

Bau und Betrieb einer Aquaponik-Anlage

Prüfung der Wirtschaftlichkeit und Qualitätsvergleich des
Gemüses mit normalem Gartengemüse



Aquaponik-System

Silvan Luck

Maturitätsarbeit 2021/2022, Kantonsschule Zürcher Unterland, Bülach
Betreuung: Karin Senn, Experte: Simon Schären

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung.....	2
2.1	<i>Theoretische Grundlagen.....</i>	<i>2</i>
2.1.1	Begriff Aquaponik	2
2.1.2	Aufbau meiner Aquaponik-Anlage.....	3
2.1.3	Aquaponik-Systeme	3
2.1.4	Siphons.....	4
2.1.5	Biofilter	5
2.1.6	Theoretische Grundlagen zu den Hypothesen.....	6
2.2	<i>Leitfrage und Fragestellungen.....</i>	<i>7</i>
2.3	<i>Hypothesen.....</i>	<i>7</i>
3	Material und Methode	8
3.1	<i>Bau der Glockensiphons</i>	<i>8</i>
3.2	<i>Bau des Überlaufsystems:.....</i>	<i>9</i>
3.3	<i>Bau des Biofilters.....</i>	<i>10</i>
3.4	<i>Wasserwerte.....</i>	<i>10</i>
3.4.1	Ammonium / Ammoniak	11
3.4.2	Nitrit.....	11
3.4.3	Nitrat.....	12
3.4.4	Karbonathärte.....	13
3.4.5	pH-Wert.....	13
3.4.6	Temperatur	13
3.5	<i>Auswahl der Fische.....</i>	<i>14</i>
3.5.1	Fischfutter	17
3.6	<i>Auswahl der Pflanzen.....</i>	<i>17</i>
3.6.1	Berechnung der Pflanzenfläche	19
4	Versuche und Auswertungen	20
4.1	<i>Versuch 1.....</i>	<i>20</i>
4.1.1	Resultate 1.....	20
4.1.2	Auswertung 1	21
4.2	<i>Versuch 2.....</i>	<i>22</i>
4.2.1	Resultate 2.....	22
4.2.2	Auswertung 2	23
4.3	<i>Versuch 3.....</i>	<i>23</i>

4.3.1	Resultate 3.....	24
4.3.2	Auswertung 3.....	26
4.4	Versuch 4.....	28
4.4.1	Resultate 4.....	29
4.4.2	Auswertung 4.....	30
4.5	Qualitätsvergleich des Gemüses.....	31
4.6	Fischkrankheiten.....	32
4.6.1	Dactylogyrus (Kiemenwurm)	33
4.6.2	Ichthyobodo necator (Costia)	33
4.6.3	Ichthyophthirius multifiliis (Weisspünktchenkrankheit)	34
4.7	Wirtschaftlichkeit.....	34
4.7.1	Budget	34
4.7.2	Break-even-Kalkulation.....	36
5	Diskussion	38
6	Schlusswort	40
7	Literaturverzeichnis	41
8	Abbildungsverzeichnis.....	44
9	Tabellenverzeichnis.....	45
10	Anhang.....	45
11	Danksagung.....	48
12	Eigenständigkeitserklärung.....	49

1 Zusammenfassung

Bereits im Februar 2021 begann ich mit dem Bau meiner Aquaponik-Anlage. Nach dem Beschaffen der Tanks baute ich beim 200-Liter-Tank und beim 400-Liter-Tank je einen Glockensiphon und beim 800-Liter-Tank ein Überlauf-System. Durch ein selbst konzipiertes Bewässerungssystem wurde das Wasser von der 440-Liter-Wanne wieder nach oben in den 200-Liter-Tank befördert, nachdem ein selbst gebauter Biofilter für die Reinigung des Fischwassers gesorgt hatte. Anfangs Mai wurden die ersten Pflanzen eingesetzt und die Anlage mit Harnstoff eingelaufen, bevor vier Wochen später 21 Spiegelkarpfen hinzukamen.

Es zeigte sich, dass die Salat-Samen im Blähton der Aquaponik-Anlage ungefähr drei Tage früher keimten als die restlichen Samen. Allerdings stagnierte das Wachstum der Salate in der Anlage nach wenigen Wochen, die Salate verfärbten sich und starben ab, was vermutlich auf einen Ammoniumüberschuss in der Einlaufphase zurückzuführen war. Die Salate im herkömmlichen Gemüsebeet, welche gleich nah beieinander gepflanzt wurden wie in der Aquaponik-Anlage, schossen vermutlich aus Platz -und Lichtmangel in die Höhe, während die anderen mit mehr Platz von den Schnecken gefressen wurden.

Einige Wochen nach dem vollständigen Bepflanzen der Anlage erkrankten sämtliche Tomaten ausser einer einzigen Vergleichspflanze in der Erde an der Kraut -und Braunfäule und die neuen Salat-Setzlinge bekamen vermutlich die Schwarzfäule, während die Zucchini von Läusen heimgesucht wurde.

Die Spiegelkarpfen mussten nach nur einem Monat getötet werden, da sie von verschiedenen Parasiten befallen waren (Kiemenswürmer, Costia, Weisspünktchenkrankheit).

Daraufhin wurde die Anlage komplett neu bepflanzt und diesmal mit gekauften Setzlingen bestückt. Ohne Fische wurden sie mit Harnstoff, einem Eisendünger (6% Chelat von ED-DHA) und einem Kalium -/ Magnesiumdünger gedüngt. Leider setzte der Dauerregen den Pflanzen erneut zu und der Hagel zerstörte die meisten Pflanzen. Schliesslich wurde der Rest der Pflanzen erneut von Pilzen befallen und die Gurke erkrankte am echten Mehltau. Tendenziell erkrankten die Pflanzen in der Aquaponik-Anlage allerdings schneller an Pilzen als die Vergleichspflanzen in der Erde, was vermutlich an einem Nährstoffmangel lag. Da alle Pflanzen eingingen, konnte kein Qualitätsvergleich mittels einer Degustation vorgenommen werden.

Obwohl die Break-even-Kalkulation ergab, dass es doch noch möglich wäre, nach rund 5 Jahren und 11 Monaten einen Gewinn zu erwirtschaften, lohnt sich in der Praxis eine Aquaponik-Anlage dieser Grösse im heimischen Garten nicht.

2 Einleitung

Bereits im Jahr 2020 habe ich mich mit dem Thema Selbstversorgung und dem Gemüseanbau beschäftigt und während des Shutdowns ein Gemüsebeet mit Tomaten und Radieschen angelegt. Dabei habe ich festgestellt, dass man gerade bei Tomaten, also bei Starkzehrern, nicht auf zusätzlichen Dünger verzichten kann. Auch sonst hat sich der Anbau der Pflanzen als zeitaufwendig erwiesen, da ich einen Schneckenschutz bauen, jäten und täglich giessen musste. Einige Pflanzen sind während meinen Sommerferien auch eingegangen, da sie zu wenig Wasser erhielten.

Als ich während einer Geographiestunde über das Thema Ernährung einen Filmausschnitt mit einer Aquaponik-Anlage gesehen habe, ist für mich klar geworden, dass ich eine solche Anlage im eigenen Garten bauen möchte. Von meinen Eltern wurde mir eine Fläche von 4m² zur Verfügung gestellt. Mein Ziel ist es, darauf möglichst viel hochwertiges Gemüse anzubauen. Da ich im Jahr 2019/2020 im Rahmen von YES mit einigen anderen Mitschülern das Startup Unternehmen AriosoWaters gegründet und mich dabei um die Finanzen gekümmert habe, will ich meine Vorkenntnisse in dieser Maturarbeit gleich anwenden und mich mit der Wirtschaftlichkeit einer solchen Aquaponik-Anlage auseinandersetzen.

2.1 Theoretische Grundlagen

2.1.1 Begriff Aquaponik

Aquaponik ist eine Polykultur, also ein Zusammenspiel aus einem Aquakultur-System, das heisst einer Fischzucht, und einem Hydroponik-System. In einem Hydroponik-System werden Zier- und Nutzpflanzen ohne Substrat kultiviert, so dass deren Wurzeln ständig in einer Nährlösung, einem Gemisch aus Wasser und gelösten Nährstoffen, schwimmen.

Das Ziel eines Aquaponik-Systems ist die Wiederverwertung der Nährstoffe in den Fischexkrementen und im Fischfutter, um so Pflanzen anzubauen.

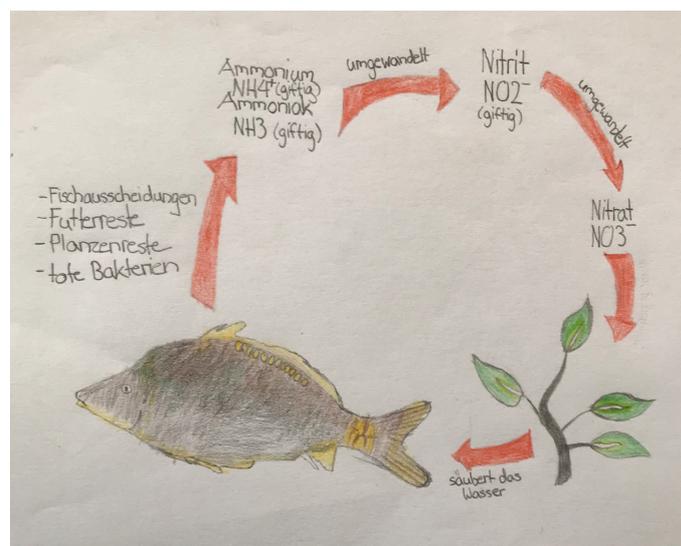


Abbildung 1 Aquaponik Kreislauf

Die Fischexkrementen werden entweder sofort durch die Pflanzen aufgenommen oder durch Bakterien zu Nitrat umgewandelt, was in zwei Etappen abläuft. Zuerst wird das in Fischexkrementen vorhandene Ammonium (NH_4^+) durch Bakterien zum giftigen Nitrit (NO_2^-) und anschliessend in einem zweiten Schritt durch Bakterien in das ungiftige und verwertbare Nitrat (NO_3^-) umgewandelt (Aquavet, 2014).

2.1.2 Aufbau meiner Aquaponik-Anlage

Meine Aquaponik-Anlage besteht aus einem 800-Liter-IBC-Tank mit den Fischen, welches mittels eines Überlaufsystems mit einem 400-Liter IBC-Tank verbunden ist, der leicht erhöht ist. Daraus fließt mittels eines Glockensiphons das Wasser in eine 440-Liter-Wanne, die leicht in den Boden versenkt wurde. Eine Wasserpumpe befördert das Wasser in einen mit Blähton gefüllten 200-Liter-IBC-Tank, der auf dem Fischtank befestigt wird. Dieses dritte Gemüsebeet wird angelegt, damit der zur Verfügung stehende Platz optimal genutzt werden kann und dadurch ein möglichst hoher Ertrag auf einer möglichst kleinen Fläche erzielt werden kann.

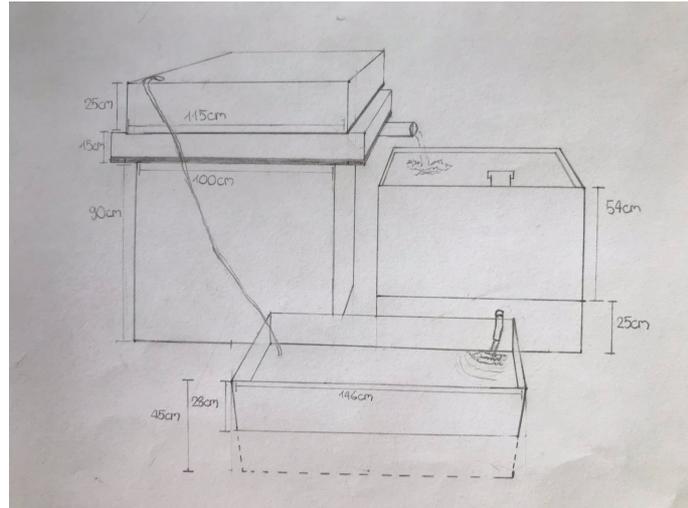


Abbildung 2 Skizze der Aquaponik-Anlage

Von da wird das Wasser mit einem zweiten Glockensiphon wieder zurück in den Fischtank befördert. Somit wird im 200-Liter und 400-Liter IBC-Tank das Ebbe-und-Flut-System angewendet und in der grossen Wanne das Deep-Water-Culture-System, wobei die Pflanzen auf Styroporplatten schwimmen.

2.1.3 Aquaponik-Systeme

Es gibt verschiedene Aquaponik-Systeme, um die Pflanzen zu bewässern. Bei meiner Aquaponik-Anlage habe ich das Deep-Water-Culture-System mit dem Ebbe-und-Flut-System kombiniert.

DWC-System:

Bei Pflanzen, die wenig Sauerstoff benötigen, kommt ein DWC-System beziehungsweise ein Deep-Water-Culture-System in Frage, auch Tiefwasser-Technik genannt. Dabei stecken die Pflanzen in Netztöpfen auf einer Schwimmlatte, meist Styropor, und die Wurzeln hängen durchgehend in der Nährlösung. Mögliche Pflanzen sind Salate, da sie sehr wenig Sauerstoff benötigen. Ein Nachteil dieses Systems ist jedoch, dass die Wurzeln schnell faulen (Van Zyl, 2017, S. 29).

Ebbe -und Flutsystem:

Das Ebbe-und-Flut-System basiert darauf, dass der Wasserstand abwechselnd steigt und sinkt. So ein System braucht immer ein Ventil, zum Beispiel einen Siphon, sodass der Wasserstand in regelmässigen Abständen aus dem Beet abfließt und sich anschliessend wieder langsam auffüllt. Damit wird dafür gesorgt, dass die Pflanzen nicht ständig im Wasser schwimmen und regelmässig mit Wasser, Nährstoffen und Sauerstoff versorgt werden. Dieses System eignet sich vor allem für grössere Pflanzen, welche mehr Sauerstoff benötigen, wie zum Beispiel Tomaten, Gurken oder andere Gemüsepflanzen. Ausserdem haben die Pflanzen auf Grund des Substrates, in meinem Fall Blähton, einen viel besseren Halt (Van Zyl, 2017, S. 25f.).

2.1.4 Siphons

Um das Ebbe-Flut-System zu betreiben, kommen zwei Siphons in Frage, ein U-Siphon oder ein Glockensiphon.

U-Siphon:

Die Funktion und der Aufbau eines U-Siphons ist sehr einfach, er besteht nur aus einem zusammengesetzten Rohr. Je höher der Wasserstand steigt, desto mehr Luft wird nach und nach aus dem Rohr verdrängt (siehe Skizze). Beim höchsten Wasserstand ist das Rohr schliesslich nur noch mit Wasser gefüllt und die komplette Luft wurde verdrängt.

