Kosten in Höhe von 78'300 Franken.

3.3.7 Investition

Die Investitionen werden in einmalige Investitionen für die nötige Infrastruktur des Betriebs und jährliche wiederkehrende Kosten aufgeteilt. Die Kosten für die verschiedenen Güter wurden grösstenteils online recherchiert. Für einzelne Werte konnten keine konkreten Zahlen gefunden werden, diese basieren daher auf Schätzungen. Für die LED-Leuchtmittel wurde aufgrund der sehr grossen Menge ein Rabatt von 15 Prozent einberechnet.

Einmalige Investitionen

Die Tabelle 3 enthält eine Aufstellung aller einmaligen Investitionen. Geschätzte Werte sind mit (S) gekennzeichnet.

Tabelle 3 Aufstellung aller einmaligen Investitionen

Bezeichnung	Investition (CHF)	Menge
Hydroponische Pflanzenbeete		
Schwerlastregal 180 x 92 x 244 (l x b x h) [28]	28'560	106 Stk.
Seitenwände Holz [29]	11'130	1680 m
Teichfolie [30]	7'980	700 m x 2 m
Diverse Kleinteile	3'000 (S)	
Rohrleitungen im Beet [31]	2'000 (S)	
LED-Leuchtmittel [24]	176'540	3405 Stk.
Fischzucht		
Fischtank FB5700 [32]	2'940	6 Stk.
Futterautomat [33]	1'548	6 Stk.
Biofilter		
IBC Tank [34]	344	2 Stk.
Filtermedium [35]	1'870	1000 L

Rohrleitungen [31]	500 (S)	
Sedimentfilter		
Trommelfilter [36]	5'120	2 Stk.
UV-Filter		
Oase Bitron C 110 Watt UV-C Klärgerät [37]	2'487	3 Stk.
Wasserpumpe und Rohrleitungen		
Oase AquaMax Eco Titanium 30000 Pumpe [38]	2998	2 Stk.
Leitungen [31]	3350 (S)	Ca. 150 m
Ventile und Fittings [31]	2500 (S)	
Kleinteile	1500 (S)	
PSA Sauerstoffanlage		
Komplettanlage mit Speicher [39]	6200	1 Stk.
Steuerung und Überwachung		
Komplettsteuerung	3000 (S)	1 Stk.
Kabel und Kleinteile	2000 (S)	
Belüftung		
Luftpumpe [40]	835	5 Stk.
Leitungen [41]	200 (S)	ca. 150 m
Kleineile	1000 (S)	
Vorbereitungsbereich		
Anzuchtanlage Pflanzen	3000 (S)	1 Stk.
Quarantänebereich Fische	2000 (S)	1 Stk.
Verarbeitungsraum Pflanzen		
Tische [42]	2484	6 Stk.
Werkzeug	1500 (S)	
Lagerbehälter [43]	1700	50 Stk.
Grünabfallbehälter [44]	170	5 Stk.
Spülschränke [45]	3050	2 Stk.
Investition für Ausbau des Raums gemäss Vorschriften	5000 (S)	
Messerdesinfektion [46]	274	1 Stk.
Verarbeitungsraum Fisch		
Tische [42]	1656	4 Stk.
Werkzeug	1500 (S)	
Lagerbehälter [43]	1700	50 Stk.
Abfallbehälter [47]	70	2 Stk.
Eismaschine [48]	3000	1 Stk.
Salmofix Schlachthilfe [49]	3660	1 Stk.
Betäubungsgerät elektrisch [50]	600	1 Stk.
Filetiermaschine [51]	2000 (S)	1 Stk.
Messerdesinfektion [46]	274	1 Stk.
Vakuumiergerät [52]	2244	1 Stk.
Investition für Ausbau des Raums gemäss Vorschriften	9000 (S)	
Kühlraum [53]	5480	1 Stk.
Lüftung		
Monoblock [54]	6000 (S)	1 Stk.
Luftkanäle	2000 (S)	
Labor		
pH + EC-Messgerät [55]	169	1 Stk.
DR3900 Spektralphotometer [56]	4172	1 Stk.
Diverses		
Material für Logistik	5000 (S)	
Mobiliar	6000 (S)	
IT	3000 (S)	
Fabrikladen	10000 (S)	
Total	354'305	

Wiederkehrende Kosten

Die Tabelle 4 enthält eine Aufstellung aller wiederkehrenden Kosten. Geschätzte Werte sind mit (S) gekennzeichnet.

Tabelle 4 Aufstellung aller jährlich wiederkehrenden Kosten

Bezeichnung	Investition (CHF)	Menge
Pflanzenzucht		
Substrat [25]	0.13	Pro Liter
Verpackungsmaterial [57]	0.04	Pro Stück
Dünger	5000 (S)	Pro Jahr
Saatgut [58]	3.75	Pro 50 Pflanzen
Nützlinge (Pflanzenschutz)	2000 (S)	Pro Jahr
Fischzucht		
Futter [59]	3	Pro Kilogramm
Fingerlinge (Jungfische)	1 (S)	Pro Stück
Verpackungsmaterial [60]	0.06	Pro Stück
Tierarztkosten	500 (S)	Pro Jahr
Verbrauchsmaterial		
Labor: Küvettenests für CSB, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Chloride und Sauerstoffgehalt [61]	900	Pro Jahr
Unterhalt	2000 (S)	Pro Jahr
Hygiene	4000 (S)	Pro Jahr
Fabrikladen	1800 (S)	Pro Jahr
Buchhaltung	2000 (S)	Pro Jahr
Sonstiges		
Versicherungskosten [62]	1'000 (S)	Pro Jahr
Entsorgungskosten [63]	1500 (S)	Pro Jahr

Strom und Wasser

Um einen ökologisch nachhaltigen Betrieb sicherzustellen, soll ein Stromprodukt aus erneuerbaren Energien bezogen werden. Daher wird mit dem Tarif von EWZ.ökopower für Geschäftskunden gerechnet, der im Hochtarif 21.3 Rappen und im Niedertarif 13.6 Rappen pro kWh kostet [64]. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Preis von 19 Rappen pro kWh. Für das Wasser wird mit dem Durchschnittspreis in der Stadt Zürich von 1.85 Franken pro m³ gerechnet [65].

3.3.8 Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung hat ergeben, dass ein Aquaponikunternehmen mit den vorliegenden Werten einen Nettobarwert von – 1.79 Mio. Franken, sowie einen zunehmend negativen Cash Flow aufweist. Eine Kurzübersicht ist in Tabelle 5 dargestellt. Das genaue Ergebnis mit allen Werten und Resultaten ist im Anhang A zu finden.

Tabelle 5 Kurzübersicht der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung

Jahr	1	2	3	4
Gewinn / Verlust	- 713'634	- 602'572	- 457'626	- 364'768
Cash Flow	- 585'414	- 810'993	- 989'099	- 1'135'775
Kapitalwert			- 1'659'372	
Nettobarwert			- 1'792'484	

4. Diskussion

4.1 KPI der Anbaumethode

Aus der Sensitivitätsanalyse mit Inputfaktoren, die abhängig von der Anbaumethode sind, konnte folgende Erkenntnis gewonnen werden. Die fünf sensitivsten Inputfaktoren heben sich deutlich von den übrigen Faktoren ab und sind ausschliesslich Parameter der Pflanzenzucht. Das Ergebnis war zwar aufgrund der Auslegung der Anlage auf Pflanzenproduktion zu erwarten, allerdings nicht in solcher Deutlichkeit. Die Analyse zeigt somit, dass bei einer aquaponischen Produktion in urbanem Gebiet der Fokus hauptsächlich auf dem Produktionsbereich liegen muss, von dem aus die Anlage berechnet wurde.

4.1.1 Pflegeaufwand pro Pflanze

Der Pflegeaufwand pro Pflanze hat mit einer Sensitivität von ca. -0.65 (Abb. 7) das Potential, das Betriebsergebnis am stärksten negativ zu beeinflussen. Verdeutlicht wurde dies noch durch den Fakt, dass die Kosten für Pfleger auch in den Top 10 der sensitivsten Inputfaktoren für den übrigen Betrieb auftauchen (siehe Kap. 3.2). Da die Schweiz aber über strenge Gesetzgebungen zum Lohnschutz verfügt und das Unternehmen bestrebt sein sollte, in der Öffentlichkeit als guter Arbeitgeber wahrgenommen zu werden, muss dieser Punkt hauptsächlich von technischer Seite und nicht durch tiefere Löhne gelöst werden.

Eine gute Möglichkeit, um den Aufwand zu reduzieren, ist die Optimierung von Arbeitsabläufen durch gezieltes Produktivitätsmanagement. Dies hilft, Produktivitätsziele zu spezifizieren, den Erfolg zu messen und Abweichungen vom Soll-Zustand rechtzeitig zu erkennen [66]. Ein gute Lösung könnte die Planung der Pflege der Pflanzen mit einer MTM-gestützten Ablaufbeschreibung sein. MTM bedeutet «Methods-Time Measurement» und ist ein Verfahren, mit dem Arbeitsabläufe analysiert und Plan- und Vorgabezeiten ermittelt werden können. MTM ist eine Prozesssprache und stellt ein Bausteinsystem für verschiedene Prozesstypen zur Verfügung. Es ermöglicht so, Prozesse viel genauer zu beschreiben, als dies mit einer verbalen Prozessbeschreibung möglich wäre. Der Arbeitsprozess wird als Modell simuliert, wodurch auch Einflussfaktoren, wie beispielsweise der Routinegrad der Mitarbeiter, oder Laufwege in Meter erfasst werden können. So wird es möglich, den Zusammenhang von Prozessgestaltung und Zeiteinsparung direkt sichtbar zu machen [67]. Damit sollte es möglich sein, den Pflegaufwand pro Pflanze auf eine wirtschaftlich tragbare Zeit zu reduzieren. Eine genauere Erklärung zur Funktionsweise von MTM ist in Abbildung 11 dargestellt.

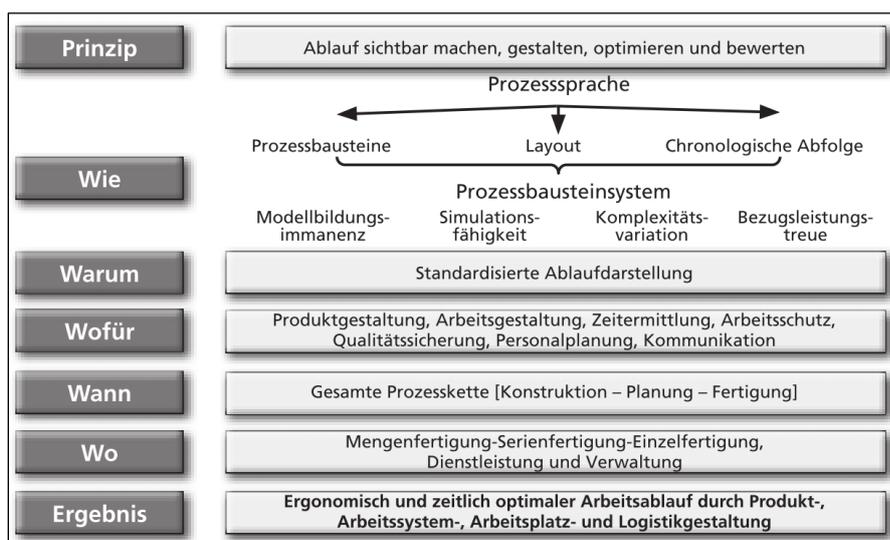


Abbildung 11 Funktionsweise von MTM

4.1.2 Erntegewicht pro Pflanze

Das Erntegewicht pro Pflanze wies mit einer Sensitivität von 0.55 das grösste Potential auf, das Betriebsergebnis positiv zu beeinflussen. Dies liegt an der Korrelation zwischen Erntegewicht und Anbauzeit. Nimmt das Erntegewicht zu, erhöht sich gleichzeitig auch die Anbauzeit. Die produzierte Gesamtmenge bleibt aber aufgrund der erwähnten Korrelation immer gleich. Der einzige Faktor, der sich verändert, ist die Stückzahl produzierter Pflanzen. Je höher das Erntegewicht, desto geringer die Stückzahl an produzierten Pflanzen. In Korrelation mit dem KPI «Pflegeaufwand pro Pflanze» ergeben sich so wiederum geringere Pflegekosten, was das Betriebsergebnis stark positiv beeinflusst. Zur besseren Veranschaulichung sind in Abbildung 12 zwei Szenarien dargestellt.

Szenario grosses Erntegewicht	
Aufzuchtzeit	6.7 Monate
Erntegewicht pro Pflanze	0.4 kg
Produktionsmenge Gewicht	5739 kg/Jahr
Produktionsmenge Anzahl	14347 Stk./Jahr
Szenario kleines Erntegewicht	
Aufzuchtzeit	3.3 Monate
Erntegewicht pro Pflanze	0.2 kg
Produktionsmenge Gewicht	5739 kg/Jahr
Produktionsmenge Anzahl	28694 Stk./Jahr

Abbildung 12 Vergleich des Einflusses des Erntegewichts anhand zweier Szenarien

Der Vergleich zeigt, dass es für ein Aquaponikunternehmen in der Schweiz wirtschaftlich am sinnvollsten ist, die Produktion nicht auf maximale Stückzahl auszulegen, sondern Pflanzen tendenziell etwas länger zu einem höheren Erntegewicht heranzuziehen. Durch die verringerte Pflanzenstückzahl pro Jahr lässt sich in der Pflege ein grosses Einsparpotential realisieren. Voraussetzung ist aber, dass es sich bei den Pflanzen um krautige Pflanzen handelt, die nach der Ernte zerlegt und in kleinere Portionen abgepackt werden können, so dass sich für den Konsumenten keine Änderungen ergeben.

4.1.3 Pflanzendichte

Mit einer Sensitivität von 0.39 besass der KPI «Pflanzendichte» ebenfalls ein grosses Potential, das Betriebsergebnis positiv zu beeinflussen. Die Pflanzendichte beeinflusst die Stückzahl und Produktionsmenge in Kilogramm. Mit steigender Pflanzendichte nimmt auch die Anzahl Pflanzen und somit die jährliche Produktionsmenge zu. Hier liegt auch der Unterschied zum KPI «Erntegewicht pro Pflanze», der ausschliesslich die jährlich produzierte Stückzahl beeinflusst, nicht aber die Produktionsmenge und damit einen noch grösseren Einfluss besitzt. Diese beiden KPI sollten daher stets gegeneinander abgewogen werden. Eine höhere Pflanzendichte kann nämlich je nach Pflanzenart dazu führen, dass sie früher geerntet werden muss, weil ansonsten die Konkurrenz unter den Pflanzen zu gross wird. Dies kann das Betriebsergebnis wiederum negativ beeinflussen. Daher sollte im Zweifelfall dem KPI «Erntegewicht pro Pflanze» Vorrang gegeben werden, da sich dieser stärker auf das Endergebnis auswirkt.