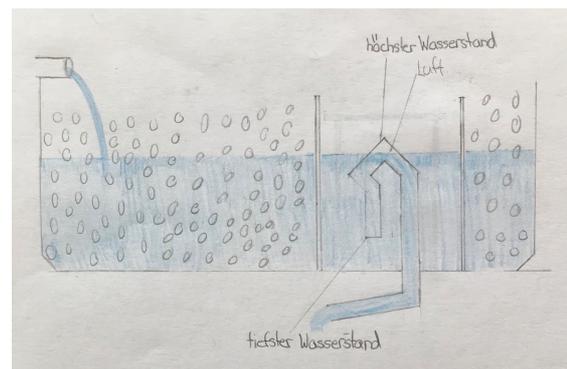


Abbildung 3 Skizze des U-Siphons

Dies führt dazu, dass ein Unterdruck im Rohr entsteht. Um den Druckunterschied zwischen dem Rohr und der Atmosphäre auszugleichen, fließt das Wasser in einem hohen Tempo nach aussen, bis kein Wasser mehr angesogen werden kann und somit Luft angesogen wird. Der Druckunterschied löst sich und das Becken füllt sich langsam wieder auf.

Glocken-Siphon:

Beim Glocken-Siphon wird das ganze Becken langsam aufgefüllt. Sobald der Wasserpegel die oberste Stelle des innersten Rohres (Standrohr) erreicht, beginnt das Wasser langsam mit niedrigem Druck abzufließen. Währenddessen füllt sich die Glocke immer mehr mit Wasser und verdrängt somit die darin vorhandene Luft. Die Luft wird durch das Standrohr nach unten gedrückt,

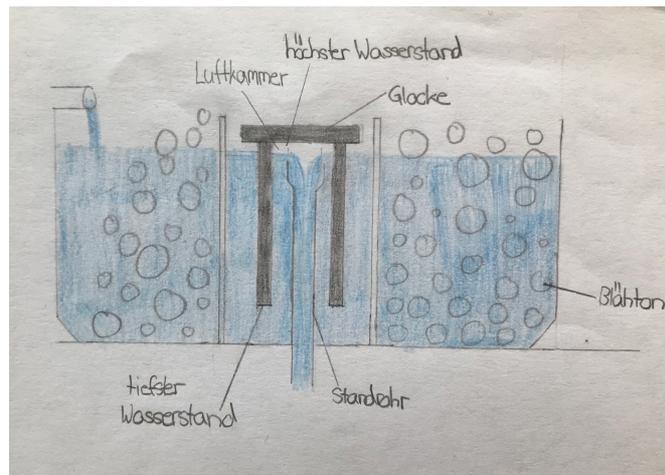


Abbildung 4 Skizze des Glockensiphons

bis in der Glocke nur noch Wasser vorhanden ist. Dadurch entsteht in der Glocke ein Unterdruck, was zu einer Druckdifferenz zwischen der Glocke und der Atmosphäre führt. Um diesen auszugleichen, fließt nun das Wasser mit einem viel höheren Druck ab, bis der tiefste Wasserstand erreicht ist. Bei diesem Wasserstand kann aufgrund der Löcher beim Glockenrohr Luft in die Glocke hinaufgesogen werden, was den Unterdruck löst und dazu führt, dass sich das Vakuum löst. Der tiefste Wasserstand ist somit dort, wo das Glockenrohr Löcher hat (Castelo, 2021).

Bei meiner Aquaponik-Anlage habe ich mich für zwei Glocken-Siphons entschieden, was daran liegt, dass der Bau eines U-Siphons zwar sehr einfach ist, er aber auch sehr viel Platz benötigt und so den Ertrag mindert. Zudem ist ein Glocken-Siphon viel zuverlässiger.

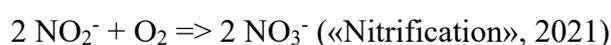
2.1.5 Biofilter

Der wichtigste Teil der Aquaponik-Anlage ist der Filter. Er sorgt dafür, dass das Wasser im Fischtank wieder gesäubert wird und die Ausscheidungen der Fische in Nährstoffe für die Pflanzen umgewandelt werden. Diesen Prozess nennt man Nitrifikation. Die durch die Ausscheidungen vorhandenen Ammonium-Ionen (NH_4^+) und das Ammoniak (NH_3) werden durch den Biofilter zu Nitrat (NO_3^-) umgewandelt.

In einem ersten Schritt werden die Ammonium-Ionen (NH_4^+) mit Hilfe von Nitrosomonas zum giftigen Nitrit (NO_2^-) oxidiert:



Im zweiten Teilprozess geht es um die Oxidation von Nitrit zu Nitrat:



Der grösste Teil der Filteranlage bildet das Substrat. In meinem Fall habe ich mich für Blähton entschieden, was zwar ziemlich teuer ist, jedoch eine grosse Oberfläche besitzt und somit perfekt für die Ansiedlung der Bakterien geeignet ist. Wenn kein zusätzlicher Biofilter eingesetzt wird, muss der ganze Stoffwechsel komplett in den Beeten stattfinden. Um genügend Platz für die Bakterien zu haben wird empfohlen, pro Liter Fischwasser einen Liter Substrat zu verwenden. Da mein Fischtank 800 Liter fasst, heisst das, dass ich 800 Liter Blähton benötige, um genügend «Wohnraum» für die Bakterien zu schaffen. In meinem Fall habe ich nur ungefähr 600 Liter Blähton, weshalb ich noch einen zusätzlichen Biofilter mit 25 Liter Hel-X gebaut habe. Helix oder auch Hel-X ist ein Biofilter-Medium, welches eine enorm grosse Oberfläche hat, wodurch sich die Bakterien wunderbar vermehren können. Durch diesen separaten Biofilter kann die Menge an Substrat stark reduziert werden (Weber, 2020).

2.1.6 Theoretische Grundlagen zu den Hypothesen

In einer Aquaponik-Anlage hängen die Wurzeln direkt in einer Nährstofflösung oder werden regelmässig mit einer Nährstofflösung überflutet. Sie haben somit immer genug Wasser, Nährstoffe und Sauerstoff, also alles, was sie benötigen. Dadurch brauchen die Wurzeln weniger Platz im Boden, das heisst die Salate können enger nebeneinander gepflanzt werden. Im Gegensatz dazu besitzen die Pflanzen in einem herkömmlichen Beet oft ein sehr grosses Wurzelsystem, um nicht auszutrocknen und an Nährstoffe zu gelangen. Es wird somit viel Energie und Zeit in den Bau des Wurzelsystems gesteckt. In einer Aquaponik-Anlage kann diese überschüssige Energie genutzt werden, um die Weiterentwicklung der Pflanze voranzutreiben. Im Gegensatz zur herkömmlichen Gemüsebepflanzung kommt es in einer Aquaponik-Anlage nur darauf an, dass die Pflanzen über dem Substrat genügend Platz haben, um sich zu entwickeln. Wichtig ist nur, dass eine ständige Luftzirkulation möglich ist und die Pflanzen genügend Licht haben. Wegen des relativ kleinen Wurzelballs, der sich in der Aquaponik-Anlage entwickelt, sind die Pflanzen wieder leicht zu entfernen, falls sie doch oberirdisch zu wenig Platz haben. Zusätzlich werden Pflanzen in einer Aquaponik-Anlage viel weniger krank und faulen seltener. Man geht davon aus, dass dies daran liegt, dass es in einem Aquaponik-System sehr viele Bakterien hat, welche den Pflanzen helfen und sie unterstützen, wodurch sie weniger anfällig für Pilze, Bakterien oder Viren sind (Bernstein, 2013, S.172). (vgl. Hypothesen 1&2)

Ob sich eine solche Anlage wirtschaftlich lohnt, hängt vor allem von der Grösse ab. Ein Aquaponik-Konzept ist rentabel, wenn die Anlagen ausreichend groß dimensioniert werden (Kloas, 2020). (vgl. Hypothesen 3)

2.2 Leitfrage und Fragestellungen

Das Ziel meiner Maturarbeit ist es, im eigenen Garten eine Aquaponik-Anlage auf einer Fläche von 4 m² zu bauen, die Haltung von Fischen (20 Spiegelkarpfen) und der Anbau von Gemüse. Zudem soll die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage überprüft und die Qualität des Gemüses (Wachstum, Aussehen, Grösse, Gewicht, Geschmack, etc.) mit dem Gemüse verglichen werden, das auf herkömmliche Art und Weise bewirtschaftet wurde.

Mit meiner Arbeit möchte ich folgende Frage beantworten:

Lohnt sich eine Aquaponik-Anlage dieser Grösse im heimischen Garten und liefert sie in kürzerer Zeit mehr Ertrag, welches qualitativ besser ist als bei einem Gemüsebeet, das auf herkömmliche Weise betrieben wird?

Aus dieser Leitfrage lassen sich diese spezifischen Fragestellungen ableiten:

1. Kann in einer Aquaponik-Anlage auf der gleichen Fläche mehr Gemüse angebaut werden als in einem herkömmlichen Gemüsebeet?
2. Kann in einer Aquaponik-Anlage in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden, welches punkto Aussehen, Geruch und Geschmack das Gemüse des herkömmlichen Gemüsebeets überbietet?
3. Lohnt sich eine Aquaponik-Anlage dieser Grösse im heimischen Garten wirtschaftlich gesehen?

2.3 Hypothesen

Mit Hilfe der theoretischen Grundlagen wurden folgende drei Hypothesen aufgestellt, die es zu überprüfen gilt:

1. *In einer Aquaponik-Anlage kann auf der gleichen Fläche mehr Gemüse angebaut werden als in einem herkömmlichen Gemüsebeet (vgl. Versuch 1).*
2. *In einer Aquaponik-Anlage kann in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden, welches punkto Aussehen, Geruch und Geschmack das Gemüse des herkömmlichen Gemüsebeets übertrifft (vgl. Versuch 2, Versuch 3 & Versuch 4).*
3. *Die anfänglich hohen Kosten für den Bau zahlen sich nach ein paar Jahren aus (vgl. Wirtschaftlichkeit).*

3 Material und Methode

3.1 Bau der Glockensiphons

Zunächst wurde ein Modell gebaut, um den Siphon in kleinem Rahmen zu testen und nicht Unmengen an Wasser zu verschwenden. Dabei wurde in eine alte Plastikbox ein Loch in der gleichen Grösse wie beim IBC-Tank gebohrt und der Siphon über dem Lavabo getestet.



Abbildung 5 Modell für den Bau eines Glockensiphons

Grundsätzlich besteht ein Glocken-Siphon aus vier verschiedenen Teilen. Der erste Teil ist das grosse Rohr, welches dazu da ist, um den Blähton oder andere Schmutzpartikel abzufangen. Das zweitgrösste Rohr ist das Glockenrohr. Es sorgt dafür, dass ein Vakuum entsteht und zeigt den tiefsten Wasserstand an. Das kleinste Rohr, auch Standrohr genannt, bestimmt den höchsten Wasserstand. Der letzte Teil besteht aus mehreren zu einem «U» zusammengesteckten Rohren und bildet das Übergangsstück zwischen dem ersten und dem zweiten Behälter. Dieser Teil ist leicht gebogen, um zu verhindern, dass Luft von unten angesaugt und das Vakuum gelöst wird und sich so der Druckunterschied löst.



Abbildung 6 Glockensiphon

Bei einem optimalen System sollte das ganze Fischwasser einmal pro Stunde durch den Biofilter fliessen (Weber, 2020).

Bei dieser Fliessgeschwindigkeit wird allerdings das Ebbe-und-Flut-System viel zu schnell mit Wasser gefüllt, was dazu führt, dass beim tiefsten Wasserstand zu wenig Luft nach oben gesogen werden kann. Das Vakuum löst sich zwar leicht, wird jedoch nachher sofort wieder aufgrund der grossen Wassermassen neu gebildet. Sobald der niedrigste Wasserstand erreicht ist, wird Luft von unten angesogen. In der Zwischenzeit fliesst



Abbildung 7 Installierung des Glockensiphons

jedoch weiterhin Wasser in das Becken, was dazu führt, dass sich das Vakuum aufgrund der Luft, die kurzzeitig angesogen wird, zwar leicht löst, aber anschliessend sofort wieder neu entsteht.

Dadurch bleibt der Wasserstand durchgehend niedrig, so dass junge Pflanzen mit noch kurzen Wurzeln eingehen würden. Deshalb wurde ein kleiner Schlauch am mittleren Rohr befestigt, sodass nach dem Erreichen des tiefsten Wasserstandes noch zusätzlich Luft nach oben gezogen werden kann und sich das Vakuum komplett löst.

Während dies am Modell wunderbar funktioniert hat, zeigte sich, dass es beim 200-Liter-IBC-Tank noch ein zweites Luftrohr am innersten Rohr braucht, um das Vakuum zuverlässig zu lösen, während beim 400-Liter-Tank ein Luftrohr genügt.

Die Fliessgeschwindigkeit des Wassers wurde mittels eines Litergefässes und einer Stoppuhr getestet. Allerdings stellte sich heraus, dass immer wieder Blüten, Blätter oder andere Verunreinigungen die Pumpe verstopften und somit die Durchflussgeschwindigkeit verringerten. Dadurch hatte das Wasser teilweise zu wenig Druck, so dass die Glockensiphons nicht richtig funktionierten. Zu guter Letzt verursachte die Wasserpumpe einen Kurzschluss und musste ersetzt werden. Aus diesem Grund wurde das gesamte Bewässerungssystem durch grössere Schläuche und einen Regler für die Durchflussgeschwindigkeit ersetzt. In der Folge funktionierten die Siphons wieder einwandfrei.



Abbildung 8 neues Bewässerungssystem

3.2 Bau des Überlaufsystems:



Abbildung 9 Überlaufsystem

Bei der Verbindung des Fischtankes mit dem 400-Liter-IBC-Tank habe ich mich für ein Überlaufprinzip entschieden. Dadurch wurde sichergestellt, dass das Fischbecken nicht überläuft. Zusätzlich werden dabei auch Verschmutzungen und Ausscheidungen der Fische nach oben gezogen, so dass diese nicht im Fischtank bleiben und mühsam abgesaugt werden



Abbildung 10 Bau des Überlaufsystems

müssen. Dies passiert, weil das Wasser von unten über das PVC-Rohr aus dem Becken entweichen möchte und dabei eine Sogwirkung entsteht, die Verschmutzungen in Bodennähe mitnimmt.

3.3 Bau des Biofilters

Beim Bau der beiden ersten Biofilter wurde ein Laubstoppgitter für Dachrinnen zugeschnitten, mit Hel-X gefüllt, mit Draht zusammengebunden und mit Steinen in der 440-Liter-Wanne versenkt. Leider zeigte sich, dass der Filter zu wenig effektiv war, deshalb wurde die Anzahl auf vier Gitter erhöht, was jedoch auch nicht den gewünschten Erfolg lieferte. Das Problem war, dass das Wasser den Weg mit dem kürzesten Widerstand nimmt und so nie durch meine Filteranlage durchmusste. Deshalb wurde mittels eines quadratischen Topfes noch eine weitere Filteranlage gebaut. In den Boden des Topfes wurden Löcher gebohrt, darüber eine Filtermatte gelegt und diese mit Steinen beschwert.



Abbildung 11 Hel-X in Laubstoppgitter



Abbildung 12 neuer Filter

Danach kam wiederum eine Schicht Hel-X, auf denen sich Bakterien aufgrund der grossen Oberfläche wunderbar ansiedeln konnten. Noch besser wäre gewesen, das Wasser in mehreren Bahnen durch die Wanne zu lenken, doch diese Variante wäre aufwändiger und mit höheren Kosten verbunden gewesen. Zudem zeigte sich, dass der Bau des neuen «Topffilters» genügend Wirkung hatte, denn zuletzt stieg der Nitritwert nie höher als 0.1 mg/l.

3.4 Wasserwerte

Bei einer Aquaponik-Anlage ist es sehr wichtig, dass die Wasserwerte stimmen und sich selbständig regulieren, denn anders als bei einem Aquarium werden nicht regelmässig Wasserwechsel durchgeführt. Gerade zu Beginn kann es sehr schnell vorkommen, dass die Werte kippen und die Fische und Pflanzen an den schlechten Wasserwerten krank werden oder im schlimmsten Fall sterben. Um dies zu verhindern, wurden regelmässig die



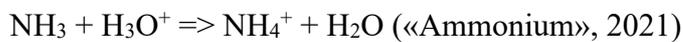
Abbildung 13 Tropfentests von lets-grow

Wasserwerte mit den Tropfentests von lets-grow kontrolliert. Später wurden auch noch die Tropfentests von Tetra und die JBL Aquatests verwendet. Besonders wichtig ist der Ammonium-/Ammoniakwert, der Nitrit-Wert, der Nitrat-Wert und der pH-Wert.

3.4.1 Ammonium / Ammoniak

Aufgrund des Stoffwechsels der Fische, also den Ausscheidungen, entsteht Ammonium (NH_4^+). Auch durch das Absterben von Bakterien, Pflanzen oder toten Fischen entsteht viel Ammonium, das schliesslich mit Hilfe von Bakterien zum ebenfalls giftigen Nitrit umgewandelt wird. Bei einem pH-Wert von über 7 entsteht durch die Zersetzung der Ausscheidungen, der Pflanzenreste und toten Bakterien zudem Ammoniak (NH_3), welches für die Fische noch schädlicher ist als Ammonium.

Die Formel für die Umwandlung von Ammonium zu Ammoniak bei pH-Wert > 7 lautet:



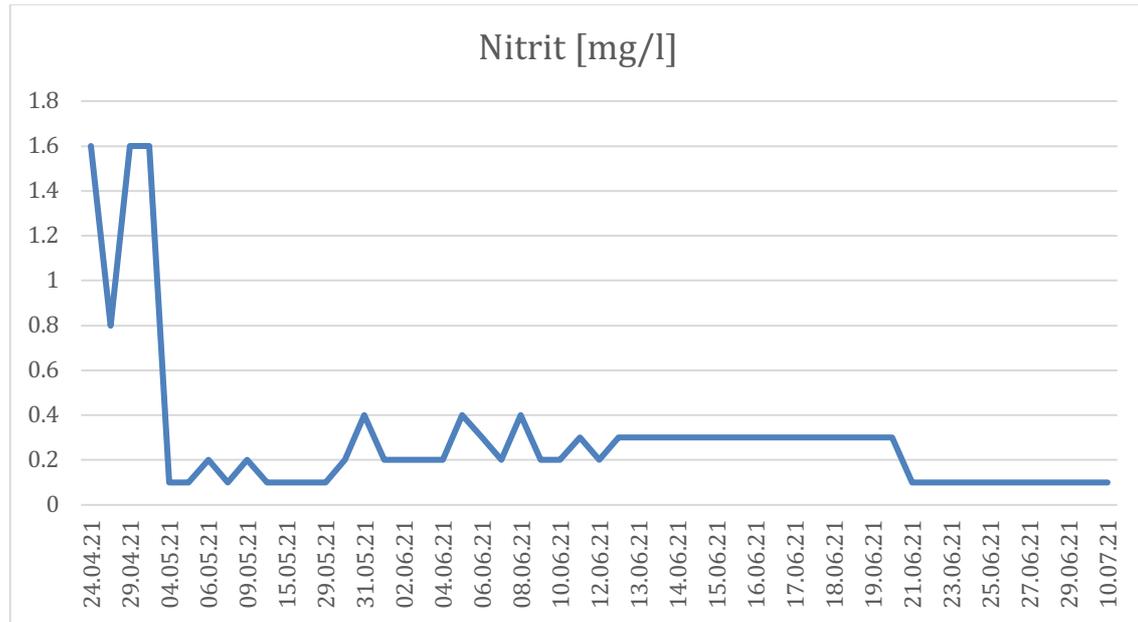
Da in meinem System der pH-Wert durchgehend bei 7.5 lag, war es besonders wichtig, NH_3 und NH_4^+ zu messen. Bei meiner Aquaponik-Anlage lag der Ammonium-Wert durchgehend bei weniger als 0.02 ppm, das heisst, dass von Anfang an recht viele Bakterien vorhanden waren, welche für die Umwandlung von Ammonium zu Nitrit nötig waren (Saurer, 2021).

3.4.2 Nitrit

Nitrit ist ein Zwischenprodukt, es entsteht durch die Oxidation von Ammonium und wird in einem zweiten Schritt durch Bakterien zu Nitrat umgewandelt. Ein zu hoher Nitrit-Wert zeugt von einer Störung der Nitrifikation, es hat also zu wenig Bakterien, welche Nitrit zu Nitrat umwandeln, was sehr schnell sehr gefährlich werden kann, da Nitrit hochgiftig ist (Saurer, 2021).

Deshalb habe ich, sobald der Nitrit-Wert 0.3 mg/l erreicht hat, einen Teilwasserwechsel durchgeführt.

Tabelle 1 Nitrit-Werte



Während der Einlaufphase, in der regelmässig etwas Harnstoff hinzugefügt wurde, stieg der Nitrit-Wert stark an, da es noch keine Bakterien hatte, welche Nitrit in Nitrat umwandelten. Es gab einen sogenannten Nitrit-Peak, bevor der Wert wieder langsam sank. Zu dieser Zeit waren bereits einige Pflanzen im System, aber noch keine Fische. Da der Nitritwert sehr stark anstieg, wurde am 25.04.2021 ein Teilwasserwechsel durchgeführt. Nachdem die Nitritwerte stabil waren, kamen am 29.05.2021 21 Spiegelkarpfen hinzu. Obwohl die Fische zu Beginn nur mässig gefüttert wurden, stieg der Nitritwert wieder an. Ein mögliches Problem war, dass das Fischfutter von Hokovit von den Fischen nicht gut aufgenommen wurde und im Wasser auseinanderfiel, was das System belastet hat. Sobald der Wert über 0.3 mg/l stieg, wurde ein Teilwasserwechsel vorgenommen. Auch der Bau von zwei zusätzlichen Biofiltern und der Wechsel des Fischfutters brachte zunächst nicht den gewünschten Erfolg, so dass bis zum 20.06.2021 sehr häufig Teilwasserwechsel durchgeführt wurden. Erst nach dem Bau eines neuen Biofilters, bei dem das Wasser gezwungen wurde, durch den Filter hindurchzufließen, sank der Nitritwert gegen Null, und die Fische konnten richtig gefüttert werden.

3.4.3 Nitrat

Nitrat ist nichts anderes als das Endprodukt bei der Umwandlung von Ammonium. Doch anders als Ammonium und dem Zwischenprodukt Nitrit ist Nitrat ungiftig und kann von den Pflanzen aufgenommen werden. Allerdings kann auch Nitrat in einer zu hohen Dosis zu einem Problem werden. Dies zeugt nämlich von einem Ungleichgewicht zwischen den Fischen (Stickstoffquelle) und den Pflanzen (die Verbraucher).

Zu hohe Nitratwerte fördern ausserdem das Algenwachstum, was dem Wasser Sauerstoff entzieht und somit weder für die Pflanzen noch für die Fische gut ist. Zu wenig Nitrat ist jedoch auch schlecht, da Nitrat der Nährstoff für die Pflanzen ist (Saurer, 2021).

Bei meinem System lag der Nitratwert ziemlich konstant bei 15 - 20 mg/l.

3.4.4 Karbonathärte

Der KH-Wert ist ein Mass dafür, wie viele Mineralien (vor allem Magnesium und Calcium) im Wasser gelöst sind. Je mehr Mineralien, desto höher ist der KH-Wert. Wenn der KH-Wert sehr tief ist, kommt es zu einem sogenannten Säuresturz, das heisst der pH-Wert geht in den Keller und das Wasser wird sehr sauer. Die Mineralien im Wasser werden von den Fischen verbraucht, um ihr Immunsystem aufrecht zu erhalten, die Pflanzen verbrauchen die Mineralien auch, um sich zu entwickeln, und die Bakterien benötigen die Mineralien, um Schadstoffe abzubauen. Deshalb sollte die Karbonathärte in Süsswasseraquarien nie unter 5°dH fallen. In Hochfelden haben wir sehr hartes Wasser, sodass bei meiner Aquaponik-Anlage der KH-Wert durchgehend bei 16 °dH lag. Das bedeutet, dass der pH-Wert sehr stabil ist. Karpfen mögen mittleres bis hartes Wasser, nur die Pflanzen bevorzugen weiches Wasser (Groh, 2021).

3.4.5 pH-Wert

Der pH-Wert ist ein Mass für den Charakter des Wassers. Entweder ist es sauer, wenn er sich unter 7 befindet oder basisch, wenn er oberhalb 7 liegt. 7 beschreibt den neutralen Bereich. Fische und Pflanzen können nur bei einem bestimmten Wert leben, und je nach Fischart / Pflanzenart ist die Toleranz grösser. Bei den Spiegelkarpfen könnte der pH-Wert zwischen 6-10 liegen. Allerdings bevorzugen sie einen pH-Wert von 7-8, somit ist der pH-Wert in meiner Aquaponik-Anlage, der bei 7.5 liegt, perfekt. Aufgrund der Artenvielfalt in einer Aquaponik-Anlage sollte der pH-Wert sowieso zwischen 6 und 8 liegen. Bei höheren pH-Werten entsteht nämlich mehr giftiges Ammoniak als das weniger giftige Ammonium. Bei niedrigen pH-Werten ist dafür das Nitrit giftiger für die Pflanzen und die Tiere, da mehr Nitrit in die giftige salpetrige Säure und in Salpetersäure umgewandelt wird (Saurer, 2021)



3.4.6 Temperatur

Da sich meine Aquaponik-Anlage wirtschaftlich lohnen sollte, habe ich mich dafür entschieden, das Fischbecken weder zu heizen noch zu kühlen, um so Stromkosten zu sparen.

Aus diesem Grund habe ich mich für Pflanzen und Fische entschieden, welche diesem Klima gewachsen sind und sich während den Sommermonaten optimal entwickeln können. Spiegelkarpfen sind sehr tolerant und können Temperaturen von 10°C bis 30°C aushalten, allerdings beginnen sie erst bei einer Temperatur von ca. 20°C zu fressen. Die Sommermonate sind deshalb in der Schweiz optimal für diesen Fisch. Im Herbst beabsichtige ich, die Fische zu schlachten, um Heizungskosten zu umgehen. Der Kopfsalat benötigt eher kühlere Temperaturen, während die Berner Rose Temperaturen von 20-25 °C bevorzugen. In meiner Aquaponik-Anlage wurden von Anfangs Mai bis Ende August Temperaturen von 11,6°C bis 27,5°C gemessen.

3.5 Auswahl der Fische

Um eine hohe Wirtschaftlichkeit zu erlangen, müssen die Fische essbar und geniessbar sein, möglichst schnell wachsen, unter europäischen Klimabedingungen leben können und ein angenehmes Verhalten aufweisen. Häufige Fische für eine Aquaponik-Anlage sind Goldfische, welche für mich jedoch nicht in Frage kommen, da sie nicht essbar sind. Auch der Tilapia, ebenfalls ein bevorzugter Fisch in der Aquaponik-Anlage, scheidet aus, da er warmes Wasser bevorzugt und ich sonst noch eine Heizung einbauen müsste, was weitere Kosten nach sich ziehen würde. Nach intensiver Abwägung der Vor- und Nachteile der infrage kommenden Fische habe ich



Abbildung 14 Freilassung der Spiegelkarpfen

mich für den Spiegelkarpfen entschieden. Dieser Fisch erreicht bereits nach einem Jahr ein Schlachtgewicht von 500 Gramm. Sobald die Wasserwerte gut sind, das heisst der Nitritwert gegen Null strebt, können die Fische besorgt werden. Bei mir war dies etwa vier Wochen nach dem Einsetzen der Pflanzen so weit.

Bei der Berechnung der Anzahl Fische gilt, dass pro 100 Liter Substrat 2 kg Erntefisch rauskommen sollte, was vier Fischen entspricht, wenn man von einem Schlachtgewicht von 500 Gramm ausgeht (Weber, 2020). Um auf der sicheren Seite zu sein, habe ich nur mit 600 Liter Substrat (Blähton) gerechnet, was 24 Fischen entsprechen würde.

Deshalb wollte ich mit 20 Spiegelkarpfen starten in der Absicht, diese allenfalls später aufstocken zu können. Ein Fisch kam als «blinder Passagier» mit, so dass ich am 29. Mai 2021 stolzer Besitzer von 21 ca.100 g schweren und ca. 14 cm grossen Spiegelkarpfen wurde.