Bei der Pflanzendichte muss ausserdem darauf geachtet werden, dass die Dichte auf den Nährstoffbedarf der jeweiligen Kultur abgestimmt ist. Ansonsten kann es vorkommen, dass die Pflanzen näher beim Wassereinlass des Pflanzenbeetes zu viele Nährstoffe verbrauchen und den Pflanzen weiter hinten im Beet dadurch zu wenig Nährstoffe zur Verfügung stehen [68].

Technisch sind vor allem Tiefwasserkulturen gut geeignet, um variable Pflanzendichten zu realisieren da die meist aus Styropor gefertigten Flosse, auf denen die Pflanzen gezüchtet werden, sehr günstig herzustellen und einfach anpassbar sind. Eine Umfrage bei kommerziellen Aquaponikunternehmen in den USA, im Rahmen einer Arbeit von Love et. al. hat auch gezeigt, dass die Flosskultur mit 77 Prozent die am häufigsten eingesetzte Kulturform bei kommerziellen Aquaponikunternehmen ist [10].

Einen ganz anderer Ansatz verfolgt die Firma Evergreen Farm OY. Ihr GROW360 System besteht aus sich drehenden Türmen, an denen die Pflanzen seitlich wachsen (Abb.13). Die Bewässerung basiert auf Aeroponik. Dabei hängen die Wurzeln frei im Inneren der Türme und werden kontinuierlich mit einem feinen Nebel aus Nährlösung besprüht. Als Beleuchtung kommen LEDs zum Einsatz, die vertikal montiert sind und die Türme so von der Seite beleuchten. Eine Einheit des Systems besteht aus 15 Türmen mit einer Höhe von 2.5 Metern und jeweils bis zu 144 Pflanzen pro Turm, auf einer Grundfläche von 9 m². Bei gesamthaft 2160 Pflanzen ergibt das eine sehr hohe Pflanzendichte von 240 Pflanzen pro

m² Grundfläche [69]. Eine vergleichbare Tiefwasserkultur von 2.5 Meter Höhe hätte Platz für vier Etagen und müsste somit eine Pflanzendichte von 60 Pflanzen pro m² Anbaufläche aufweisen, was schon aus Platzgründen nicht möglich wäre. Ungeklärt ist aber, ob sich Aquaponik mit Aeroponik kombinieren lässt. Die Feststoffe in der Nährlösung könnten die Sprühdüsen verstopfen und so schnell zu Problemen führen. Aeroponiksysteme benötigen ausserdem signifikant weniger Wasser, dafür mit sehr genauer Nährstoffkonzentration [70]. Fraglich wäre daher einerseits, ob ein aeroponisches Pflanzenbeet aufgrund des geringen Wasserdurchsatzes die nötige Filterleistung erbringen könnte, um das Wasser aus einer Fischzucht zu reinigen und andererseits ob die Nährstoffkonzentration im Wasser ausreicht, um eine aeroponische Pflanzenzucht zu betreiben. Diese Problematik müsste erst mit Versuchen untersucht werden, bevor eine Kombination von Aquaponik und Aeroponik zur kommerziellen Lebensmittelproduktion in Betracht gezogen werden kann.

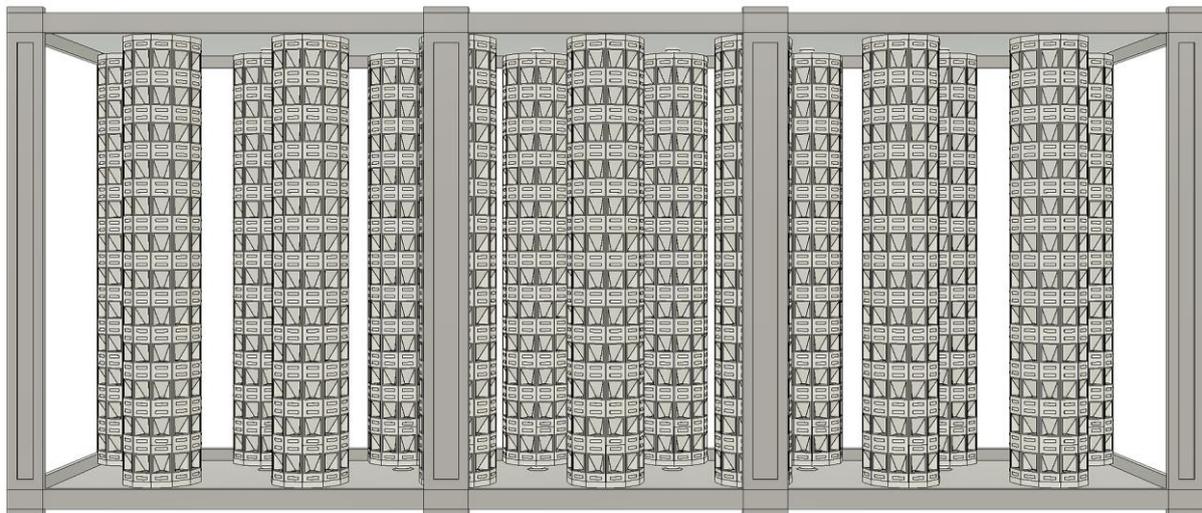


Abbildung 13 Frontansicht des GROW360 Systems von Evergreen Farm OY

Ein weiteres System kommt vom Hersteller ZipGrow dabei handelt es sich um ein vertikales Anbausystem aus Kunststoffrinnen (Abb. 14). Die Pflanzen werden in einem speziellen Substrat, das im Inneren der Rinne steckt, kultiviert und mittels Nährfilmtechnik mit Wasser und Nährstoffen versorgt. Eine Rinne ist 1.7 Meter lang und bietet Platz für ca. 12 Pflanzen. Laut Herstellerangaben benötigt ein kommerzielles Produktionssystem mit 1560 ZipGrow Towers eine Grundfläche von rund 465 m². Es erreicht somit eine Pflanzendichte von ca. 40 Pflanzen pro m² Grundfläche [71]. Eine vergleichbare



Abbildung 14 Kommerzielle Anwendung des ZipGrow Systems

Tiefwasserkultur von 1.7 Meter Höhe hätte Platz für drei Etagen und müsste somit eine Pflanzendichte von rund 14 Pflanzen pro m² Anbaufläche aufweisen. Damit schneidet der ZipGrow Tower im Vergleich mit Tiefwasserkultur etwas schlechter ab.

Tabelle 6 Vergleich der Kennwerte der beschriebenen Anbausysteme

	Zip Grow	Grow360	Tiefwasserkultur vierstöckig
Pflanzen pro m² Grundfläche (Stk.)	40	240	64
Höhe (m)	1.7	2.5	2.2
Pflanzen pro Meter Höhe (Stk.)	24	96	29

4.1.4 Wachstumsrate der Pflanzen

Dieser KPI hatte mit 0.19 ebenfalls einen positiven Einfluss auf das Betriebsergebnis. Eine höhere Wachstumsrate führt zu einem grösseren Produktionsvolumen. Somit lohnt es sich, auf schnellwachsende Pflanzen zu setzen. Dazu gehören unter anderem Kräuter wie Basilikum oder Dill und Gemüse wie Blattmangold oder Pak Choi. Besonders schnell wachsen Salate, wie Eichblatt, Batavia oder Kopfsalat [21]. Dabei ist aber zu beachten, dass der Kilopreis für Salat tiefer liegt, als derjenige von Kräutern, was sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens auswirken kann [72].

4.1.5 Überlebensrate der Pflanzen

Die Überlebensrate der Pflanzen hatte ebenfalls einen positiven Einfluss auf das Betriebsergebnis. Je höher dieser Wert, desto weniger Ausschuss wird produziert und desto grösser ist die zur Verfügung stehende Verkaufsmenge. Zu diesem Punkt kann allerdings keine eindeutige Empfehlung abgegeben werden, da die Überlebensrate von sehr vielen verschiedenen Faktoren abhängig ist. Teilweise wird diese vom gewählten Produktionssystem beeinflusst, allerdings können Fehler in der Handhabung ebenfalls schnell zu Verlusten führen. Auch das beste Anbausystem kann eine niedrige Überlebensrate aufweisen, wenn es nicht korrekt betrieben wird, oder andere Parameter im Produktionsraum, wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur oder CO₂-Gehalt nicht stimmen.

4.1.6 Leistung pro Lampe / Ausleuchtung pro Lampe

Die Pflanzenbeleuchtung macht den grössten Teil des Stromverbrauchs des Produktionssystems aus und hat daher einen grossen Einfluss auf das Betriebsergebnis. Sowohl die Leistung als auch die Ausleuchtung pro Lampe gehörten zu den 10 sensitivsten Inputfaktoren in der Modellrechnung für das Produktionssystem. Die beiden Faktoren wurden in diesem Abschnitt gemeinsam behandelt, da sie in direktem Zusammenhang zueinander stehen.

Als Beleuchtung sollen LEDs zum Einsatz kommen. Diese zeichnen sich durch Vorteile, wie lange Lebensdauer, geringe Hitzeentwicklung und tiefen Stromverbrauch aus [73]. In einem Versuch haben Sabzalian et. al. gezeigt, dass Pflanzen unter LED-Beleuchtung signifikant kürzere Vegetationsperioden benötigen, als dies im Gewächshaus der Fall wäre. Weiter hat sich gezeigt, dass eine rot-blaue LED-Beleuchtung zu den besten Ergebnissen führt [74].

Es wurde eine Recherche im Internet durchgeführt, um passende Produkte auf dem Markt zu finden. Dabei wurde besonders darauf geachtet, dass die Leuchtmittel gemäss KPI über eine möglichst geringe Leistung bei gleichzeitig möglichst grosser Ausleuchtung verfügen. Die bestgeeignetsten Produkte sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 Geeignete LED-Leuchtmittel für ein Aquaponiksystem gemäss den evaluierten KPI

Beschreibung	Leistung	Ausleuchtung	W/m ²
Art: LED-Band Spektrum (nm): 440 - 660 Quelle: led.ch [75]	19 W	0.4 m ²	47.5
Art: LED-Band (SANLIGHT FLEX10) Spektrum (nm): 400 – 780 Quelle: led.ch [24]	10 W	0.15 m ²	66.7
Art: LED-Band (GrowLight Quattro) Spektrum (nm): 400 – 700 Quelle: venso-ecosolutions.de [76]	30 W	0.5 m ²	60
Art: Birne E27 Spektrum (nm): 400 – 700 Quelle: venso-ecosolutions.de [77]	18 W	0.5 m ²	36
Art: LED-Band (PLANTADOR LED 30) Spektrum (nm): 400 – 700 Quelle: ltcompany.com [78]	36 W	0.6 m ²	60

4.1.7 Pflegeaufwand pro Fisch

Der Pflegeaufwand pro Fisch wies wie der Pflegeaufwand pro Pflanze eine negative Sensitivität auf, hat aber aufgrund der Ausrichtung der Anlage auf Pflanzenproduktion einen geringeren Einfluss. Auch in diesem Fall müssen technische Lösungen gefunden werden, um den Aufwand zu reduzieren.

Einen grossen Einfluss hat das korrekte Design der Fischtanks. So spielt die Positionierung und Form von Wassereinlass und Abfluss eine grosse Rolle. Sind diese korrekt ausgeführt, sollte im Tank ein primärer und sekundärer Wasserfluss entstehen. Der primäre Fluss hilft das neu einströmende Wasser gleichmässig zu verteilen, während der sekundäre Fluss für die Reinigung von Wänden und Boden des Tanks sorgt. Für einen optimalen Reinigungseffekt sollte die Retentionszeit des Wassers ausserdem zwischen 30 und 100 Minuten betragen und am Grund eine Geschwindigkeit von 6 – 8 cm/Sek nicht unterschreiten. Diese Massnahmen helfen, Ablagerungen in den Tanks zu verringern, was sich positiv auf die Fischgesundheit auswirkt und den Arbeitsaufwand für die Reinigung verringert [79].

Weitere Optimierungsmassnahmen können bei der Fütterung vorgenommen werden. Gerade bei grösseren Fischzuchten muss pro Tag eine grosse Futtermenge verteilt werden, was einen wesentlichen Zeitaufwand verursachen kann, wenn dies von Hand gemacht wird. Es lohnt sich daher automatische Futterdispenser zu installieren. Diese können über eine Steuerung programmiert werden und so mehrmals täglich eine definierte Futtermenge abgeben. Der Arbeitsaufwand reduziert sich somit auf die gelegentliche Nachfüllung der Futterbehälter [79].

Um die Arbeitsabläufe weiter zu optimieren, bietet sich auch hier eine Planung mit der MTM-gestützten Ablaufbeschreibung an, die bereits im Kapitel 4.1.1 genauer beschrieben wird.

4.1.8 Anzahl Etagen Pflanzenbeet

Die Anzahl Etagen des Pflanzenbeet hatte eine positive Sensitivität. Der Hauptgrund liegt darin, dass in der Modellrechnung die Anbaufläche nicht durch die Anzahl Etagen beeinflusst wird. Stattdessen wird sie auf die Anzahl Etagen aufgeteilt. Wenn das Pflanzenbeet also mehr Etagen besitzt, braucht es dafür umso weniger Grundfläche. Dies hat eine Reduktion der Mietkosten zur Folge, was sich positiv auf das Geschäftsergebnis auswirkt. In die Höhe zu bauen bringt gewisse Nachteile mit sich. So werden stärkere Pumpen benötigt, je höher das Pflanzenbeet ist, was wiederum einen höheren Stromverbrauch zur Folge hat. Die dadurch zusätzlich entstehenden Stromkosten werden aber durch die Mietersparnis wieder kompensiert, ansonsten würde dieser Faktor eine geringe oder eine negative Sensitivität aufweisen.

Ein Faktor, der in der Modellrechnung nicht berücksichtigt wird, ist der Arbeitsaufwand für die Pflanzenpflege durch die mehrstöckige Anordnung. Ein geeignetes Hilfsmittel, wie beispielsweise ein fahrbares Gerüst sollte angeschafft werden, damit die Arbeit auch in der Höhe ergonomisch und effizient erledigt werden kann.