Tabelle 2 Auswahl der Fische

	Spiegelkarpfen	Schleie	Wels	Tilapia
Geschmack	nicht modrig, sondern nussig; starker Eigengeschmack (wenig Gewürze nötig)	feste Konsistenz, fettarm, nussiges Aroma	nur junge Fische geniessbar, ähnelt Kalbfleisch	leicht süßlich, nussig, sehr zart und dennoch robust in der Zubereitung.
Geräte	viele	wenig	wenig	wenig
Wachstum	sehr schnell (500g nach dem 1. Jahr)	langsam (mit 3 Jahren erst 25 cm gross)	extrem schnell (20-50 cm pro Jahr)	sehr schnell (200g- 800g pro Jahr)
Verhalten	freundlich	freundlich	aggressiv	freundlich
Überwinterung	möglich	möglich	möglich	nicht möglich
Haltung	einfach	einfach	einfach	einfach
pH-Wert	pH-Wert von 6-10	pH-Wert von 6-9.5	pH-Wert von 5.5-8	pH-Wert von 6-9
Strömung	nein	nein	nein	nein
Wassertemperatur	10-30°C	12-26°C	25-27°C, verträgt tiefere Temperaturen, frisst dann aber weniger	20-35°C
Zucht	nach 3 Jahren geschlechtsreif	nach 4 Jahren geschlechtsreif	nach 4 Jahren geschlechtsreif	nach weniger als einem Jahr geschlechtsreif

	Regenbogenforelle	Hecht	Egli
Geschmack	weiß, zart, würzig und fettarm	sehr fettarmes, festes und helles Fleisch mit aromatischem Geschmack	mager, fest, sehr fettarm und eiweissreich
Geräte	viele, aber leicht zu entfernen	sehr viele	viele aber leicht zu entfernen
Wachstum	sehr schnell (nach zwei Jahren bis zu 3kg schwer)	sehr schnell (nach 4 Jahren fast einen Meter lang)	sehr langsames Wachstum, nach dem 2. Lebensjahr erst 20 cm gross
Verhalten	freundlich	Kannibalismus/grosse Gefräßigkeit	freundlich, sehr schreckhaft und lichtscheu
Überwinterung	möglich	möglich	möglich
Haltung	braucht Strömung	einfach	einfach
pH-Wert	pH-Wert 6.5-8	zu Beginn heikel, pH-Wert nicht über 7.2, später darf er höher sein	überlebt auch bei sehr tiefem pH-Wert
Strömung	ja	nein	nein
Wassertemperatur	8-16°C	6-20°C	3-30°C
Zucht	nach 2 Jahren geschlechtsreif	nach 2-4 Jahren geschlechtsreif	nach 2 Jahren geschlechtsreif

(Anderson, 2019)

(Linder, 2017)

(Parlevliet & Grewe & Schmidt, 2020)

(Verflassen, 2019)

(Weber, 2020)

3.5.1 Fischfutter

Die Auswahl des Fischfutters ist wichtig, da das Futter auch gleichzeitig Nahrung für die Pflanzen ist und später das Gemüse von uns Menschen gegessen werden soll. Deshalb kommt für mich nur Futter in Frage, welches komplett ohne Chemie auskommt und möglichst regional hergestellt wird. Das Fischfutter von Hokovit erfüllt alle Kriterien. Es wird in der Schweiz hergestellt und besteht nur aus pflanzlichen Inhaltsstoffen. Der Vorteil bei pflanzlichem Futter ist, dass kein Fischmehl oder Fischöl verwendet wird, sodass die Meere nicht noch mehr überfischt werden. Ich konnte es direkt beim Fischzüchter in Bangerten beziehen (Jenni, 2021).

Leider musste ich feststellen, dass das Futter von den Fischen zu Beginn nicht gut aufgenommen wurde und sie es teilweise wieder rausspuckten, da es zu gross war. Ausserdem zerfällt es schnell und belastet so das System. Deshalb habe ich zusätzlich noch etwas Schwimmfutter bei lets-grow gekauft, welches von sehr guter Qualität ist, leider jedoch dennoch Fischmehl enthält. Ich hoffte, später auf das Fischfutter von Hokovit zurückgreifen zu können.

Das Fischfutter von lets-grow wurde speziell auf die Anforderungen von Tilapien und Karpfen zugeschnitten und enthält alles, was die Pflanzen bei jeder Phase ihres Wachses brauchen. Es kommt komplett ohne chemische Zusatzstoffe aus.

3.6 Auswahl der Pflanzen

Um herauszufinden, welche Pflanzen sich für das Aquaponik-System eignen, habe ich eine Auswahl an Gemüsepflanzen getroffen und diese je nach Angaben auf den Samentütchen angesäht. Ausgewählt habe ich sowohl Starkzehrer wie die Tomaten, als auch Schwachzehrer wie die Salate. Die Berner Rosen sind relativ heikel und vertragen nur hohe Temperaturen und wenig Regen, doch



Abbildung 15 Pflanzensetzlinge

da ich das Jahr zuvor mit diesen Tomaten einen grossen Ertrag erzielt habe und sie mich auch geschmacklich überzeugt haben, wollte ich es dennoch auch mit dieser heikleren Sorte probieren.

Tabelle 3 Aussaattabelle

Pflanzenarten	Aquaponik-Anlage	Herkömmlicher Gemüseanbau	Pflanzen- ausaat
Tomaten	6 Berner Rosen (400-Liter IBC-Tank)	6 Berner Rosen (40-Liter-Töpfe)	28.02.2021
Basilikum	3 Basilikum (400-Liter IBC-Tank)	3 Basilikum (Gemüsebeet und 40- Liter-Topf)	26.03.2021
kleine Peperoni	2 kleine Peperoni (400-Liter IBC-Tank)	2 kleine Peperoni (Gemüsebeet)	28.02.2021
Peperoni	2 Peperoni (400-Liter IBC-Tank)	2 Peperoni (40-Liter-Töpfe)	28.02.2021
Gurken	3 Minigurken (200-Liter IBC-Tank)	3 Minigurken (Gemüsebeet)	30.04.2021
Salat (Eisberg)	10 Eisbergsalate (200-Liter IBC-Tank)	10 Eisbergsalate (Vierkanttöpfe, 9x9cm)	26.03.2021- 30.04.2021
Cherryto- maten	4 orange Cherrytomaten 2 rote Cherrytomaten (200-Liter IBC-Tank)	2 orange Cherrytomaten 2 rote Cherrytomaten (Gemüsebeet und neben Berner Rosen in 40-Li- ter-Töpfe)	15.03.2021
Salat (Kopfsalat)	34 grüne Kopfsalate 16 rotbraune Kopfsalate (440-Liter-Wanne)	17 grüne Kopfsalate 8 rotbraune Kopfsalate (Vierkanttöpfe, 9x9cm)	26.03.2021- 30.04.2021

3.6.1 Berechnung der Pflanzenfläche

Bei der Planung einer Aquaponik-Anlage ist es wichtig zu wissen, wie viel Fläche die Pflanzen einnehmen dürfen, damit genug Pflanzen vorhanden sind, welche die Nährstoffe aufnehmen und so das Wasser säubern. Bei meinem System habe ich mit 20 Spiegelkarpfen gerechnet, die Ende Saison ca. 500 Gramm schwer sind. Das wären also zuletzt 10 kg Fisch. Jeder Fisch frisst pro Tag 2% seines Körpergewichts, was 200 Gramm Futter pro Tag entsprechen.

Dieses Futter muss von den Pflanzen aufgenommen werden. Je nach Pflanze werden mehr oder weniger Nährstoffe benötigt. Man unterteilt die Pflanzen in Schwachzehrer, Mittelzehrer und Starkzehrer. Die Schwachzehrer benötigen 60g Futter/m², die Mittelzehrer 80 g/m² und die Starkzehrer über 100 g/m². In meiner Aquaponik-Anlage wachsen verschiedene Pflanzensorten. Ich habe sowohl Starkzehrer wie die Tomaten als auch Schwachzehrer wie die Salate. Aus diesem Grund habe ich mich für meine Berechnungen für den Mittelwert, also 80 g/m² entschieden. Wie bereits berechnet brauchen die Fische 200 Gramm Futter pro Tag, das heißt man braucht eine Fläche von 200g geteilt durch 80 g/m², also 2.5 m², damit man genügend Pflanzen anbauen kann, um das Wasser zu säubern (Weber, 2020).

Meine drei Pflanzenbehälter messen je ca. einen Quadratmeter. Zählt man den Platz, welchen für die beiden Siphons, das Überlaufsystem und den später eingebauten Topffilter benötigt werden weg, kommt man ziemlich genau auf die 2.5 m².

4 Versuche und Auswertungen

4.1 Versuch 1

Der erste Versuch erfolgte anfangs Mai. Das Ziel dieses Versuches war es herauszufinden, ob die Pflanzen in der Aquaponik-Anlage näher beieinander gepflanzt werden können und somit später mehr Ertrag abgeben als Pflanzen in einem herkömmlichen Gemüsebeet. Nebenbei konnte bei diesem Versuch die Keimungsdauer im Blähton und im Substrat aus Kokosziegel und Agrar-Perlite mit der Keimungsdauer in der Erde verglichen werden. Zu diesem Zeitpunkt waren noch keine Fische in der Anlage und es wurde jeden zweiten Tag etwas Harnstoff in die Anlage getan, um Bakterienkulturen zu züchten.

Im Blähton des 200-Liter IBC-Tankes wurden im Abstand von 15 cm ein paar Reihen grüne Kopfsalate angesät, ebenso in der 440-Liter-Wanne in einigen Netztöpfen mit Blähton und in einigen Netztöpfen mit einem Substrat aus Kokosziegel und Agrar-Perlite (die Netztöpfe hängten im Styropor ebenfalls im Abstand von ca. 15 cm im Wasser). Gleichzeitig wurden auch grüne Kopfsalate im Abstand von 15 cm, 20 cm und 30 cm in das herkömmliche Gemüsebeet gesät, um zu sehen, wie nah beieinander die Salate gepflanzt werden können. Da die Salatsamen direkt in die Aquaponik-Anlage bzw. ins Gemüsebeet gestreut wurden, könnten die Salate auch bei der Ernte optimal miteinander verglichen werden. Zusätzlich wurden die nach dem Pikieren übrig gebliebenen Salatkeimlinge in kleinen Töpfen mit Erde an der Aquaponik-Anlage aufgehängt, sodass die Salate wirklich den gleichen Umweltbedingungen ausgesetzt waren und später auch die Qualität der Salate verglichen werden könnte.

4.1.1 Resultate 1



Abbildung 17 hochgeschossener Salat



Abbildung 16 keimende Salatsamen im Blähton

Die Salat-Samen im Blähton haben ungefähr drei Tage früher gekeimt als die Samen im Substrat aus Kokosziegel und Agrar-Perlite und jene in der Erde.

Leider waren die Salatsetzlinge im Blähton jedoch überall gewachsen, auch dort wo ich sie nicht angesät habe, weshalb die Salate pikiert werden mussten. Nach einigen Wochen haben die Salate in der Aquaponik-Anlage aufgehört zu wachsen.

Die Setzlinge wurden braun und die Pflanzen verkümmerten. Ausserdem verfärbten sich die Wurzeln leicht rötlich-braun und starben ab.

Die Salate im herkömmlichen Gemüsebeet, welche ich sehr nahe beieinander gepflanzt habe, schossen in die Höhe und wurden bis zu 70 cm gross, während die Salate, die weiter auseinander gesetzt wurden von Schnecken gefressen wurden. Obwohl ich die Schnecken regelmässig per Hand abgelesen und den Schneckenzaun immer wieder kontrolliert habe, kriegte ich dieses Problem bis zum Schluss nicht in den Griff. Das Problem bei meinem Schneckenzaun war, dass die Nacktschnecken vor der Fertigstellung des Hages ihre Gelege dort ablegten, sodass viele kleine Nacktschnecken die Pflanzen anknabberten, welche man fast nicht entdeckte. Auch meine Bierfalle lieferte nicht den gewünschten Erfolg. Des Weiteren haben Katzen das Beet heimgesucht und immer wieder ihr Geschäft dort verrichtet. Ein zusätzlicher Hag gegen die Katzen konnte dieses Problem beheben.

4.1.2 Auswertung 1

Ein möglicher Grund, weshalb die Salat-Samen im Blähton früher gekeimt haben als die Samen im Substrat aus Kokosziegel und Agrar-Perlite und jene in der Erde wäre, dass der Salat ein Lichtkeimer ist und der Blähton viel lichtdurchlässiger ist. Dass die Salate nach einigen Wochen aufgehört haben zu wachsen, lag wahrscheinlich an einem Ammonium-Überschuss, was vermutlich auf die Einführungsphase zurückzuführen ist, da es dort noch zu wenig Bakterien hatte, um das Ammonium in Nitrit beziehungsweise zu Nitrat umzuwandeln.

Die nachgeschlagenen Symptome könnten passen. Zu den Symptomen bei einem Ammoniumüberschuss gehören glanzlose, dunkel -bis graugrüne Blätter, die Welkeerscheinungen vorweisen. Ausserdem verfärben sich mit zunehmender Zeit die Blattränder braun und die Pflanze hört auf zu wachsen. Die Wurzeln der Salate verfärben sich rötlich und die Salate sterben nach und nach ab. Mit fortgeschrittener Krankheit entsteht in den Hauptwurzeln ein Hohlraum, welcher schliesslich zum Tod der Pflanzen führt, da die Wasserzufuhr dadurch unterbrochen wird (Baur und Neuweiler, 2021).

Die Salate, welche im herkömmlichen Gemüsebeet sehr nahe beieinander wuchsen, schossen in die Höhe. Gründe für das Schiessen bei den Salaten ist meist Stress, hervorgerufen von zu kalten oder zu heissen Temperaturen, zu wenig Platz oder zu wenig Licht (Linder, 2017).

Da nur die Salate, welche eng beieinander gepflanzt wurden in die Höhe schossen, liegt es nahe, dass der Grund dafür der enge Platz und damit das knappe Sonnenlicht war. Es gab einen regelrechten Wettstreit um das Sonnenlicht. Das würde auch erklären, warum die Salate, welche mehr Platz zur Verfügung hatten, weniger in die Höhe schossen und dafür von den Schnecken gefressen wurden. Der Platz von 15 cm² pro Salat ist für Salate in der Erde definitiv zu klein. Ob die Salate mit der Zeit auch in der Aquaponik-Anlage wegen Platzmangel in die Höhe geschossen wären, lässt sich leider nicht sagen, da sie frühzeitig eingingen.



Abbildung 18 Salat mit kleiner Nachtschnecke

4.2 Versuch 2

Etwa zur gleichen Zeit wurde der zweite Versuch gestartet, wobei beantwortet werden soll, ob in einer Aquaponik-Anlage in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden kann als im herkömmlichen Gemüsebeet. Dabei werden in der Aquaponik-Anlage 1 Gurke, 2 Peperoni, 2 Cherrytomaten und 2 Basilikum eingesetzt, ebenso im herkömmlichen Gemüsebeet.

4.2.1 Resultate 2

Die Peperoni, Cherrytomaten und der Basilikum sind in der Aquaponik-Anlage eingegangen, nachdem sie überall hellgrüne Flecken aufwiesen, nur die Gurke hat anfänglich überlebt, auch wenn ihr Wachstum stagnierte.



Abbildung 19 Basilikum mit Fressspuren

Im herkömmlichen Pflanzenbeet wurde trotz Schneckenschutz der Basilikum und die Peperoni angefressen, bis schliesslich alle Pflanzen aufgrund der Schnecken eingingen. Um die Pflanzen in der Aquaponik-Anlage zu ersetzen, wurden ein paar Tage später 4 gekaufte Pflanzen in die Aquaponik-Anlage eingesetzt (einen Chili, eine Berner Rose, eine Zucchini und eine Balkontomate). Diese Pflanzen haben zunächst alle überlebt, sind aber zu einem späteren Zeitpunkt doch noch eingegangen (Die Berner Rose und die Balkontomate bekamen die Kraut- und Braunfäule, der Chili verkümmerte und die Zucchini erkrankte an Läusen und wurde schlussendlich vom Hagel zerstört (siehe Versuche 3 und 4)).

4.2.2 Auswertung 2

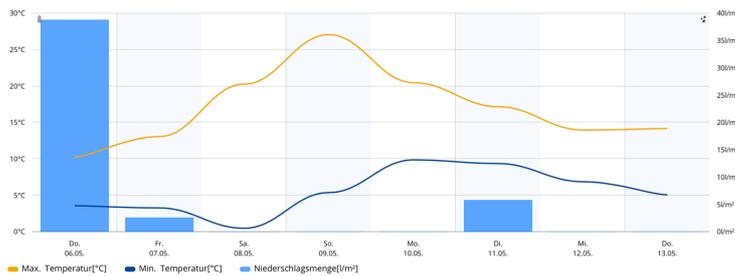


Abbildung 20 Temperaturrückblick der Woche des 13.05.21

Das Eingehen der Pflanzen in der Aquaponik-Anlage lag wahrscheinlich daran, dass die Temperatur in der Nacht darauf gegen den Nullpunkt sank und es am Tag darauf sehr heiss wurde (27°). Dies erklärt auch die hellgrünen Flecken,

welche auf den Pflanzen zu finden waren, vermutlich Sonnenbrände (Kreuzer, 2021).

Da es beim Einsetzen der vier neuen Pflanzen nicht mehr so heiss war, bestätigte das meine Hypothese, dass das Eingehen der Pflanzen in der Aquaponik-Anlage auf die wechselhaften Temperaturen zurückzuführen ist.

Weil der Versuch scheiterte und damit die Frage, ob in einer Aquaponikanlage in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden kann als im herkömmlichen Gemüsebeet, nicht beantwortet werden kann, erfolgte Versuch 3.

4.3 Versuch 3

Auch mit Versuch 3 soll die Frage beantwortet werden, ob in einer Aquaponik-Anlage in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden kann als im herkömmlichen Gemüsebeet.

Ende Mai wurde die Aquaponik-Anlage vollständig mit Gemüse bepflanzt und neue, selbst gezüchtete Salatsetzlinge wurden in das DWC-System gesetzt. Analog dazu wurden auch Pflanzen in grossen



Abbildung 21 Aquaponik-Anlage

Töpfen neben die Aquaponik-Anlage gestellt, sodass die Umweltbedingungen gleich sind und die Pflanzen vor Schnecken geschützt waren. Die Berner Rosen wurden jeweils vorher ausgemessen, da sie unterschiedliche Entwicklungsstände vorwiesen. Damit kann später die Entwicklung der Pflanzen besser verglichen werden. Zeitgleich mit Versuch 3 wurden auch die Fische eingesetzt, so dass kein Harnstoff mehr hinzugefügt werden musste.

Bei der Ernte soll wenn möglich jeweils der Zustand der Pflanze und des Gemüses beurteilt und mit demjenigen im herkömmlichen Beet verglichen werden. Bereits vor dem Einsetzen in die Aquaponik-Anlage waren die Berner Rosen aus folgenden Gründen geschwächt:

Beim Umtopfen der Berner Rosen wurde ein Teil der Setzlinge in mit Blähton gefüllte Töpfe gesetzt, um sie auf die Hydrokultur vorzubereiten. Leider wurden sie mit zu hoch konzentriertem Harnstoff-Wasser gedüngt. Daraufhin zeigten die Blätter helle Flecken (Nekrosen) und wurden welk. Offenbar war die Harnstofflösung zu stark dosiert. Aber auch die Berner Rosen, welche in Vierkanttöpfe



Abbildung 22 Berner Rose mit Nitrit-Überschuss

mit Erde umgetopft wurden, wuchsen nicht richtig. Bei näherem Betrachten zeigte sich, dass die Erde von Trauermücken befallen war, deren Larven die Wurzeln anknabberten.

4.3.1 Resultate 3



Abbildung 24 Berner Rose mit Kraut- und Braunfäule

Innerhalb von drei Wochen starben praktisch alle Tomatenpflanzen in der Aquaponik-Anlage ab. Die Tomatenblätter wurden vom Rand her braun. Zunächst verfärbten sich nur



Abbildung 23 Tomate mit Pilzsporen

die Blätter der unteren Triebe, danach bekamen auch die anderen Blätter schwarz-braune Flecken und starben ab. Auch Teile der Stängel wurden braun, und einige der unreifen Tomaten bekamen ebenfalls faulig-braune Flecken.

Wenig später zeigten auch die Tomatenpflanzen in den Töpfen ausserhalb der Anlage Symptome, ausser einer einzigen Berner Rose, welche im Topf wunderbar gedeiht und viele Früchte trug.

Auch die Salate in der Aquaponik-Anlage wollten plötzlich nicht mehr weiter wachsen. Die Blätter, welche am Boden auflagen, bekamen schwarze Flecken, bis sie schliesslich ganz schwarz wurden und abstarben. Im Verlaufe der Zeit bekamen auch die Blätter weiter innen schwarze Stellen, das Wachstum der Salate stagnierte. Beim Aufschneiden einiger Salatwurzeln zeigten sich braune Stellen am Leitbündel.



Abbildung 25 Salat mit Schwarzfäule

Selbst vor tierischen Übeltätern blieben meine Pflanzen nicht verschont. So wurde die Zucchini von Blattläusen ausgesaugt.



Abbildung 26 Zucchiniblatt mit Blattläusen

4.3.2 Auswertung 3

Sowohl die Tomaten als auch die Salate erkrankten an Pilzen. Der Hauptgrund für die Entstehung der Pilze waren wohl die schlechten Wetterbedingungen. Der ständige Regen und die warmen Temperaturen waren perfekte Bedingungen für Pilze. Die Blätter der Tomaten konnten somit nie trocknen, und der Wind und Regen verbreitete die Sporen von Pflanze zu Pflanze.

Obwohl sich die Berner Rosen zunächst gut in der Aquaponik-Anlage eingelebt haben, war ihr Immunsystem vermutlich noch von der zu hoch dosierten Harnstofflösung bzw. den Trauermücken geschwächt, so dass sie leicht von Pilzen angegriffen werden konnten. Höchstwahrscheinlich erlagen meine Berner-Rosen an der berüchtigtsten Tomatenkrankheit, der Kraut- und Braunfäule.

Unter den Tomatenerkrankungen ist die Kraut- und Braunfäule mit Abstand die gefürchtetste.



Abbildung 28 gesunde Balkontomate



Abbildung 27 gleiche Balkontomate
3 Wochen später

Die Kraut- und Braunfäule mag es besonders gern, wenn es sehr warm und nass ist und so die Blätter nie richtig abtrocknen können. Am Anfang ist die Kraut- und Braunfäule nur bei einzelnen Blättern am Rand sichtbar. Der Rand wird braun und schliesslich schwarz.

Der Pilz breitet sich

dann mit dem Wind in einem rasanten Tempo aus, bis alle Blätter schwarz werden und schliesslich absterben. Im fortgeschrittenen Stadium ist auch der Stamm betroffen, es bilden sich braune Stellen. Danach beginnt der Trieb oberhalb langsam abzusterben, da er vom Wasser und den überlebenswichtigen Nährstoffen abgeschnitten ist. Sobald der Hauptstamm der Tomate von der Kraut-Braunfäule befallen ist, ist keine Hoffnung mehr in Sicht. Dann sollte man sie schnell entfernen, um ein weiteres Ausbreiten des Pilzes zu verhindern. Auch bei den Früchten sieht man die braunen Stellen und die Pilzsporen, welche in der Tomate sind. Schlussendlich sterben auch die Wurzeln ab.

Ein anderes Erkennungsmerkmal, welches bei mir jedoch nicht aufgetreten ist, ist ein weisslicher Pilzrasen auf der Unterseite der Blätter (Köhle, 2020).

Als Sofortmassnahme wurden alle befallenen Blätter und Triebe abgeschnitten, um so eine Ausbreitung des Pilzes zu verhindern. Ausserdem habe ich zwei Tomatenpflanzen mit einer Tomatenfolie aus der Landi abgedeckt, um zu verhindern, dass sie ständig nass sind und sich der Pilz dadurch weiter ausbreiten kann. Dies hatte leider eher den gegenteiligen Erfolg, da das Wasser durch die Löcher in der Folie zwar hineinkam, aber die Blätter noch schlechter abtrockneten. Vielleicht würde dies mit einer teureren Folie besser klappen. Noch besser wäre vermutlich für nächstes Jahr, eine Plane über die ganze Aquaponik-Anlage zu spannen und ein Regendach zu bauen.

Auch die Salate verfaulten und wurden von Pilzen heimgesucht, vermutlich der Schwarzfäule, wobei man hier anmerken muss, dass die Pilze oft als Gemisch auftauchen und agieren, weshalb es unheimlich schwierig ist, ohne Labor genau zu bestimmen, um welche Pilze es sich handelt.



Abbildung 29 Salat mit Schwarzfäule

Extrem feuchte Bedingungen und warme Temperaturen begünstigen den Befall mit der Schwarzfäule.

Zunächst faulen die auf dem Boden aufliegenden Blätter. Sie werden faulig hellbraun und schliesslich schwarz, das Blatt stirbt komplett ab. Der Strunk ist meistens das, was am längsten überlebt (Saurer, Baur, Lutz, 2020).

Um die weitere Ausbreitung der Pilze zu verhindern, entfernte ich auch hier nach und nach die befallenen Blätter, bis ich die Salate schliesslich ganz entfernen musste.

Blattläuse bewirken durch starkes Aussaugen der Blätter Verformungen. Die Blätter rollen sich ein, was das Pflanzenwachstum hemmt. Ausserdem übertragen Blattläuse bei schlechter Witterung Pilze oder Viren, und die klebrigen Ausscheidungen der Blattläuse, der sogenannte Honigtau, ist der perfekte Nährboden für Russtaupilze (Sautter & Stepper & Büsing (2021).



Abbildung 30 Zucchini mit Marienkäfer

Um die Blattläuse effektiv zu bekämpfen habe ich sie einerseits mit einem Milchwassergemisch besprüht und andererseits Marienkäfer ausgesetzt. Diese Käfer sind sehr reviertreu und werden hoffentlich bleiben.

Da die meisten Pflanzen eingingen, kann die Frage, ob in einer Aquaponik-Anlage in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden kann als im herkömmlichen Gemüsebeet, nicht bejaht werden. Tendenziell erkrankten die Pflanzen in der Aquaponik-Anlage eher schneller an den Pilzen als jene in den Töpfen gleich neben der Anlage. Eine grosse Berner Rose in den Töpfen blieb von der Kraut- und Braunfäule sogar komplett verschont, und auch die beiden Peperoni-Pflanzen in den Töpfen gediehen prächtig, während diejenigen in der Aquaponik-Anlage eingegangen sind. Allerdings könnte dies auch an einem Nährstoffmangel liegen, da die Fische zu Beginn nur sehr zurückhaltend gefüttert wurden, um einen Nitrit-Überschuss zu vermeiden.

4.4 Versuch 4

Nach dem Absterben aller Salate, Tomaten, Gurken, Peperoni und dem Basilikum, entschied ich mich, einen Neustart zu wagen und die Aquaponik-Anlage nochmals neu zu bepflanzen. Ich hoffte damit, die Frage, ob in einer Aquaponik-Anlage in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden kann als im herkömmlichen Gemüsebeet, doch noch beantworten zu können.



Abbildung 31 neu gesetzte Salate

Ich kaufte zwei Gurkenpflanzen und ersetzte die vielen abgestorbenen Berner Rosen durch zwei grosse Peperonipflanzen. Ausserdem ersetzte ich sämtliche Salate durch gekaufte Salatsetzlinge. Als Vergleichspflanzen setzte ich wiederum einige Salate in Töpfe ein, da auch die Salate, welche in kleinen Töpfen an der Anlage angehängt waren, nicht richtig zu



Abbildung 32 neu bepflanzte Aquaponik-Anlage

wachsen schienen. Für die Peperoni hatte ich bereits Vergleichspflanzen, da meine selbstgezogenen Peperoni in den Töpfen sehr gut wuchsen. So wäre es mir doch noch möglich gewesen zu überprüfen, ob die These, dass in einer Aquaponik-Anlage alles schneller wächst, stimmt. Aufgrund der toten Fische beschloss ich, die Pflanzen mit Harnstoff zu füttern. Da jedoch wichtige Nährstoffe wie Kalium, Magnesium und Eisen fehlten, entschied ich mich, diese zusätzlich hinzuzugeben. Ich kaufte bei lets-grow.de einen Eisendünger (6% Chelat von EDDHA), der bei einem pH-Wert von 4 bis 10 pflanzenverfügbar

bleibt, und einen wasserlöslichen Kalium-/Magnesiumdünger (30% Kalium und 10% Magnesium). Phosphat (PO^4) gehört ebenfalls zu den wichtigsten Pflanzennährstoffen und gelangt hauptsächlich durch abgestorbene Pflanzenteile, Fischfutter und über die Ausscheidungen der Fische ins Wasser einer Aquaponik-Anlage. Pflanzen kommen allerdings bereits mit geringen Phosphatkonzentrationen aus, zu hohe Konzentrationen führen zu einer Algenplage und können bei Fischen Stress und Wachstumsstörungen auslösen (Scholand, 2021). Da ich damit rechnete, bald wieder Fische zu halten, verzichtete ich auf die Zugabe von Phosphat.

4.4.1 Resultate 4



Abbildung 33 Berner Rose mit Hagellöchern

Zwei Wochen nach dem Neubepflanzen der Anlage fing es richtig an zu stürmen und zu hageln. Dies führte dazu, dass die Pflanzen stark beschädigt wurden, der



Abbildung 34 Peperoni mit geknickten Blättern

Salat wurde zerfetzt, die Zucchini (eine der wenigen Pflanzen der ersten Bepflanzung, welche trotz Läusen bis anhin überlebt hatte) umgeknickt, viele Blätter und Zweige abgeknickt.

Auch die einzige Berner Rose, welche bis anhin als einzige Tomate in einem Topf neben der Anlage überlebt hatte und bereits sehr viele Früchte trug, wurde von den Hagelkörnern regelrecht durchlöchert.