4.1.9 Erntegewicht pro Fisch

Beim Erntegewicht pro Fisch zeigte sich das gleiche Verhalten, wie beim Erntegewicht pro Pflanze (Kap. 4.1.2) Durch ein höheres Erntegewicht reduziert sich die Anzahl Fische, die pro Jahr gezüchtet werden, die Produktionsmenge bleibt aber unverändert. Dadurch lassen sich wiederum Kosten bei der Pflege und Verarbeitung sparen. Es lohnt sich daher für das Unternehmen, die Fische etwas länger zu behalten und mit höherem Gewicht zu ernten.

4.2 KPI des restlichen Betriebs

4.2.1 Kilopreis Pflanzen

Die grösste Sensitivität besass mit 0.78 der Kilopreis der Pflanzen. Dies ist nicht weiter erstaunlich, da der grösste Output der Anlage die gezüchteten Pflanzen darstellen. Gleichzeitig ist dieser KPI der einzige des restlichen Betriebs, der sich positiv auf das Betriebsergebnis auswirken kann.

Beim Kilopreis für die verkauften Kräuter und das Gemüse handelt es sich um einen der wichtigsten KPI für den Erfolg des Unternehmens. Die angemessene Bepreisung der Produkte entscheidet über wirtschaftlichen Erfolg und Misserfolg. Dabei muss auf verschiedene Anspruchsgruppen Rücksicht genommen werden. Zum einen muss das Aquaponikunternehmen einen gewissen Preis verlangen, um wirtschaftlich erfolgreich zu sein. Sind die Preise aber zu hoch angesetzt, kann dies zu Schwierigkeiten führen, die Produkte erfolgreich abzusetzen.

Nachteil durch fehlende Biolabels

Ein grosser Nachteil der Aquaponik ist der fehlende Zugang zu Biolabels. Gemäss den Richtlinien von Bio Suisse müssen Gemüse und Kräuter aus bodengebundenen Kulturen stammen, um eine Bio-Zertifizierung erhalten zu können [80]. Dieser Umstand stellt ein grosser wirtschaftlicher Nachteil dar, da die Lebensmittelproduktion in Aquaponikanlagen relativ teuer ist und die Produkte für einen rentablen Betrieb, je nach Grösse der Anlage, ungefähr zum Preis von Bioprodukten verkauft werden müssen. Kann der Betreiber einer Aquaponikfarm die Vorteile seiner Produkte gegenüber den Konsumenten nicht glaubhaft signalisieren kann es zu einer adversen Selektion kommen. Das bedeutet, dass die Konsumenten aufgrund mangelnder Kenntnis über die Vorteile des Produkts nicht bereit sind, mehr für das Produkt zu bezahlen. So entsteht für den Aquaponikbetrieb ein Wettbewerbsnachteil gegenüber konventionellen Bio-Produzenten [81].

Verkaufspreis

Bei Kräutern liegt der Preis laut der Preisliste für den Direktverkauf von Biosuisse bei etwa 100 – 110 Franken pro Kilogramm [82]. Aufgrund von besserer Konkurrenzfähigkeit und dem Nachteil von fehlenden Biolabels wäre es aber wünschenswert, wenn die Produkte zu einem tieferen Preis abgesetzt werden könnten, der mehr im Bereich von konventionellen Produkten liegt. Gemäss einer Umfrage von Milicic et. al. (2016), in mehreren europäischen Ländern, sind im Durchschnitt nur 17 Prozent der Konsumenten bereit, mehr für Produkte aus aquaponischer Produktion zu zahlen. Dies liegt vor allem am fehlenden Wissen über Aquaponik, denn 54 Prozent der Befragten gaben an, bereit zu sein, für herbizid- und pestizidfreie Produkte mehr zu bezahlen und 41 Prozent wäre bereit, mehr für lokale Produkte zu bezahlen [83]. Diese Ergebnisse zeigen, dass ohne gezieltes Marketing nur ein geringer Verkaufserfolg zu erwarten ist, wenn der Preis über dem von konventionellen Produkten liegt. Sie zeigen aber auch, dass ein grosses Marktpotential vorhanden ist, wenn dem Konsumenten die Vorteile von Aquaponik glaubhaft vermittelt werden können.

In der Tabelle 8 sind die aktuellen Preise für ausgewählte Bio- und Nicht-bio-Produkte dargestellt. Dabei handelt es sich um Durchschnittspreise des Online-Marktplatz «Farmy.ch», der es Lebensmittelproduzenten ermöglicht, ihre Produkte direkt an Endverbraucher zu verkaufen [72], sowie Preise vom Migros Onlineshop «leshop.ch» [84] und dem Coop Onlineshop «coopathome.ch» [85]. Die Kräuterarten wurden gemäss dem «Marktbericht Bio» des Bundesamts für Landwirtschaft ausgewählt, in dem die Top 5 der umsatzstärksten Kräuter in der Schweiz aufgelistet sind. In absteigender Reihenfolge sind dies Basilikum, Petersilie, Minze, Schnittlauch und Thymian [86].

Tabelle 8 Vergleich der Kilopreise der umsatzstärksten Kräuter aus biologischer und nicht-biologischer Produktion

Bezeichnung	Preis (CHF/kg)					
	Farmy.ch			Grossverteiler (Migros / Coop)		
	Bio-Produkt	Nicht-bio-Produkt	Differenz (%)	Bio-Produkt	Nicht-bio-Produkt	Differenz (%)
Basilikum	127	66	92	115	115	0
Petersilie	97	58	67	87.50	47.50	84
Minze	107	58	84	115	-	-
Schnittlauch	123	107	15	125	95	32
Thymian	88	77	14	115	-	-

Quelle: farmy.ch [72], leshop.ch [84], coopathome.ch [85]

4.2.2 Pflanzensubstrat

Sowohl die Menge an Substrat, die pro Pflanze verbraucht wird, als auch der Preis pro Kilogramm Substrat hatten eine hohe Sensitivität.

Menge

Wie bereits in Kap. 2.1.1 beschrieben, wurde angenommen, dass das hydroponische Pflanzenbeet der Anlage aus einer Tiefwasserkultur mit Flossen besteht. Für diese Kulturform eignen sich als Substrat Blähton oder Perlite sehr gut [87]. Für die Zucht von kleineren Pflanzen, wie Kräuter und Salate, werden meist Netztöpfe mit 5 cm Durchmesser verwendet. Diese werden mit dem Substrat gefüllt und mit vorgekeimten Sämlingen bepflanzt [8]. Bei einer Höhe von ebenfalls etwa 5 cm und einer leicht konischen Form ergibt sich ein Volumen von etwa 60 cm³ pro Topf. Die Substratmenge ist somit relativ fest definiert und besitzt kein nennenswertes Optimierungspotential.

Preis

Eigene Recherchen in verschiedenen Onlineshops haben gezeigt, dass es auf dem Markt grosse Preisunterschiede gibt. Ein Übersicht ist in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9 Einkaufspreise für Blähton und Perlite in Klein- und Grossmengen

	Kleinmenge (CHF/Liter)	Grossmenge (CHF/Liter)
Blähton	0.75 – 1.70 Quellen: [88], [89], [90], [91], [92]	0.13 – 0.32 Quellen: [25], [93], [94]
Perlite	0.85 – 1.00 Quellen: [95], [96], [97]	0.24 – 0.29 Quellen: [98], [99]

Der Vergleich zeigt, dass es sich lohnt, das Substrat in Grossmengen zu kaufen. Damit lassen sich rund 70 – 80 Prozent der Kosten für das Substrat sparen. Blähton hat sich im Vergleich mit Perliten als günstigere Alternative herausgestellt. Bei Perliten sind die Preisunterschiede jedoch geringer und betragen lediglich 5 Rappen zwischen dem günstigsten und dem teuersten Angebot für Grossmengen.

4.2.3 Verarbeitung der Pflanzen

Gewichtsverlust

Bei der Verarbeitung der Pflanzen entsteht ein gewisser Gewichtsverlust durch Teile, die abgeschnitten werden. Dies ist unvermeidbar, um eine gleichmässige Qualität sicherzustellen. Gemäss Umfragen von Beausang et. al. (2017) kann dieser Verlust aber durch eine korrekte Schulung der Mitarbeiter verringert werden. So können Teile der Pflanze beispielsweise durch den falschen Umgang bei der Ernte beschädigt werden, wodurch bei der Verarbeitung mehr Material entfernt werden muss [100]. Somit

lohnt es sich für ein Aquaponikunternehmen genug Zeit in eine sorgfältige Ausbildung und Schulung der Mitarbeiter zu investieren.

Produktionsausschuss

Zum Produktionsausschuss wurde im erstellten Modell nur die Menge an Pflanzen gezählt, die es bis zur Erntereife schaffen, dann aber aufgrund von Ausschusskriterien aussortiert werden. Die Verluste während der Zucht wurden durch die Angabe der Überlebensrate der Pflanzen berechnet.

Gemäss einer Umfrage von Beausang et. al. (2017) entsteht der Ausschuss durch verschiedene Faktoren.

Ein wichtiger Punkt sind die kosmetischen Anforderungen von Kunden. Besonders Geschäftskunden, wie Supermärkte, haben sehr genau Anforderungen an Aussehen und Form der Produkte. Weist ein Produkt beispielsweise nicht die geforderten Masse auf, ist es Ausschuss, auch wenn es ansonsten einwandfrei ist. Ein Faktor, der diese Problem noch verstärken kann, sind optische Unregelmässigkeiten durch Schädlingsbefall. Sind beispielsweise einige Blätter fleckig, ist eine Pflanze Ausschuss, auch wenn dies den Geschmack nicht beeinflusst [100]. Bezogen auf ein Aquaponikunternehmen können verschiedene Massnahmen getroffen werden. So müssen wirksame Massnahmen zur Schädlingsbekämpfung ergriffen werden. Dabei kann viel über die Kontrolle des Mikroklimas in den Produktionsräumen erreicht werden. Wird dieses richtig eingestellt, kann das Risiko eines Schädlingsbefalls verringert werden. Gleichzeitig kann die Effektivität von Nützlingen erhöht werden, wenn diese die richtigen Lebensbedingungen vorfinden [101]. Weiter sollte die Zuluft gefiltert werden, um zu verhindern, dass Pathogene in die Anlage gelangen. Ein leichter Überdruck in den Produktionsräumen sorgt ausserdem dafür, dass nicht unkontrolliert Luft von aussen einströmt. Pflanzen die aufgrund von Form und Grösse nicht den Anforderungen entsprechen, sollten nicht weggeworfen werden, sondern könnten im Fabrikladen vergünstigt abgegeben werden. So wird Foodwaste verhindert und die Pflanze generiert trotzdem einen Teil der vorgesehenen Wertschöpfung.

Weitere Punkte sind Angebot und Nachfrage. Diese schwanken je nach Produkt und Jahreszeit. Besonders Grosskunden, wie Supermärkte, reagieren sensibel auf diese Schwankungen. So passen diese ihre Bestellmengen teilweise je nach Wettervorhersage an, um auf das Kaufverhalten der Konsumenten zu reagieren. Dadurch kann zweitweise eine Überproduktion entstehen, die nicht abgesetzt werden kann, weil die Nachfrage zu gering ist. Aufgrund der geringen Haltbarkeit von frischen Kräutern und Gemüse landen diese dann oft im Abfall [100]. Ein Aquaponikunternehmen sollte daher darauf achten, nicht zu stark von einzelnen Grosskunden abhängig zu sein. Ein ausgewogener Mix aus Grosskunden, kleineren Geschäftskunden und Privatkunden sollte angestrebt werden. Der Anbau der richtigen Produkte kann diese Problematik zusätzlich entschärfen. So sind viele Kräuter ganzjährig gefragt und unterliegen geringeren Schwankungen in der Nachfrage [86].

Ein anderer wichtiger Faktor ist die korrekte Aufbewahrung der geernteten Pflanzen. Je nach Art und Sorte kann sich die mögliche Lagerzeit stark unterscheiden. Besonders weiche Produkte, wie Salate und Kräuter, können selbst im Kühlraum nur etwa 24 Stunden gehalten werden. Es ist deshalb wichtig, nur so viel zu ernten, wie am selben, oder am nächsten Tag tatsächlich verkauft werden kann. Eine schlechte Planung diesbezüglich würde unweigerlich zu einem höheren Ausschuss führen [100].

4.2.4 Mietpreis und Gesamtfläche des Betriebs

Mietpreis

Der Mietpreis hatte mit einer Sensitivität von -0.1 ebenfalls einen nicht unwesentlichen Einfluss auf das Gesamtergebnis des Betriebs.

Gemäss Immocompass (2014) liegen die Mietpreise für Gewerbe, Lager und Produktion in der Schweiz zwischen 100 und 350 Franken pro Quadratmeter und Jahr [102] (Abb. 15). Die Miete dürfte vor allem auf das Ergebnis von kleineren Betrieben einen Einfluss haben. Mit zunehmender Grösse schwindet der Einfluss aufgrund der eher kleinen Sensitivität von -0.1.

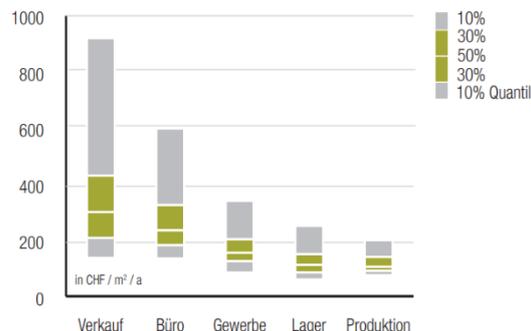


Abbildung 15 Nettomietpreise für kommerzielle Flächen in der Schweiz (Quelle: Immocompass 2014 [102])

Gesamtfläche des Betriebs

Mit einer Sensitivität von ca. -0.08 konnte dieser Inputfaktor das Betriebsergebnis ebenfalls negativ beeinflussen. Die benötigte Fläche wird zum einen von der Grösse der Produktionsanlage bestimmt, aber auch gesetzliche Vorschriften haben einen Einfluss.

Gemäss der Verordnung des EDI über die Hygiene beim Schlachten (SR 817.190.1) muss ein Betrieb mit kleiner Kapazität (max. 60'000 kg Fleisch pro Jahr) über gewisse Räume und Einrichtungen verfügen [103] (Anhang B).

An die Pflanzenproduktion werden ebenfalls Anforderungen gemäss der Verordnung des WBF über die Hygiene bei der Primärproduktion (SR 916.020.1) gestellt [104] (Anhang C).

Aus diesen Vorschriften kann die ungefähre Grösse der zusätzlich benötigten Fläche abgeschätzt werden. Die Aufstellung ist in der Tabelle 10 zu finden.

Tabelle 10 Benötigte Räume und Flächen nach den Bestimmungen des Bundes

Raum	Fläche
Verarbeitung Fisch:	25 m ²
Verarbeitung Pflanzen:	25 m ²
Kühlraum:	6 m ²
Materiallager:	30 m ²
Umkleide:	9 m ²
Logistik:	20 m ²
*Büro:	15 m ²
*Fabrikladen:	25 m ²
Total:	155 m²
*könnten auch an einem anderen Ort untergebracht werden	

Für grössere Betriebe werden entsprechend grössere Flächen benötigt. Die in Tabelle 6 aufgelisteten Werte stellen die geschätzte Minimalgrösse für den restlichen Betrieb ohne die Produktionsanlage dar.

Hier zeigt sich ein deutlicher Nachteil für kleinere Betriebe. Eine Anlage mit beispielsweise 350 m² Anbaufläche für Pflanzen benötigt eine Grundfläche von etwa 190 m². Für den restlichen Betrieb müssten somit rund 90 Prozent dieser Fläche dazu gemietet werden, um die Bestimmungen des Bundes

einzuhalten. Bei einer Anlage mit der doppelten Anbaufläche von 700 m² und einer Grundfläche von etwa 375 m² würde der zusätzlich benötigte Platz bereits nur noch etwa 45 Prozent ausmachen, wenn mit der Mindestgrösse (Tab. 7) gerechnet wird. Dies kann sich deutlich auf den maximalen Mietpreis auswirken, der für einen wirtschaftlich sinnvollen Betrieb gezahlt werden kann.

4.2.5 Verpackungskosten der Pflanzen

Die Verpackung hat einen grossen Einfluss darauf, wie das Produkt von den Kunden wahrgenommen wird. In einer Studie von «Pro Carton» [105] wurden 2031 Personen befragt, die einen repräsentativen Querschnitt der Bevölkerung über 18 Jahre darstellen sollen. Die Teilnehmer mussten 23 unterschiedliche Medien bewerten, die der Produktkommunikation dienen und einschätzen, wie gut

diese ihre Aufgabe erfüllen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Verpackung für die meisten Aufgaben von den Teilnehmern mit einer hohen Punktzahl bewertet wurde. So schafft es die Verpackung für die Aufgaben «Detail-Information», «Hilfe bei der Kaufentscheidung», «Vermittlung von Umweltfreundlichkeit» und «Anregung zum Wiederholungskauf» in die Top 5 aller Medien. Weiter schaffte sie es in die Top 10 für die Aufgaben «Verbrauch anregen», «Empfehlung anregen», «Probierkauf fördern» und «Hohe Qualität vermitteln». In der Gesamtbewertung schafft es die Verpackung, gemäss Abbildung 16, sowohl in der Situation Zuhause als auch im Geschäft eine hohe Punktzahl zu erzielen [105].

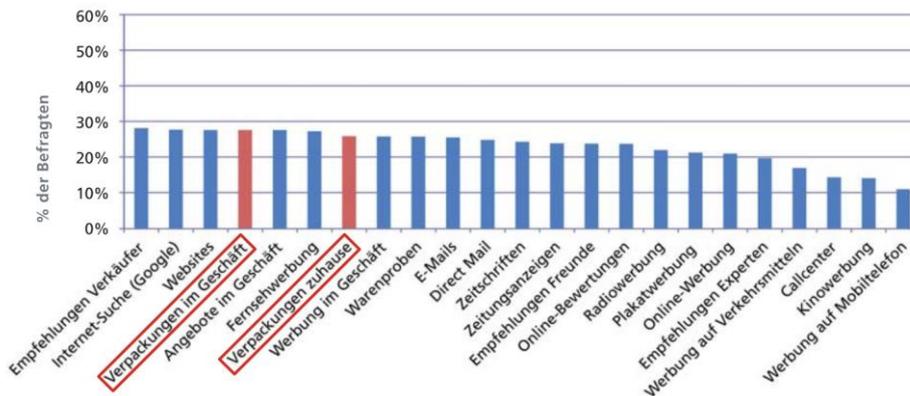


Abbildung 16 Gesamtbewertung aller Medien, welche in der Umfrage berücksichtigt wurden

Besonders hervorzuheben, ist das Ergebnis für die Aufgabe «Vermittlung von Umweltfreundlichkeit». In diesem Bereich ist die Verpackung der absolute Spitzenreiter. Die betreffende Statistik ist in Abbildung 17 dargestellt. Dieser Punkt ist für Produkte aus Aquaponikfarmen zentral, um die höheren Preise trotz fehlendem Bio-Label rechtfertigen zu können (siehe auch Kap. 4.2.1).

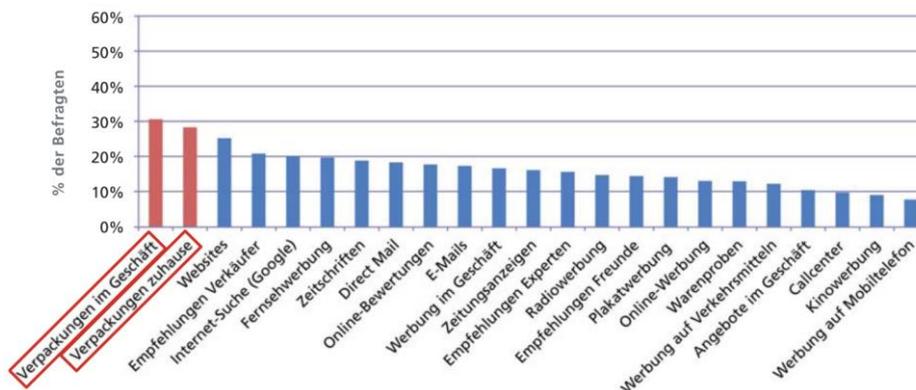


Abbildung 17 Bewertung aller berücksichtigten Medien zur Aufgabe "Vermittlung von Umweltfreundlichkeit"

Die Sensitivitätsanalyse hat ergeben, dass die Verpackungskosten der Pflanzen mit einer Sensitivität von -0.08 das Betriebsergebnis negativ beeinflussen können. Die Ergebnisse der Studie von «Pro Carton» legen aber nahe, dass Einsparungen bei der Verpackung möglicherweise einen negativen Einfluss auf den Verkaufserfolg der Produkte haben könnten. Somit wäre eine möglichst günstige Verpackung eher kontraproduktiv. Stattdessen sollte für diesen Punkt ein genügend grosser finanzieller Puffer eingeplant werden, damit auf eine hochwertige Verpackung zurückgegriffen werden kann.

4.3 Auswertung der Wirtschaftlichkeitsrechnung (Kap. 3.3)

Trotz optimierter KPI ergab die Wirtschaftlichkeitsrechnung einen Nettobarwert von - 1.56 Mio Franken, sowie einen zunehmend negativen Cash Flow, was keinen wirtschaftlich erfolgreichen Betrieb zulässt. Es wurde eine Zielwertsuche mit «was-wäre-wenn-Analysen» durchgeführt, um herauszufinden, welche Anbaufläche nötig wäre, um einen Nettobarwert von null zu erreichen. Die

Analyse hat keine zulässige Lösung ergeben. Das Defizit wird mit grösserer Anbaufläche sogar noch gesteigert. Somit ist klar, dass auch andere Parameter für die schlechte Wirtschaftlichkeit verantwortlich sein müssen. Da alle KPI eine technische oder rationale Obergrenze besitzen und im Rahmen dieser Arbeit möglichst ausgereizt wurden, ist kein grosses Verbesserungspotential mehr vorhanden. Mittels Zielwertsuchen wurde aber trotzdem analysiert, welche Voraussetzungen unter den gegebenen Umständen nötig wären, um einen Nettobarwert von null zu erreichen. Dabei wurden nur diejenigen KPI untersucht, welche eine Sensitivität von über +/- 0.1 besitzen und keine klare Obergrenze, wie beispielsweise ein prozentualer Wert von maximal 100 Prozent, erreichen können. Die Ergebnisse aller Analysen, die einen zulässigen Wert ergeben haben, sind in der Tabelle 11 dargestellt. Jeder Wert ist einzeln zu verstehen und würde allein ausreichen, um einen Nettobarwert von null zu erreichen, ohne das andere Parameter geändert werden müssen.

Tabelle 11 Zulässige Resultate der KPI um in der Wirtschaftlichkeitsrechnung NBW = 0 zu erhalten

KPI	Realer Wert	Notwendiger Wert für NBW = 0	Abweichung (%)
Erntegewicht pro Pflanze	0.12 kg	0.28 kg	233
Pflanzendichte pro m² Anbaufläche	16 Stk./m ²	38 Stk./m ²	338
Wachstumsrate der Pflanzen → Resultierende Aufzuchtzeit	2.0 g/d 2 Monate	9.2 g/d 0.4 Monate	460
Verkaufspreis Pflanzen	110 CHF/kg	251 CHF/kg	228

Sehr interessant ist das Ergebnis für die notwendigen Pflanzendichte, die mit 38 Stk./m² unter derjenigen des GROW360 Systems von Evergreen Farms OY liegt (siehe Kap. 4.1.3). Somit wäre es theoretisch möglich einen wirtschaftlich erfolgreichen Betrieb aufzubauen. Allerdings ist unklar ob sich das System mit Aquaponik kombinieren lässt. Dazu müssten erst Versuche durchgeführt werden.

Die andere Ergebnisse werden als unrealistisch betrachtet. Die Erforderlichen Wachstumsraten und Erntegewichte liegen weit über dem realistischen Wert für Kräuter und ein mehr als doppelt so hoher Verkaufspreis könnte gegenüber den Konsumenten kaum gerechtfertigt werden.

5. Schlussfolgerung

Trotz optimierter KPI hat die Wirtschaftlichkeitsrechnung ergeben, dass ein Aquaponikunternehmen in einer Stadt in der Schweiz in der untersuchten Grösse nicht wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden kann. Durch die kleine Anbaufläche von 700 m² sind die produzierten Mengen zu gering, um die Kosten des Betriebs zu decken. Grössere Standorte dürften innerhalb von Städten aber schwierig zu finden sein. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Aquaponikfarmen für die besten Erfolgsaussichten in Industrie- oder Gewerbegebieten am Stadtrand oder im nahen Umland gebaut werden sollten, wo grosse Nutzflächen zu günstigen Preisen verfügbar sind. Viele Probleme könnten aber auch durch technische Innovationen gelöst werden. Limitierende Faktoren sind hauptsächlich die Wachstumsrate von Pflanzen und die Pflanzendichte pro m². Während die Wachstumsrate naturgegeben und kaum optimierbar ist, gibt es aber durchaus Mittel und Wege, die Pflanzendichte auf einen Wert zu steigern, der einen wirtschaftlich erfolgreichen Betrieb innerhalb von Städten zulässt. So zeigt das GROW360 System mit einer Pflanzendichte von bis zu 240 Pflanzen pro m² Grundfläche eindrucklich, was theoretisch möglich wäre (Kap. 4.1.3). Eine wirtschaftlich erfolgreiche Lösung ist somit auch innerhalb von Städten nicht gänzlich unmöglich, bedarf aber weiterer Entwicklungsarbeit. Die in dieser Arbeit getestete Konfiguration mit mehrstöckigen Tiefwasserkulturen ist zwar der meistgewählte Ansatz für kommerzielle Aquaponik (Kap. 4.1.3), für ein Hochpreisland wie die Schweiz ist sie aber offensichtlich noch zu wenig ausgereift, um wirtschaftlich erfolgreich sein zu können. Dieser Befund gilt aber nur für Anlagen, deren Haupteinnahmequelle der Pflanzenverkauf ist. Es wäre durchaus denkbar, dass Anlagen, die hauptsächlich auf die Fischproduktion ausgelegt sind, wirtschaftlich besser abschneiden. Diese These müsste aber erst noch untersucht werden.

6. Quellen

6.1 Literaturverzeichnis

1. **Leinert, Lisa, Brand, Fridolin S. und Duma, Fabio.** *Branchenstudie Food Kennzahlen, Struktur, Veränderungstreiber, und Entwicklungspotenziale der Schweizer Lebensmittelindustrie.* Winterthur : ZHAW School of Management and Law, 2016. 978-3-03870-005-0.
2. **Stoessel, Franziska, Juraske, Ronnie, Pfister, Stephan und Hellweg, Stefanie.** Life Cycle Inventory and Carbon and Water FoodPrint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer. *Environmental Science & Technology.* 2012, 46, 3253–3262.
3. **Helbig, Julia S.** *Minimalismus zwischen Downshifting und Konsumverzicht Eine volkswirtschaftliche Studie auf Basis qualitativer Interviews.* Hamburg : Universität Hamburg, 2015.
4. **W. Palm, Harry, Knaus, Ulrich, Appelbaum, Samuel, Goddek, Simon, Strauch, Sebastian M., Vermeulen, Tycho, Jijakli, M. Haïssam und Kotzen, Benz.** Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture International.* 2018, 26: 813–842.
5. **Hofer, Kurt.** *Ernährung und Nachhaltigkeit.* Geographisches Institut der Universität Bern. Bern : Geographisches Institut der Universität Bern, 1999. 3-932013-64-6.
6. **Banerjee, Chirantan und Adenauer, Lucie.** Up, Up and Away! The Economics of Vertical Farming. *Journal of Agricultural Studies.* 2014, Bd. 2, 1.
7. **Palm, Harry W, Knaus, Ulrich, Appelbaum, Samuel, Goddek, Simon, Strauch, Sebastian M., Vermeulen, Tycho, Jijakli, M. Haïssam und Kotzen, Benz.** Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture International.* 2018, 26, S. 813-842.
8. **Rakocy, James E., Masser, Michael P. und Losordo, Thomas M.** *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture.* Stoneville : Southern regional aquaculture center, 2006. S. SRAC Publication No. 454.
9. **Tidwell, James.** *Aquaculture Production Systems.* Frankfort, Kentucky USA : John Wiley & Sons Inc., 2012.
10. **Love, David C., Fry, Jillian P., Ximin, Li, Hill, Elizabeth S., Genello, Laura, Semmens, Ken und Thompson, Richard E.** Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture.* 2015, 435, S. 67-74.
11. **Pattillo, D. Allen.** An Overview of Aquaponic Systems: Hydroponic Components. *NCRAC Technical Bulletins.* 2017, 3.
12. **Khandaker, Mohammed und Kotzen, Benz.** The potential for combining living wall and vertical farming systems with aquaponics. *Aquaculture Research.* 2018, Januar, S. 1-15.
13. **Business concept. startup-campus.ch.** [Online] Innosuisse - Swiss innovation Agency. <https://www.startup-campus.ch/de/innosuisse-trainings/business-concept/>.
14. **Losordo, Thomas M. und Hobbs, Alexander O.** Using computer spreadsheets for water flow and biofilter sizing in recirculating aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering.* 2000, 23, S. 95 - 102.
15. **Wehrspohn GmbH & Co. KG.** *Monte-Carlo Simulation mit Risk Kit.* Mannheim : Wehrspohn GmbH & Co. KG, 2012.
16. **Siebertz, Karl, van Bebber, David und Hochkirchen, Thomas.** Sensitivitätsanalyse. *Statistische Versuchsplanung.* Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2010.

-
17. **Žižlavský, Ondrej.** *Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects.* Brno University of Technology. Brno, Czech Republic : Elsevier Ltd, 2014.
18. **Lennard, Wilson A. und Leonard, Brian V.** A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture International.* 2006, 14, S. 539–550.
19. **Tokunaga, Kanae, Clyde, Tamaru, Ako, Harry und Leung, Pingsun.** Economics of Small-scale Commercial Aquaponics in Hawai'i. *Journal of the world aquaculture society.* 1, 2015, 46.
20. **Iten, Rolf, Peter, Martin, Vettori, Anna und Menegale, Sarah.** *Hohe Preise in der Schweiz: Ursache und Wirkung.* Zürich : Infrac, 2003.
21. **HILD Samen GmbH. Service: Katalog downloaden.** *hildsamem.de.* [Online] [Zitat vom: 27. Juni, 2019.]
https://storagewebshoprde7599e2.blob.core.cloudapi.de/wordpress/2018/10/HILD_DE_Katalog2019.pdf.
22. **Bundeszentrum für Ernährung (bzfe).** *bzfe.de.* [Online] [Zitat vom: 27. Juni 2019.]
https://www.bzfe.de/_data/files/aussaat_und_pflanzenzeiten_tabellen_aid_2017.pdf.
23. **Saha, Subhrajit, Monroe, Amber und Day, Martin R.** Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Science.* 2016, 61, S. 181-186.
24. **led.ch.** [Online] [Zitat vom: 18. Juni 2019.]
https://led.ch/epages/171225.sf/de_CH/?ObjectPath=/Shops/171225/Products/WTL-17010.
25. **HG Commerciale. Baumaterial.** *hgc.ch.* [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.]
<https://www.hgc.ch/data/docs/de/5356/Baumaterial-und-Werkzeugkatalog-2019.pdf?v=1.0>.
26. **Morgenstern, Rolf, Biernatzki, Ralf, Dapprich, Peter und Mergenthaler, Marcus.** *Pilotstudie "Nachhaltige Aquaponik-Erzeugung für Nordrhein-Westfalen".* Soest : Fachhochschule Südwestfalen, 2016. 978-3-940956-66-8.
27. **Conde, Oliver.** *"Veggie Fish“ für Zürich – Einführung von vegetarisch ernährten Fischen in die Zürcher Gastronomie.* Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften. Wädenswil : unveröffentlicht, 2018.
28. **kompatech.ch.** [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] <https://www.kompatech.ch/produkt/lagerregal-komp-s1-verzinkt/>.
29. **hornbach.ch.** [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] https://www.hornbach.ch/shop/Baudiele-48x280x4000-mm-Fichte-Tanne/5146385/artikel.html?origin=%7Badtype%7D&wt_mc=ch.paid.sea.google.alwayson_assortment..dsa.165029170.13648277050.&wt_cc1=165029170&wt_cc2=13648277050&wt_cc3=60809326090&wt_cc4=&wt_cc6=&wt_c.
30. **hornbach.ch.** [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] <https://www.hornbach.ch/shop/PVC-Teichfolie-Heissner-1-0-mm-8-m-breit-schwarz-Meterware/3813750/artikel.html>.
31. **koi-breeder.ch.** [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] https://www.koi-breeder.ch/Produktkatalog/p-1758.html?shop_ID=1.
32. **Fischbecken.** *www.aquaculture-com.net.* [Online] [Zitat vom: 29. Juli 2019.]
<http://www.aquaculture-com.net/Fischbecken.htm>.

-
33. **koi-breeder.ch**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] https://www.koi-breeder.ch/futterautomatprogrammierbar7literpelletsfuttermengestueundlicheinstellbar230v/p-4344.html?cPath=10_581.
34. **auer-packaging.com**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] <https://www.auer-packaging.com/ch/de/IBC-Container-mit-Kunststoffpalette/IBC-1000-K-225.80.html>.
35. **koizentrale.ch**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] <https://www.koizentrale.ch/evolution-aqua/k1-501.html>.
36. **swiss-koi.ch**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] https://www.swiss-koi.ch/shop/index.php?main_page=product_info&cPath=34_55_147&products_id=1583.
37. **koi-breeder.ch**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] https://www.koi-breeder.ch/oasebitronc110wattuvcklaergeraet/p-5576.html?cPath=70_189&sessID=d355e3p4ong88eolvsdm4s6lc7.
38. **koi-breeder.ch**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] https://www.koi-breeder.ch/oaseaquamaxecotitanium30000leistungsaufnahme25180watt/p-5747.html?cPath=3_7_84&sessID=d355e3p4ong88eolvsdm4s6lc7.
39. **koi-andreas.de**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] <https://www.koi-andreas.de/shop/teichtchnik/sauerstoff/sauerstoff-kompletanlage/>.
40. **koi-andreas.de**. [Online] [Zitat vom: 30. Juni 2019.] <https://www.koi-andreas.de/shop/teichtchnik/belueftung/luftpumpen/seitenkanalverdichter/>.
41. **koi-andreas.de**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.koi-andreas.de/shop/pvc-schlaeuche/pvc-schlauch-transparent/distanzhalter-rohrschelle-kopie/>.
42. **gastro-held.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.gastro-held.ch/Edelstahlm%C3%B6bel/Arbeitstische/ECO-Serie/Edelstahl-Arbeitstisch-Eco-15x6-mit-Grundboden-und-Aufkantung>.
43. **gastro-held.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.gastro-held.ch/Transport/Lagerausstattung/Euronorm-Kisten/Euro-Stapelbeh%C3%A4lter-600x400-mm--blau---220-mm>.
44. **landi.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] https://www.landi.ch/shop/abfallbehaelter_150504.
45. **gastro-held.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.gastro-held.ch/Sp%C3%BCltechnik/Sp%C3%BClm%C3%B6bel/Sp%C3%BClschr%C3%A4nke/Sp%C3%BClschrank-PROFI-14-60-1BR-mit-2-Schiebet%C3%BCren>.
46. **gastro-held.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.gastro-held.ch/Kuechenzubehoer/Betriebshygiene/Messerdesinfektion>.
47. **landi.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] https://www.landi.ch/shop/abfallbehaelter_150504/sack-trolley-110-l_75920.
48. **gastro-held.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.gastro-held.ch/K%C3%BChltechnik/Eisbereiter/Flockeneisbereiter/Flocken-Eisbereiter-PROFI-90-kg>.
49. **alles-fisch.at**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.alles-fisch.at/verarbeitung/schlachthilfe-salmofix/salmofix-schlachthilfetischmodell.html?xoid=4ko1gmrbusp61cjldfr40qbn6>.
50. **alles-fisch.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.alles-fisch.at/verarbeitung/betaeubungsgeraete/betaeubungsgeraet-flexi.html>.

-
51. **agk-kronawitter.de**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.agk-kronawitter.de/shop/Fischverarbeitung/Filetiermaschinen/Filetiermaschine.html>.
52. **gastro-held.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.gastro-held.ch/K%C3%BChenger%C3%A4te/Vakuuierger%C3%A4te/Vakuuierger%C3%A4t-PROFI-400>.
53. **gastroring.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://gastroring.ch/item.php?id=4>.
54. **frivent.com**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] http://frivent.com/userdata/4034/uploads/Produkte/pdf-files/C-Line_Optima-2012.pdf.
55. **holos.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://holos.ch/de/milwaukee-ph-ec-kombi-messgeraet-mw803.html>.
56. **hach.com**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://ch.hach.com/dr3900-spektralphotometer-ohne-rfid/product?id=26370510184&callback=pf>.
57. **rausch-packaging.com**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] https://www.rausch-packaging.com/ch_de/papierfaltenbeutel-nur-natur.html.
58. **zollinger.bio**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.zollinger.bio/de/species/9-basilikum>.
59. **zoobio.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.zoobio.ch/sera/61827-cichlid-green-xl>.
60. **roston.eu**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] https://roston.eu/produkt/strukturierte-vakuumbbeutel-pape-105my/?gclid=Cj0KCQjwpPHoBRC3ARIsALfx-JGrS8BQDLN7dfXti90UD0UT_0Ao5hXw35fmUnWB9qlQ-dOqeyotMaAgI9EALw_wcB.
61. **hach.com**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://ch.hach.com/product.detail-consumables.jsa?seoTerm=dr3900-spektralphotometer-ohne-rfid&id=26370510184&callback=pf>.
62. **kmu.admin.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] <https://www.kmu.admin.ch/kmu/de/home/praktisches-wissen/kmu-gruenden/firmengruendung/versicherungen/kostenbeispiel.html>.
63. **stadt-zuerich.ch**. [Online] [Zitat vom: 1. Juli 2019.] https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/entsorgung_recycling/sauberes_zuerich/wo_%2B_wann_entsorgen/abfuhr_bio_abfall_mit_abonnement.html.
64. **Elektrizitätswerke der Stadt Zürich. Geschäftskunden. ewz.ch**. [Online] [Zitat vom: 27. Juni 2019.] https://www.ewz.ch/content/dam/ewz/Geschaeftskunden/Strom/Produkte_Grundversorgung/ewz_Stromtarif_ZH_Geschaeftskunden_2019.pdf.
65. **Stadt Zürich Departement der Industriellen Betriebe. Kundendienst. stadt-zuerich.ch**. [Online] [Zitat vom: 27. Juni 2019.] <https://www.stadt-zuerich.ch/dib/de/index/wasserversorgung/trinkwasser/wasserpreis.html>.
66. **Dorner, Martin und Stowasser, Sascha**. *Das Produktivitätsmanagement des Industrial Engineering*. Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. (ifaa), Hamburg und Karlsruher Institut für Technologie. Düsseldorf : Deutsche MTM-Vereinigung e.V., 2012.
67. **Britzke, Bernd**. *MTM in einer globalisierten Wirtschaft*. München : FinanzBuch Verlag GmbH, 2010. 978-3-86880-091-3.
68. **Buzby, Karen M. und Lin, Lian-Shin**. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*. 2014, 63, S. 39-44.

-
- 69. Features . *evergreenfarm.eu*.** [Online] [Zitat vom: 11. Juni 2019.]
<https://www.evergreenfarm.eu/features>.
- 70. Lakhiar, Imran Ali, Gao, Jianmin, Naz Syed, Tabinda, Chandio, Farman Ali und Buttar, Noman Ali.** Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics. *Journal of Plant Interactions*. 2018, 13:1.
- 71. Commercial Grower. *zipgrow.com*.** [Online] [Zitat vom: 11. Juni 2019.]
<https://zipgrow.com/collections/commercial/products/commercial-grower>.
- 72. Farmy.ch. Kräuter & Gewürze. *Farmy.ch*.** [Online] [Zitat vom: 20. Juni 2019.]
https://www.farmy.ch/hofladen/fruechte-gemuese/kraeuter-gewuerze?s%5Bcertificate_ids%5D%5B%5D=15&sort_mode=price_asc.
- 73. Morrow, Robert C.** LED Lighting in Horticulture. *Hortscience*. 2008, 43(7).
- 74. Sabzalian, Mohammad R., Heydarizadeh, Parisa, Zahedi, Morteza, Boroomand, Amin, Agharokh, Mehran, Sahba, Mohammad R. und Schoefs, Benoît.** High performance of vegetables, flowers, and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant production. *Agronomy for Sustainable Development*. 2014, 34, S. 879–886.
- 75. led.ch.** [Online] [Zitat vom: 18. Juni 2019.]
https://led.ch/epages/171225.sf/de_CH/?ObjectPath=/Shops/171225/Products/WTL-17005.
- 76. venso-ecosolutions.de.** [Online] [Zitat vom: 18. Juni 2019.] <https://www.venso-ecosolutions.de/products/product.php?pid=11>.
- 77. venso-ecosolutions.de.** [Online] [Zitat vom: 18. Juni 2019.] <https://www.venso-ecosolutions.de/products/product.php?pid=15>.
- 78. itcompany.com.** [Online] [Zitat vom: 18. Juni 2019.]
<https://www.itcompany.com/de/products/types/industrielleuchten/bis-zu-5-meter/plantador-led/plantador-led-30-d120-hfr-ip54-fs-e/>.
- 79. Lekang, Odd-Ivar.** *Aquaculture Engineering*. Oxford : Blackwell Publishing Ltd, 2007. 978-1-4051-2610-6.
- 80. Bio Suisse, .** *Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospen-Produkten*. Basel : Vereinigung Schweizer Biolandbau-Organisationen, 2019.
- 81. Sander, Matthias, Heim, Nina und Kohnle, Yvonne.** Label-Awareness: Wie genau schaut der Konsument hin? *Zeitschrift über Agrarpolitik und Landwirtschaft*. 2016, Bd. 94, 2.
- 82. Bio Suisse.** *Preisempfehlungen für den Verkauf ab Hof: Ausgabe 2019, Juni - September*. [Dokument] Basel : Bio Suisse, 2019.
- 83. Milicic, Vesna, Thorarinsdottir, Ragnheidur, Dos Santos, Maria und Turnšek Hancic, Maja.** Commercial Aquaponics Approaching the European Market: To Consumers' Perceptions of Aquaponics Products in Europe. [Hrsg.] MDPI. *Water*. 2017, Bd. 9, 80.
- 84. Genossenschaft, Migros. Frische Kräuter. *leshop.ch*.** [Online] [Zitat vom: 28. Juli 2019.]
<https://www.leshop.ch/de/supermarket/obst-gemuse/krauter-gewuerze/frische-krauter>.
- 85. Frische Kräuter. *coopathome.ch*.** [Online] Coop. [Zitat vom: 31. Juli 2019.]
https://www.coopathome.ch/de/supermarkt/fr%C3%BCchte-gem%C3%BCse/frische-kr%C3%A4uter-frische-gew%C3%BCrze/frische-kr%C3%A4uter/c/m_0045.
- 86. BLW, Bundesamt für Landwirtschaft. *Marktbericht Bio*.** [Dokument] Bern : Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2017.
-

-
- 87. Olympios, C.M.** Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. *Acta Hortic.* 1993, 323, S. 215-234.
- 88. Obi. Hydrokultur. obi.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://www.obi.ch/hydrokultur/blahton-4-mm-8-mm-1-l/p/2024321>.
- 89. Bauhaus. Tongranulate. bauhaus.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://www.bauhaus.ch/de/luwasa-blahton-66712954>.
- 90. Jumbo. Blähton & Seramis. jumbo.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://www.jumbo.ch/de/blahton-ricoter-4-8mm-4885?sku=1336704>.
- 91. Migros. Erden. doitgarden.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://www.doitgarden.ch/de/p/657606500000/mioplant-blahton-4-8-mm-3-1>.
- 92. Luwasa. Produkte. luwasa-shop.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://www.luwasa-shop.ch/products/blahton-nierenformig?variant=27185490183>.
- 93. Menz GmbH. Naturbaustoffe. menz.gmbh.de.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://menz-gmbh.de/produkte/blahton-4-8-mm-gebroschen-im-big-bag-1-m-1764/>.
- 94. baubedarf. Füll- und Zuschlagstoffe. baubedarfshop.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://baubedarfshop.ch/catalogs/baumat/contents/fll-und-zuschlagstoffe-liapor-blhton.asp>.
- 95. Obi. Perlite & Vermiculite. obi.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://www.obi.ch/perlite-vermiculite/pflanzen-perlit-10-l/p/3798741>.
- 96. Landi. Alternativen zu Erden. landi.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] https://www.landi.ch/shop/alternativen-zu-erden_100104/perlit-pepe-ricoter-10-l_45100.
- 97. Migros. Dünger. doitgarden.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <https://www.doitgarden.ch/de/p/658309600000/migros-bio-garden-perlit-6-l>.
- 98. Hydrodreams. Perlit. hydrodreams.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] <http://www.hydrodreams.ch/onlineshop/Perlit-Sack-r-100-Liter>.
- 99. Fourtventy. Diverse Substrate. fourtventy.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] https://www.fourtventy.ch/perlite-100l_p-3154.html.
- 100. Beausang, C., Hall, C. und Toma, L.** Food waste and losses in primary production: qualitative insights from horticulture. *Resources, Conservation and Recycling.* 2017, 126, S. 177-185.
- 101. Jewett, Thomas und Jarvis, William.** Management of the greenhouse microclimate in relation to disease control: a review. *Agronomie, EDP Sciences.* 2001, 21 (4), S. 351-366.
- 102. Immocompass. Services. immocompass.ch.** [Online] [Zitat vom: 25. Juni 2019.] http://immocompass.ch/files/CREUP_2014%20Bericht%20d_20141217.pdf.
- 103. Schweizerische Eidgenossenschaft.** Verordnung des EDI über die Hygiene beim Schlachten (SR 817.190.1). *Lebensmittelgesetz (LMG).* Bern : Schweizerische Eidgenossenschaft, 2017.
- 104. —.** *Verordnung des WBF über die Hygiene bei der Primärproduktion.* Bern : Schweizerische Eidgenossenschaft, 2005. SR 916.020.1.
- 105. Stolz, Hans Georg und Foley, Tim.** *Verpackung: Ein Medium mit hoher Durchschlagskraft - 23 Kommunikationskanäle im Vergleich.* Zürich : Pro Carton - Europäische Vereinigung der Kartonindustrie.

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Vorgehen zur Beantwortung der Fragestellung.....	2
Abbildung 2 Übersichtsplan des Betriebs mit möglicher Anordnung der verschiedenen Bereiche ohne Fabrikladen und Büro.....	4
Abbildung 3 Übersicht der wichtigsten Zusammenhänge zwischen den Prozessblättern im Excelmodell.....	6
Abbildung 4 Datenblatt mit Angaben zum Cash Flow des Unternehmens (enthaltene Zahlen nur zu Testzwecken und ohne Aussagekraft).....	8
Abbildung 5 Datenblatt mit Angaben zu Gewinn und Verlust des Unternehmens (enthaltene Zahlen nur zu Testzwecken und ohne Aussagekraft).....	8
Abbildung 6 Ablauf einer Sensitivitätsanalyse (Quelle: Wehrspohn GmbH).....	9
Abbildung 7 Sensitivität der Inputfaktoren in Zusammenhang mit der Anbaumethode.....	11
Abbildung 8 Sensitivitäten der Inputfaktoren ohne Zusammenhang mit der Anbaumethode.....	12
Abbildung 9 Vergleich des Erntegewichts von Basilikum nach 15 Wochen in hydroponischen und aquaponischen Systemen.....	13
Abbildung 10 Vergleich der durchschnittlichen wöchentlichen Höhe von Basilikum in hydroponischen und aquaponischen Systemen.....	13
Abbildung 11 Funktionsweise von MTM.....	18
Abbildung 12 Vergleich des Einflusses des Erntegewichts anhand zweier Szenarien.....	19
Abbildung 13 Frontansicht des GROW360 Systems von Evergreen Farm OY.....	20
Abbildung 14 Kommerzielle Anwendung des ZipGrow Systems.....	20
Abbildung 15 Nettomietpreise für kommerzielle Flächen in der Schweiz (Quelle: Immocompass 2014 [59])....	26
Abbildung 16 Gesamtbewertung aller Medien, welche in der Umfrage berücksichtigt wurden.....	27
Abbildung 17 Bewertung aller berücksichtigten Medien zur Aufgabe "Vermittlung von Umweltfreundlichkeit".....	27

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht anfallende Kostenpunkte für den Betrieb.....	5
Tabelle 2 Inputfaktoren für die Sensitivitätsanalyse in Zusammenhang mit der Anbaumethode.....	9
Tabelle 3 Aufstellung aller einmaligen Investitionen.....	15
Tabelle 4 Aufstellung aller jährlich wiederkehrenden Kosten.....	17
Tabelle 5 Kurzübersicht der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	17
Tabelle 6 Vergleich der Kennwerte der beschriebenen Anbausysteme.....	20
Tabelle 7 Geeignete LED-Leuchtmittel für ein Aquaponiksystem gemäss den evaluierten KPI.....	21
Tabelle 8 Vergleich der Kilopreise der umsatzstärksten Kräuter aus biologischer und nicht-biologischer Produktion.....	24
Tabelle 9 Preise für Blähton und Perlite in Klein- und Grossmengen.....	24
Tabelle 10 Benötigte Räume und Flächen nach den Bestimmungen des Bundes.....	26
Tabelle 11 Zulässige Resultate der KPI um in der Wirtschaftlichkeitsrechnung $NBW = 0$ zu erhalten.....	28

6.4 Anhangsverzeichnis

Anhang A	Einstellungen des Excel-Finanzplans für die finale Wirtschaftlichkeitsrechnung
Anhang B	Gesetzliche Anforderungen an fleischverarbeitende Betriebe mit geringer Kapazität
Anhang C	Gesetzliche Anforderungen an pflanzenzüchtende Betriebe
Anhang D	Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

7. Anhang

7.1 Anhang A

Daten Produktionsanlage

Auslastung der Anlage

Jahr 1	30 %
Jahr 2	50 %
Jahr 3	70 %
Jahr 4	80 %

Pflanzenzucht

Anbaufläche	700 m ²
Wassertiefe im Beet	0.25 m
Anzahl Etagen	4
Etagenhöhe	0.6 m
Höhe der 1. Etage ab Boden	0.6 m
Grundfläche der Pflanzenbeete	175 m ²
Laufwegbreite zwischen den Beeten	1 m
Beetbreite	0.9 m
Beetlänge Total	194.4 m
Grundfläche der Pflanzenzucht	369.4 m ²
Überlebensrate der Pflanzen	90 %
Pflegeaufwand pro Pflanze	0.5 Sek/Pflanze/Tag

Pflanzengruppe

Pflanzengruppe	Gruppe 3	<- Gruppe wählen
Pflanzendichte	16 Stk./m ²	Gruppe 3
Aufwuchszeit	2 Monate	
Erntegewicht pro Pflanze	0.12 kg	Pflanzendichte
N-Bedarf	0.2 g/m ² /d	Wachstumsrate
P-Bedarf	0.1 g/m ² /d	Aufwuchszeit
		Erntegewicht pro Pflanze
N-Bedarf Total	140 g/d	N-Bedarf
P-Bedarf Total	70 g/d	P-Bedarf

Jahr 1	
Produktionsmenge Gewicht	2177.28 kg/Jahr
Produktionsmenge Anzahl	18144 Stk./Jahr
N-Bedarf Total	42 g/d
P-Bedarf Total	21 g/d

Jahr 2	
Produktionsmenge Gewicht	3628.8 kg/Jahr
Produktionsmenge Anzahl	30240 Stk./Jahr
N-Bedarf Total	70 g/d
P-Bedarf Total	35 g/d

Jahr 3	
Produktionsmenge Gewicht	5080.32 kg/Jahr
Produktionsmenge Anzahl	42336 Stk./Jahr
N-Bedarf Total	98 g/d
P-Bedarf Total	49 g/d

Jahr 4	
Produktionsmenge Gewicht	5806.08 kg/Jahr
Produktionsmenge Anzahl	48384 Stk./Jahr
N-Bedarf Total	112 g/d
P-Bedarf Total	56 g/d

Fischzucht

Proteingehalt Futter	35 %
Preis Futter	10 CHF/kg
Fütterungsrate	1 % des Fischgewichts/d
Erntegewicht (pro Fisch)	0.6 kg
Volumen pro Fischtank	5.7 m ³
Wassertiefe im Fischtank	1 m
Durchmesser der Fischtanks	2.69 m
Anzahl Fischtanks	6 Stk.
Grundfläche der Fischzucht	34.20 m ²
Besatzdichte	15 kg/m ³
Fütterungsrate	1.2 kg Futter/kg Wachstum
Überlebensrate der Fische	85 %
Pflegeaufwand pro Fisch	1 Sek/Fisch/Tag

Jahr 1	
Bestand	130.4 kg
Futtermenge	1.304347826 kg/d
Produktionsmenge	396.7391304 kg/Jahr

Jahr 2	
Bestand	217.4 kg
Futtermenge	2.173913043 kg/d
Produktionsmenge	661.2318841 kg/Jahr

Jahr 3	
Bestand	304.3 kg
Futtermenge	3.043478261 kg/d
Produktionsmenge	925.7246377 kg/Jahr

Jahr 4	
Bestand	347.8 kg
Futtermenge	3.47826087 kg/d
Produktionsmenge	1057.971014 kg/Jahr

Biofilter

Nitrifikationsrate	0.4 g TAN/m ² /d
Benötigte aktiv nitrifizierende Oberfläche	350 m ²
Oberfläche Filtermedium	800 m ² /m ³
Total Filtermediumvolumen	0.4375 m ³
Preis Filtermedium	1870 CHF/m ³
Tiefe des Filtermediums	40 % der Filterhöhe
Wasservolumen des Biofilters	1.09375 m ³
Tiefe des Biofilters	1.2 m
Radius des Biofilters	0.53863364 m
Benötigter Luftdurchfluss	6.380208333 m ³ /h
Ammoniumgrenzwert	1 mg/l
Notwendige Durchflussrate	280'000 l/d
Biofiltereffizienz	50 %

Feststoffabscheidung

Geschätzte Futtermenge die zu Feststoff wird	20 %
Total produzierter Feststoff	0.869565217 kg/d
Gewünschte Feststoffkonzentration im Wasser	10 mg/l
Filtereffizienz	80 %
Notwendige Durchflussrate	108'696 l/d

Weitere Kenngrößen

Wasserverlust pro Tag	5 %
Volumenstrom	0.004861111 m ³ /s
Wasservolumen der Anlage	209.2 m ³
Sauerstoffbedarf Anteil am Futtergewicht	50 %
Sauerstoffbedarf durch Futter	0.760869565 kg/d
Sauerstoffbedarf für Nitrifikation	0.6398 kg/d
Sauerstoffbedarf Total	1.400669565 kg/d
Wasserverbrauch Total	3817.9 m ³ /Jahr
Fläche der Produktionsanlage	403.64 m ²
Fläche für Technik und andere Installationen	20 m ²
Benötigte Gesamtfläche	423.64 m ²
Minimale Raumhöhe	3 m

Technische Installation

Beleuchtung

Ausleuchtung pro Lampe	0.15 m ²
Leistung pro Lampe	10 W
Betriebsdauer pro Lampe	5840 h/Jahr

Jahr 1	
Stromverbrauch	441504.0 kWh/Jahr

Jahr 2	
Stromverbrauch	735840.0 kWh/Jahr

Jahr 3	
Stromverbrauch	1030176.0 kWh/Jahr

Jahr 4	
Stromverbrauch	1177344.0 kWh/Jahr

Umwältpumpe

Betriebsdauer	8760 h/Jahr
Wirkungsgrad	0.85
Förderhöhe	2.4 m
Sicherheitsfaktor für Umwälzrate	1.5
Wasserumwälzrate	0.08 x/h

Stromverbrauch	1241.587616 kWh/Jahr
Leistung	141.7337461 W

Luftpumpe

Benötigte Leistung pro m ³ /h	20 W
Betriebsdauer	8760 h/Jahr

Leistung	450 W
Stromverbrauch	3942 kWh/Jahr

Kühlergeräte

Leistung	0 W
Betriebsdauer	0 h/Jahr

Stromverbrauch	0 kWh/Jahr
----------------	------------

Lüftung

Raumvolumen	1270.93 m ³
Luftwechselrate	5 x/h
Volumenstrom	6354.67 m ³ /h
Druckverlust	19.064 Pa
Rohrlänge	15 m
Wirkungsgrad Gebläse	0.85
Leistung	1000 W
Betriebsdauer	8760 h/Jahr

Stromverbrauch	8760 kWh/Jahr
----------------	---------------

UV-Anlage

Leistung	330 W
Betriebsdauer	8760 h/Jahr

Stromverbrauch	2890.8 kWh/Jahr
----------------	-----------------

PSA Sauerstoffanlage

Leistung für 1kg O ₂ /h	900 W
Leistung	52.53 W
Betriebsdauer	8760 h/Jahr

Stromverbrauch	460.1199522 kWh/Jahr
----------------	----------------------

Steuerung und Überwachung

Leistung	150 W
Betriebsdauer	8760 h/Jahr

Stromverbrauch	1314 kWh/Jahr
----------------	---------------

Übersicht Stromverbrauch

Jahr 1	
Stromverbrauch Total	460112.5076 kWh/Jahr

Jahr 2	
Stromverbrauch Total	754448.5076 kWh/Jahr

Jahr 3	
Stromverbrauch Total	1048784.508 kWh/Jahr

Jahr 4	
Stromverbrauch Total	1195952.508 kWh/Jahr

Verarbeitung und Vorbereitung

Vorbereitung Pflanzen

Klimaschrank für Saatgut	
Leistung	200 W
Betriebsdauer	8760 h/Jahr
Stromverbrauch 1752 kWh/Jahr	
Aufzuchtanlage	
Leistung Beleuchtung	500 W
Betriebsdauer Beleuchtung	5840 h/Jahr
Produktionsausschuss	10 %
Wasserverbrauch pro Pflanze	0.001 m ³
Substratmenge pro Pflanze	0.06 Liter
Preis Substrat	0.13 CHF/Liter
Leistung Bewässerungspumpe	100 W
Betriebsdauer Bewässerungspumpe	1500 h/Jahr
Jahr 1	
Anzahl benötigter Jungpflanzen	20160 Stk./Jahr
Menge produzierter Jungpflanzen inkl. Ausschuss	22176 Stk./Jahr
Total Stromverbrauch	3070 kWh/Jahr
Wasserverbrauch Aufzuchtanlage	22.176 m ³ /Jahr
Substratkosten	172.9728 CHF/Jahr
Jahr 2	
Anzahl benötigter Jungpflanzen	33600 Stk./Jahr
Menge produzierter Jungpflanzen inkl. Ausschuss	36960 Stk./Jahr
Total Stromverbrauch	3070 kWh/Jahr
Wasserverbrauch Aufzuchtanlage	36.96 m ³ /Jahr
Substratkosten	288.288 CHF/Jahr
Jahr 3	
Anzahl benötigter Jungpflanzen	47040 Stk./Jahr
Menge produzierter Jungpflanzen inkl. Ausschuss	51744 Stk./Jahr
Total Stromverbrauch	3070 kWh/Jahr
Wasserverbrauch Aufzuchtanlage	51.744 m ³ /Jahr
Substratkosten	403.6032 CHF/Jahr
Jahr 4	
Anzahl benötigter Jungpflanzen	53760 Stk./Jahr
Menge produzierter Jungpflanzen inkl. Ausschuss	59136 Stk./Jahr
Total Stromverbrauch	3070 kWh/Jahr
Wasserverbrauch Aufzuchtanlage	59.136 m ³ /Jahr
Substratkosten	461.2608 CHF/Jahr
Gebindewaschstation	
Stromverbrauch	18.25 kWh/Jahr
Wasserverbrauch	5 m ³ /Jahr
Arbeitszeit	
Benötigte Arbeitszeit pro Pflanze	10 Sek

Verarbeitung Fische

Hälterungsbecken	
Leistung Umwälzpumpe	0 W
Betriebsdauer Umwälzpumpe	0 h/Jahr
Leistung Luftpumpe	0 W
Betriebsdauer Luftpumpe	0 h/Jahr
Tötungsbox	
Stromverbrauch	6 kWh/Jahr
Eismaschine	
Stromverbrauch	680 kWh/Jahr
Filetiermaschine	
Stromverbrauch	300 kWh/Jahr
Abpackstation	
Stromverbrauch	190 kWh/Jahr
Kühlschränke	
Anzahl	0 Stk.
Leistung	0 W
Betriebszeit	0 h/Jahr
Produktionsausschuss	
	5 %
Gewichtsverlust durch Verarbeitung	
	30 %
Arbeitszeit	
Benötigte Arbeitszeit pro Fisch	10 Sek
Verpackungsmaterial	
Kosten pro verpackter Fisch	0.06 CHF
Total Stromverbrauch 1176 kWh/Jahr	
Jahr 1	
Verfügbare Verkaufsmenge	263.831522 kg/Jahr
Jahr 2	
Verfügbare Verkaufsmenge	439.719203 kg/Jahr
Jahr 3	
Verfügbare Verkaufsmenge	615.606884 kg/Jahr
Jahr 4	
Verfügbare Verkaufsmenge	703.550725 kg/Jahr

Vorbereitung Fische

Quarantänebecken	
Leistung Umwälzpumpe	100 W
Betriebsdauer Umwälzpumpe	8760 h/Jahr
Leistung Beleuchtung	20 W
Betriebsdauer Beleuchtung	4380 h/Jahr
Leistung Luftpumpe	30 W
Betriebsdauer Luftpumpe	8760 h/Jahr
Arbeitszeit	
Benötigte Arbeitszeit pro Fisch	5 Sek
Total Stromverbrauch 1226.4 kWh/Jahr	
Jungfische	
Preis pro Fingerling	2 CHF
Jahr 1	
Anzahl benötigter Fingerlinge	778 Stk./Jahr
Jahr 2	
Anzahl benötigter Fingerlinge	1297 Stk./Jahr
Jahr 3	
Anzahl benötigter Fingerlinge	1815 Stk./Jahr
Jahr 4	
Anzahl benötigter Fingerlinge	2074 Stk./Jahr

Verarbeitung Pflanzen

Abpackstation	
Stromverbrauch	0 kWh/Jahr
Kühlschränke	
Leistung pro Kühlgerät	800 W
Anzahl Kühlschränke	1 Stk.
Betriebsdauer Kühlschränke	8760 h/Jahr
Produktionsausschuss	
	5 %
Gewichtsverlust durch Verarbeitung	
	5 %
Arbeitszeit	
Benötigte Arbeitszeit pro Pflanze	10 Sek
Verpackungsmaterial	
Kosten pro verpackte Verkaufseinheit	0.04 CHF
Total Stromverbrauch 7008 kWh/Jahr	
Jahr 1	
Verfügbare Verkaufsmenge	1964.9952 kg/Jahr
Verfügbare Verkaufsmenge	16375 Stk.
Jahr 2	
Verfügbare Verkaufsmenge	3274.992 kg/Jahr
Verfügbare Verkaufsmenge	27291.6 Stk.
Jahr 3	
Verfügbare Verkaufsmenge	4584.9888 kg/Jahr
Verfügbare Verkaufsmenge	38208 Stk.
Jahr 4	
Verfügbare Verkaufsmenge	5239.9872 kg/Jahr
Verfügbare Verkaufsmenge	43667 Stk.

Gestehungskosten

Jahr 1

Spezifische Kosten für Pflanzenproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Strom Beleuchtung (kWh)	441504	8385.76 CHF
Wasser Aufzuchtanlage (m ³)	22.176	4.21944 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	91.0	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	919.8	0.00 CHF
Substrat	-	172.97 CHF
Verpackungsmaterial	-	3029.99 CHF

Spezifische Kosten für Fischproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Futter	-	4760.87 CHF
Fingerlinge	-	1555.84 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	1.8	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	67.0	0.00 CHF
Verpackungsmaterial	-	26.38 CHF

Bilanz

Pflanzen

Produktionsmenge	1964.9952 kg
Anzahl Verkaufseinheiten	98249.76 Stk.
Spezifische Kosten Total	87992.94 CHF
Gestehungskosten pro Verkaufseinheit	0.90 CHF/Stk.

Fische

Produktionsmenge	263.8 kg
Spezifische Kosten Total	6343.09 CHF
Kosten pro Verkaufseinheit	24.04 CHF/kg

Strompreis	0.19 CHF/kWh
Wasserpreis	1.85 CHF/m ³

Jahr 3

Spezifische Kosten für Pflanzenproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Strom Beleuchtung (kWh)	1090176	195733.44 CHF
Wasser Aufzuchtanlage (m ³)	51.744	9.83136 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	212.3	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	2146.2	0.00 CHF
Substrat	-	403.60 CHF
Verpackungsmaterial	-	9169.98 CHF

Spezifische Kosten für Fischproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Futter	-	11108.70 CHF
Fingerlinge	-	3630.29 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	4.3	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	156.4	0.00 CHF
Verpackungsmaterial	-	61.56 CHF

Bilanz

Pflanzen

Produktionsmenge	4584.9888 kg
Anzahl Verkaufseinheiten	229249.44 Stk.
Spezifische Kosten Total	205316.85 CHF
Gestehungskosten pro Verkaufseinheit	0.90 CHF/Stk.

Fische

Produktionsmenge	615.6 kg
Spezifische Kosten Total	14800.55 CHF
Kosten pro Verkaufseinheit	24.04 CHF/kg

Jahr 2

Spezifische Kosten für Pflanzenproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Strom Beleuchtung (kWh)	735840	139809.6 CHF
Wasser Aufzuchtanlage (m ³)	36.96	7.0224 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	151.6	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	1533.0	0.00 CHF
Substrat	-	288.29 CHF
Verpackungsmaterial	-	6549.98 CHF

Spezifische Kosten für Fischproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Futter	-	7934.78 CHF
Fingerlinge	-	2593.07 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	3.1	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	111.7	0.00 CHF
Verpackungsmaterial	-	43.97 CHF

Bilanz

Pflanzen

Produktionsmenge	3274.992 kg
Anzahl Verkaufseinheiten	163749.6 Stk.
Spezifische Kosten Total	146654.89 CHF
Gestehungskosten pro Verkaufseinheit	0.90 CHF/Stk.

Fische

Produktionsmenge	439.7 kg
Spezifische Kosten Total	10571.82 CHF
Kosten pro Verkaufseinheit	24.04 CHF/kg

Jahr 4

Spezifische Kosten für Pflanzenproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Strom Beleuchtung (kWh)	1177344	223695.36 CHF
Wasser Aufzuchtanlage (m ³)	50.136	11.23584 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	242.6	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	2452.8	0.00 CHF
Substrat	-	461.26 CHF
Verpackungsmaterial	-	10479.97 CHF

Spezifische Kosten für Fischproduktion über ein Jahr

	Menge	Preis
Futter	-	12695.65 CHF
Fingerlinge	-	4148.91 CHF
Arbeitszeit Ernte/Verarbeitung (h)	4.9	0.00 CHF
Arbeitszeit Pflege (h)	178.8	0.00 CHF
Verpackungsmaterial	-	70.36 CHF

Bilanz

Pflanzen

Produktionsmenge	5239.9872 kg
Anzahl Verkaufseinheiten	261999.36 Stk.
Spezifische Kosten Total	234647.83 CHF
Gestehungskosten pro Verkaufseinheit	0.90 CHF/Stk.

Fische

Produktionsmenge	703.6 kg
Spezifische Kosten Total	16914.91 CHF
Kosten pro Verkaufseinheit	24.04 CHF/kg

Produkte und Verkauf

Pflanzen

Kilopreis	110 CHF/kg
Verkaufspreis	2.2 CHF/Portion
Mehrwertssteuer	7.7 %
Portionsgrösse	0.02 kg
Gestehungskosten	0.90 CHF
Profitmarge	59.29 %
Mehrwertssteuer	0.17 CHF/Portion
Verkaufserlös abzg. Mwst.	2.03 CHF/Portion
Verkaufserfolg Jahr 1	50 %
Verkaufserfolg Jahr 2	65 %
Verkaufserfolg Jahr 3	75 %
Verkaufserfolg Jahr 4	80 %
Effektiv verkaufte Menge Jahr 1	982.50 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	99752.98 CHF/Jahr
Ausschuss	982.50 kg/Jahr
Effektiv verkaufte Menge Jahr 2	2128.74 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	216131.46 CHF/Jahr
Ausschuss	1146.25 kg/Jahr
Effektiv verkaufte Menge Jahr 3	3438.74 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	349135.43 CHF/Jahr
Ausschuss	1146.25 kg/Jahr
Effektiv verkaufte Menge Jahr 4	4191.99 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	425612.72 CHF/Jahr
Ausschuss	1048.00 kg/Jahr

Fische

Verkaufspreis	17 CHF/kg
Mehrwertssteuer	7.7 %
Mehrwertssteuer	1.31 CHF/kg
Verkaufserlös abzg. Mwst.	15.69 CHF/kg
Gestehungskosten	24.04 CHF/kg
Profitmarge	-41.42 %
Verkaufserfolg Jahr 1	50 %
Verkaufserfolg Jahr 2	65 %
Verkaufserfolg Jahr 3	75 %
Verkaufserfolg Jahr 4	80 %
Effektiv verkaufte Menge Jahr 1	131.92 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	2069.89 CHF/Jahr
Ausschuss	131.92 kg/Jahr
Effektiv verkaufte Menge Jahr 2	285.82 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	4484.76 CHF/Jahr
Ausschuss	153.90 kg/Jahr
Effektiv verkaufte Menge Jahr 3	461.71 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	7244.62 CHF/Jahr
Ausschuss	153.90 kg/Jahr
Effektiv verkaufte Menge Jahr 4	562.84 kg/Jahr
Total Verkaufserlös Jahr 1 (abzg. Mwst.)	8831.53 CHF/Jahr
Ausschuss	140.71 kg/Jahr

Zusammenfassung

Jahr 1	
Total Einnahmen	110'317.30 CHF
Total Einnahmen abzgl. Mwst.	101'822.87 CHF
Betrag Mwst.	8'494.43 CHF
Jahr 2	
Total Einnahmen	239'020.83 CHF
Total Einnahmen abzgl. Mwst.	220'616.22 CHF
Betrag Mwst.	18'404.60 CHF
Jahr 3	
Total Einnahmen	386'110.56 CHF
Total Einnahmen abzgl. Mwst.	356'380.05 CHF
Betrag Mwst.	29'730.51 CHF
Jahr 4	
Total Einnahmen	470'687.16 CHF
Total Einnahmen abzgl. Mwst.	434'444.25 CHF
Betrag Mwst.	36'242.91 CHF

Betriebsausgaben

Fläche der Produktionsanlage	423.64 m ²
Flächenzuschlag für neidlichen Betrieb	30 %
Gesamtfläche des Betriebs	550.74 m ²
Mietpreis pro Quadratmeter	250 CHF/m ² /Jahr
Heizkosten pro Quadratmeter	10 CHF/m ² /Jahr
Stromtarif	0.19 CHF/kWh
Wassertarif	1.85 CHF/m ³
Direkte Bundessteuer	8.5 %
Gewinn- und Kapitalsteuer (24)	8.75 %

Jahr 1

Allgemeine Kosten	
Raumiete	137684.44 CHF/Jahr
Heizkosten	5507.38 CHF/Jahr
Fixe Stromkosten	6243.24 CHF/Jahr
Fixe Wasserkosten	7063.12 CHF/Jahr

Betriebsmittel

Verbrauchsmaterial Labor	900 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Unterhalt	2000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Hygiene	4000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Farbkädeln	1800 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Buchhaltung	2000 CHF/Jahr
Dünger	5000 CHF/Jahr
Saatgut	1980 CHF/Jahr
Nützlinge (Pflanzenschutz)	2000 CHF/Jahr
Medikamente	0 CHF/Jahr
Chemikalien	0 CHF/Jahr
Filtermedium	818 CHF/Jahr

Externe Dienstleistungen

Zertifizierungen und Audits	0 CHF/Jahr
Versicherung	1000 CHF/Jahr
Marketing	2000 CHF/Jahr
Entsorgung	1500 CHF/Jahr
Tierarztkosten	500 CHF/Jahr

Kostenzettel

Steuerelevanter Gewinn	-306'016.91 CHF
Steuerkosten	- CHF
Jährliche Gesamtkosten ohne Steuern	181'996.30 CHF
Jährliche Gesamtkosten mit Steuern	181'996.30 CHF

Jahr 2

Allgemeine Kosten	
Raumiete	137684.44 CHF/Jahr
Heizkosten	5507.38 CHF/Jahr
Fixe Stromkosten	6243.24 CHF/Jahr
Fixe Wasserkosten	7063.12 CHF/Jahr

Betriebsmittel

Verbrauchsmaterial Labor	900 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Unterhalt	2000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Hygiene	4000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Farbkädeln	1800 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Buchhaltung	2000 CHF/Jahr
Dünger	5000 CHF/Jahr
Saatgut	3570 CHF/Jahr
Nützlinge (Pflanzenschutz)	2000 CHF/Jahr
Medikamente	0 CHF/Jahr
Chemikalien	0 CHF/Jahr
Filtermedium	0 CHF/Jahr

Externe Dienstleistungen

Zertifizierungen und Audits	0 CHF/Jahr
Versicherung	1000 CHF/Jahr
Marketing	2000 CHF/Jahr
Entsorgung	1500 CHF/Jahr
Tierarztkosten	500 CHF/Jahr

Kostenzettel

Steuerelevanter Gewinn	-161'071.80 CHF
Steuerkosten	- CHF
Jährliche Gesamtkosten ohne Steuern	182'768.18 CHF
Jährliche Gesamtkosten mit Steuern	182'768.18 CHF

Jahr 2

Allgemeine Kosten	
Raumiete	137684.44 CHF/Jahr
Heizkosten	5507.38 CHF/Jahr
Fixe Stromkosten	6243.24 CHF/Jahr
Fixe Wasserkosten	7063.12 CHF/Jahr

Betriebsmittel

Verbrauchsmaterial Labor	900 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Unterhalt	2000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Hygiene	4000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Farbkädeln	1800 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Buchhaltung	2000 CHF/Jahr
Dünger	5000 CHF/Jahr
Saatgut	3170 CHF/Jahr
Nützlinge (Pflanzenschutz)	2000 CHF/Jahr
Medikamente	0 CHF/Jahr
Chemikalien	0 CHF/Jahr
Filtermedium	0 CHF/Jahr

Externe Dienstleistungen

Zertifizierungen und Audits	0 CHF/Jahr
Versicherung	1000 CHF/Jahr
Marketing	2000 CHF/Jahr
Entsorgung	1500 CHF/Jahr
Tierarztkosten	500 CHF/Jahr

Kostenzettel

Steuerelevanter Gewinn	-238'387.52 CHF
Steuerkosten	- CHF
Jährliche Gesamtkosten ohne Steuern	182'958.18 CHF
Jährliche Gesamtkosten mit Steuern	182'958.18 CHF

Jahr 4

Allgemeine Kosten	
Raumiete	137684.44 CHF/Jahr
Heizkosten	5507.38 CHF/Jahr
Fixe Stromkosten	6243.24 CHF/Jahr
Fixe Wasserkosten	7063.12 CHF/Jahr

Betriebsmittel

Verbrauchsmaterial Labor	900 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Unterhalt	2000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Hygiene	4000 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Farbkädeln	1800 CHF/Jahr
Verbrauchsmaterial Buchhaltung	2000 CHF/Jahr
Dünger	5000 CHF/Jahr
Saatgut	3760 CHF/Jahr
Nützlinge (Pflanzenschutz)	2000 CHF/Jahr
Medikamente	0 CHF/Jahr
Chemikalien	0 CHF/Jahr
Filtermedium	0 CHF/Jahr

Externe Dienstleistungen

Zertifizierungen und Audits	0 CHF/Jahr
Versicherung	1000 CHF/Jahr
Marketing	2000 CHF/Jahr
Entsorgung	1500 CHF/Jahr
Tierarztkosten	500 CHF/Jahr

Kostenzettel

Steuerelevanter Gewinn	-116'575.26 CHF
Steuerkosten	- CHF
Jährliche Gesamtkosten ohne Steuern	182'958.18 CHF
Jährliche Gesamtkosten mit Steuern	182'958.18 CHF

Personalkosten

Ernter / Verarbeiter

Jahressalär vollzeit	0 CHF	
Zuschlag für anfallende Kosten	45 %	Sozialabgaben, Ver
Arbeitszeit	1880 h/Jahr	
Vollzeitäquivalente Jahr 1	0.049 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 2	0.082 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 3	0.115 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 4	0.132 Stk.	
Totalkosten Jahr 1	- CHF	
Totalkosten Jahr 2	- CHF	
Totalkosten Jahr 3	- CHF	
Totalkosten Jahr 4	- CHF	

Marketing

Jahressalär vollzeit	54000 CHF	
Zuschlag für anfallende Kosten	45 %	Sozialabgaben, Verw
Vollzeitäquivalente Jahr 1	0 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 2	0 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 3	0 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 4	0 Stk.	
Totalkosten Jahr 1	0 CHF	
Totalkosten Jahr 2	0 CHF	
Totalkosten Jahr 3	0 CHF	
Totalkosten Jahr 4	0 CHF	

Pfleger

Jahressalär vollzeit	0 CHF	
Zuschlag für anfallende Kosten	45 %	Sozialabgaben, Ver
Arbeitszeit	1880 h/Jahr	
Vollzeitäquivalente Jahr 1	0.525 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 2	0.875 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 3	1.225 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 4	1.400 Stk.	
Totalkosten Jahr 1	- CHF	
Totalkosten Jahr 2	- CHF	
Totalkosten Jahr 3	- CHF	
Totalkosten Jahr 4	- CHF	

Geschäftsführung

Jahressalär vollzeit	54000 CHF	
Zuschlag für anfallende Kosten	45 %	Sozialabgaben, Verw
Vollzeitäquivalente Jahr 1	1 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 2	1 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 3	1 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 4	1 Stk.	
Totalkosten Jahr 1	78300 CHF	
Totalkosten Jahr 2	78300 CHF	
Totalkosten Jahr 3	78300 CHF	
Totalkosten Jahr 4	78300 CHF	

Buchhaltung

Jahressalär vollzeit	54000 CHF	
Zuschlag für anfallende Kosten	45 %	Sozialabgaben, Ver
Vollzeitäquivalente Jahr 1	1 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 2	1 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 3	1 Stk.	
Vollzeitäquivalente Jahr 4	1 Stk.	
Totalkosten Jahr 1	78300 CHF	
Totalkosten Jahr 2	78300 CHF	
Totalkosten Jahr 3	78300 CHF	
Totalkosten Jahr 4	78300 CHF	

Totalkosten alle Lohngruppen

Totalkosten Jahr 1	156600 CHF
Totalkosten Jahr 2	156600 CHF
Totalkosten Jahr 3	156600 CHF
Totalkosten Jahr 4	156600 CHF

Finanzielle Ressourcen

Eigenkapital

Jahr 1	100000 CHF
Jahr 2	50000 CHF
Jahr 3	25000 CHF
Jahr 4	10000 CHF

Kredite und Darlehen

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Betrag (CHF)				
Laufzeit (Mt.)				
Zinsen (%)				
Betrag (CHF)				
Laufzeit (Mt.)				
Zinsen (%)				
Betrag (CHF)				
Laufzeit (Mt.)				
Zinsen (%)				
Totalbetrag	0	0	0	0
Total Zinsen	0	0	0	0

Zusammenfassung finanzielle Ressourcen Total

Jahr 1	100000 CHF
Jahr 2	50000 CHF
Jahr 3	25000 CHF
Jahr 4	10000 CHF

Cash Flow

Cash Flow	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Startbetrag (CF _{Start})	-	-585'414	-810'993	-989'099
Verkäufe	110'317	239'021	386'111	470'687
Gestehungskosten der Produkte	-94'336	-157'227	-220'117	-251'563
Total Betriebskosten	-338'596	-338'968	-339'368	-339'558
Zinsen	-	-	-	-
Steuern	-	-	-	-
Mwst.	-8'494	-18'405	-29'731	-36'243
= Operativer Cash Flow (CF_{Op})	-331'109	-275'579	-203'106	-156'677
Investitionen	-354'305	-	-	-
= Investitionen Cash Flow (CF_{Inv})	-354'305	-	-	-
Freier Cash Flow (CF_{Free} = CF_{Op} + CF_{Inv})	-685'414	-275'579	-203'106	-156'677
Finanzielle Ressourcen	100'000	50'000	25'000	10'000
= Finanzieller Cash Flow (CF_{Fin})	100'000	50'000	25'000	10'000
Cash Flow Total (CF_{Total} = CF_{Free} + CF_{Fin})	-585'414	-225'579	-178'106	-146'677
Endbetrag (CF_{End} = CF_{Start} + CF_{Total})	-585'414	-810'993	-989'099	-1'135'775

Profit and Loss Statement

Gewinn und Verlust	1	2	3	4
Verkaufserlös	101'823	220'616	356'380	434'444
Gestehungskosten der Produkte	-94'336	-157'227	-220'117	-251'563
= Bruttoertrag	7'487	63'390	136'263	182'882
= Brutto Marge	7%	29%	38%	42%
Betriebskosten	-338'596	-338'968	-339'368	-339'558
= Operativer Gewinn (EBITDA)	-331'109	-275'579	-203'106	-156'677
Wertverlust	-25'707	-25'707	-25'707	-25'707
= Gewinn vor Zins und Steuern (EBIT)	-356'817	-301'286	-228'813	-182'384
Zinsen	0	0	0	0
= Gewinn vor Steuern	-356'817	-301'286	-228'813	-182'384
Steuern	-	-	-	-
Netto Gewinn / Verlust	-713'634	-602'572	-457'626	-364'768
= Netto Marge	-18%	17%	31%	36%

Kalkulationszinssatz 0.2 %

Kurzübersicht

Jahr	0	1	2	3	4
Einnahmen Verkauf	-	7'486.84	63'389.51	136'262.65	182'881.51
Variable Kosten	-	94'336.03	157'226.72	220'117.40	251'562.74
Fixkosten	338'596.30	338'596.30	338'968.18	339'368.18	339'558.18
Totalkosten	338'596.30	432'932.33	496'194.89	558'485.58	591'120.92

Gewinn statisch	-338'596.30	-713'633.72	-602'572.14	-457'625.86	-364'768.14
Gewinn abgezinst	-338'596.30	-594'694.77	-418'452.88	-264'829.78	-175'910.56

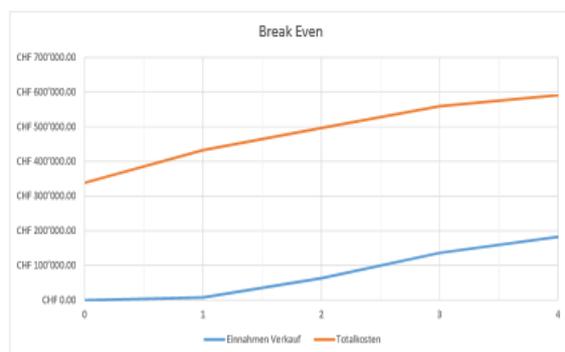
Statische Gewinnrechnung

Kapitalwert:	-1'659'372 CHF
Jahresgewinn:	-534'650 CHF
Paybackzeit:	-0.66 Jahre
Rendite:	-3.02 %

Dynamische Gewinnrechnung

Nettoanwert:	-1'792'484 CHF
Jahresgewinn:	-358'497 CHF
Paybackzeit:	-0.99 Jahre
Rendite:	0.26 %

Durch Zielwertsuche zu ermitteln



7.2 Anhang B

3 Allgemeine Anforderungen an Betriebe mit geringer Kapazität

¹ In einem Betrieb mit geringer Kapazität müssen folgende Räume und Einrichtungen vorhanden sein:

- a. ein Raum für das Schlachten;
- b. ein Kühlraum;
- c. je ein Raum oder, bei geringem Platzbedarf, Schränke in einem hierfür bestimmten Raum für das Lagern von:
 1. Verpackungsmaterial sowie von Verarbeitungshilfsstoffen,
 2. Reinigungs- und Desinfektionsmitteln,
 3. Ersatzteilen, Werkzeugen und technischen Hilfsmitteln wie Schmiermittel;
- d. ein Umkleideraum und Toiletten ohne direkten Zugang zum Schlachtraum;
- e. Behälter für die Entsorgung tierischer Nebenprodukte.

² Die Räume nach Absatz 1 Buchstaben b, c und d können sich auch ausserhalb der Schlachthanlage befinden.

³ In neu zu errichtenden Schlachträumen beträgt die Mindestbodenfläche 25 m². Dabei muss der Abstand zwischen einander gegenüberstehenden Wänden mindestens 3,5 m betragen.

<https://www.admin.ch/opc/de/official-compilation/2005/6591.pdf>

7.3 Anhang C

Art. 1 Anforderungen an die Pflanzenproduktion

¹ Die Anlagen, Ausrüstungen, Behälter, Transportkisten und Transportmittel, die für die Pflanzenproduktion verwendet werden, müssen regelmässig gereinigt werden.

² Frischgemüse und frische Früchte dürfen nur mit Trinkwasser gewaschen werden.

³ Abfälle und gefährliche Stoffe müssen getrennt gelagert werden, sodass eine Kontamination der Lebensmittel und Futtermittel verhindert wird.

⁴ Pflanzenschutzmittel und Biozide sind nach den Anwendungsvorschriften zu verwenden.

⁵ Es sind alle erforderlichen Massnahmen gegen Krankheiten zu treffen, die nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben können.

<https://www.admin.ch/opc/de/official-compilation/2005/6651.pdf>

7.4 Anhang D



Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Zürich, 07.08.19

Unterschrift:



Das Original dieses Formulars ist bei der ZHAW-Version aller abgegebenen Bachelorarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.