Abbildung 36 Salate vor dem Hagel



Abbildung 35 Salate ca. 3 Wochen später

Die Salate, welche bis dahin wunderbar gedeihten, zeigten wenige Tage nach dem Hagel schwarze Stellen bei den Eintrittslöchern und verfaulten im Laufe der Zeit.

Nach dem Hagel schwächelten auch die beiden gekauften Gurkenpflanzen. Die Blätter waren von einem weissen Pulver übersät, und innerhalb von knapp drei Wochen wurden die Blätter braun und verwelkten schliesslich.

4.4.2 Auswertung 4

Die Verletzungen, welche die Pflanzen aufgrund des Hagels bekamen, bildeten perfekte Eintrittspforten für weitere Pilze. Das nasse Wetter sorgte dafür, dass sich die Pilze wunderbar ausbreiten konnten.



Abbildung 37 Berner Rose kurz vor dem Hagel



Abbildung 38 Berner Rose drei Wochen später

Schliesslich starben die meisten Pflanzen ab und die Früchte begannen zu faulen. Auch die einzige Tomatenpflanze in einem der Töpfe, welche vorher Früchte besass und bislang von keinem Pilz befallen war, erlitt schweren Schaden durch den Hagel. Die Tomaten verfaulten und fielen vom Stängel.

Nach dem Hagel und Regen war es eine Woche lang sehr heiss. Dies förderte die Ausbreitung eines weiteren Pilzes, des Mehltaus, und zerstörte schliesslich meine beiden Gurken komplett. Der echte Mehltau ist ein Pilz, welcher den Pflanzen die Nährstoffe entzieht. Die Blätter weisen im Anfangsstadium weisse Flecken auf, welche sich später über die ganze Pflanze ausbreiten. Nach Befall beginnen sich die Blätter einzurollen und verfärben sich braun und fallen ab. Bei starkem Befall stirbt alles nach und nach ab. Speziell am Mehltau ist, dass er sich bei trockenwarmem Wetter am schnellsten ausbreitet, weshalb er auch «Schönwetterpilz» genannt wird (Franitza, 2021).



Abbildung 40 Gurke mit Mehltau



Abbildung 39 Gurke 3 Wochen später

4.5 Qualitätsvergleich des Gemüses

Um die Qualität des Gemüses zu beurteilen, war eine Degustation mit sechs Personen geplant, welche mittels eines Fragebogens das Aussehen, den Geruch und den Geschmack des Gemüses beurteilen sollten. Da leider dieses Jahr kein Gemüse wuchs, fiel dieser Teil der Arbeit leider ins Wasser und ich konnte somit nicht beurteilen, ob man mit einer Aquaponik-Anlage innert kürzerer Zeit schöneres und qualitativ besseres Gemüse anbauen konnte.

Dennoch fielen mir einige Dinge auf:

Die Wurzeln der Salate, welche im Deep-Water-Culture-System der Aquaponik-Anlage wuchsen, waren typische Wasserwurzeln, welche tief ins Wasserbecken hineinreichten.



Abbildung 41 Wasserwurzeln



Abbildung 42 Salate mit Verfärbungen

Ausserdem wiesen einige der Salate in der Anlage Verfärbungen auf, was auf Nährstoffmangel zurückzuführen ist. Das kommt sehr häufig bei neu gestarteten Aquaponik-Anlagen vor. Nach 3-5 Monaten verschwindet das Problem jedoch, da es ab diesem Zeitpunkt genug Bakterien hat, um die Fischeausscheidungen in Pflanzennährstoffe zu verwandeln.

Dieses Phänomen nennt man Gelbsucht (Bernstein, 2013, S.213).

Da die Fische nur gerade einen Monat in der Anlage waren und die Pflanzen mit Nährstoffen und Mineralien versorgen konnten, ist es natürlich gut möglich, dass die Pflanzen auch infolge Nährstoffmangels anfälliger waren für Pilze. Zwar sind die Pflanzen ausserhalb der Anlage auch an Pilzen erkrankt, allerdings zeigten sie erst später Symptome.

Deshalb muss ich die Frage, ob in einer Aquaponik-Anlage in kürzerer Zeit qualitativ schöneres Gemüse angebaut werden kann als im herkömmlichen Gemüsebeet, leider zum jetzigen Zeitpunkt verneinen. Ich bin jedoch überzeugt, dass die Ergebnisse in einem anderen Jahr mit besseren Wetterbedingungen positiver ausgefallen wären, da die Bauern dieses Jahr überall in der Schweiz infolge des vielen Regens und der starken Gewitter mit grossen Ausfällen zu kämpfen hatten.

4.6 Fischkrankheiten

Ende Mai wurden die 21 Spiegelkarpfen im Aquaponik-System eingesetzt. Da der Tank jedoch sehr trist aussah, habe ich mich dazu entschlossen, eine Wasserpflanze und ein Holz mit Versteckmöglichkeiten zu kaufen. Später erfuhr ich, dass dies einer der grössten Fehler war, den ich machte. Nachdem sich die Wasserwerte stabilisiert hatten,



Abbildung 43 tote Spiegelkarpfen

wollten die Fische am 25.06.21 plötzlich nicht mehr fressen. Zudem zeigten sie ein eigenartiges Verhalten: Sie wälzten sich am Boden, machten Luftsprünge, schnappten nach Luft, einige sonderten sich ab und lagen nur noch am Boden herum. Nach diversen Telefonaten wurde versucht, die Fische in Salzbad zu baden. Der Tank wurde komplett entleert und gesäubert, obwohl die Wasserwerte vorher gut waren. Zusätzlich wurde ein Sauerstoff freisetzendes Salz im Tank hinzugefügt. Am Tage darauf ging es den Fischen etwas besser, doch sie hielten sich vermehrt bei der Luftpumpe auf, obwohl der Sauerstoffgehalt im Wasser gut war.

Am 29.06.21 kam ein Fischtierarzt vorbei, welcher einige Fische betäubte, Kiemen- und Hautabstriche machte und diese unter dem Mikroskop untersuchte.

Dabei wurden drei verschiedene Parasiten festgestellt: *Dactylogyrus* (Kiemenwurm), *Costia* und *Ichthyophthirius multifiliis* (Weisspünktchenkrankheit). Vor allem der letzte Parasit führt in der Regel zum Tod. Vermutlich wurde er von der Wasserpflanze eingeschleppt, welche ich zwei Wochen davor gekauft habe. Um die Fische zu behandeln, hätte ein zusätzlicher IBC-Tank angeschafft werden müssen. Zudem hätte die Behandlung möglicherweise mehrmals wiederholt werden müssen. Da es sich um Speisefische handelt, hätte kein starkes Antibiotikum eingesetzt werden können. Doch selbst mit sofortiger Behandlung wäre nicht klar gewesen, ob die Spiegelkarpfen überlebt hätten. Die Fische waren schon sehr krank, so dass zusammen mit dem Tierarzt beschlossen wurde, sie durch einen Kiemenschnitt zu erlösen.

Weil die Parasiten ohne einen Wirt von selbst absterben, wurde vom Tierarzt empfohlen, das System drei Wochen lang ohne Fische laufen zu lassen, bevor erneut Fische eingesetzt werden könnten.

4.6.1 *Dactylogyrus* (Kiemenwurm)

Der Kiemenwurm oder *Dactylogyrus* ist ein sehr gefährlicher, artenspezifischer Parasit. Die Fische beginnen vermehrt Schleim zu produzieren. Die Kiemen schwellen an und verfärben sich rosa. Die Fische bekommen Atemnot, beginnen rückwärts zu schwimmen und scheuern sich, um so die Kiemenwürmer loszuwerden. Ausserdem schießen sie durch das Wasser, fressen nicht mehr, liegen auf dem Boden, schnappen an der Oberfläche nach Luft, werden schreckhaft und unruhig. Kiemenwürmer sind mit blossem Auge fast nicht erkennbar, da sie sehr klein sind (Kottmann, 2021).

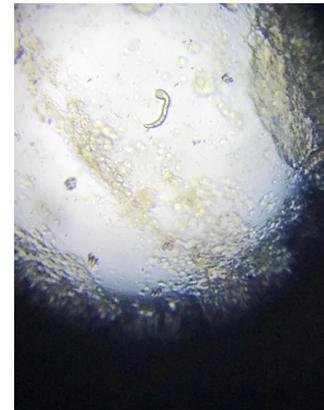


Abbildung 44 Kiemenwurm

4.6.2 *Ichthyobodo necator* (Costia)

Der Parasit *Ichthyobodo necator* löst bei Fischen die als *Costia* benannte Krankheit aus und ist einer der kleinsten Parasiten, welcher sich mit Hilfe von Geisseln fortbewegen kann. Mögliches Verhalten der Fische aufgrund der Parasiten ist ständiges Scheuern und aus dem Wasser springen. Ausserdem leiden befallene Tiere an Appetitlosigkeit. Das Problem bei diesem Parasiten ist, dass die Vermehrung unheimlich schnell vonstattengeht, jedoch die Symptome lange ausbleiben (Veldhuis, 2021).

Da sich der Parasit unter dem Mikroskop sehr schnell bewegte, waren keine Fotos möglich.

4.6.3 Ichthyophthirius multifiliis (Weisspüktchenkrankheit)

Mit einer guten Lupe kann man den Parasit Ichthyophthirius multifiliis, den Übeltäter für diese Krankheit, gut erkennen, je nach Stadium sogar mit blossem Auge.

Es bilden sich weisse, kleine Püktchen an der Schwanzflosse, welche sich dann nach und nach auf der ganzen Haut ausbreiten. Bei meinen Fischen konnte man die Weisspüktchenkrankheit anhand des weissen Punktes im Auge der Fische erkennen. Die betroffenen Tiere scheuern sich dauernd an den Wänden oder am Boden, werden lethargisch, beginnen schwerfällig zu atmen, sondern sich ab und verweigern die Nahrungsaufnahme (Thielmann, 2020).

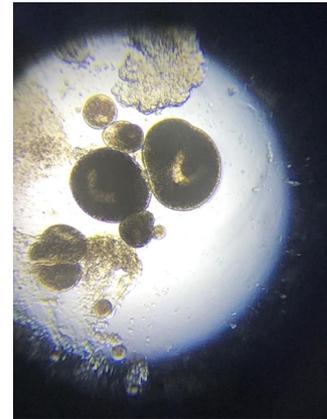


Abbildung 45 Weisspüktchenkrankheit

4.7 Wirtschaftlichkeit

4.7.1 Budget

Um die Wirtschaftlichkeit einer Aquaponik-Anlage dieser Grösse im heimischen Garten zu überprüfen, wurde zuerst ein Budget erstellt über die voraussichtlichen Kosten und dieses dann mit den tatsächlichen Kosten verglichen.

Der Wasserverbrauch war doppelt so hoch, da ich zu Beginn häufige Teilwasserwechsel vornehmen musste. Da meine Fische frühzeitig starben, musste ich für meine Aquaponik-Anlage Dünger kaufen, womit ich anfänglich nicht gerechnet hatte. Die Kosten für den Blähton waren ebenfalls viel teurer ausgefallen als angenommen und das neue Bewässerungssystem brachte zusätzliche Kosten mit sich, weshalb sich diese Kosten verfünffachten. Auch mit den Tierarzkosten hatte ich nicht gerechnet. Die Wassertest von lets-grow waren zwar überraschend günstig, allerdings fielen zusätzliche Kosten an für die Nitrit- und Nitrattests von Qualipet. Des Weiteren mussten auch einige Pflanzensetzlinge gekauft werden. Insgesamt kamen bei meinem Projekt ca. 500 Fr. zusätzliche Kosten hinzu.

Tabelle 4 Budget

Budget (Annahme: 20 Spiegelkarpfen, bepflanzbare Fläche 3mx1m)	01.04.2021-	30.09.2021	Quellen
	Soll	Ist	
Erträge			
Tomaten (3 Fr./500g): 4.8 kg	29 CHF	0 CHF	
Salat (2 Fr./Stück): 140 Pflanzen	280 CHF	0 CHF	
Gurken (4 Fr./ Gurke): 20 Stück	80 CHF	0 CHF	
Spiegelkarpfen (500g pro Fisch: 30 Fr./kg Fisch)	300 CHF	0 CHF	
Total CHF	689 CHF	0 CHF	
Aufwände variable Kosten			
Spiegelkarpfen (Jungfische: 20 Fische à 100g)	60 CHF	40.00 CHF	Hof Jenni
Fischfutter	30 CHF	37.00 CHF	Hof Jenni, lets-grow
Dünger (Kalium, Magnesium, Eisen und Harnstoff)	0 CHF	15.72 CHF	lets-grow
Pflanzensamen	20 CHF	29.55 CHF	Coop Bau+Hobby
Anzuchtsachen	40 CHF	67.89 CHF	Coop Bau+Hobby, Hauenstein
Wasser	7 CHF (3000 Liter)	14.28 CHF (6000 Liter)	Abwassertarif Gemeinde
Strom	89 CHF	88.56 CHF	EKZ Stromrechnung
Aufwände fixe Kosten			
IBC Tank (Fischtank)	100 CHF	120.00 CHF	regen-user
Wasserpumpe	90 CHF	49.95 CHF	Coop Bau+Hobby
Luftpumpe	100 CHF	69.95 CHF	OBI
Pflanzenbehälter (400-Liter-IBC-Tank, 200-Liter-IBC-Tank und schwarze Wanne)	330 CHF	224.95 CHF	Coop Bau+Hobby

Material für Siphon, Pumpen, Überlaufsystem und Bewässerungssystem	50 CHF	252.70 CHF	Bauhaus, Coop Bau+Hobby, Jumbo
Blähton	120 CHF	220.35 CHF	Coop Bau+Hobby
Netz	15 CHF	13.95 CHF	Coop Bau+Hobby
Hel-X, Zubehör für den Bau des Biofilters	70 CHF	72.85 CHF	Jumbo, lets-grow, Haushaltsprodukte.ch
Styroporplatten	50 CHF	25.35 CHF	Jumbo
Tierarzt	0 CHF	300.00 CHF	fishdoc gmbh
Tests für Ammonium, Nitrit, Nitrat, etc.	50 CHF	83.68 CHF	lets-grow, Qualipet
Pflanzensetzlinge	0 CHF	50 CHF	Jumbo, Hauenstein
Total CHF	1'221 CHF	1'776.73 CHF	

4.7.2 Break-even-Kalkulation

Um herauszufinden, ob es möglich ist, mit einer Aquaponik-Anlage auf einer Fläche von 4m² (knapp 3 m² Pflanzenfläche) und der Haltung von 20 Spiegelkarpfen einen Gewinn zu erzielen, wurde eine Break-even-Kalkulation erstellt. Mit der Break-even-Kalkulation wird berechnet, wie viel Gemüse und Fische man verkaufen muss, um die Kosten zu decken, und wie viele Jahre es braucht, um einen Gewinn zu erwirtschaften.

Die Kosten wurden in variable und fixe Kosten unterteilt. Mit den fixen Kosten sind die Kosten gemeint, die nur einmalig anfallen, während variable Kosten abhängig von der Anzahl Fischen und Pflanzen sind und immer wieder neu anfallen, wie zum Beispiel die Jungfische, die ich jedes Jahr neu anschaffen muss. Der Ertrag des Gemüses wurde durch Abschätzungen und Erfahrungswerte aus dem letzten Jahr berechnet – damals wuchsen die Berner Rosen im Gemüsebeet wunderbar. Der Einfachheit halber wurde die Aquaponik-Anlage in meinen Berechnungen nur mit Salaten, Tomaten und Gurken bepflanzt. Bei einer voll besetzten Aquaponik-Anlage käme ich pro Jahr auf 140 Salate (2 mal 70 Salate), 6 Tomatenpflanzen, welche rund 4.8 kg Tomaten ergeben und 4 Gurkenpflanzen mit total ca. 20 Gurken à 50 g. Dieses erwirtschaftete Gemüse der Aquaponik-Anlage wurde mit den marktüblichen Preisen von lokalen Bauern verglichen und so der Erlös für das Gemüse berechnet.

Die 4.8 kg Tomaten ergeben einen Erlös von 29 Franken bei einem Marktpreis von 6 Fr./kg, die Salate einen Erlös von 280 Fr. (2 Fr./Salat) und die Gurken einen Erlös von 80 Franken (4 Fr./ Gurke). Die Fische erzielen einen Erlös von 300 Fr. bei 20 Fischen à je 500 g und einem Marktpreis von 30 Fr./kg Fisch. Insgesamt kommt man somit auf einen Erlös von 689 Fr. Anders ausgedrückt erzielen 150 Pflanzen und 20 Fische einen Erlös von 689 Fr. pro Jahr, was einem Erlös von 4.05 Fr. pro «Fischpflanze» entspricht.

Allerdings ist zu bemerken, dass die Berechnungen alle auf rein theoretischer Grundlage basieren, da aufgrund des schlechten Wetters alle Pflanzen gestorben sind und die Fische aufgrund der Parasiten getötet werden mussten, weshalb die Einnahmen in diesem Jahr gleich null sind.

Zudem basiert die Break-even-Kalkulation auf der Annahme, dass keine weiteren Investitionen in den kommenden Jahren nötig sind und auch keine Abschreibungen von Pflanzen und Fischen vorgenommen werden müssen. Wenn all dies der Fall wäre, würde der Break-even-Punkt nach 5 Jahren und ca. 11 Monaten erreicht werden, das heisst nach rund 5.9 Jahren hätte ich alle meine fixen Kosten gedeckt und würde Gewinn erzielen. Anders ausgedrückt nach dem Verkauf von 1003 «Fischpflanzen», also 118 Fischen, 826 Salaten, ca. 28 kg Tomaten (≈ 35 Tomatenpflanzen) und 118 Gurken (≈ 24 Gurkenpflanzen) hätte ich den Break-even-Punkt erreicht und würde fortlaufend Gewinn erzielen.

Berechnung des Break-even-Punktes:

$$X_G = \frac{\text{fixe Kosten}}{\text{Verkaufspreis von "Fischpflanzen" - variable Kosten pro "Fischpflanze"}}$$

$$X_G = \frac{1484 \text{ Fr.}}{4.05 \text{ Fr.} - 2.57 \text{ Fr.}} \approx 1003 \text{ «Fischpflanzen»} \approx 5.9 \text{ Jahre}$$

Break-even-Punkt: (1003 Fischpflanzen / 4064.63 CHF)

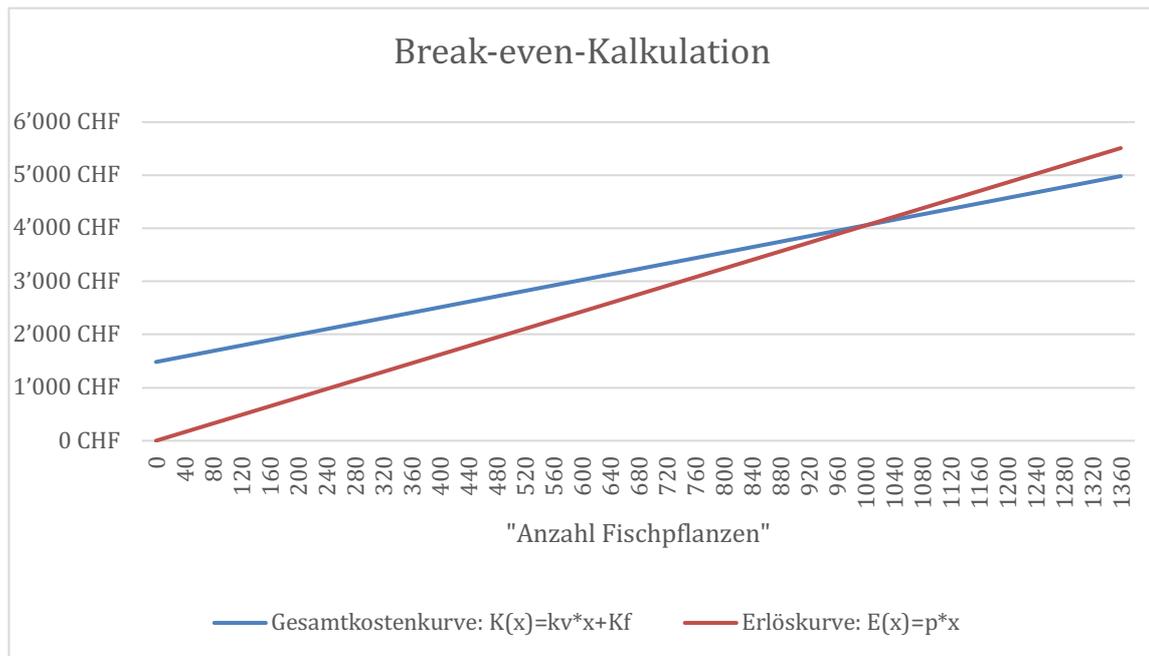


Tabelle 5 Break-even-Kalkulation

Rein theoretisch ist es also möglich, in ferner Zukunft Gewinne zu erzielen, falls keine weiteren Ausgaben erforderlich sind und die Anlage stets voll bepflanzt werden kann. In der Praxis wird dies jedoch kaum eintreffen, denn die Rechnung basiert darauf, dass keine Abschreibungen gemacht werden müssen, man bräuchte 5.9 Jahre lang perfektes Wetter und perfekte Umweltbedingungen. Wie schnell sich Pilze, tierische Schädlinge und Parasiten ausbreiten und wie zerstörerisch Stürme und Hagel sein können, habe ich dieses Jahr mehrfach erlebt. In der Praxis ist es deshalb nicht möglich, mit einer Aquaponik-Anlage von dieser Grösse einen Gewinn zu erzielen, da immer wieder irgendwelche Investitionen dazukommen. Eine Aquaponik-Anlage dieser Grösse im heimischen Garten lohnt sich deshalb wirtschaftlich nicht.

5 Diskussion

Sämtliche Hypothesen müssen dieses Jahr falsifiziert werden, da alle Versuche scheiterten. Um den Ertrag in Zukunft zu steigern, sehe ich folgenden Möglichkeiten:

1. Man könnte auf Gemüsesorten umsteigen, welche resistenter oder widerstandsfähiger sind gegenüber Pilzen und Bakterien. Dadurch würden die Pflanzen seltener krank.
2. Um einen höheren Gewinn zu erzielen, könnte man den Anbau des Gemüses besser planen, so dass auch im Herbst noch Gemüse geerntet werden kann. Zudem könnte man Gemüse anpflanzen, welche teurer verkauft werden und somit einen höheren Gewinn abgeben.

3. Mit der Vergrößerung der Anlage, der Haltung von mehr Fischen und einem zusätzlichen Tank mit Gemüse könnte der Ertrag vermutlich ebenfalls gesteigert werden.
4. Die wirksamste Verbesserung einer Aussenanlage wäre meines Erachtens, dass man ein Dach oder eine Plane baut und das Gemüse somit vor zu viel Regen oder starker Sonneneinstrahlung schützt.

Die Frage, ob sich eine Aquaponik-Anlage lohnt, kann allerdings aus verschiedener Sichtweise betrachtet werden.

Wirtschaftlich gesehen lässt sich die Frage wie bereits erwähnt verneinen. Eine Anlage dieser Grösse lohnt sich nicht. In der Theorie ist es zwar möglich, einen Gewinn zu erzielen, allerdings hat die Praxis gezeigt, dass immer wieder unerwartete Kosten anfallen und Pflanzen oder Tiere eingehen. Die Natur müsste durchgehend mitspielen, was nicht realistisch ist.

Vom ökologischen Standpunkt her sind Aquaponik-Anlagen sinnvoll und lohnen sich, da keine Ressourcen verschwendet werden, zumal diese in unserer heutigen Welt sowieso bereits knapp sind. Die Pflanzen werden durch die Ausscheidungen der Fische ernährt. Man muss somit keine zusätzlichen Düngemittel hinzugeben und Antibiotika oder Pestizide fallen komplett weg. Während man vor allem die Starkzehrer wie zum Beispiel die Tomaten im herkömmlichen Gemüsebeet alle zwei Wochen düngen muss, entfällt das bei der Aquaponik-Anlage vollständig. Zusätzlich ist der Wasserverbrauch wie auch die Co₂-Emission bei einer Aquaponik-Anlage sehr gering, weshalb Aquaponik sehr umweltfreundlich ist. Man weiss genau, von wo das Gemüse und der Fisch herkommt, wie die Karpfen gelebt und was sie gefressen haben. Aquaponik-Anlagen sind ökologisch, gesund und nachhaltig.

Persönlich betrachtet lohnt sich eine Aquaponik-Anlage auf jeden Fall, da ich gesundes, nachhaltiges und umweltfreundliches Essen dem Essen aus der Tiefkühltruhe oder aus der Dose vorziehe. Ich bin auch gerne bereit, mehr zu zahlen für Produkte, welche ökologisch produziert wurden. Ob sich ein solches Projekt lohnt, hängt also vor allem auch davon ab, wie stark man solches Gemüse schätzt. Wenn die Menschheit bereit ist, mehr für nachhaltiges Essen zu zahlen, könnte vielleicht auch ich irgendwann einmal aus meiner Anlage einen finanziellen Gewinn erzielen.

6 Schlusswort

Mir war von Anfang an bewusst, dass der Bau und Betrieb einer Aquaponik-Anlage mit viel Arbeit verbunden ist und nicht alles von Beginn an klappen wird. Dass mir aber so viele Hürden in den Weg gestellt wurden, damit hatte ich nicht gerechnet. Da gab es zunächst technische Schwierigkeiten beim Bau wie zum Beispiel die Wasserpumpe, welche ausfiel, eine undichte Dichtung beim Tank oder die Siphons, welche zunächst nicht zuverlässig funktionierten. Das ganze Bewässerungssystem musste angepasst werden. Des Weiteren machten mir tierische Schädlinge bei den Pflanzen das Leben schwer (Schnecken, Trauermücken und Läuse). Hinzu kamen Pilze, welche meine Pflanzen komplett zerstörten (Kraut- und Braunfäule, Schwarzfäule und Mehltau) und starke Unwetter (viel Regen und Hagel), welche dazu führten, dass meine Salate und mein Gemüse verfaulten. Auch die Fische mussten schliesslich getötet werden, da sie an verschiedenen Parasiten litten. Schliesslich ging alles ein.

Und trotzdem war diese Maturarbeit ein voller Erfolg. Es war äusserst spannend, eine solche Aquaponik-Anlage zu planen und schliesslich auch zu bauen. Ich freute mich riesig, als endlich beide Siphons zuverlässig funktionierten oder ich beim Messen der Wasserwerte feststellen konnte, dass mein selbstgebauter Filter perfekt arbeitete. Das Freilassen der Spiegelkarpfen in meiner Anlage war ebenfalls ein solcher Glücksmoment. Zudem kannten mich die Fische schnell und kamen jeweils an die Oberfläche, wenn sie mich sahen, um nach Futter zu betteln. Auch wenn der Moment, als ich erkannte, dass die Spiegelkarpfen getötet werden mussten, ein trauriger war, war es trotzdem wahnsinnig spannend, die verschiedenen Parasiten unter dem Mikroskop untersuchen zu dürfen. Es war eindrücklich festzustellen, wie schnell Pilze den Pflanzenbestand zerstören können. Die Kraut- und Braunfäule, die Schwarzfäule und der Mehltau haben meine Pflanzen innert ca. drei Wochen komplett zerstört. Dies hat auch mein Verständnis für die Bauern neu gefördert und gezeigt, wie schwierig der Kampf gegen die Natur ist. Machtlos musste ich auch zusehen, wie der Hagel und die Unwetter schliesslich noch den Rest der Pflanzen zerstörten. Es war wohl punkto Regen das schlechteste Jahr, das ich für ein solches Projekt aussuchen konnte, es zeigte mir aber auch, wie abhängig wir von unserer Natur sind und wie wichtig es ist, unsere Natur zu schützen. Nächstes Jahr möchte ich wieder mit neuer Energie starten, hoffentlich mit mehr Sonnenschein und weniger Unwetter. Ich bin zuversichtlich, dann auch etwas Gemüse ernten zu können. Der Bau und Betrieb einer Aquaponik-Anlage war eine Lektion fürs Leben, welche ich nie vergessen werde.

7 Literaturverzeichnis

Anderson, N. (2019). *Egli – Erfolgsmodell aus der Urzeit*. Abgerufen am 27. April 2021, unter <https://www.petri-heil.ch/index.php?cmspath=de/egli-erfolgsmodell-aus-der-urzeit-451>

Aquavet (2014). *Beschreibung von Aquaponics*. Abgerufen am 09. August 2021, unter <https://www.zhaw.ch/storage/lfsm/institute-zentren/iunr/oekotechnologie/aquavet/outcomes/R2-general-beschreibung-von-aquaponik-de.pdf>.

Baur, B. und Neuweiler, R. (2021). *Physiologische Störungen bei Salaten*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46050>

Bernstein, Sylvia (2013). *Aquaponic Gardening*. Salford; Saraband.

Castelo, J. (2021). *Why You Should Use a Bell Siphon for Aquaponics*.

Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://worldwaterreserve.com/aquaponics/bell-siphon-for-aquaponics/>

Franitza, D. (2021). *Echter Mehltau*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.gesal.ch/de/ratgeber/krankheiten-schaedlinge/krankheiten/echter-mehltau>

Haas, E & von Menzel, A. & Licek, E. & Reimoser, H. (2016). *Der Karpfenteich und seine Fische*. Graz: Leopold Stocker Verlag GmbH

Jenni, N. (2021). *Fisch von hier, regional & frisch*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.hof-jenni.ch/fischzucht-mast/>

Kloas, W. (2020). *Kombinierte Fisch- und Gemüsezücht in Aquaponik kann profitabel sein*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.transforming-cities.de/kombinierte-fisch-und-gemuese-zucht-in-aquaponik-kann-profitabel-sein/>.

Kreuzer, Ch. (2021). *Weterrückblick der Region Hochfelden*. Abgerufen am 13.05.21, unter https://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/schweiz/hochfelden/CH0CH1779.html?sid=Q926&timeframe=7d

Köhle, M. (2020). *Die Braunfäule (Phytophthora infestans) bei Tomaten*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.lubera.com/ch/gartenbuch/braunfaeule-bei-tomaten-p1272>

Linder, D. (2017). *Salat schießt in die Höhe*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.schweizergarten.ch/salat-schießt-die-höhe/>

Parlevliet, D. & Grewe, U. & Schmidt, K. (2021). *Fischlexikon*. Abgerufen am 27. April 2021, unter <https://www.deutschesee.de/fisch-meerefruechte/schon-gewusst/fischlexikon/>

Paschen, Ole (2015). *Aufbau eines Aquaponik-Systems und Analyse der wichtigsten Nährstoffe*. Saarbrücken: Akademikerverlag.

Rekubik (2021). *Wie funktioniert ein Glockensiphon?*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.rekubik.de/magazin/wie-funktioniert-ein-glockensiphon/>.

Saurer, St. (2021). *Aquaponik Wasserwerte – Was messen und warum ?*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://ofera-aquaponics.com/aquaponik-wasserwerte-was-messen-und-warum/>

Sautter, H. & Stepper, F. & Büsing, U. (2021). *Blattläuse*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.nuetzlinge.de/produkte/unter-glas/schaedlinge/blattlaus/>

Scholand, Marcel (2021). *Phosphat (PO₄): Bedeutung, Senkung & Erhöhung*. Abgerufen am 12. Oktober 2021, unter <https://aquaristik-profi.com/wasserwerte/phosphat/>

Seite «*Ammonium*». In: Wikipedia, *Die freie Enzyklopädie*. Bearbeitungsstand: 3. November 2021, 20:11 UTC. Abgerufen am 27. November 2021, unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Ammonium>

Seite «*Nitrification*». In: Wikipedia, *The Free Encyclopedia*. Bearbeitungsstand: 30. September 2021, 03:09 UTC. Abgerufen am 10. Oktober 2021, unter <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nitrification&oldid=1047294993>

Seite «*Salpetrige Säure*». In: Wikipedia, *Die freie Enzyklopädie*. Bearbeitungsstand: 14. November 2021, 11:10 UTC. Abgerufen am 27. November 2021, unter https://de.wikipedia.org/wiki/Salpetrige_Säure

Weber, D. (2020). *Häufig gestellte Fragen*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.lets-grow.de/blog/haufig-gestellte-fragen-um-die-aquaponik/>

Thielmann, O. (2021). *Weisspünlchenkrankheit (Ichthyo)*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.interaquaristik.de/content/weisspueunktchenkrankheit>

Van Zyl, Felix (2017). *Der Aquaponik-Garten*. Hamburg: Tredition GmbH.

Veldhuis, E.J.H. (2021). *Costia oder Ichthyobodo-Parasiten*. Abgerufen am 17. August 2021, unter <https://www.velda.de/teichfische/fischkrankheiten/costia-ichthyobodo/>

Verflassen, M. (2019). *3 unkomplizierte Alternativen zu Tilapia und Afrikanischem Raubwels*. Abgerufen am 27. April 2021, unter <https://vlosse.de/3-aquaponik-fische#vergleich>

Weber, D. (2020). *Der Spiegelkarpfen*. Abgerufen am 27. April 2021, unter <https://www.lets-grow.de/blog/leckerer-spiegelkarpfen-in-der-aquaponik/>

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aquaponik Kreislauf	2
Abbildung 2 Skizze der Aquaponik-Anlage	3
Abbildung 3 Skizze des U-Siphons.....	4
Abbildung 4 Skizze des Glockensiphons.....	5
Abbildung 5 Modell für den Bau eines Glockensiphons	8
Abbildung 6 Glockensiphon	8
Abbildung 7 Installierung des Glockensiphons	8
Abbildung 8 neues Bewässerungssystem.....	9
Abbildung 9 Bau des Überlaufsystems	9
Abbildung 10 Überlaufsystem	9
Abbildung 11 Hel-X in Laubstoppgitter	10
Abbildung 12 neuer Filter	10
Abbildung 13 Tropfentests von lets-grow.....	10
Abbildung 14 Freilassung der Spiegelkarpfen.....	14
Abbildung 15 Pflanzensetzlinge	17
Abbildung 16 hochgeschossener Salat.....	20
Abbildung 17 keimende Salatsamen im Blähton	20
Abbildung 18 Salat mit kleiner Nachtschnecke	22
Abbildung 19 Basilikum mit Fressspuren.....	22
Abbildung 20 Temperaturrückblick der Woche des 13.05.21	23
Abbildung 21 Aquaponik-Anlage	23
Abbildung 22 Berner Rose mit Nitrit-Überschuss	24
Abbildung 24 Tomate mit Pilzsporen	24
Abbildung 23 Berner Rose mit Kraut- und Braunfäule	24
Abbildung 25 Salat mit Schwarzfäule.....	25
Abbildung 26 Zucchiniblatt mit Blattläusen	25
Abbildung 27 gleiche Balkontomate 3 Wochen später	26
Abbildung 28 gesunde Balkontomate	26
Abbildung 29 Salat mit Schwarzfäule.....	27
Abbildung 30 Zucchini mit Marienkäfer	27
Abbildung 31 neu gesetzte Salate	28
Abbildung 32 neu bepflanzte Aquaponik-Anlage.....	28
Abbildung 33 Berner Rose mit Hagellöcher	29
Abbildung 34 Peperoni mit geknickten Blättern.....	29
Abbildung 35 Salate ca. 3 Wochen später	29
Abbildung 36 Salate vor dem Hagel	29
Abbildung 38 Berner Rose kurz vor dem Hagel.....	30
Abbildung 37 Berner Rose drei Wochen später.....	30
Abbildung 39 Gurke 3 Wochen später.....	31
Abbildung 40 Gurke mit Mehltau	31
Abbildung 41 Wasserwurzeln	31
Abbildung 42 Salate mit Verfärbungen	31
Abbildung 43 tote Spiegelkarpfen	32
Abbildung 44 Kiemenwurm.....	33
Abbildung 45 Weisspünktchen- krankheit.....	34

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Nitrit-Werte	12
Tabelle 2 Auswahl der Fische	15
Tabelle 3 Aussaattabelle.....	18
Tabelle 4 Budget	35
Tabelle 5 Break-even-Kalkulation	38

10 Anhang

Materialliste:

Tanks, Wanne und Pumpen:

1*800-Liter-IBC-Tank	regen-user
1*400-Liter-IBC-Tank	regen-user
1*200-Liter-IBC-Tank	regen-user
1*Tauchpumpe	Coop Bau+Hobby
Oase Aqua0xy 500 (Luftpumpe)	OBI
Terrassenteich 440 Liter	Coop Bau+Hobby

Fische und Futter:

21 Spiegelkarpfen	Hof Jenni
15 kg pflanzliches Fischfutter (Firma Hokovit)	Hof Jenni
2 kg Schwimmfutter 3mm	lets-grow
Teichnetz 3*4 m	Coop Bau+Hobby
Tierarzt	fishdoc gmbh

Material für Siphons, Pumpen, Überlaufsystem

und Bewässerungssystem:

7*Einfach-Abzw. 87 DN 75	Coop Bau+Hobby
5*Muffenstopfen DN 75	Coop Bau+Hobby
1*Muffenstopfen DN 110	Coop Bau+Hobby
1*Rohr (1m) DN 75	Coop Bau+Hobby
2*Rohr (50 cm) DN 75	Coop Bau+Hobby
1*Rohr (50 cm) DN 40	Coop Bau+Hobby
1*Rohr (50 cm) DN 110	Coop Bau+Hobby
2*Überschiebmuffe DN 75	Coop Bau+Hobby
Lippendichtung	Coop Bau+Hobby

Spühlrohrverbinder	Jumbo
HTS Anschluss	Jumbo
HTB Bogen 67° DN 40	Jumbo
Ersatzdichtung DN 75	Jumbo
PVC Rohr 32*1250MM	Bauhaus
2*HTGM-Manschette	Bauhaus
2*HTEM Rohr M. Stechm	Bauhaus
KRH-Kurzbogen M5 PVC Hart	Coop Bau+Hobby
2*Schlauchselle	Coop Bau+Hobby
3 m Tauchschlauch	Coop Bau+Hobby
3 m Gartenschlauch	Coop Bau+Hobby
1 Schlauchverschraubung	Coop Bau+Hobby
2* Schlauchselle	Coop Bau+Hobby
1*Kugelhahn	Coop Bau+Hobby
1 Schlauchverschraubung	Coop Bau+Hobby
Hel-X / Zubehör für den Bau des Biofilters:	
Haushaltsprodukte.ch	
2*Laubstopp	Jumbo
EPS 15 100*50*5cm (Styroporplatte)	Jumbo
Topf quadratisch (40x40x31.5 cm)	Landi
Filterschaumstoff grob (50x50x5cm)	lets-grow
Tests für Ammonium, Nitrit, Nitrat, etc.:	
Wassertestset	lets-grow
AquaForte Eco-Check Teststreifen, Tetra Test Nitrit NO ² ,	
JBL NO ³ Nitrat Test	Qualipet
Dünger:	
Eisendünger EDDHA 6% 180 g	lets-grow
Kalium und Magnesiumdünger 1kg	lets-grow
Harnstoff	lets-grow
Pflanzensamen:	
Kopfsalatsamen Cazard	Coop Bau+Hobby
Eissalatsamen	Coop Bau+Hobby
Basilikumsamen	Coop Bau+Hobby
Kopfsalatsamen Hercules	Coop Bau+Hobby
Gemüsepaprikasamen	Coop Bau+Hobby

Tomatensamen Patio Cherry Gelb	Coop Bau+Hobby
Fleischtomaten Bernerrose	Coop Bau+Hobby
Kopfsalatsamen Vierjahreszeiten	Coop Bau+Hobby
Blumenkohlsamen-Mischung	Coop Bau+Hobby
2*Gurkensamen	Coop Bau+Hobby
Anzuchtsachen:	
Anzuchtsset (100 Vierkanttöpfe (9cmx9cm),	
2*Kokosziegel, 5 l Agrar-Perlite)	lets-grow
40 Netztöpfe, Durchmesser 50 mm	lets-grow
24 Kokosquelltabletten ohne Netz	Hauenstein
100 Kokosquelltabletten mit Netz	Hauenstein
3*Treibhaus leer	Hauenstein
Töpfe, Erde und Substrate:	
8* Topf Cilindro anthrazit rund (50*34.9cm)	Landi
8* Universalerde	Landi
3* Styropor-Platten 4 cm	Jumbo
13*Blähton à 50 Liter (8-16mm)	Coop Bau+Hobby
gekaufte Pflanzensetzlinge:	
2 Gurkenpflanzen	Hauenstein
2 grosse Peperoni-Pflanzen	Hauenstein
30 Salatsetzlinge	Hauenstein
Holz:	
2*Schaltafeln	Spende
Holzbalken	Spende

11 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Personen bedanken, welche mich tatkräftig bei meinem Projekt unterstützt haben.

Zuerst geht mein Dank an meine Betreuerin Frau Karin Senn, welche sich sofort Zeit für mich genommen, dem Projekt zugestimmt und wertvolle Inputs gegeben hat.

Des Weiteren möchte ich Herrn Niklaus Jenni danken vom Hof Jenni, welcher mir freundlicherweise 21 Spiegelkarpfen verkauft hat. Ohne ihn und sein Vertrauen wäre mein Projekt nicht möglich gewesen.

Auch dankbar bin ich meinem Götti Roman Müller, der mit mir in Ellikon bei regen-user.ch mit seinem Transportwagen die IBC-Tanks abholte und mir kostenlos Schaltafeln und Holz zur Verfügung gestellt hat. Zudem hat er mich finanziell unterstützt.

Ein grosser Dank geht auch an den Tierarzt Herrn Dr. Ralph Knüsel, der mir sofort zu Hilfe eilte, als meine Fische krank wurden, einige Fische betäubte und mit mir zusammen die Haut- und Kiemenabstriche unter dem Mikroskop untersucht hat. Ausserdem zeigte er mir die fachgerechte Tötung der Fische und machte mir Mut, nochmals von Neuem zu starten.

Dankbar bin auch der Tierpflegerin der KZU, Patricia Rivera-Bossard, welche mir sofort telefonische Unterstützung geliefert und sich persönlich für mich eingesetzt hat.

Am meisten dankbar bin ich allerdings meinen Eltern, da sie mir einen grossen Teil unseres Gartens zur Verfügung gestellt haben. Mein Vater verlegte die Stromkabel fachgerecht, um so die Wasserpumpe und die Luftpumpe am Stromnetz unseres Hauses anzuschliessen. Ausserdem half er mir beim Hochheben der schweren Tanks beim Bau und stellte mir seine Werkzeuge und Kleinmaterial zur Verfügung. Meine Mutter fuhr mich mehrmals in diverse Läden der Umgebung (Landi, Obi, Coop Bau und Hobby, Jumbo, Bauhaus, Hauenstein, etc.), damit ich das Material für den Bau der Anlage besorgen konnte. Des Weiteren unterstützte sie mich überall, wo es vier Hände brauchte und betreute meine Aquaponik-Anlage in meiner Ferienabwesenheit.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an alle anderen Personen, die mich unterstützt und beraten haben, wie zum Beispiel Frau Aldis vom Hauenstein, Herr Moritz Kiefer von Green Living und alle anderen Personen, die ich noch vergessen habe. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meiner Familie und meinen Freunden entschuldigen, dass ich für sie infolge meines Projektes weniger Zeit hatte.

Ohne all die vielen Helfer wäre es mir nicht möglich gewesen, ein solch spannendes Projekt auf die Beine zu stellen.

12 Eigenständigkeitserklärung

«Ich, Silvan Luck, erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Maturitätsarbeit eigenständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe erstellt habe und dass alle Quellen, Hilfsmittel und Internetseiten wahrheitsgetreu verwendet wurden und belegt sind. Ich bin damit einverstanden, dass eine Kopie meiner Maturitätsarbeit bei einer Anfrage nach aussen abgegeben wird.»

Datum: Unterschrift: