

Aquaponik

Die gesunde Ernährung der Zukunft?

Namen der Diplomanten: Silvan Eller und Stefan Pfister

Ausbildung: Energie und Umwelt

Jahr: 2017 -2020

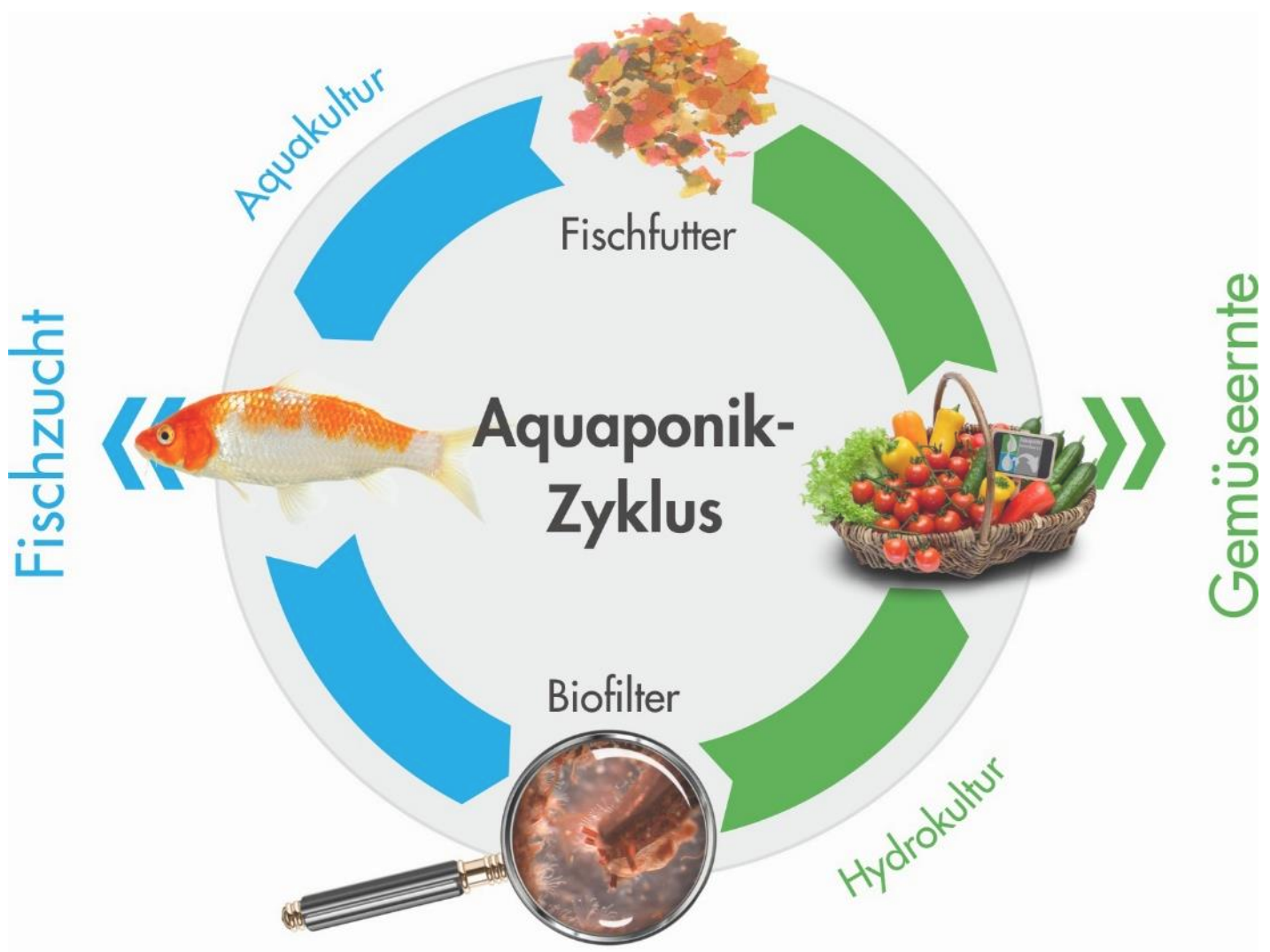


Abbildung 1 Aquaponikzyklus [15]

Inhaltsverzeichnis

1	Management Summary	5
1.1	Was ist Aquaponik	5
1.2	Vorteile von Aquaponik	5
1.3	Aquakultur	5
1.4	Funktion Aquaponik	5
1.5	Praktische Arbeit	6
2	Lebenslauf Stefan Pfister	7
3	Lebenslauf Silvan Eller	7
4	Pflichtenheft	8
5	Terminplan	10
6	Problematik der Aquakulturen	11
6.1	Die Geschichte der Fischzucht	11
6.2	Überfischung, welche den heutigen Boom der Aquakulturen fördern	11
6.3	Futter der Zuchtfische leeren die Meere	11
6.4	Raubfische	12
6.5	Zuchtindustrie sucht nach Lösungen	12
6.6	Wertvolle Omega 3 Fettsäuren	13
6.6.1	Wieviel Omega 3 Fettsäuren liefern die Fischzuchten?	13
6.7	Konkurrenz zur menschlichen Ernährung	14
6.8	Alternativen zum knappen Futterfisch	14
6.9	Labels	15
6.10	Zucht und Haltung	15
6.11	Künstliche Reproduktion	16
6.11.1	Abstreifen von Forellen	16
6.12	Belastung der Umwelt durch Aquakulturen	18
6.13	Intensivzucht Medikamentenrückstände	19
6.14	Entweichung von Zuchtfischen	19
6.15	Kreislaufanlage als mögliche Lösung	20
6.16	Wirtschaftlichkeit der Aquakulturen	21
6.17	Hohe Risiken	21
6.18	Zusammenbruch der Lachszucht in Chile	22
6.19	Gefährliche, schlecht bezahlte Arbeit	22

6.20	Die Fischzucht ist nicht generell schlecht	22
6.21	Nachhaltige Proteinproduktion.....	22
6.22	Labels.....	23
6.22.1	Bio-Labels	23
6.22.2	Friend of the Sea (FOS).....	24
6.22.3	ASC (WWF)	24
6.22.4	Fair-Fish.....	24
7	Fische und Futter	25
7.1	Nutzfische	25
7.1.1	Die Schleie	25
7.1.2	Afrikanischer Raubwels.....	26
7.1.3	Regenbogenforelle.....	26
7.1.4	Bachforelle	27
7.1.5	Saibling.....	27
7.2	Zierfische.....	28
7.2.1	Koi	28
7.2.2	Goldfisch.....	28
7.3	Fischtank / Fischbecken	29
7.3.1	Gesetz.....	29
8	Aufbau des Aquaponiksystems.....	30
8.1	Fragen zum Aufbau.....	30
9	Der pH-Wert	31
9.1	Tabelle zu pH-Wert.....	32
9.1.1	Der pH-Wert in der Aquaponik.....	34
10	Licht.....	35
10.1	Lichtquellen.....	36
10.1.1	Fluoreszierende Lampen:.....	36
10.1.2	Hochdrucklampen:.....	36
10.1.3	LED-Lampen.....	36
11	Pflanzen	37
11.1	Anzucht	38
12	Stickstoffkreislauf.....	39
	Ammonium / Ammoniak	40
	Nitrit	40

Nitrat	40
13 Nährstoffe.....	41
13.1 Mobile Nährstoffe	41
13.2 Immobiler Nährstoffe	41
14 Filter	42
14.1 Mechanische Filtration	42
14.2 Substrat als Filter	43
15 Wasser.....	43
15.1 Regenwasser	44
15.2 Umkehrosmose	44
15.3 Leitungswasser.....	44
16 Systemtypen	45
16.1 CHOP-System (Constant-Height-One-Pump).....	45
16.1.1 Die Vorteile:.....	45
16.1.2 Nachteile:	45
16.1.3 Glockensyphon Erläuterung:	46
16.2 NFT (Nutrient-Film-Technique)	47
16.2.1 Vorteile:.....	47
16.2.2 Nachteile:	47
16.3 DWC (Deep-Water-Culture)	48
16.3.1 Vorteil:.....	48
16.3.2 Nachteil:	48
16.4 Vertikales System	48
16.4.1 Vorteil:.....	49
16.4.2 Nachteil:	49
17 Ausgangslage Engelberg.....	50
17.1 Übersicht des Grundstückes	51
17.1.1 Scheune.....	51
17.1.2 Restaurant Wasserfall.....	52
17.2 Die Wahl fiel auf die Forelle.....	53
17.3 Fischfutter	54
17.4 Bilder vom Teich.....	55
18 Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	58
18.1 Ausgaben	58

19	Energiebedarf	59
19.1	Energiebedarf unserer Hobbyanlage.....	59
19.1.1	Rechnung.....	60
19.2	Nutzung der Sonne oder des Windes	61
19.2.1	Beispiele	62
19.2.2	Beschreibung	63
19.2.3	Spezifikationen	63
20	SWOT.....	64
21	Aufbau des Systems	65
21.1	Planung	65
21.2	Die IBC-Tanks.....	65
21.3	Unterbau	66
21.4	Beete.....	68
21.5	Starten des Stickstoffkreislaufes in einem System.....	69
21.5.1	Zusammenfassung der Vorbereitungsarbeiten	69
21.5.2	Bakterien starten	70
21.5.3	Messen der Werte	70
21.6	Aufzucht der Pflanzen.....	73
21.7	Transport der Fische	75
21.8	Einsetzen der Fische in den IBC Tank.....	77
21.9	Zu hohe Nitritwerte, Umsiedlung der Fische	78
21.10	Angeln der grossen Fische.....	80
22	Fazit	81
23	Eigenständigkeitserklärung	83
24	Arbeitsjournal	84
24.1	Arbeitsjournal Silvan Eller.....	84
24.2	Arbeitsjournal Stefan Pfister	85
25	Quellenverzeichnis.....	86
26	Abbildungsverzeichnis.....	88
27	Anhang	90

1 Management Summary

1.1 Was ist Aquaponik

Der Name Aquaponik setzt sich aus zwei Themenbereichen zusammen. Einerseits aus der Aquakultur und andererseits aus der Hydroponik. Das bedeutet, dass Aquaponik die Haltung von Fischen und die Kultivierung von Pflanzen miteinander vereint. Diese zwei Bereiche werden in einem Kreislaufsystem miteinander verbunden und agieren in einer Symbiose miteinander. Mithilfe von Bakterienkulturen werden die Fischeausscheidungen in Nährstoffe umgewandelt. Diese Nährstoffe dienen wiederum als Dünger, welchen die Pflanzen für das Wachstum benötigen. Die Aufnahme der Nährstoffe hat eine reinigende Wirkung auf die Wasserqualität. Idealerweise können so in einem Kreislaufsystem Fische grossgezogen und Pflanzen angebaut werden.

1.2 Vorteile von Aquaponik

Aquaponik reduziert die für den Anbau benötigte Fläche drastisch. Das Pflanzenwachstum ist etwa dreimal so schnell, wie auf konventionellen Ackerflächen. Dies, weil die Wurzeln immer optimal mit Nährstoffen und Wasser versorgt werden. Der Wasserverbrauch senkt sich um bis zu 90%, da das Wasser nicht in der Erde versickert, sondern im Kreislauf erhalten bleibt. Nur das Wasser, welches sich in den geernteten Pflanzen befindet und das durch die Verdunstung verloren geht, muss ins System nachgefüllt werden.

Aquaponikanlagen können auch in urbaner Umgebung errichtet werden. So kann die städtische Bevölkerung mit frischem Gemüse und Salat, wie auch mit tierischem Eiweiss versorgt werden. Durch die Versorgung vor Ort lassen sich Kühlhäuser, Lagerhallen und Transportemissionen einsparen.

1.3 Aquakultur

Das Meer kann den menschlichen Konsum an Speisefisch nicht mehr decken. Deshalb wird etwa die Hälfte, der in den Läden verkauften Fischen in Aquakulturen gezüchtet und gemästet. Die Fische werden mit Fischmehl und Fischöl gefüttert. Dieses stammt meist aus den Fischabfällen der Fischverarbeitung und aus dem Beifang der Fischerei.

1.4 Funktion Aquaponik

Die Hauptfunktion des Aquaponiksystems ist, die Umwandlung der Fischeausscheidungen in Pflanzendünger. Diese Schlüsselfunktion des Systems wird mithilfe von Bakterien bewerkstelligt, welche sich natürlich im Aquaponiksystem ansiedeln. So wird das Ammonium von den einen Bakterien in Nitrid umgewandelt, welches wiederum von anderen Bakterien in Nitrat umgewandelt wird. Nitrat ist das, was Pflanzen als Nahrung benötigen. Die Anzahl an Fische, die Grösse der Bakterienkultur und die Anzahl Pflanzen stehen in Relation zueinander. Eine extreme Zu- oder Abnahme eines dieser Organismen kann das System aus dem Gleichgewicht bringen.

Für das Wohlbefinden und die Gesundheit aller im System lebenden Organismen ist der pH-Wert sehr wichtig. Der Wert zwischen pH 6.2 und 6.8 kann als Kompromissbereich aller Systemorganismen angesehen werden.

1.5 Praktische Arbeit

Parallel zu den Schreibarbeiten wurde in einer praktischen Arbeit ein Aquaponiksystem gebaut. Dies begann mit der Planung, welche die Örtlichkeit, die Grösse und die Art des Systems beinhaltete. Als dies klar war kauften wir alle nötigen Komponenten, dies erwies jedoch als schwieriger als angenommen. Das System wurde auf IBC-Tanks basierend aufgebaut. Diese dienen als Fisch- und Beetbehälter. Für die Stützkonstruktionen wurde Holz verwendet, welches vor Ort zur Verfügung stand. Parallel zu den Bauarbeiten am System, wurden Pflanzen gesät und zu Setzlingen gezogen. Als das System aufgebaut war, starteten wir mithilfe eines Bakterienkonzentrates die Bakterienkolonie, die sich wie geplant im Beet-Substrat ansiedelten. Nach einigen Wochen konnten wir Nitrid- und Nitratwerte messen, welche die Umwandlungsprodukte der Bakterien sind.

Als wir das System als bereit erachteten, kauften wir die Fische und transportiert diese zum Systemstandort nach Engelberg. Gleichzeitig mit den Fischen wurden die Pflanzen in das Aquaponiksystem eingesetzt. Das System haben wir einige Tage intensiv überwacht. Die Nitridwerte stiegen weiter auf ein sehr hohes Niveau. Nach einiger Zeit mussten die Fische umgesiedelt werden, da die Bakterienkultur länger brauchte, um sich einzupendeln. Dies auch aufgrund der herbstlich kalten Temperaturen. Die Fische verbleiben im benachbarten Teich, wo sie planmässig überwintern und grossgezogen werden.

2 Lebenslauf Stefan Pfister

2017 – 2020	Aerolite AG Ennetbürgen NW (AVOR)
2017 – 2020	Teko HF Energie und Umwelt
2017 – 2017	Sealed Air (temporär, Montage)
2016 – 2017	7-monatige Weltreise (Besuch All Power Labs SF USA)
2015 – 2016	Orgelbau Erni, Stans Schreinerarbeiten und Montage (Überbrückungszeit Reise)
2012 – 2015	RUAG Aviation 60%, Zulassungsstudium 40% HSLU und Studium Maschinenbau 3Semester
2010 – 2012	RUAG Aviation, Alpnach OW (Helikoptermechaniker)
2007 – 2008	21 Wochen RS (Fliegersoldat)
2007 – 2010	Aerolite Max Bucher AG, Ennetbürgen NW (Auslandmontage, Werkstatt und Büro)

3 Lebenslauf Silvan Eller

2018 – 2020	Bürgerstock AG (Gebäudetechnik, Energietechnik)
2017 – 2018	Frey und Cie Engelberg / Start des HF Lehrganges Energie und Umwelt
2017 – 2017	Freelancer Frey AG Stans Seilbahnen Steuerung
2017 – 2017	Farmer Aufenthalt in Australien 4 Monate anschliessend Weltreise (Asien & Amerika)
2013 – 2016	Frey AG Stans Seilbahnen Steuerung Montage Abteilung (In & Ausland) dreimonatiger Sprachaufenthalt in Brighton
2012 – 2013	21 Wochen RS
2008 – 2012	Ausbildung zum Elektroinstallateur EFZ bei Niederberger Elektro Multimedia GmbH

4 Pflichtenheft

Inhalt	Beschreibung
1. Einleitung	Aquaponik ist ein Verfahren zur Aufzucht von Fischen (Aquakultur) und der Kultivierung von Nutzpflanzen (Hydrokultur). Bei einer Aquaponik-Anlage handelt es sich immer um die Kombination einer geschlossenen Kreislaufanlage zur Fischproduktion und einer Hydroponikanlage zur Pflanzenzucht. Das System funktioniert, indem die Exkremente aus der Fischzucht als Nährstoffe für Pflanzen verwendet werden. Dies geschieht automatisiert über den Wasserkreislauf des Systems. Der für die Pflanzenaufzucht nötige Nährstoffeintrag erfolgt über das Fischfutter. Der Name Aquaponik ist ein Kofferwort aus Aquakultur und Hydroponik. 1985 wurde von McMurtry und Sanders unter dem Namen „Integrated Aqua-Vegeticulture System“ ein kommerzielles System aufgebaut und getestet. Die von ihnen begonnene Grundlagenforschung wurde von der University of Virgin Island in einem speziellen Forschungsprogramm für Aquaponik-Aquakultur weiterentwickelt. Heute gibt es eine weltweite Internetgemeinschaft von Hobby Aquaponik Konstrukteuren und Betreibern. Sie teilen ihre Erfahrungen vor allem auf Youtube und in Foren. Einige haben auch Bücher geschrieben, wie z.B. Felix Van Zyl. Neben den Hobbygärtnern gibt es auch Firmen, die meist in Zusammenarbeit mit Universitäten Grossanlagen realisieren. Aquaponik ist vor allem sinnvoll, um den Wasserverbrauch zu minimieren und Transportwege einzusparen, gerade in der heutigen Zeit, wo Nachhaltigkeit immer mehr an Bedeutung gewinnt. Wir werden auf einige kritische Punkte bei der reinen Aquakultur eingehen, welche vor allem aus heutiger Sicht problematisch sind.
2. Fachexperte	Als Fachexperten ziehen wir Robin Rohrer herbei. Er selbst hat ein Aquaponiksystem gebaut und betreibt diese schon über längere Zeit. Er vertreibt seine Fische über seine eigene Firma. Wir sind froh um seine Tipps und sein Knowhow. Robin Rohrer Rudenzerstrasse 7 6074 Giswil 079 943 47 22
3. Inhalt	Inhalt Mit dieser Arbeit wollen wir die komplexen theoretischen und praktischen Zusammenhänge des Aquaponiksystems erlernen. Dank dem Wissen der Ausbildung an der TEKO Energie und Umwelt sind wir im Stande, die recherchierten Informationen zu verstehen. Wir fassen die gefundenen Informationen und Erkenntnisse in Form unserer Diplomarbeit zusammen. Parallel zur literarischen Arbeit wird eine Hobbyanlage gebaut und betrieben. Die gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse fliessen in die Arbeit ein.

Inhalt	Beschreibung
	Ziele Ziel ist es, das nötige Wissen für den Betrieb eines Aquaponiksystems zu recherchieren und zu verstehen. Aufbauend auf den Literaturrecherchen erbauen wir selbst ein solches System, woraus wir einen Nutzen ziehen wollen. Ziel ist es das System in Betrieb zu nehmen. Darin sollen Fische grossgezogen und gleichzeitig Gemüse angebaut werden. Zudem wird die Anlage einer Wirtschaftlichkeitsrechnung unterzogen. Die Ausgangslage könnte interessante Erkenntnisse liefern, da das Nachbarsgebäude ein Restaurant ist, welches für seine Fischspezialitäten bekannt ist und einen relativ hohen Absatz aufweist. Des Weiteren wird die Möglichkeit einer autarken Energieversorgung in Betracht gezogen und berechnet. Aus der Semesterarbeit von Silvan zur Solaranlage auf dem benachbarten Dach sind schon einige Daten bekannt. Vor allem bei Indoor-Anlagen ist der Energieverbrauch ein wesentlicher Bestandteil der Kosten. Endergebnisse / Erfolgskriterien Mit Hilfe dieser Arbeit sollen die Grundlagen des Aquaponiksystems verstanden und zusammengefasst werden. Zudem wird eine kleine Hobbyanlage aufgebaut und betrieben. Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung wird erstellt. Auf weitere Möglichkeiten der Energieversorgung wird eingegangen.

5 Terminplan

Beginn der Rechercharbeiten

Wir begannen schon vor dem offiziellen Starttermin mit den Rechercharbeiten.

Themeneingabe 08.06.2020

Die Termineingabe wurde rechtzeitig gemacht.

Start Diplomarbeit 17.08.2020

Informationen wurden vor dem Beginn gesammelt.

1.Meilensteinsitzung 03.09.2020

Fand termingerecht statt.

2.Meilensteinsitzung 24.09.2020

Fand termingerecht statt.

Abgabetermin 12.10.2020

Wurde eingehalten.

6 Problematik der Aquakulturen

Die Aquakultur-Branche wächst weltweit um sieben Prozent pro Jahr. Schon jeder zweite Speisefisch stammt aus einer Zucht. Es gibt jedoch einige Probleme, welche ungelöst sind. Die meisten Zuchtfische sind nicht artgerecht gehalten und viele Fischzuchten verfüttern mehr Fisch, als sie am Ende auf die Teller liefern. Zudem belasten viele Fischzuchten die Umwelt. [42]

6.1 Die Geschichte der Fischzucht

Die Fischzucht ist keineswegs neu. Schon in der Geschichte, bereits tausende Jahre vor Christus wurden Fischzuchten betrieben. Vor allem im asiatischen Raum wurden in Teichen und Seen Karpfen, Weichtiere und andere Lebewesen gezüchtet.

In Europa und Amerika wurden die Aquakulturen erst ab ca. 500 Jahren nach Christus entwickelt. Oft wurden Aal, Karpfen und Forellen gezüchtet. Meist waren es Klöster, welche sich von den Aquakulturen der Römer inspirieren liessen. [42]

6.2 Überfischung, welche den heutigen Boom der Aquakulturen fördern

Seit 1970 erlebt die Aquakultur einen regelrechten Schub. Die Nachfrage nach gutem Speisefisch ist gestiegen. Auch die Massentierhaltungen benötigen enorme Mengen an Fisch, da sie hochwertige Proteine liefern, welche zur Fütterung benötigt werden. Daraus resultiert eine starke Überfischung der Weltmeere.

Mit einem Weltmarktanteil von rund 90% ist der asiatisch pazifische Raum die bedeutendste Erzeugerregion. Acht der zehn grössten Erzeugerländer liegen in dieser Region. China führt mit grossem Abstand (Produktion 2006: Weltmarktanteil 67% mit knapp 31 Mio. Tonnen), gefolgt von Indien, Vietnam und Thailand. Auf Platz sieben erscheint Chile, das erste nicht asiatische Land, auf Platz neun folgt Norwegen. Im Jahr 2006 stammten bereits 76% der Süsswasserfische, die der Mensch in irgendeiner Form verwertet, aus einer Aquakultur. [42]

6.3 Futter der Zuchtfische leeren die Meere

Nach Angaben der Welternährungsorganisation stammten 1970 gerade einmal 4% der weltweit verzehrten Fische, Krebse und Weichtiere aus Zuchtbetrieben. Heute hingegen kommt rund die Hälfte aus Aquakulturen. Dafür wird eine Menge Fischfutter benötigt, welches zu einem hohen Bedarf an Fischmehl und Fischöl führt.

2006 benötigten die in Aquakulturen gehaltenen Tiere rund 70% der Fischmehlproduktion (3,7 Mio. Tonnen). Beim Fischöl liegt der Bedarf gar bei 90% (835'000 Tonnen). Ungefähr ein Drittel der Fangerträge wird zu Futter von Zuchtfischen, Hühnern und Schweinen verwertet. 1960 lag dieser Anteil erst bei ca. 10%. Man kann also sagen, dass die ganze Fleischindustrie und Aquakultur, wie wir sie heute kennen, einen erheblichen Beitrag zur Überfischung der Weltmeere beiträgt. Es gilt jedoch zu differenzieren. Da in China vor allem auch Karpfenfische gezüchtet werden, und diese auch vegetarisch ernährt werden, werten diese die Aquakulturen wieder ein bisschen auf. [42]

6.4 Raubfische

Problematisch sind die Raubfische, denn diese fressen andere Fische. Arten wie Lachse, Forellen, Saiblinge, Aal und auch Shrimps zählen zu diesen. Laut Forschungszahlen wird hier von einer Kennziffer von 3:1 oder 5:1 gesprochen. Dies bedeutet, dass ein Raubfisch drei bis fünf Kilo fressen muss, um ein Kilo Speisefisch zu generieren. Bei der Thunfischmast liegen Werte von bis zu 20:1 vor. Die Aquaindustrie rechnet mit bedeutend kleineren Kennziffern.

Man kann jedoch sagen ist, dass genau die Zucht dieser Arten einen hohen Bedarf an Fisch benötigt, welcher zur heutigen Überfischung der Weltmeere beiträgt. [42]



Abbildung 2 Schneckenfarm [42]

6.5 Zuchtindustrie sucht nach Lösungen

Die Industrie sucht nach pflanzlichen Proteinen, welche an Lachse und Forellen verfüttert werden können. 2008 wurden am Bodensee in einer Forellenzucht angeblich Forellen rein pflanzlich ernährt und grossgezogen. Auch soll dies vor kurzem der Lachsindustrie gelungen sein. Diese Versuche sind jedoch schwer zu überprüfen, da diese nie wissenschaftlich in einem Fachmagazin publiziert wurden. [42]

6.6 Wertvolle Omega 3 Fettsäuren

Omega 3 Fettsäuren sind essenzielle Stoffe für die Ernährung des menschlichen Körpers. Sie sind lebensnotwendig und können vom menschlichen Körper nicht selbst hergestellt werden. Die Omega 3 Fettsäuren sind in Algen, Pflanzen oder Fischen als Carbonsäureester enthalten.

Fische nehmen die Fettsäuren durch die Algennahrung auf, können sie jedoch auch selbst synthetisieren. Hier noch eine Auflistung von einigen Fischarten, mit dem dazugehörigen Omega 3 Fettsäuregehalten.

- Atlantischer Lachs, gezüchtet, gegart, geräuchert: 1,8 %
- Sardellen – Europa, eingelegt in Öl oder Salz: 1,7 %
- Sardine – Pazifischer Ozean, eingelegt in Tomatensosse oder Salz, mit Gräten: 1,4 %
- Atlantischer Hering, in Essig eingelegt: 1,2 %
- Makrele – Atlantik, gekocht, geräuchert: 1 %
- Weissner Thun – eingelegt in Wasser oder Salz: 0,7 %

Die Omega 3 Fettsäuren haben viele positive Auswirkungen auf den menschlichen Körper. So wird beispielsweise gerade schwangeren und stillenden Mütter empfohlen, täglich eine Dosis von ca. 250 mg Omega 3 Fettsäuren zu sich nehmen. Die Produkte sind heutzutage in jedem Nahrungsmittelladen erhältlich. Sie sind in der natürlichen Form enthalten z.B. im Fisch oder in Pflanzen. Omega 3 kann jedoch auch als Nahrungsmittelersatz in Kapselform oder in Tabletten zu sich genommen werden. [47]



Abbildung 3 Lachsölkapseln
[47]

6.6.1 Wieviel Omega 3 Fettsäuren liefern die Fischzuchten?

In den USA und in Kanada kam es 2008 zu einer hitzigen Diskussion über Tilapien, die durch den massiven Einsatz von Pflanzenölen elfmal so viele Omega 6 Fettsäurenwert auf wie den Omega 3 Wert. Der Verzehr von Fisch wird aber gerade wegen des umgekehrten Fettsäuremusters empfohlen von viel Omega 3 und wenig Omega 6. Die Herz und Ernährungsmedizin wirbt nicht zuletzt für Fisch, da in den Industrieländern zu Omega 6 lastig gegessen wird. Dies unter anderem, wegen den pflanzlichen Fetten wie Sonnenblumenöl. Dennoch ist die medizinische Empfehlung, aus gesundheitlichen Gründen mehrmals wöchentlich Fisch zu essen, nicht nachhaltig gedacht. Würden alle Menschen ihr folgen, wären die Meere bald ganz leergefischt. Die Fischzucht verstärkt diese Problematik noch.

Omega 3 findet sich nicht «einfach so» im Fischfleisch, sondern stammt aus Mikroalgen und reichert sich im Verlauf der Nahrungskette in höherstehenden und fetteren Fischen an. Ähnlich gilt dies z.B. auch bei Rindern, deren Fleisch dank Weidegang einen höheren Omega 3 Gehalt aufweist. Weil diese Mikroalgen in Fischfarmen fehlen, muss Omega 3 dem Futter zugesetzt werden. In der Regel wird dafür Fischöl verwendet. Weltweit wird nun der Einsatz von Omega 3 aus Algenzuchten erforscht.

6.7 Konkurrenz zur menschlichen Ernährung

Ähnlich wie die Massenfleischzucht hat auch die Fischzucht mit denselben Problemen zu kämpfen.

Ein Vorteil von Nahrungspflanzen wie Soja, Bohnen, Erbsen oder Mais ist, dass sie tendenziell weniger stark mit Dioxinen, PCB's (*Polychlorierte Biphenyle*) oder Quecksilber belastet sind wie die Fische, die zu Fischmehl oder Fischöl verarbeitet werden. Doch gerade von Soja gibt es heute praktisch kaum noch ursprüngliche Saaten auf dem Markt.

2008 wurde bereits 60 Millionen Hektaren gentechnisch verändertes Soja angebaut, was zu dieser Zeit einem Anteil der Welterzeugung von 70% entsprach. Vor allem in Südamerika wird Gensoja kultiviert und gefördert. Diese riesigen Flächen, die für den Anbau benötigt werden, fallen zulasten des Urwaldes. Gigantische Waldflächen werden für den Anbau dieser Monokulturen gerodet. Pflanzen wie Soja, Bohnen, Erbsen oder Mais wären auch wertvolle Rohstoffe für den Menschen.

Dasselbe gilt auch für die verschiedenen Fischarten, welche zu Fischmehl oder Fischöl verarbeitet werden. Diese könnten der bevölkerungsärmeren Menschen als Grundnahrungsmittel zur Verfügung gestellt werden. Als Beispiel Sardellen: Diese werden an den südamerikanischen Pazifikküsten zu Millionen Tonnen gefangen und später zu Fischmehl verarbeitet, anstatt sie den ärmeren Menschen, die dort leben zu Verfügung zu stellen. Man darf sich durchaus die Frage stellen, ob es vertretbar ist, in der heutigen Situation, wo in armen Bevölkerungsschichten der Hunger ein tägliches Problem ist, Nahrungsmittel, die für den Menschen wichtig wären, an Tiere zu verfüttern, die wiederum nur der reichen Bevölkerungsschicht zur Verfügung steht.

6.8 Alternativen zum knappen Futterfisch

Da Futterfische und Fischöle immer knapper werden, hat dies auch eine direkte Auswirkung auf den Preis. Futterhersteller sind daher gezwungen innovativ zu sein, da die Preise immer mehr steigen werden. Zurzeit wird ein Grossteil aus Schlachtabfällen wiederverwertet, was eine sehr sinnvolle Variante ist. Da beispielsweise bei einem Filet 30-70% des Lebendgewichts wegfällt und somit wieder als Fischmehl verwendet werden kann. Mittlerweile wird fast ein Viertel des Rohstoffbedarf für Fischmehl von Fischschlachtabfällen gedeckt.

Das Fischmehl jedoch nur aus Fischschlachtabfällen herzustellen ist problematisch, da die Schlachtabfälle viele Gräte und Knochen enthalten, was zu einem hohen Phosphatanteil führt. Es wird auch versucht Fischmehl durch Insektenmehl zu ersetzen. Jedoch ist auch dort der Preis je nach Markt sehr schwankend.

Wie bereits erwähnt, gibt es auch Versuche, Raubfische rein pflanzlich zu ernähren. Jedoch ist dies nicht ihr natürliches Verhalten. Da stellt sich die Frage, ob es Artgerecht ist und auch ob die Qualität des Fleisches nicht darunter leidet.

6.9 Labels

Labels wie *Bio Suisse* oder *Friend of Sea* haben Richtlinien in welchen vorgeschrieben wird, dass Fischöl und Fischmehl nur aus Schlachtabfällen von nachhaltiger Fischerei stammen darf.

Fair-fish setzt sich beispielsweise für eine Obergrenze des Gehaltes von Fischmehl und Fischöl ein.

Beispiel: Für die Gewinnung von 1 kg Zuchtfische (Lebendgewicht) dürfen maximal 200 Gramm Wildfang Lebendgewicht eingesetzt werden. Das



Abbildung 4 Fischmehl [46]

schliesst im Aquafarming ein grosser Nettoproteinverzehrer wie Thun oder Kalbelfau aus. Dies fördert die betriebsnahe Verarbeitung von Zuchtfischen zu Filets, damit die Schlachtabfälle der neutralen Wiederverwertung als Fischfutter zugeführt werden können. Bei Recycling von Fischschlachtabfällen zu Fischmehl bleiben allerdings zwei Probleme zu lösen:

-Der zu hohe Phosphatgehalt muss durch aussortieren von Knochen und Gräten reduziert werden.

-Die separate Verarbeitung nach Fischart ist sicherzustellen, so dass eine gezüchtete Art nicht zu kannibalischer Ernährung gezwungen wird.

Beide Massnahmen werden das Fischmehl verteuern. [42]

6.10 Zucht und Haltung

Es gibt immer mehr wissenschaftliche Studien, die zeigen, dass Fische Angst, Stress und auch ein Schmerzempfinden haben. Grundsätzlich gilt: Wer Fische züchtet, muss für deren Wohl sorgen.

Meist steht am Anfang der Planung nicht das Tierwohl im Vordergrund, sondern die Erträge, die sich damit erwirtschaften lassen. Die Wissenschaft und Behörden sind jedoch bemüht, nachhaltige Aquakulturen zu fördern und auch das Tierwohl soll nicht zu kurz kommen.

Angesichts des rasanten Wachstums der Branche ist dies auch notwendig.

Die drei zentralen Punkte, welche aus heutiger Sicht auch ein Problem darstellen, sind jedoch noch nicht vollständig geklärt.

-Verfütterung von Wildfisch (Verarbeitung zu Fischmehl)

-Belastung der Umwelt

-Massentierhaltung

Diese Punkte zusammen führen auch zu einem qualitativ schlechteren Ergebnis des Fischfleisches. Es gilt jedoch zu differenzieren, denn bei Lachsen, Forellen und Karpfen wurde schon früher die Aquakultur gefördert. Dort gibt es auch zahlreiche Literaturen, die über die Verhaltensbiologie dieser Tiere Auskunft geben.

Auch bei anderen Fleischproduzenten wird oft Tierwohl mit Tiergesundheit verglichen, was jedoch nicht dasselbe ist. Solange die Tiere keine Krankheiten haben und volle Leistungen erbringen, wird davon ausgegangen, dass alles in Ordnung ist. Die Leistungsfähigkeit der Tiere ist einer von vielen Indikatoren, welche uns etwas darüber aussagen kann, wie es einem Tier geht. Dies ist jedoch nicht der einzige Aspekt.

Auch ist es so, dass die Menschen im Umgang mit Tieren, die nicht im Wasser leben, mehr Erfahrungen haben, als solche, die im Wasser leben. So sind unter anderem terrestrische Kriterien für Nutztiere längst bestimmt, wobei es bei Fischzuchten noch an fehlenden Forschungsergebnissen fehlt. [42]

6.11 Künstliche Reproduktion

Die Fischzucht umfasst die Mast bis hin zur Schlachtreife. Von einem geschlossenen Kreislauf spricht man, wenn eine Fischart ohne Rückgriff auf Wildbestände künstlich vermehrt werden kann. Bei Fischzuchten werden die geschlechtsreifen Fische abgestreift. Beim Streifen wird mit der Hand Druck auf den Hinterleib des Fisches ausgeübt. Die Weibchen haben Eier und die männlichen Tiere haben Samen. Bei dem Abstreifen der Tiere müssen die Fische aus ihrem Element (Wasser) genommen werden. Tierschützer kritisieren dies, weil es zu einer zusätzlichen Belastung des Fisches kommt. Es gibt auch Betriebe, die den Fisch zuerst betäuben, jedoch wird dies nicht überall angewendet.

Ein weiterer negativer Punkt aus Sicht der Tierschützer sind die Hormone die eingesetzt werden. Diese dienen dazu, dass die Fische zur selben Zeit Eier im Leib tragen, man spricht auch von Laich. Dies ermöglicht den Fischzüchtern eine speditive und zeitsparende Variante, die Fische gleichzeitig abzustreifen. Wäre dies nicht der Fall, müsste jeder Fisch einzeln je nach Geschlechtsreife abgestreift werden. Dies würde zu einem immensen Mehraufwand führen, welchem nachgeholfen wird.

Für Tierschützer und Organisationen, welche sich für das Fischwohl einsetzen, ist jedoch klar, folgendes muss als Minimum verlangt werden:

- Nur eine Behändigung pro Periode
- Kein Hormoneinsatz
- Stetes feuchthalten der Fische
- Narkose vor dem Streifen

Aber ähnlich, wie bei den Nutztieren, wird auch in Zukunft die künstliche Befruchtung der Fische als normal angesehen, so wie es bei Kühen oder Schweinen heute an der Tagesordnung liegt. [42]

6.11.1 Abstreifen von Forellen

Geschlechtsreif werden Forellen mit ca. drei bis fünf Jahren. Auf dem Bild rechts ist gut ersichtlich, wie sich die Prozedur in einer Fischzucht abspielt. Das weibliche Tier (auch Rogner genannt) wird händisch abgestreift. Die orangen Eier haben alle das Potential, in diesem Fall zu kleinen Bachforellen heranzuwachsen. Dies aber nur, wenn sie befruchtet werden und die Umgebungstemperatur, die Lichtverhältnisse, die Wassertemperatur und der Sauerstoffgehalt stimmt.



Abbildung 5 Abstreifen der weiblichen Bachforelle [44]

Ist der Behälter mit einigen tausend Eiern gefüllt, wird ein männlicher Fisch (auch Milchner genannt) genommen und auch ihm wird mit Druck von Hand über den Unterleib gefahren, bis sich die Samen lösen und in den Behälter geraten. Anschliessend wird frisches kaltes sauerstoffreiches Wasser hinzugefügt und gut durchmischt.



Abbildung 6 abstreifen der männlichen Bachforelle [44]

So vermischt, quellen die weichen Eier auf und werden grösser und auch relativ hart.

Je nach Fischart ist die Wassertemperatur

und der Sauerstoffgehalt anzupassen. Bei Forellen liegt die optimale Erbrütungstemperatur zwischen sieben und acht Grad Celsius. Unter optimalen Bedingungen schlüpfen die kleinen Forellenlarven schon nach einem Monat nach der Befruchtung. Ist die Temperatur ein bisschen wärmer oder die Wasserqualität ein bisschen schlechter, verlängert sich die Dauer, bis die kleine Forellenlarve schlüpft. Die kleinen Forellenlarven besitzen am Anfang einen Dottersack, den sie innert zwei bis vier Wochen aufbrauchen. Während dieser Zeit bleiben sie noch recht unbeholfen am Boden liegen und bewegen sich nicht viel. Erst nach dieser Zeit füllen sie ihre Schwimmblasen und gehen zur aktiven Nahrungsaufnahme über.

Die Aufzucht erfolgt meist in kleineren überschaubaren Becken. Nach ca. zwei bis drei Monaten sind die jungen Forellenlarven zu etwa sechs Zentimeter grossen Fingerlingen herangewachsen. Ab dieser Zeit werden sie oft in verschiedenen Becken gehalten oder kommen in kleine Teiche, wo sie dann weiterwachsen. Die schnellwüchsigen Forellen können nach 12 Monaten schon ein Gewicht von 350 Gramm entsprechen, was als Restaurant Portion gilt. [44, 45]

6.12 Belastung der Umwelt durch Aquakulturen

Die Aquakulturen weisen verschiedene Belastungsprobleme für die Umwelt auf. So sind vor allem die Intensivhaltungen von Shrimps (Crevetten, Garnelen) ein grosses Problem für die Umwelt. Auch fleischfressende Fische wie Lachse oder Thunfische stellen ein viel grösseres Problem dar als Fische wie der Karpfen oder der Tilapia (Buntbarsch).

Muschel und Algenfarmen können sogar dazu beitragen, die Umweltprobleme zu verringern. Sie werden daher auch manchmal mit anderen Aquakulturen kombiniert.

Die schlimmsten ökologischen Schäden richten die Shrimps Farmen in Asien oder Lateinamerika an. Für die Shrimps-Teiche wird Platz benötigt. Oft werden hierfür riesige Flächen von Mangrovenwäldern abgeholzt. Sind die Teiche nach ein paar Jahren von Fäkalien und Medikamenten verseucht, wird einfach eine neue Fläche gerodet.

Die Shrimp-Teiche im Binnenland dagegen, führen zu einer Versalzung der Ackerböden. Offene Fischfarmen (Netzkäfige vor der Küste, in Seen oder Flüssen) können die Umwelt belasten, indem aus ihnen Kot, Futterreste und gelöste Nährstoffe in grösseren Mengen auf den Meeresboden absinken. Installierte Auffangtrichter unter den Netzen oder Absaugevorrichtungen könnten diese Belastung verringern, doch sie sind störanfällig und teuer. Offshore-Netzkäfige, die weit im offenen Meer liegen, belasten die Umwelt weniger, weil hier die Abfälle in grösseren Wassermengen verdünnt werden. Doch der Betrieb dieser Käfige ist ebenfalls teuer.

Auf dem Bild ist eine Shrimps-Teichanlage in Thailand zusehen. Es ist gut erkennbar, dass hierfür einige Hektaren an Mangrovenwäldern gerodet wurde. [42]



Abbildung 7 Shrimps Teichanlage [43]

6.13 Intensivzucht Medikamentenrückstände

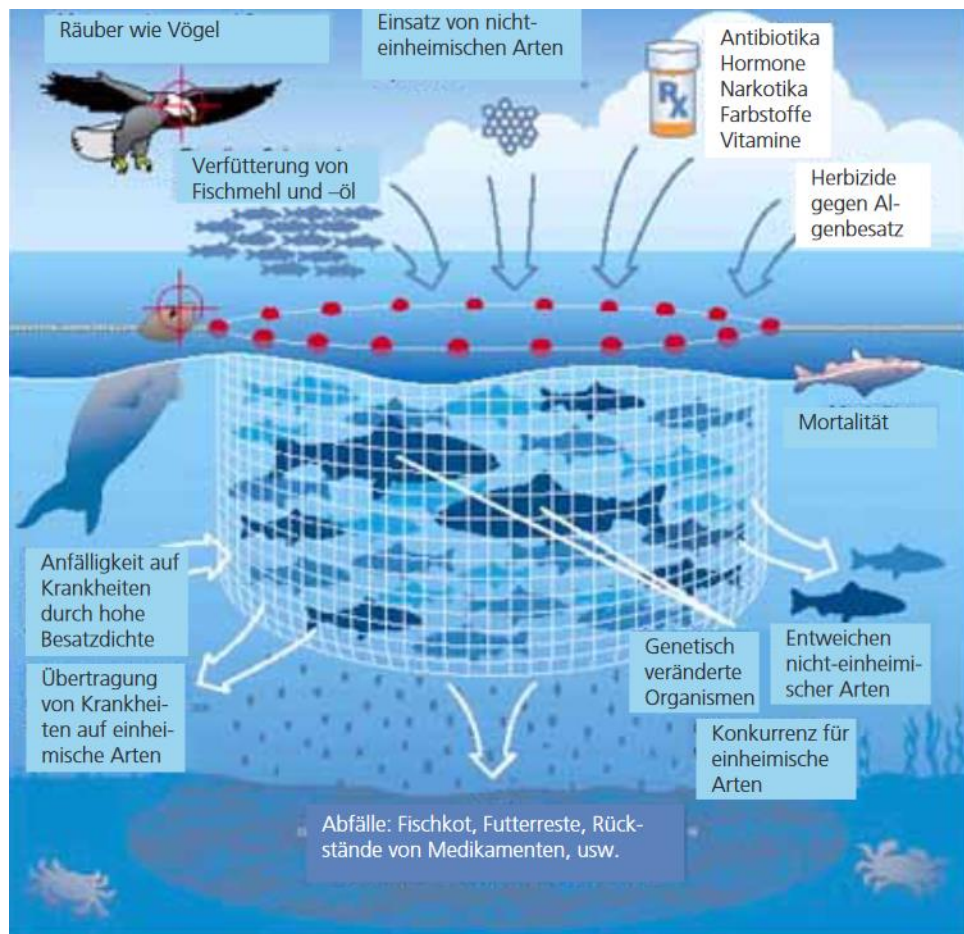


Abbildung 8 Fische in Intensivzucht [42]

Fische, die auf maximale Erträge in unnatürlich grossen und dichten Verbänden gehalten werden, sind krankheitsanfälliger als ihre wilden Artgenossen. Daher benötigen sie Antibiotika und andere Mittel gegen Krankheiten und Parasiten. Die Rückstände aus diesen Mitteln, belasten das Ökosystem ebenfalls. Zudem können sie die menschliche Gesundheit gefährden. Der Einsatz von Antibiotika ist in entwickelten Ländern wie Norwegen in den vergangenen Jahren dank strengeren Gesetzen deutlich zurückgegangen. 2009 wurde bekannt, dass in Chile, Kanada, Norwegen und auch in Schottland verbotene Antibiotika verwendet wurden. Dies führte zu einem Imageschaden und die Behörden wurden aufmerksamer. Dies führte so zu mehr Kontrollen. [42]

6.14 Entweichung von Zuchtfischen

Ein weiterer negativer Punkt für die Umwelt ist die Entweichung von Zuchtfischen wie beispielsweise dem Zuchtlachs. Schätzungsweise 2 Millionen Zuchtlachse entkommen jährlich aus ihren Farmen im Nordatlantik. Im Pazifik (Westküste Nord- und Südamerikas) waren es ebenfalls Millionen, die den Weg ins offene Meer fanden.

Die Folgen davon sind ein ökologisches Chaos, welches die Wildbestände bedroht. Denn Farmlachse sind aggressiver und wachsen schneller als Wildlachse. Dadurch werden sie zu Konkurrenten was Nahrung, Lebensraum und Paarung betrifft.

Wenn sich Farmlachse mit Wildlachsen paaren, verlieren diese an Fitness und genetischer Vielfalt. In Norwegen, Irland, Nordamerika und Grossbritannien reproduzieren sich Zuchtlachse bereits in natürlichen Gewässern. Diese Einkreuzung der gezüchteten Tiere gefährdet die Wildbestände. Es gibt Hinweise, dass Krankheiten und Parasiten auf die Wildbestände übertragen wurden. Laut einer Studie gefährden also Zuchtlachse die natürlichen Wildbestände.

Trotz erkennbarer Bemühungen und manchen Erfolgen, die Zahl der Ausbrecher zu verringern, ist bisher keine Lösung erreicht. Das Escape Problem beschränkt sich nicht auf Lachse, denn immer mehr Fischarten werden in ausbruchsanfälligen Netzgehegen im Meer produziert wie: Kabeljau, Heilbutt, Snapper, Thunfisch, Wolfsbarsch, Dorade und andere.

Das Problem wurde erkannt, doch 100% ausbruchssichere Netzkäfige in Offshoregebieten zu gestalten, ist schwierig, da immer ein Restrisiko besteht.

Um diese Problematik zu bewältigen, wären die sogenannten Kreislaufanlagen eine Lösung. Dort muss jedoch mit hohen Investitionskosten und Unterhaltskosten gerechnet werden. Der Betrieb solcher Anlagen erfordert viel Personal, was wirtschaftlich gesehen wieder unattraktiver ist. Ebenfalls sind die Energiekosten für die Aufrechterhaltung einer intensiv genutzten Kreislaufanlage hoch. [42]

6.15 Kreislaufanlage als mögliche Lösung

Die Kreislauftechnologie wurde in der Vergangenheit als Zukunftstechnologie hochgejubelt und nach einigen technischen und wirtschaftlichen Problemen wieder verteufelt. Die Skepsis in der Branche ist noch spürbar, doch hat die Technologie derzeit international wieder Aufwind.

Auch in der Schweiz sind Anlagen erstellt worden. Die erste davon («Melander» im St. Galler Rheintal) ist seit 2009 eine Ruine, doch nicht wegen technischer Probleme, sondern weil deren Betreiber sich nicht an geltende Vorschriften über Betäubung und Tötung der Fische halten wollten. [42]

6.16 Wirtschaftlichkeit der Aquakulturen

Aquakulturen waren in den vergangenen Jahrzehnten für viele Betreiber ein sehr lukratives Geschäft. Dies zeigt sich an den enormen Wachstumsraten, die zum Teil deutlich über der Gesamtwirtschaft lagen.

Vor allem in Lateinamerika und Asien nahm der Markt stark zu. Dies ist auf der unteren Grafik sehr gut ersichtlich.

Grafik 2: Weltproduktion aus Aquakultur: Wachstum seit 1970 nach Regionen

Veränderung in Prozent (ohne Wasserpflanzen)

aus: The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) 2008, FAO 2009 (Figure 11)

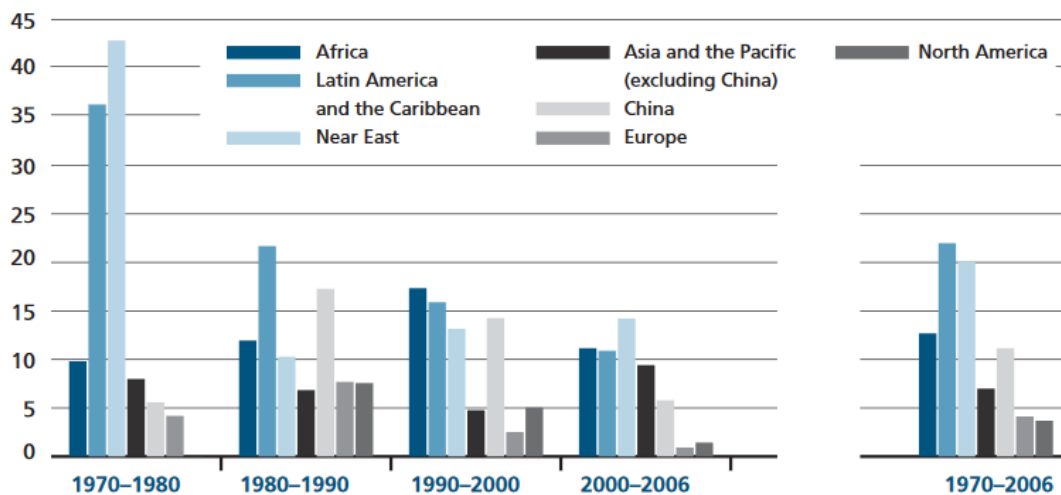


Abbildung 9 Weltproduktion aus Aquakultur [42]

Weltweit verzeichneten Aquakulturen in diesen knapp vier Jahrzehnten ein durchschnittliches jährliches Wachstum von gut neun Prozent.

Es ist davon auszugehen, dass die Aquakultur weiterhin zunimmt, denn das Bevölkerungswachstum hat direkten Einfluss auf die Nahrungsmittelproduktion. Während die Produktion von Schalentieren und Meeresfischen zwischen 2004 und 2006 stark zulegte, verlangsamte sich das Produktionswachstum von anderen Arten. Für einige Spezies (Forellen und Karpfen in Europa) ist das Wachstum gar praktisch zum Erliegen gekommen. [42]

6.17 Hohe Risiken

Die Preise für Fischmehl im Jahr 2006 sind sprunghaft von 600 auf 1400 USD hochgeschossen, und haben sich dann bei 1200 USD eingependelt. Dasselbe beim Fischöl, dessen Preis zwischen 2006 und 2008 von 800 auf mehr als 1700 USD anschwell. In Anbetracht dessen kann es für Betriebe überlebenswichtig sein, über Wissen aus der Forschung zu verfügen, um Fischmehl und Öl etwa durch preiswertere Alternativen ersetzen zu können.

Ein anderes Beispiel zeigt, wie rasch schlechte Orientierung am Markt in den Konkurs führen kann. Gegen Ende der 2000er Jahre mussten viele Doraden und Wolfsbarsch-Farmer an den Mittelmeerküsten aufgeben, weil die Menge weit über die Nachfrage hinausgestiegen war. Wie sich eine rücksichtslose Produktion rächen kann, zeigt das Beispiel der Shrimps-Industrie in Lateinamerika. Um die hohen Anfangsinvestitionen möglichst schnell wieder einzufahren, wurden die Schalentiere in

dicht gedrängter Form gezüchtet. Folge dessen brachen unter den Garnelen Krankheiten in grossem Ausmass aus. Darunter litt das Shrimpsbusiness in Lateinamerika sehr. [42]

6.18 Zusammenbruch der Lachszucht in Chile

In Chile wurden die Vorgaben für eine schonende Produktion missachtet. Daher wurden die von norwegischen Firmen eingerichteten Lachsfarmen, die drittgrösste Exportindustrie Chiles, 2008 flächendeckend durch Krankheiten heimgesucht. Dies nach offizieller Darstellung vom grippeähnlichen ISA-Virus (infectious salmon anaemia).

Es kam zu riesigen Einbussen. Zehntausende von Beschäftigten verloren ihre Arbeit. Weltweit beziehen etwa 40 Millionen Menschen ihr Einkommen direkt oder indirekt aus der Fischzucht. In einem Land wie Chile ist der Verlust des Arbeitsplatzes besonders hart, weil das soziale Netz sehr grob geknüpft ist. Von der Lachskrise in Chile profitierten die Lachsfarmer aus Norwegen, die ihre Produktion drastisch hochfuhren, um den Lachshunger des amerikanischen Markts zu stillen. Brancheninterne Kritiker warnen davor, dass Norwegen dabei sei, die Fehler zu wiederholen, die in den 1980er Jahren zu einem ähnlichen Zusammenbruch der Lachsproduktion in Norwegen geführt hatten. [42]

6.19 Gefährliche, schlecht bezahlte Arbeit

Wie in vielen Entwicklungsländern standen auch in Chile die Arbeitsbedingungen der Lachsfarmen in der Kritik. Aus Thailand und Bangladesch wird berichtet, dass Arbeiter der Shrimps Industrie praktisch wie Sklaven missbraucht wurden. Labels wie Friend of the Sea, ASC oder Bio-Siegel fordern dagegen ein Minimum an sozialer Verantwortlichkeit der Firmen. An einem Zertifizierungsschema für fairen Handel in der Aquakultur arbeiten seit 2008 im Rahmen des internationalen Verbands der Fairtrade Label Organisationen (FLO) in Entwicklung, fair-fish arbeitet mit. [42]

6.20 Die Fischzucht ist nicht generell schlecht

Früher hatte die Teichwirtschaft einen traditionellen Hintergrund. Vor allem in Ostasien und Europa wurde die Sonnenkraft, welche zur Algenbildung und Planktonbildung beitrug, wobei sich Bodentiere ansiedeln konnten genutzt. Denn diese Tiere boten wiederum Nahrung für die Fische, die so heranwachsen konnten. In Ostasien werden oft Polykulturen genutzt, z. B. in Reisfeldern. Während der Flutungszeit, wachsen Fische heran und vor dem Trockenlegen zur Reisernte werden sie abgefischt. Leider sind diese Kombinationsformen stark rückläufig, da in der «modernen» Export-Reisproduktion Pestizide eingesetzt werden, die den Fischen das Leben verunmöglichen. So werden jahrhundertealte Traditionen zur ausgewogenen Nahrungsgewinnung zunichte gemacht. [42]

6.21 Nachhaltige Proteinproduktion

Das diese Produktionsart sich sehr nachhaltig gestalten lässt, ist eindrucksvoll in den Kanälen von Thailand festzustellen. Die Düngung der Fäkalien führt zu starker Eutrophierung (Nährstoffanreicherung). Sie liefert, so via den Fisch, einen hohen Proteinanteil als Nahrungsmittel für die Bevölkerung. Ein Paradebeispiel für nachhaltige Nutzung von Ressourcen ohne Einsatz anderer Energie als der Sonne. Auch in gemässigten Zonen ist traditionelle Karpfenteichwirtschaft für nachhaltige Fischproduktion ohne hohen zugeführten Energieeinsatz möglich. Das Wesen der Teichwirtschaft ist darin begründet, dass der Karpfen und Nebenfische wie Schleie, Wels, Hecht, Zander, Egli usw. den Proteinanteil ihrer Nahrung aus der Urproduktion entnehmen. Die Produktivität lässt sich durch Düngung der Teiche (Mist) sowie durch Zufütterung von Getreide zur Streckung der

Nahrungsmenge steigern. Im Sommer bevorzugt der Karpfen Naturnahrung, ein Zufüttern wäre da sinnlos. Auch bei uns gibt es also seit Jahrhunderten eine sehr nachhaltige Bodennutzung, gerade in Gebieten, die landwirtschaftlich wenig ertragreich sind. Zudem bereichern die Wasserflächen Landschaft und Mikroklima und bieten vielen bedrohten Arten einen Lebensraum.

Daher sollte man die Fischzucht nicht generell verteufeln, sondern nur die Überzüchtung, die in den letzten paar Jahren stattgefunden hat. Die traditionelle Teichwirtschaft hätte ein riesiges Potential, vor allem auch in den ärmeren Ländern. Dort könnte sie ohne grosse Energieaufwände zu betreiben, einen sehr hohen Nahrungsbedarf abdecken, da diese klimatisch gesehen an einem guten Standort wären. Leider ist sie jedoch genau in diesen Ländern politisch nicht erwünscht, da gross Konzerne kein Interesse daran haben, weil der Gewinn klein sein würde. [42]

6.22 Labels

6.22.1 Bio-Labels

Bio-Labels stellen höhere Anforderungen bezüglich:

- Herkunft: Die Fische müssen die letzten zwei Lebensdrittel auf einem Bio-Betrieb verbringen. Keine genetischen Veränderungen oder hormonelle Behandlung.
- Fütterung der Fische: Pflanzliche Komponenten aus Bio-Landbau. Tierische Eiweisse aus Abfällen der Verarbeitung von Bio-Zucht-fischen oder von nachhaltig gefangenen Wildfischen.
- Schlachtung: Betäubung und Tötung.
- Verarbeitung: nur Hilfsstoffe, welche vom Bio-Label akzeptiert sind
- Soziales: Mindestnormen

[42]



Abbildung 10 Label BIO [42]

6.22.2 Friend of the Sea (FOS)

Das FOS-Label zertifiziert nebst Wildfang auch Zucht von Fischen. Die Richtlinien sind mit jenen der Bio-Labels vergleichbar, mit folgenden Ausnahmen:

- keine Vorgaben für Bio-Futter
- keine Vorgabe für die Schlachtung
- keine Vorgaben für die Verarbeitung

[42]



Abbildung 11 Label FOS [42]

6.22.3 ASC (WWF)

Was das Label MSC beim Fang, soll ab 2011 das vom WWF entwickelte Label ASC in der Fischzucht bringen. Das Niveau der Richtlinien ist mit jenem von FOS vergleichbar, mit dem Unterschied, dass sie für jede einzelne Fischart gesondert erarbeitet werden. [42]



Abbildung 12 Label ASC [42]

6.22.4 Fair-Fish

Bei der Fischzucht regelt das Label fair-fish am strengsten (und ist daher bis jetzt nicht auf dem Markt). Die Richtlinien lassen sich mit jenen der Biolabels vergleichen, mit folgenden Unterschieden:

- strengere Vorgaben zum Tierwohl
- Einsatz von Fischmehl/-öl stark limitiert
- keine Vorgaben für Bio-Futter
- keine Vorgaben betreffend Verarbeitung

[42]



Abbildung 13 Label fair fish [42]

7 Fische und Futter

Die Fische sind ein wesentlicher Bestandteil eines Aquaponiksystems, deswegen empfiehlt es sich ein paar Gedanken davor zu machen, welche Fische man verwenden möchte. Es ist einfacher und ratsam Fische zu verwenden, welche sich in den gegebene Klimazonen wohlfühlen, wo sich das System befindet. Zusätzlich muss man sich mit der Frage auseinandersetzen, für welchen Zweck man die Fische verwenden will. Es können einerseits Zierfische zur Dekoration eingesetzt werden oder Nutzfische, welche später als Nahrungsmittelquelle dienen können.

Im Folgenden werden wir eine Übersicht erstellen, welche Fische üblicherweise in einem Aquaponiksystem aufgezogen werden. Hierfür kommen vor allem Süßwasserfische in Frage, da praktisch keine essbaren Pflanzen aus Salzwasserkulturen für den Menschen geeignet sind, bis auf einige Ausnahmefälle. Es ist auch möglich, Fische zu halten, welche eher warmes Wasser bevorzugen. In einem solchen Fall muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Wassertemperatur im Fischbehälter in kalten Zeiten mit einer Heizung unterstützt wird. Solche zusätzlichen Anforderungen erschweren das Ganze ein bisschen. Solange die Fische jedoch nicht sterben, ist es möglich, das Aquaponiksystem so zu betreiben. Wir würden jedoch in Erwägung ziehen, das System mit heimischen Fischarten zu bewirtschaften, weil dadurch schon die Umgebungstemperatur im Einklang mit den Fischen ist.

7.1 Nutzfische

7.1.1 Die Schleie

Die Schleie ist eine sehr gute Option für ein Aquaponiksystem in kälteren Klimazonen. Sie ist ein Süßwasserfisch aus der Ordnung der karpfenartigen und kann unter sehr schwierigen Bedingungen überleben und vegetarisch ernährt werden. Sie lebt überwiegend am Grund von schwachen, strömenden oder stehenden Gewässern. Schleien verfügen über die



Abbildung 14 Schleie [41]

Fähigkeit zur Kälte- und Hitzestarre, die es ihnen ermöglicht, kurzfristig auch extremen Sauerstoffmangel zu überleben. Des Weiteren ist es möglich, die Schleie zu überwintern, da sie auch sehr niedrige Temperaturen toleriert. Optimal wären hier 12 bis 26 Grad Celsius. Die Schleie ist ebenfalls ein guter Speisefisch. Sie wächst relativ schnell zu einer Größe von 15 cm heran, bleibt dann aber auch dabei. Dieser Fisch ist heimisch in ganz Europa, bis auf wenige Ausnahmefälle.

Nahrung: Mistwürmern, Muschelfleisch, Maden, Castern, Shrimps etc.

Zur pflanzlichen Nahrung gehören Mais, Teig, Weissbrot oder mini Boilies (Fischfutterkugeln). [41]

7.1.2 Afrikanischer Raubwels

Der afrikanische Raubwels ist ausgesprochen anpassungsfähig und kann auch unter sehr schwierigen Bedingungen überleben. Er bevorzugt Wassertemperaturen zwischen 20 und 30 Grad Celsius, toleriert aber sogar niedrige Temperaturen bis zu 8 Grad. Man findet ihn in Tiefen von bis zu 80 Metern. Durch seine Anpassungsfähigkeit kommt er an vielen verschiedenen Orten vor. Die Welse können mehrere Tage ohne Wasser überleben, da sie über ihr Maul Luft atmen können. Aufgrund ihrer grossen ökologischen Anpassung können sie die Trockenzeit ähnlich wie der Lungenfisch in ausgetrocknetem Schlamm am Grund von Seen überleben. Raubwelse sind sehr gefräßig und daher ebenfalls vorzügliche Stickstofflieferanten für das Aquaponiksystem. Wenn Sie Ihre Fische auch als Nahrungsquelle nutzen möchten, ist der Wels besonders empfehlenswert, und zwar nicht nur, weil er festes, gut schmeckendes Fleisch hat, sondern auch, weil er keine Schuppen besitzt. Unter idealen Bedingungen können Raubwelse 170 cm gross werden, bei einem Gewicht von 30 kg. Dieser Fisch eignet sich daher optimal für ein Aquaponiksystem, da er enorm anpassungsfähig ist und auch Schwankungen von Wasserwerten verträgt, z.B. niedriger Sauerstoffgehalt oder minimale Veränderung des PH- Wertes.



Abbildung 15 afrikanischer Raubwels [40]

Nahrung: Kleiner Fische, Weichtiere, Aas. Ab einer gewissen Grösse machen sie auch vor Wasservögeln keinen Halt. Sie fressen jedoch nicht nur Fleisch, auch mit Mais oder anderen Speiseabfällen können sie gefüttert werden. [40]

7.1.3 Regenbogenforelle

Die Regenbogenforelle ist ein anspruchsvolles Tier und lebt in der Natur in Flüssen und Seen. Im Aquaponiksystem sollte daher zusätzlich eine Umwälzpumpe installiert werden, um das Wasser in Bewegung zu halten und optimale Bedingungen für die Forellen zu schaffen. Sie bevorzugen eher niedrige Wassertemperaturen zwischen 10 und 18 Grad Celsius, wodurch die Haltung dieser Fische recht aufwändig werden kann, denn Wasser zu kühlen ist nicht so einfach und kann ausgesprochen teuer werden. Des Weiteren sollte das Wasser viel Sauerstoff enthalten. Regenbogenforellen sind nicht besonders tolerant bezüglich der Wasserqualität. Sie sind zwar erstklassige Speisefische und haben eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Auf Grund ihren hohen Anforderungen an Wasser und Sauerstoffqualität ist es jedoch ziemlich aufwändig diese Fischart in einem Kreislaufsystem zu züchten und daher eher nicht so gut für ein Aquaponik-System geeignet.



Abbildung 16 Regenbogenforelle [39]

Nahrung: Forellen ernähren sich in der Natur hauptsächlich von Insekten, Regenwürmern, Kaulquappen, Maden so wie anderen Kleinfischen. In einer Aquakultur werden sie jedoch mit Futterpellets gefüttert. Dies ist ein Fischmehl, welches auch Fleischprodukte beinhaltet. Das Futter für die Forellen ist daher eher etwas teurer als das pflanzliche Fischfutter. [39]

7.1.4 Bachforelle

Die Bachforelle ist wie ihre Verwandte die Regenbogenforelle ein sehr anspruchsvolles Tier. Was die Wasserqualität angeht ist sie noch sensibler als die Regenbogenforelle. Auch bei ihr gelten dieselben Anforderungen, wie bei der Regenbogenforelle. Das heisst, wenn man sie in einem Kreislaufsystem züchten möchte, ist dringend eine Umwälzpumpe notwendig, da diese Fische in der Natur hauptsächlich in strömenden und sauerstoffreichen Gewässern leben. Ein Wasserbehälter ohne genügend Zirkulation ist kein Lebensraum für diese Fische. Auch die Bachforelle bevorzugt kühles Gewässer und lebt auch in Gletscherbächen, welche Temperaturen von nur ein paar Grad über Null aufweisen können.



Abbildung 17 Bachforelle [38]

Sie gilt als hervorragender Speisefisch und die Nachfrage nach ihr ist gross. Allgemein sind was Speisefische angeht die Forellen sehr hoch im Trend. Je nach Nahrungsquelle können sie bis zu 80 cm gross werden und in Ausnahmefällen bis zu einem Meter. Bis sie allerdings so gross sind, braucht es viel Zeit. Die Regenbogenforelle wächst unter den selben Bedingungen schneller als eine Bachforelle.

Nahrung: Gleich wie die Regenbogenforelle ist auch sie ein Raubfisch und hat somit ziemlich den gleichen Speiseplan wie sie: Würmer, Insekten, Flusskrebse und Jungfische. [38]

7.1.5 Saibling

Der Saibling gehört zur Familie der Lachsfische. Man findet ihn auf der ganzen Nordhalbkugel. Er bevorzugt kaltes, klares, sauerstoffreiches Süsswasser wie die Forelle. Auch er ist, was die Wasserqualität angeht, ein sehr anspruchsvolles Tier.



Abbildung 18 Saibling [37]

Auch die Saiblinge gelten als hervorragende Speisefische und die Nachfrage nach ihnen steigt tendenziell an. Die Aufzucht von Saiblingen gestaltet sich als noch schwieriger als die der Forelle. Deswegen erzielen sie einen etwas höheren Marktpreis. Dies wurde auch von den Forellenzüchtern bemerkt und sie setzen nun vermehrt auch auf die Aufzucht von Saiblingen. Der Verkaufserlös für lebende bzw. küchenfertige Saiblinge ist durchschnittlich um etwa ein Drittel höher als für Forellen.

Die Regenbogenforelle, die Bachforelle und der Saibling sind alle hervorragenden Speisefische. Aufgrund ihrer sehr anspruchsvollen Lebensräume wäre es eine interessante Herausforderung, diese in einem Kreislaufsystem aufzuziehen. Durch die Nachfrage dieser Fische wäre wirtschaftlich bestimmt auch ein guter Absatz möglich, weil viele Restaurants diese als Speisefische anbieten.

Nahrung: Der Saibling ernährt sich in freier Natur von Würmern, Insektenlarven, Schnecken, Bachflohkreben und sonstigen wirbellosen Tieren, sowie Anflugsnahrung. Grössere Bachsaiblinge fressen auch Fische.

Natürlich würde es noch viel mehr Fischarten geben, die heimisch sind und die geniessbar wären, wir haben uns jedoch auf die gängigsten Arten beschränkt. [37]

7.2 Zierfische

7.2.1 Koi

Der Koi gehört zur Familie der Karpfen und eignet sich ebenfalls gut für ein Aquaponiksystem. Besonders, wenn man plant, die Fische nur zu dekorativen Zwecken zu halten, wären Kois eine sehr gute Wahl. Es gibt sie in vielen verschiedenen Farben, sie sind sehr resistent gegenüber Parasiten und können bis zu 60 Jahren alt werden. Kois sind gesellige Fische und sollten daher nicht alleine gehalten werden. Die ideale Wassertemperatur für die Haltung von Kois liegt bei 20 bis 25 Grad Celsius. Sinkt die Temperatur unter 10 Grad Celsius, reduzieren sie ihren Stoffwechsel und gehen in die Winterruhe. Mit einer Länge von bis zu einem Meter und einem Gewicht bis zu 24 kg eignen sich diese Fische eher für grössere Systeme ab 1000 Litern. Kois haben bei Händlern einen sehr hohen Wert und die Preise, die man für ein Prachtexemplar verlangen kann, können bis zu 10'000 Franken betragen.



Abbildung 19 Koi [36]

Nahrung: Sie fressen natürlicherweise Pflanzen, Würmer und Insekten und können im Aquaponiksystem mit Futterpellets gefüttert werden. Es können aber auch Lebensmittel aus der Küche wie gekochter Reis, Haferflocken, Wassermelone oder Salat verfüttert werden.

[36]

7.2.2 Goldfisch

Der Goldfisch ist ein Süßwasserfisch aus der Karpfenfamilie. Er eignet sich sehr gut für ein Aquaponiksystem. Goldfische sind robust, leben lange und fressen viel, was sie zum idealen Stickstofflieferanten für das benötigte Pflanzenwachstum macht. Gerade, wenn man die Fische nicht als Nahrungsquelle nutzen möchten, sind Goldfische optimal. Sie bevorzugen eine Temperatur zwischen 16 und 22 Grad und tolerieren auch mal eine schlechtere Wasserqualität. Sie werden bis zu 35 cm gross, sind in vielen verschiedenen Farben erhältlich und geben zusätzlich eine gute Dekoration für ein Aquaponiksystem ab. Gleichzeitig sind sie nicht scheu und kommen zum Füttern an die Wasseroberfläche.



Abbildung 20 Goldfisch [34]

Der Goldfisch ist das älteste bekannte Haustier, welches ohne direkten, wirtschaftlichen Nutzen als Haltungs- und Zuchtgrund gehalten wird.

Nahrung: Goldfischen schmeckt so einiges. So wird vor allem, wenn sie klein sind Flockenfutter verfüttert, welches in jedem Fischhandel erhältlich ist. Ebenfalls stehen auch Insekten und kleine Larven auf ihrem Speiseplan. Zusätzlich kann in kleinen Mengen noch Feldsalat, Löwenzahn, Brokkoli- und Kohlrabi grün, Erbsen weichgekocht und püriert (möglichst ohne die schwer verdaulichen Schalen), Kartoffeln salzfrei und gekocht verfüttert werden. Grundsätzlich gilt, je ausgeglichener die Nahrung desto besser. [34, 35]

7.3 Fischtank / Fischbecken

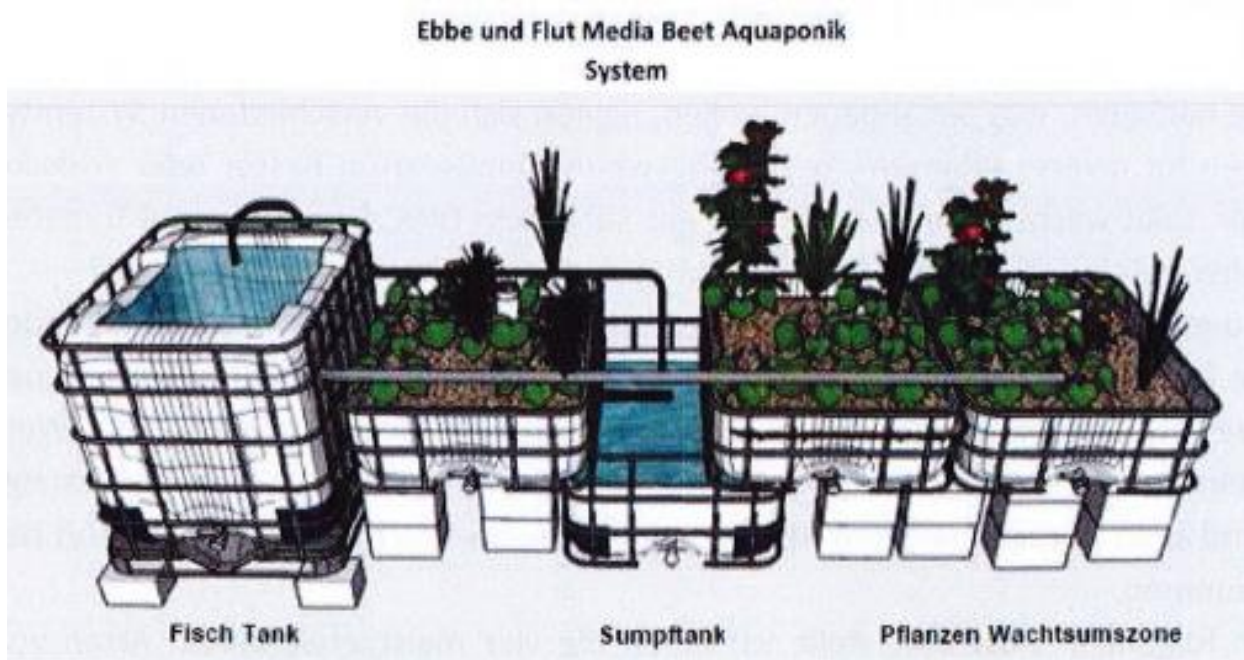


Abbildung 21 CHOP Ebbe und Flut System [5]

Auf dem Bild ist das Grobdesign zu sehen, was wir für unsere Diplomarbeit planen. Bei einem Aquaponiksystem gibt es mehrere Arten, wie man es ausführen könnte. Die oben aufgezeigte Skizze beinhaltet die wesentlichen Bestandteile eines Ebbe- und Flutsystems. In unserer Diplomarbeit wollen wir genau dieses System nachbilden und hoffen auf einen Erfolg was das Pflanzenwachstum und die Fischkultur angeht.

Für den Fischtank haben wir uns für einen IBC Container entschieden. Diese sind relativ kostengünstig erhältlich auf Tutti, Ricardo oder Ebay. Der Inhalt dieses Tankes wird mit 1000 Liter angegeben. (BxLxH) 1000 x 1200 x ca. 1160 Millimeter).



Abbildung 22 IBC Tank [33]

7.3.1 Gesetz

Industrie und Tierschutz sind sich was Aquakultur angeht noch nicht wirklich einig. Der Tierschutz setzt sich für eine geringere Besatzdichte bei Aquakulturen und Fischzuchten ein, während für die Industrie vor allem hohe Erträge im Vordergrund stehen.

Hohe Erträge bedeuten mehr Produktion und dies bedeutet wieder möglichst viel Fisch auf engem Raum. Durch einen Fachexperten, der sich in der Aquabranche auskennt und auch die Fischgesetze kennt, ist bekannt, dass auf 1000 Liter Wasser theoretisch 100 kg Fisch gehalten werden dürfen. Dies ist jedoch sehr verallgemeinert und trifft nicht auf jede Fischart zu. Da einige Fische mehr

Platzanspruch haben als andere. Während den Recherchen sind wir auf einen interessanten Artikel gestossen, welcher die Fischzucht und die Haltung ein bisschen genauer unter die Lupe nimmt. Es wird bemängelt, dass diese hohe Besatzdichte oft nicht artgerecht sei. Bio-Label und Tierschutzorganisationen empfehlen Besatzdichten bei 1000 Litern von maximal 20-30 kg Forelle, bei Lachs wären es 10-15 kg. Auf wissenschaftliche Studien gestützt können bei zu hohen Besatzdichten folgende Probleme auftreten:

- Erhöhter Stress.
- Erhöhte Anfälligkeit für gegenseitige Ansteckung durch Krankheiten.
- Erhöhte Verletzungsgefahr, vor allem der Flossen, und dadurch erhöhte Infektionsgefahr durch eindringende Keime.
- Verminderte körperliche Fitness.
- Beeinträchtigung des natürlichen Schwimmverhaltens.
- Verminderung von Aufnahme und Verwertung des Futters.
- Vermindertes Wachstum.
- Verschlechterung der Wasserqualität.
- Vermehrte Aggressivität.

8 Aufbau des Aquaponiksystems

Um ein Aquaponiksystem aufzubauen, braucht man zahlreiche Artikel. Als Vorbereitung vor dem Kauf dieser Artikel und vor den praktischen Arbeiten wurden zuerst folgende Fragen gestellt und beantwortet:

8.1 Fragen zum Aufbau

Was ist der Verwendungszweck?

Es soll ein experimentelles System geben, um den Aufbau, den Betrieb und das Überwachen des Stickstoffkreislaufes zu erlernen.

Sollen die Fische nur zur Zierde sein oder werden diese auch gegessen?

Der Fisch soll eine heimische Rasse sein, welche auch als Speisefisch genutzt werden kann. Zudem soll der Fisch auch kühle Wassertemperaturen ertragen können.

Was soll angebaut werden?

Es soll eine Mischung aus Kräutern und einfachen Salaten werden. Diese sind anspruchsloser an die Nährstoffe. Die Möglichkeit des Anbaus von Gemüse und Früchten sollte jedoch für den nächstjährigen Anbau gegeben sein.

Welche Grösse soll das System haben?

Da die Möglichkeit des Gemüse- und Früchteanbaus gegeben sein soll, bietet sich ein Ebbe – und Flutsystem an. Es ist das am vielseitigsten einsetzbare System, was die Wahl der Pflanzensorten betrifft. Für den Aufbau des Systems eignen sich IBC Tanks besonders. Sie haben ein Fassungsvermögen von 1000 Litern und sind häufig als Gebrauchtware zu

bekommen. Das System wird aus zwei bis drei solchen IBC Tanks bestehen, wobei einer den Fischtank bildet und der andere in der Hälfte zerschnitten und zu zwei Beeten wird. Die Komponente des Sumpftanks wird während der Arbeiten entschieden.

Wo wird das System aufgebaut?

Das System wird in Engelberg, in einer Scheune aufgebaut. Die Beete werden ausserhalb der Scheune am Tageslicht sein. Der Fischtank soll im Innern der Scheune sein, wo er vor Hitze im Sommer und Kälte im Winter geschützt ist. Die Beete müssten im Winter nach innen verlegt werden. Eine künstliche Beleuchtung der Pflanzen wäre dann notwendig.

9 Der pH-Wert

Der pH-Wert ist ein Mass, welches angibt, wieviel Säure oder Base sich in einer wässrigen Lösung befindet. Dabei wird gemessen, wie viele Wasserstoffionen die Lösung enthält. Die Wertetabelle geht von 0 (stark sauer) bis 14 (stark basisch). Je mehr Wasserstoffionen in der Lösung enthalten sind, desto saurer kann diese gemessen werden. Der pH-Wert 7 kann als neutral angesehen werden.

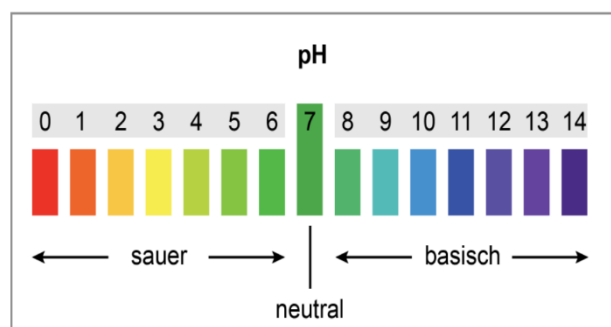


Abbildung 23 Tabelle des pH-Wertes [1]

Der pH-Wert kann mit dem negativen Zehnerlogarithmus der Wasserstoffionen berechnet werden. (Auf die Berechnung wird nicht weiter eingegangen, da dies im Zusammenhang mit dieser Arbeit nicht benötigt wird und nur der vollständigkeitshalber erwähnt wird.)

Die Höhe des pH-Wertes wird durch eine einheitliche Farbskala dargestellt. Sie sieht meist wie Abbildung [1] aus.

Für das Messen des Wertes gibt es mehrere Methoden. Die einfachste Messung erfolgt mittels pH-Messstreifen. Dieser verfärbt sich je nach Wert in die jeweils entsprechende Farbe. Weiter gibt es auch die elektronische Messung. Diese wird mit dem pH-Meter gemessen. Er beruht auf dem Prinzip der Potentialdifferenz. Der Prüfstab des pH-Meters hat an der Spitze eine mit einer Pufferlösung gefüllte Glaskugel. Die dann auftretende Spannungsdifferenz lässt auf den pH-Wert der Lösung zurückschliessen.

Bei uns Menschen kann im ganzen Körper ein pH-Wert gemessen werden. Als Beispiel hat das Blut einen typischen Wert von pH 7.35 – 7.43. Wenn der Wert darüber oder darunter liegt, liegt oft eine Erkrankung vor. Die Haut hat einen Wert von 5.5. Durch Waschen kann sich der Wert kurzzeitig erhöhen. Der Speichel des Menschen liegt typischerweise zwischen pH 6.5 -7.5. Dies kann sich durch das Essen im Laufe des Tages verändern. Der Magen hat ein sehr saures Milieu mit pH 1.2 – 3. Dies benötigt er, da die Verdauungsenzyme erst bei dieser sauren Umgebung arbeiten. Als letztes noch die Bauchspeicheldrüse mit einem Wert von pH 8 – 8.4.

In der Chemie spielt der pH-Wert eine wichtige Rolle bei verschiedensten chemischen Strukturen. Je nach pH-Wert kann sich die Strukturformel einer chemischen Verbindung ändern. Durch diese Strukturänderung kann es unter Umständen zu einer Farbänderung des Stoffes kommen.

Der pH-Wert spielt auch eine wichtige Rolle bei der Nahrungsaufnahme der Pflanzen. Je nach ihrer Wurzeldurchlässigkeit nehmen die Pflanzen gewisse Nährstoffen nur in saurem oder in basischen Boden auf.

Als Beispiel:

Laut der Trinkwasserverordnung in Deutschland muss das Trinkwasser einen pH-Wert zwischen pH 6.5 – 9.5 haben. Ein niedrigerer Wert könnte Metallionen aus der Leitungswand lösen, die das Trinkwasser verschmutzen können.[23]

9.1 Tabelle zu pH-Wert

«Folgende Tabelle gibt dir einen Überblick über gängige Substanzen inklusive ihres pH-Wertes:

Substanz	pH-Wert Art
Salzsäure 3,6 %	0
Salzsäure	1,0
Magensäure	1,5
Zitronensäure, Zitronensaft	2
Essigsäure, Essigessenz	2,5
Coca Cola, Essig	3
Orangensaft	3,5
Wein	4
Saure Milch	4,5
Kaffee, Bier	5
Tee, Hautoberfläche	5,5
Mineralwasser	6
Milch	6,5
Reines Wasser	7
Blut	7,5
Dünndarm-Saft, Pankreassekret	8
Meerwasser	8,5
Backpulver	9

Substanz	pH-Wert Art
Seife	9,5
Waschmittel	10
Natriumcarbonat	10,5
Pottasche	11
Haushalts-Ammoniak	11,5
Kalk	12
Bleichmittel	12,5
Rohrreiniger	13
Kalilauge	13,5
Natronlauge	14

Der pH-Wert des reinen Wassers kann je nach Härte zwischen pH 6 und pH 8,5 variieren.» [Zitat 23]

Unter bestimmten Umständen kann ein pH-Wert von -1 oder 15 erreicht werden. Dies ist im Zusammenhang mit der Aquaponik nicht zu erreichen und wird deshalb nur der Vollständigkeit halber erwähnt. [5, 8]

9.1.1 Der pH-Wert in der Aquaponik

Das Wasser kann je nach Bezugsort einen unterschiedlichen pH-Wert haben. Ziel ist es, das Aquaponiksystem mit einem möglichst neutralen pH-Wert von etwa 7 zu starten. Der pH-Wert ist ein sehr wichtiger Faktor für ein Aquaponiksystem. Der pH-Wert beeinflusst massgeblich wie gut das Pflanzenwachstum ist und somit wie gut das System funktioniert. Pflanzen fühlen sich bei einem pH-

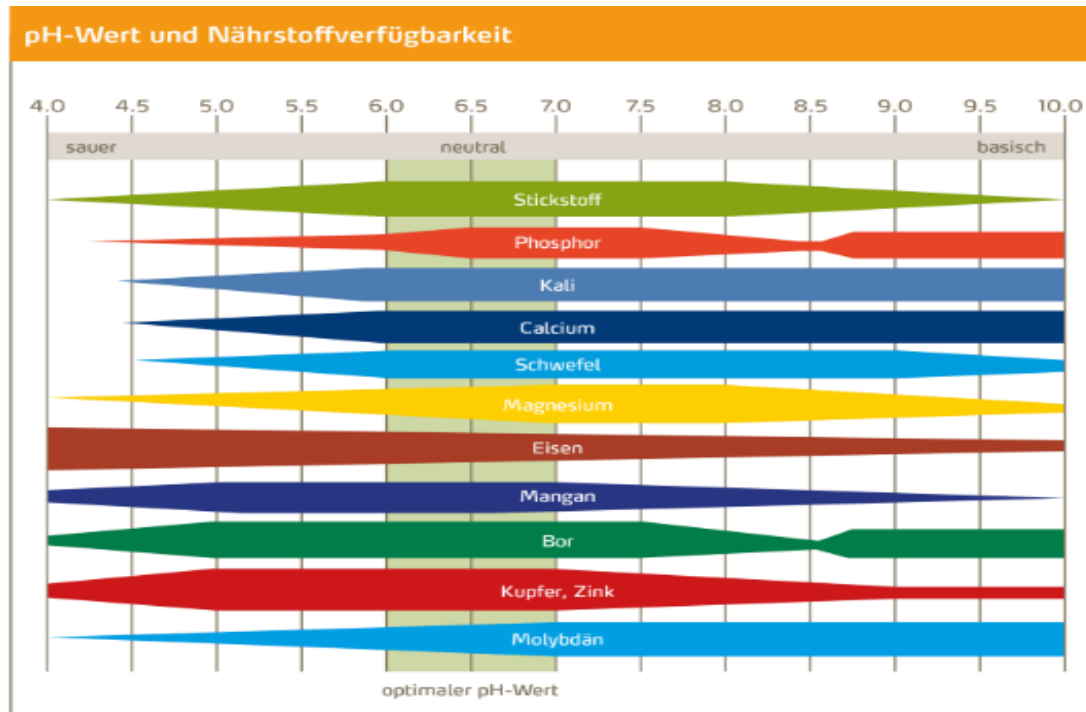


Abbildung 24 Nährstoffverfügbarkeit nach pH-Wert [2]

Wert zwischen 5 und 7 wohl. Ist der pH-Wert ausserhalb dieser Spanne zwischen 5 und 7, können die Nährstoffe aus dem Wasser nur zum Teil oder gar nicht von der Pflanze aufgenommen werden.

Die Fische bevorzugen Wasser, welches einen pH- Wert zwischen 6.5 und 8 hat. Fische mögen ein eher basisches Milieu.

Idealerweise strebt man in der Aquaponik mit dem System einen pH-Wert zwischen 6.2 und 6.8 an.

Dieser Wertebereich ist ein guter Kompromiss. In diesem Bereich ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen gut und somit auch das Wachstum. Die Fische fühlen sich bei diesem Kompromissbereich auch wohl.

Ein frisches Aquaponiksystem, in welchem die Bakterienkultur noch im Aufbau ist, neigt dazu, basisch zu werden. Dies ist in einem steigenden pH-Wert messbar. Der Anstieg des pH-Wertes geschieht, da die Ausscheidungen der Fische und somit das Ammonium noch nicht vollständig in Nitrate umgewandelt wurde. Dies kann man korrigieren, indem man bspw. natürliche Produkte wie Apfelessig oder chemische Substanzen wie Phosphorsäure, dosiert in das System gibt. Ist der pH-Wert über dem Wert 7, zerfällt das Ammonium zusehends zu Ammoniak, welches giftig für die Fische ist.

Ist das System eingelaufen und der Stickstoffkreislauf vollständig aufgebaut, neigt das Aquaponiksystem dazu, sauer zu werden. Dies kann man korrigieren, indem Natron (Natriumhydrogenkarbonat) oder Kaliumhydroxid dosiert dazu gegeben wird. Weiter besteht auch die

Möglichkeit, den pH-Wert natürlich zu puffern. Dies erreicht man z.B. mit der Zugabe von zerhackten Eierschalen (Calciumcarbonat), Kalkstein oder Muscheln, welche dem Wassersystem beigelegt werden. Diese können in einem wasserdurchlässigen Sack in den Wasserkreislauf eingehängt werden. Somit können die Puffermaterialien einfach optisch überwacht und bei Bedarf bequem entfernt und mit neuem Material ersetzt werden.

Beim Korrigieren des pH-Wertes sollten nie gleichzeitig mit Hydroxiden und Karbonaten gearbeitet werden. Diese können chemisch miteinander reagieren und Ausflockungen im System bilden. [1, 2]

10 Licht

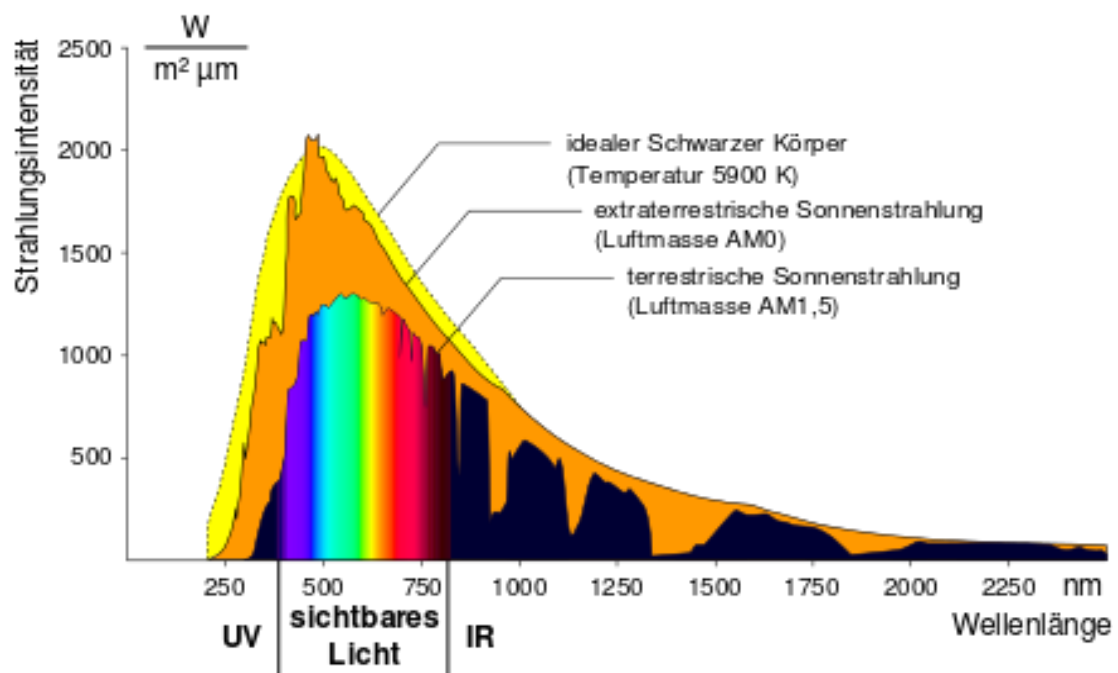


Abbildung 25 Diagramm der Lichtwellenlängen [4]

Das Sonnenlicht besteht aus einem breiten Spektrum an Strahlung. Bei Licht spricht man von dem für das menschliche Auge sichtbare Lichtspektrum. Es bewegt sich im Wellenlängenbereich von 380 nm bis hin zu 780 nm. Im unteren Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes liegt das blaue Spektrum. Weiter unterhalb des sichtbaren Lichtes befindet sich das UV-Licht. Im oberen Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes liegt das rote Lichtspektrum. Weiter oberhalb des sichtbaren Lichtes befindet sich das infrarote Licht. [9, 10]

Pflanzen wandeln die Lichtenergie in chemische Energie um. Dieser biochemische Vorgang geschieht mit Hilfe des Farbstoffes Chlorophyll. Die Pflanzen tun dies in einem physiologischen Prozess, bei dem sie energiearme Stoffe in organische Verbindungen umwandeln. Diese energiearmen, anorganischen Stoffe sind zum grössten Teil Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O). Bei der oxygenen Photosynthese entsteht als Abfallprodukt Sauerstoff (O_2). [3]

10.1 Lichtquellen

Das Sonnenlicht ist das beste und günstigste Licht, welches man Pflanzen geben kann.

Im Winter bietet die Sonnen in unseren Breiten nicht genügend Sonnenenergie, um ein gutes Pflanzenwachstum zu gewährleisten. Wenn dennoch ganzjährig Erträge erzeugt werden sollen, sollte eine künstliche Beleuchtung in Erwägung gezogen werden. Ist die Pflanze in einem geschlossenen Raum ohne Fenster, ist die künstliche Beleuchtung sowieso unumgänglich.

Die Beleuchtung sollte eine Intensität von Minimum 200 W/m² bis optimal 400 W/m² betragen.

Bei der künstlichen Beleuchtung wird grob in drei verschiedene Leuchtmedien unterschieden. Diese haben je ihre Vor- wie auch ihre Nachteile.

10.1.1 Fluoreszierende Lampen:

Unter fluoreszierenden Lampen gehen die Sparlampen und die Leuchtstoffröhren. Sie haben ein von kaltweiss bis warmweisses Licht.

Vorteil ist ihre geringe Wärmeentwicklung. Dadurch kann sie nahe bei der Pflanze platziert werden.

Nachteil ist, dass fluoreszierende Lampen über ihren Lebenszeitraum hinweg an Leuchtkraft verlieren. Dies wird vom menschlichen Auge nicht unbedingt wahrgenommen, ist aber für das Pflanzenwachstum sehr entscheidend.

Diese Lampen werden, wenn sie für die künstliche Pflanzenbeleuchtung eingesetzt werden, vor allem in der Keimphase benutzt.



Abbildung 26 Fluoreszierende Lampe [26]

10.1.2 Hochdrucklampen:

Unter den Hochdrucklampen gehen die Natriumdampflampen, MHL-Lampen (Metallhalogenlampen) und die HPS-Lampen (High Pressure Sodiumlights).

Vorteil ist vergleichsweise ihr günstiger Anschaffungspreis.

Nachteil ist ihre schlechte Effizienz und damit verbunden ihre grosse Wärmeentwicklung.

Idealerweise benützt man in der vegetativen Phase eine MHL oder HPS Lampe und in der Blütenphase eine Natriumdampflampe.



Abbildung 27 Hochdruckdampflampe [27]

10.1.3 LED-Lampen

LED-Lampen können im gewünschten Lichtspektrum gekauft werden. Diese decken vorwiegend das rote und blaue Farbspektrum des Lichtes ab.

Vorteile sind die hohe Effizienz und damit verbunden die geringe Wärmeentwicklung. Auch die lange Lebensdauer und kein Leuchtkraftverlust sind Vorteile.

Nachteil ist, dass die Lampen noch sehr teuer in der Anschaffung sind. [5]

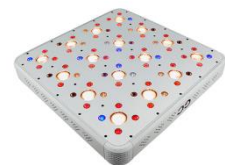


Abbildung 28 LED-Lampe [27]

In der vegetativen Phase ist die Beleuchtungsdauer auf ca. 18 h pro Tag zu halten. Zudem simuliert ein mit hohem Blauanteil haltiges Licht die Sommerphase. Dies erreicht man mit MHL, HPS und LED mit hohem Blauanteil.

Pflanzen, die eher blauanteilhaltiges Licht bekommen, wachsen eher kompakt.

In der Blütenphase ist die Beleuchtungsdauer auf ca. 13-14 h. pro Tag zu reduzieren. Zudem simuliert ein mit hohem Rotanteil haltiges Licht die Herbstphase. Dies erreicht man mit Natriumdampf Lampe und LED mit hohem Rotanteil.

Pflanzen, die eher rotanteilhaltiges Licht bekommen, wachsen eher in die Höhe.

11 Pflanzen

Die Wahl der Pflanzensorten, die man anbauen will und die Art des Systems hängen eng zusammen. Auch müssen je nach Anspruchsgrad der Pflanze, Zusatzstoffe zugegeben werden. Diese sind in der Natur in der Erde enthalten und müssen im Aquaponiksystem chemisch oder natürlich zugeführt werden. Allgemein benötigen Pflanzen 16 Elemente oder Nährstoffe.

Als Grundsatz kann man davon ausgehen, dass alles, was nur Blätter hat und keine Früchte trägt anspruchsloser an die Nährstoffvielfalt ist. Zum Beispiel benötigt Blattgemüse vor allem Stickstoff, welcher von den Fischeausscheidungen über die Bakterien in Form von Nitraten zur Verfügung steht. Bei folgenden Sorten kann vorwiegend auf Zusätze verzichtet werden:

- Salate
- Basilikum
- Petersilie
- Minze
- Schnittlauch
- Mangold
- Spinat
- Fenchel
- Bok Choi
- Pak Choi

Obst und Früchte haben jedoch einen erhöhten Bedarf an Nährstoffen wie Phosphor und Kalium. Dies kann besonders in der Blütenphase in natürlicher Form mit Hilfe von Holzasche zugeführt werden. Diese ist zusätzlich zum Phosphor und Kalium noch reich an Kalk, welcher zudem den pH-Wert puffert. Eine natürliche Alternative ist auch ein Kompost-Tee. Unter anspruchsvoll an die Nährstoffe gelten folgende Gemüse:

- Tomaten
- Gurken
- Erdbeeren
- Paprika
- Brokkoli
- Blumenkohl
- Zucchini

- Aubergine
- Weisskohl

Alles was unter der Erde wächst ist ungeeignet für Aquaponik. Dazu zählen:

- Kartoffeln
- Karotten
- Radieschen
- Zwiebeln

Für die Wahl des Aquaponiksystems ist folgendes zu beachten. Es wird grundsätzlich in Tiefwurzler und Flachwurzler unterschieden.

- Tiefwurzler sind vorwiegend Pflanzen die Früchte tragen. Die Wurzeln brauchen viel Sauerstoff. Hier ist der Systemtyp Ebbe-Flut am besten geeignet.
- Flachwurzler sind vorwiegend Blattgemüse. Diese begnügen sich meist mit dem im Wasser enthaltenen Stickstoff. Etwas Sauerstoff an den Wurzeln schadet jedoch nicht. Hier sind die Systemtypen NFT (Nutrient Film Technique) und DWC (Deep Water Culture) geeignet.[5]

11.1 Anzucht

In den Recherchearbeiten sind folgende bewährte Anzuchtformen für die Pflanzen aufgetaucht. Diese werden zu dieser Arbeit praktisch getestet und es wird im Erfahrungsbericht ausführlich darauf eingegangen.

1. Samen direkt in den Topf oder das Substrat geben. -> Nicht jeder Samen spriest.
2. Samen in einem Glas Wasser geben. -> Die, welche spriessen, in einen Topf oder in das Substrat geben.
3. Samen auf einen Teller mit saugfähigem Papier geben. -> Die, die spriessen, in einen Topf oder ins Substrat geben.

12 Stickstoffkreislauf

Der Stickstoffkreislauf beschreibt die Wanderung und Umwandlung des Elementes Stickstoff durch biologische, chemische und geologische Prozesse. Der Stickstoff zirkuliert in verschiedenen Formen zwischen Boden, Gestein, Wasser, Luft und den Lebewesen. Er stellt ein wichtiger Nährstoff für die Lebewesen dar.

Die Lebewesen spielen bei dem Stickstoffkreislauf eine grosse Rolle. Sie wandeln den Stickstoff für die körpereigene Energiegewinnung, wie auch für den Körperaufbau in verschiedene anorganische und organische Formen um.

Der Stickstoff ist grösstenteils als molekularer Stickstoff (N_2) in der Erdatmosphäre enthalten. Dieser so vorkommende Stickstoff ist sehr reaktionsträge und kann von Organismen nicht direkt aufgenommen werden. Mikroorganismen im Boden oder im Wasser können das N_2 der Atmosphäre in Ammonium (NH_4^+) umwandeln.

Der Mensch beeinflusst den natürlichen Stickstoffkreislauf, indem er synthetische Dünger mittels des Haber-Bosch-Verfahrens herstellt. In der Ammoniaksynthese wird Ammoniak aus Erdgas produziert. Der Ammoniak wird überwiegend für die Herstellung von Ammoniumnitrat, Ammoniumsulfat, Ammoniumphosphat sowie Harnstoff genutzt. Der so gewonnene Kunstdünger trägt zum Grossteil der Ernährung der Weltbevölkerung bei. [12, 13]

Ein Aquaponiksystem bildet einen Teil des natürlichen Stickstoffkreislaufes nach. Die Pflanzen und Fische leben in einer Symbiose im System zusammen. Dabei ist das Gleichgewicht zwischen Fischmenge und Pflanzenmenge wichtig.

Das Fischfutter ist der Wareneingang in das Aquaponiksystem. Mit ihm wird der Grundstoff für den späteren Nährstoff der Pflanzen zugegeben. Die Fische fressen das Futter und wandeln es effizient in Körpermasse um. Die Abfallprodukte der Verdauung des Fisches, scheidet dieser wieder aus. Die Fischeausscheidungen werden mit dem Wasser durch das System befördert. Im Substrat oder dem Biofilter werden die Fischeausscheidungen mithilfe von Bakterien umgewandelt. Die Bakterien wie: Nitrosomonas, Nitrospira, Nitrococcus und Nitrobacter zersetzen in mehreren Stufen das Ammonium (NH_4^+) in Nitrit (NO_2^-) und dann zu Nitrat (NO_3^-). Dabei verbrauchen die Bakterien Sauerstoff, welcher ausreichend im Systemwasser vorhanden sein sollte. Dieser Sauerstoff kann mithilfe eines kleinen Kompressors aus der Aquaristik und einem Blasendiffusor dem System beigelegt werden. Das so erhaltene Nitrat dient den Pflanzen als Stickstofflieferant und somit als Nährstoff. Der Ausgangsstoff Ammonium, der von den Ausscheidungen stammt, ist bis zu einer gewissen Konzentration ungefährlich für die Fische.

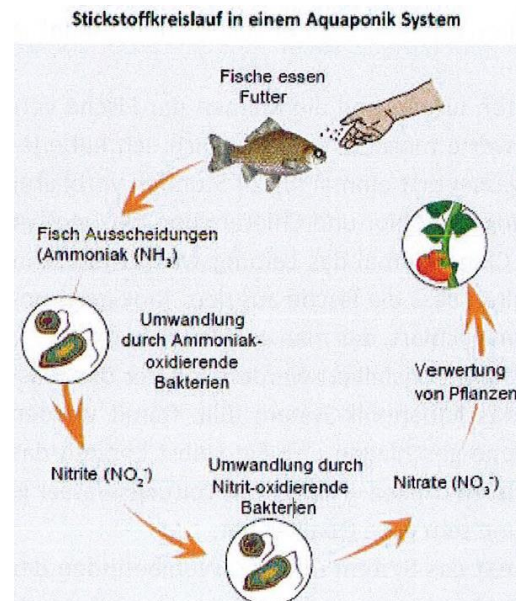


Abbildung 29 Stickstoffkreislauf [5]

Das Ammoniak (NH_3), welches auch von den Fischen über die Kiemen ausgeschieden wird, zerfällt in kurzer Zeit zu Ammonium (NH_4^+). Ist der pH-Wert des Wassers jedoch über 7, zerfällt das Ammonium (NH_4^+) wieder zurück zu Ammoniak (NH_3). Ammoniak kann ab einer Dosis von 0.1mg/l für die Fische tödlich sein.

Im Wasser setzt sich Ammoniak zu Ammonium um, wodurch OH^- -Ionen entstehen und den pH-Wert ansteigen lassen. Ein Aquaponiksystem, welches eingelaufen ist, neigt also zu einem permanenten Anstieg des pH-Wertes. Diesem kann mithilfe von Puffermedien entgegengewirkt werden.[11]

Sind einzelne Werte des Stickstoffkreislaufes zu hoch, lassen sich diese folgendermassen erklären:

Ammonium / Ammoniak zu hoch: Ein noch junges System welches noch eine nicht entwickelte Bakterienkultur hat. Zu viel Futter welches nicht von den Fischen verzehrt wird. Verrottende Pflanzen oder Fische.

Ein Bakterienstarter belebt die Kultur bei einem jungen System. Ist das System schon eingelaufen, ist dies ein Indikator, dass der Biofilter zu klein dimensioniert ist. Ein Teilwasseraustausch ist eine Sofortmassnahme.

Nitrit zu hoch: Der Stickstoffkreislauf ist gestört. Nach einem Teilwasseraustausch als Sofortmassnahme kann ein Bakterienstarter hilfreich sein, um die richtigen Bakterien anzusiedeln.

Nitrat zu hoch: zu wenig Pflanzen oder zu viele Fische. Ein Teilwasseraustausch vermindert die Belastung kurzfristig. Das Schlachten einiger Fische mindert den Anstieg des Nitratgehaltes. Es ist ratsam, nicht alle Pflanzen aufs Mal zu ernten. Verschiedene Wachstumsstufen der Pflanzen helfen die Fluktuation des Stickstoffbedarfs zu minimieren. Ein Nitratgehalt von über 50mg/l sollte vermieden werden.

Als Output des Aquaponiksystem kommt der Stickstoff in Form von Pflanzen heraus. Diese können als Nahrung genutzt werden. Somit ist die Aquaponik, wenn man es genau betrachtet, ein offener Kreislauf. Fischfutter kommt rein und Pflanzen und Fische sind der Output. Idealerweise sollten die Küchenabfälle und Pflanzenreste wieder als Nahrung für die Fische dienen. Häufig werden jedoch jagende Fische also Fleischfresser im Aquaponikbereich eingesetzt. Diese benötigen Fischfutter, welches auf Fischmehl basiert. [5]

13 Nährstoffe

Es wird grundsätzlich in mobile und immobile Nährstoffe unterschieden.

13.1 Mobile Nährstoffe

Mobile Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Molybdän, können in der Pflanze verschoben werden. Herrscht bei mobilen Nährstoffen ein Mangel in der Pflanze, kann diese die Nährstoffe aus den alten Blättern abziehen.

Als Beispiel wird der Stickstoffmangel angeschaut. Hier können die alten Blätter vergilben und die neuen bleiben grün. Dies indiziert dem Anbauer einen Mangel.

13.2 Immobile Nährstoffe

Immobile Nährstoffe wie: Eisen, Calcium, Kupfer, Schwefel und Bor können, wie es der Name schon sagt, nicht innerhalb der Pflanze verschoben werden. Herrscht ein Mangel eines immobilen Nährstoffes, ist auch das Wachstum von neuen Blättern betroffen. Für Eisenmangel als Beispiel ist ein Anzeichen, dass das Blatt sich zwischen den Adern gelb verfärbt.

Für die zuverlässige Nährstoffaufnahme der Pflanze ist auch der pH-Wert wichtig. Als Beispiel



Abbildung 31 Eisen-Tester [7]

kann Eisen bei einem Wert von über 7 nicht mehr aufgenommen werden, obwohl es als Spurenelement vorhanden ist. Somit kann ein eigentlicher Nährstoffmangel einem zu hohen pH-Wert zugrunde liegen.

Aus der Aquaristik gibt es zahlreiche Tester, mit denen der Gehalt des jeweiligen Spurenelementes getestet werden kann. Aus dem gleichen Bereich gibt es auch die jeweiligen chemischen Zusätze, um den Wert anzuheben.

Es gibt auch die Möglichkeit, einen Mangel mit natürlichen Mitteln zu korrigieren. Dies kann in Form von Komposttees oder Zugabe von Holzasche, die reich an Kalium und Phosphor ist, erreicht werden. Eierschalen sind reich an Kalzium und puffern zusätzlich noch den pH-Wert.

Im Bild nebenan sind verschiedenen Indikatoren der Pflanze bei den verschiedenen Mangelerscheinungen aufgezeigt. Das Erkennen von diesen Mangelerscheinungen bedarf jedoch einiger Übung. [5]

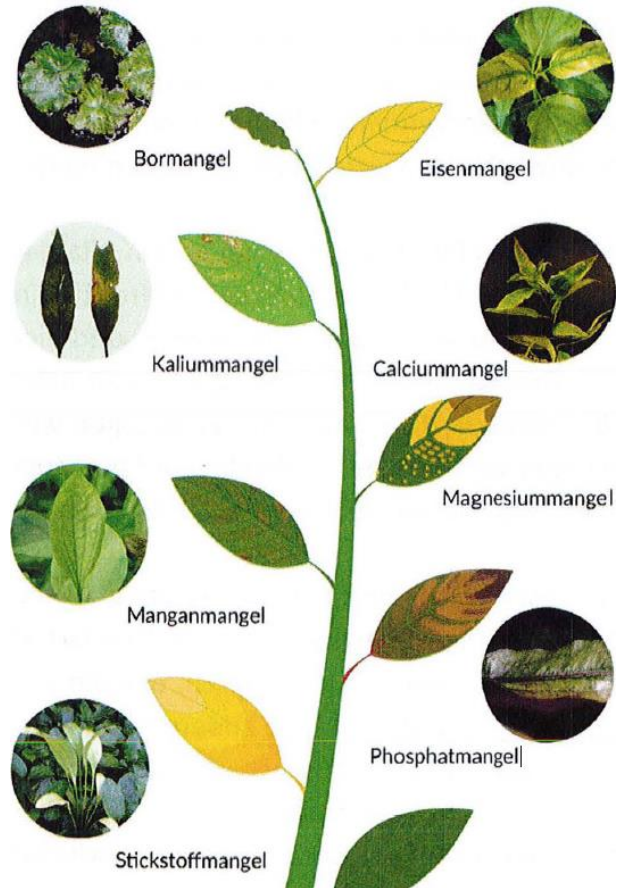


Abbildung 30 verschiedene Mangelerscheinungen [5]

14 Filter

Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Filtern. Der externe Biofilter mit **mechanischer** Filtration und das **Substrat** im Beet welches selbst als riesiger Filter fungiert. Als Faustregel für die Grössenverhältnisse zwischen Fischtank und Substratfilter, sollte das Wasservolumen des Fischtanks etwa gleich dem des Filtermediums sein.

14.1 Mechanische Filtration

Der externe Filter ist als Bauteil in das System verbaut. Er enthält Kunststoffkörper (Helix), auf denen sich die Bakterien für den Stickstoffkreislauf ansiedeln. Diese Bakterien verbrauchen bei der Umwandlung des Ammoniums in Nitrat den im Wasser enthaltenen Sauerstoff. Damit dieser nicht knapp wird, wird der Filter mit einer Luftpumpe belüftet.

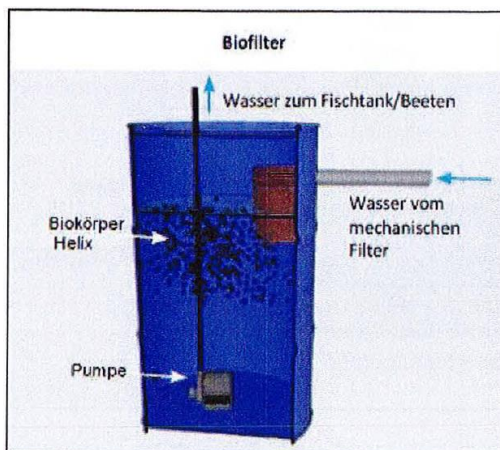


Abbildung 33 Biofilter [5]



Abbildung 32 Mechanischer Filter [5]

Der externe mechanische Filter, auch Schwebstofffilter genannt, dient als abscheiden der festen Bestandteile des Fischkots. Durch die langsame Strömungsgeschwindigkeit des Wassers und leicht wirkenden Zentrifugalkräften, setzen sich die Festbestandteile am Boden des Filters ab. Diese müssen in regelmässigen Zeitabständen entleert werden. Die Fettanteile des Fischkots sind ein guter Dünger. Sie können im Garten oder bei Balkonpflanzen ausgebracht werden.

14.2 Substrat als Filter

Der Substrat Filter wird bei dem Ebbe und Flut System und beim Vertikalen System benutzt. Dabei dient das Substrat selbst in dem die Pflanzen eingesetzt sind als Filter. Das Medium welches verwendet wird hat idealerweise eine grosse Oberfläche. Auf der können sich eine grosse Anzahl Bakterien ansiedeln. Die Feststoffe können beim Einlauf in das Beet gefiltert werden. Dies geschieht oft mit einem Gewäbefilter, welcher einfach auf das Substrat gelegt wird. Dieser Filter muss in regelmässigen Zeitabständen durch auswaschen gereinigt werden.

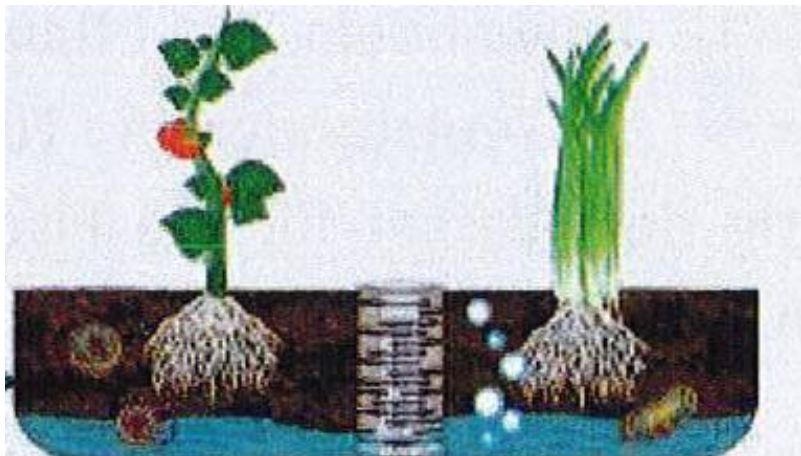


Abbildung 34 Substrat mit Mikroorganismen [5]



Abbildung 35 Kompostwurm [28]

Bei dem Substrat Filter bietet sich noch ein Zusatz an. Eine Wurmkolonie im Substrat hat gute Nebenefekte. Diese fressen die Feststoffe der Fischeausscheidungen und zersetzen auch abgestorbene Pflanzen und Wurzelreste. Die Würmer geben als Abfallprodukt Nährstoffe und Enzyme im das System ab, welche sich wiederum positiv auf das System auswirken. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Reinigung des Systems in grösseren Zeitabständen erfolgen kann, da die Würmer einen reinigenden Effekt haben. Die Wurmarten Mistwurm, roter Kompostwurm und european Nightcrawler sind geeignet, um in einem Aquaponiksystem als nützliche Helfer eingesetzt zu werden. [5]

15 Wasser

Für das Aquaponiksystem wird zum Start eine Menge Wasser gebraucht. Wenn das System läuft ist der Wasserverbrauch minimal, da nichts versickert und nur ein kleiner Teil verdunstet. Die Wasserqualität für Aquaponik ist in der Schweiz sehr gut. Das Leitungswasser kann ohne Behandlung verwendet werden. Jedoch in anderen Teilen der Welt kann die Qualität ungenügend sein oder es ist mit Chlor behandelt.

Als Wasserquelle gibt es drei gängige Möglichkeiten.

15.1 Regenwasser

Das Regenwasser kann vom Dach des Gartenhauses oder Treibhaus gesammelt werden und steht so zu sagen gratis zur Verfügung. Die Wassermenge hängt von der zur Verfügung stehenden Dachfläche, der saisonalen Wetterlage und dem Tankvolumen ab. Das Regenwasser enthält keine Spurenelemente und Mineralien. Diese müssen in anderer Form dem System beigelegt werden. Bei schlechter Luftqualität ist diese Variante unratsam, da die Schadstoffe mit dem Regen aus der Luft gewaschen werden und sich im Regenwasser sammeln.

15.2 Umkehrosmose

Bei der Umkehrosmose kann als Quelle jedes Wasser genutzt werden. Das Wasser wird durch die Membran gepresst wobei jegliche Verunreinigungen herausgefiltert werden. Dabei werden auch alle Spurenelemente und Mineralien herausgefiltert. Diese müssen in anderer Form dem System wieder hinzugefügt werden. Der Vorteil der Umkehrosmose ist, dass jegliches Wasser aus einer Quelle verwendet werden kann.

15.3 Leitungswasser

Ist das Wasser mit Bakterien verunreinigt, muss es zuerst desinfiziert werden. Wenn das Wasser Chlor enthält, muss dieses, bevor es dem System zugefügt wird, entfernt werden.

Egal woher das Wasser stammt, der pH-Wert sollte immer gemessen werden. Dieser ist essenziell für die Funktion des Systems. Zusätzlich sollte vor allem am Anfang kontinuierlich der Ammoniumgehalt, Nitratgehalt und Nitritgehalt gemessen werden. [5]

16 Systemtypen

16.1 CHOP-System (Constant-Height-One-Pump)

Das CHOP-System hat einen konstanten Wasserstand im Fischtank und benötigt als System nur eine einzige Pumpe. Es ist ein beliebtes und verbreitetes Design für Ebbe und Flut Anlagen. Das System wird mit einer Pumpe betrieben und hat einen Sumpftank. Die Beete können in wahlweiser Anzahl erweitert werden. Der Sumpftank bildet die niedrigste Stelle des Systems. In ihm wird eine Pumpe installiert, welche das Wasser von der niedrigsten Stelle zum höchsten Stelle im System transportiert. Die höchste Stelle des Systems bildet der Einlauf des Fischtanks. Von ihm fließt das Wasser mittels Überlauf in die Beete. In jedem Beet befindet sich ein Glockensiphon, welches den Wasserspiegel alternierend ansteigen und absinken lässt. Dadurch haben die Pflanzen immer genügend Wasser an den Wurzeln und zugleich auch eine gute Belüftung der Wurzeln. Wichtig beim Beet ist, dass die oberen Zentimeter des Substrates immer über dem Wasserpegel liegen. Das so oben aufliegende trockene Substrat verhindert das Ansiedeln von Unkraut, Algenbildung und das Anfaulen des Stammes der Nutzpflanze.

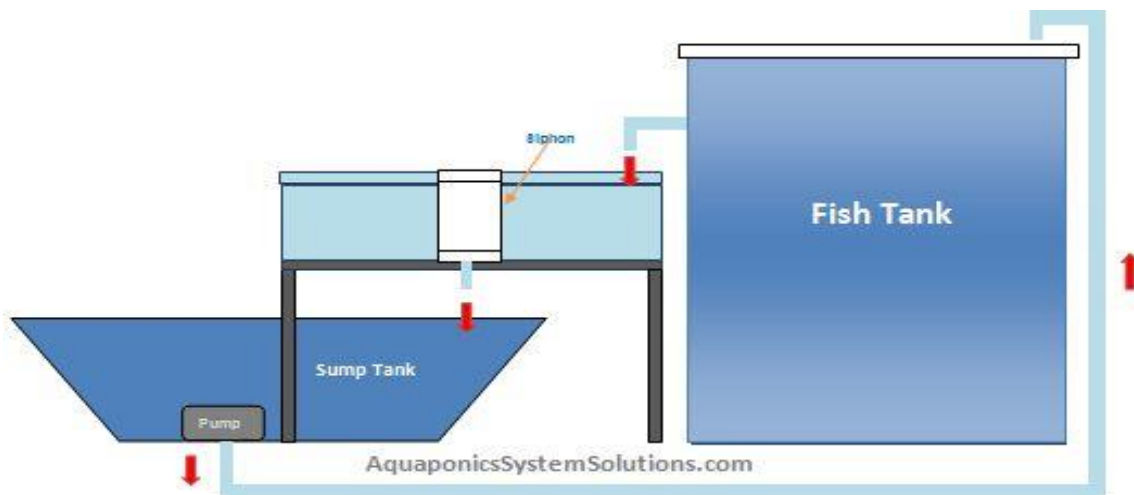


Abbildung 36 CHOP-System [16]

16.1.1 Die Vorteile:

- Einfach im Aufbau
- Nur eine Pumpe wird gebraucht
- Fast alle Arten von Pflanzen können angebaut werden
- Kein zusätzlicher Filter (mit Helixkörpern und Belüftung) nötig.

16.1.2 Nachteile:

- Das ganze System hat ein relativ hohes Gewicht. Vorallem wenn als Substrat Kies gewählt wird.
- Viel Substratmedium nötig. Bei Blähton geht das ins Geld.
- Zulauf ins Beet muss gesteuert werden.

16.1.3 Glockensyphon Erläuterung:

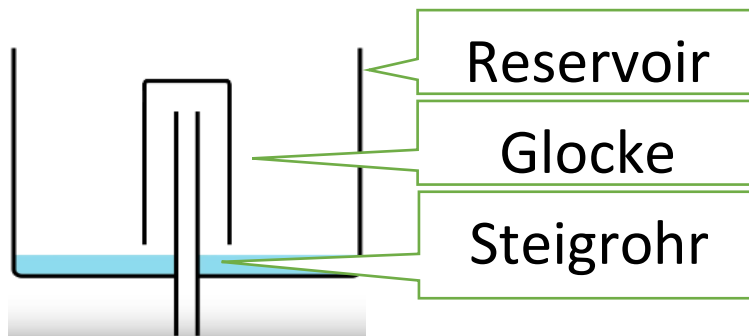


Abbildung 37 Glockensyphon Ausgangslage [17]

Ein Glockensyphon hat drei Hauptbestandteile, das Reservoir, die Glocke und das Steigrohr.

Wenn der Wasserspiegel im Reservoir steigt, steigt mit ihm der Spiegel in der Glocke. Auf beide Wasserspiegel wirkt der gleiche atmosphärische Druck. Beim aufsteigen des Wasserspiegels in der Glocke, entweicht die überschüssige Luft durch das offene Steigrohr nach unten.

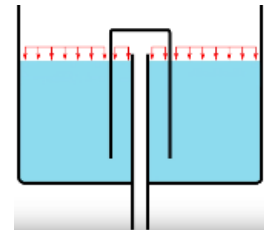


Abbildung 38
Glockensyphon
Wasseranstieg [17]

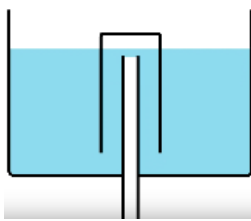


Abbildung 39
Glockensyphon Überlauf
[17]

Wenn der Wasserspiegel in der Glocke genug hoch ist, dichtet der Wasserspiegel die entweichende Luft ab. Jetzt ist die Verbindung zum Druckausgleich mit dem Umgebungsdruck abgesperrt.

Das überlaufende Wasser fällt durch das Steigrohr nach unten. Wenn der Wasserstrom genug gross ist, wird das Steigrohr komplett ausgefüllt. Es entsteht ein Unterdruck, welcher die Glocke komplett mit Wasser füllen lässt. Dadurch wird auch das Wasser vom Reservoir nachgezogen. Im Reservoir beginnt sich der Wasserspiegel langsam zu senken, obwohl der Aflussspunkt höher liegt als der sich senkende Wasserspiegel.

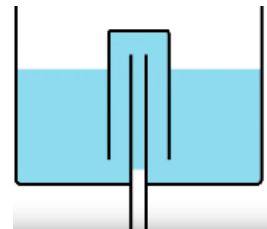


Abbildung 40
Glockensyphon abfließen
[17]

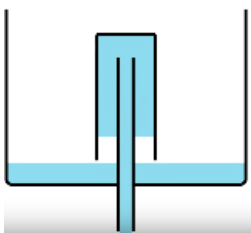


Abbildung 41
Glockensyphon ziehen
von Luft [17]

Schliesslich sinkt der Wasserspiegel im Reservoir unter die Glocke, wodurch Luft eindringen kann. Der Unterdruck in der Glocke fällt zusammen und es stellt sich ein Druckausgleich ein. Das übrig gebliebene Wasser im Steigrohr fliesst durch dieses nach unten ab.

Der Wasserspiegel im Reservoir beginnt wieder langsam zu steigen und der ganze Prozess startet von vorne.[5,17]

16.2 NFT (Nutrient-Film-Technique)

NFT steht für **N**ährstoff-**F**ilm-**T**echnik. Die Technik beschreibt ein System, welches die Pflanzen über einen dünnen Nährstofffilm mit Wasser und Nährstoffen versorgt. Dieses System wird meist mittels Röhren gemacht in denen die Pflanzen in Netzkörben eingepflanzt werden. Die Wurzeln hängen aus den Netzkörben heraus und werden innerhalb des Rohres von der dünnen Nährstofflösung umspült. Der obere Teil der Wurzeln hängt in der Luft und kann so den Luftsauerstoff absorbieren.

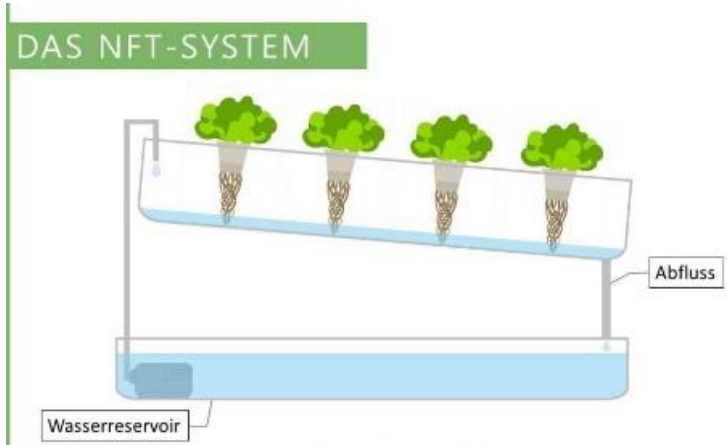


Abbildung 42 NFT-System [18]

Eine Pumpe pumpt das nährstoffhaltige Wasser aus dem Wasserreservoir an den höchsten Punkt des NFT-Systems. Von dort fließt es durch die Rohre und fällt zum Schluss wieder in das Wasserreservoir.

Zusätzlich benötigt das System noch einen Schwebstofffilter und einen Biofilter. Die Filter sind sinnvollerweise nach dem Fischtank angebracht. Zuerst werden die festen Bestandteile im Schwebstofffilter herausgefiltert. Dieser muss von Zeit zu Zeit geleert und gereinigt werden. Nach dem Durchlaufen des Schwebstofffilters muss das von den Fischen abgesonderte Ammoniak noch durch die Bakterienkolonie in Nitrat umgewandelt werden. Diese Bakterienkolonie hat sich im Biofilter angesiedelt. Die Bakterien verbrauchen während der Umwandlung der Nährstoffe Sauerstoff, welcher im Wasser gelöst ist. Um dies auszugleichen wird eine Belüftung (Blubberer) im Biofilter installiert.

16.2.1 Vorteile:

- NFT-System benötigen kaum Substrat. Die Pflanzen können alternativ auch in einer Halterung fixiert werden.
- Geringer Wasser- und Nährstoffverbrauch
- Keine Salzablagerungen, weil das Wasser in Bewegung ist
- Skalierbar und erweiterbar

16.2.2 Nachteile:

- Aufwendig im Bauen und wird daher häufig von fortgeschrittenen Gärtnern verwendet.
- Nur kleine Pflanzen eignen sich für ein NFT-System.
- Ein technischer Defekt kann innerhalb von 3 bis 5 Stunden zum Pflanzensterben führen.
- Grosse und schwere Pflanzen müssen gestützt werden.
- Das System ist nicht für Pflanzen mit Pfahlwurzeln geeignet. [18]

16.3 DWC (Deep-Water-Culture)

Die Tiefwasserkultur ist eine aus der Hydroponik bekannte Methode der Pflanzenproduktion, bei der die Pflanzenwurzeln in einer Lösung aus nährstoffreichem, sauerstoffreichem Wasser ausgesetzt werden. Das DWC-System kann mit tiefem oder flachem Wasser konstruiert werden. Dabei können die Pflanzen auf Flossen platziert werden.



Abbildung 43 DWC mit floating Raft [20]

Auch eine typische Methode ist das Verwenden von Plastikeimern, bei denen die Pflanzen in Netztöpfe gepflanzt und in der Mitte des Eimerdeckels aufgehängt werden. Die Wurzeln hängen dann im Plastikeimer in der nährstoffreichen Wasserlösung. Damit die Wurzeln genügend Sauerstoff bekommen und nicht absterben, wird eine Luftpumpe eingesetzt. Diese, aus der Aquaristik stammende Pumpe, belüftet das Wasser über einen Luftstein und lässt feine Luftblasen aufsteigen. So können die Pflanzenwurzeln unbegrenzt unter Wasser bleiben und haben trotzdem genügend Sauerstoff. Nach dem Fischtank sollte ein Feststofffilter und ein Biofilter verbaut werden. Somit wird verhindert, dass sich im Pflanzenbeet anaerobe Stellen bilden und die von den Fischen stammende Ausscheidungen im Nitrat umgewandelt werden.

16.3.1 Vorteil:

- Beete können günstig errichtet werden.
- Geringer Materialaufwand.
- Leicht erweiterbar.

16.3.2 Nachteil:

- Nur für einfache kleine Pflanzen wie Bspw. Salate, Basilikum und Petersilie geeignet.
- Viel Luft muss ins Wasser eingeblasen werden.



Abbildung 44 Hydroponik im Kessel [19]

16.4 Vertikales System

Vertikal Farming bedeutet übereinander anpflanzen. Dabei kann im Grundsatz fast jeder Aquaponik-Systemtyp verwendet werden, um die Pflanzen wachsen zu lassen.

Vertikale Systeme sind sehr gut geeignet, wenn der Platz eine Rolle spielt, trotzdem aber der Fokus auf maximalen Ertrag gelegt wird. Vertikal Farming ist im Hobbybereich meist mit hängenden oder stehenden Kunststoffröhren realisiert. Die Kunststoffröhren können mit Substrat gefüllt werden, welche die Aufgabe des Biofilters übernehmen. Zusätzlich zum Fischtank wird auch hier ein Feststofffilter benötigt, damit sich die Festbestandteile nicht in den feinen Leitungen verstopfen. Die

Pumpen müssen im Vergleich zu den anderen Systemen mehr Druck entwickeln, um den Höhenunterschied zu überwinden. Zusätzlich ist bei vertikalen Systemen oft eine zur Sonne zusätzliche Lichtquelle nötig, da die Pflanzen dicht aufeinander sich um das Licht konkurrenzieren können.

Für kommerzielle Systeme in urbaner Umgebung ist der Bodenpreis und somit der Platz sehr teuer.



Abbildung 45 Vertical Farming Regal-Form [22]

16.4.1 Vorteil:

Mit dem Aufstapeln der Anbaufläche wird dieser teure Platz optimal genutzt. Zudem wird oft in klimatisierten Lagerhallen mit künstlichem Licht gearbeitet, was im Bild zu sehen ist. Theoretisch ist hier die Skalierbarkeit fast unbegrenzt.

16.4.2 Nachteil:

Bei der künstlichen Beleuchtung und Klimatisierung ist der Stromverbrauch ein grosser finanzieller Posten und macht auch den Grossteil des CO₂- Fussabdrucks aus. Vergleicht man jedoch den Energiebedarf für konventionellen Anbau, kann man folgende Punkte vergleichen:

Konventionell: Maschinelles pflügen, aussähen, kunstdüngen, spritzen, ernten. Evtl. kühlen und über grosse Distanzen transportieren.

Aquaponik: Aussaat, Aufzucht und Wachstum im System unter regulierten Bedingungen, Ernte, kurzer Transportweg.



Abbildung 46 Vertical Farming mit stehenden Röhren [21]

17 Ausgangslage Engelberg

Auf dem Grundstück von Silvans Familie befindet sich eine Scheune, die zurzeit verpachtet wird. Da der Pächter vor zwei Jahren eine neue Scheune errichtet hat, wird diese bei ihm nur noch sporadisch genutzt.

Die Scheune ist in mehrere Teile unterteilt und das Abteil, in dem ehemaligen Schweine gehalten wurden, dient zurzeit nur noch als Abstellfläche für Material, welches untergebracht werden muss.

Da Stefan Pfister sich schon länger mit den Abläufen des Aquaponiksystems auseinandersetzt, sprach er Silvan des öfteren an, ob wir nicht eine Testanlage bei ihm aufstellen wollen.

Da Angeln in der Natur eines Silvans Hobbys ist, und das Aquaponiksystem auch noch mit Fischen zu tun hat, war er schnell begeistert von der Idee. So begann das Ganze. Da ein relativ hoher Anteil dieser Diplomarbeit auch in praktischerweise Ausfällt, und es die TEKO erlaubt, eine Partnerarbeit zu machen, entschieden wir uns für dieses gemeinsame Szenario als Diplomarbeit.

Mit Absprache von Silvans Mutter holten wir uns das Einverständnis, dass wir dort eine Testanlage aufstellen können. Da in der Scheune viel Material rumlag, welches nicht gebraucht wurde, konnten wir unsere Kreativität freien Lauf lassen. Dies führte jedoch auch dazu, dass wir unsere Materialliste für die Bestellung der Komponenten einige Male anpassen mussten und am Schluss trotzdem, während dem Bau immer noch neue Ideen dazu kamen. In dieser Arbeit soll neben dem Aquaponiksystem auch ein wirtschaftlicher Aspekt mit einfließen, da unser Nachbargebäude das Restaurant Wasserfall ist.

Dieses ist bekannt für seine Fischspezialitäten, und wenn sich die Testanlage als durchaus interessant und lukrative erweisen sollte, ist nicht ausgeschlossen, dass wir nach der TEKO den Schritt wagen und es im grösseren Still probieren wollen und allenfalls kleine Absatzmengen an Fische so wie frisches Gemüse verkaufen wollen.

Bei dieser Testanlage wird es so sein, dass wir in dem IBC Tank (Fischtank) kleine Regenbogenforellen aufziehen werden, dies hat mehrere Gründe, worauf wir später noch genauer eingehen werden.

Eine Überlegung dahinter ist, dass wenn wir das System im Winter herunterfahren müssen, da es sehr kalt wird in Engelberg, würden die Fische in die Teiche umgesiedelt, die sich ebenfalls auf dem Grundstück befinden.

Zurzeit befinden sich in den Teichen noch grössere Forellen, welche die Jungfische fressen würden, aber wenn diese eine gewisse Grösse erreicht haben, erübrigt sich dieses Thema von allein.

17.1 Übersicht des Grundstückes

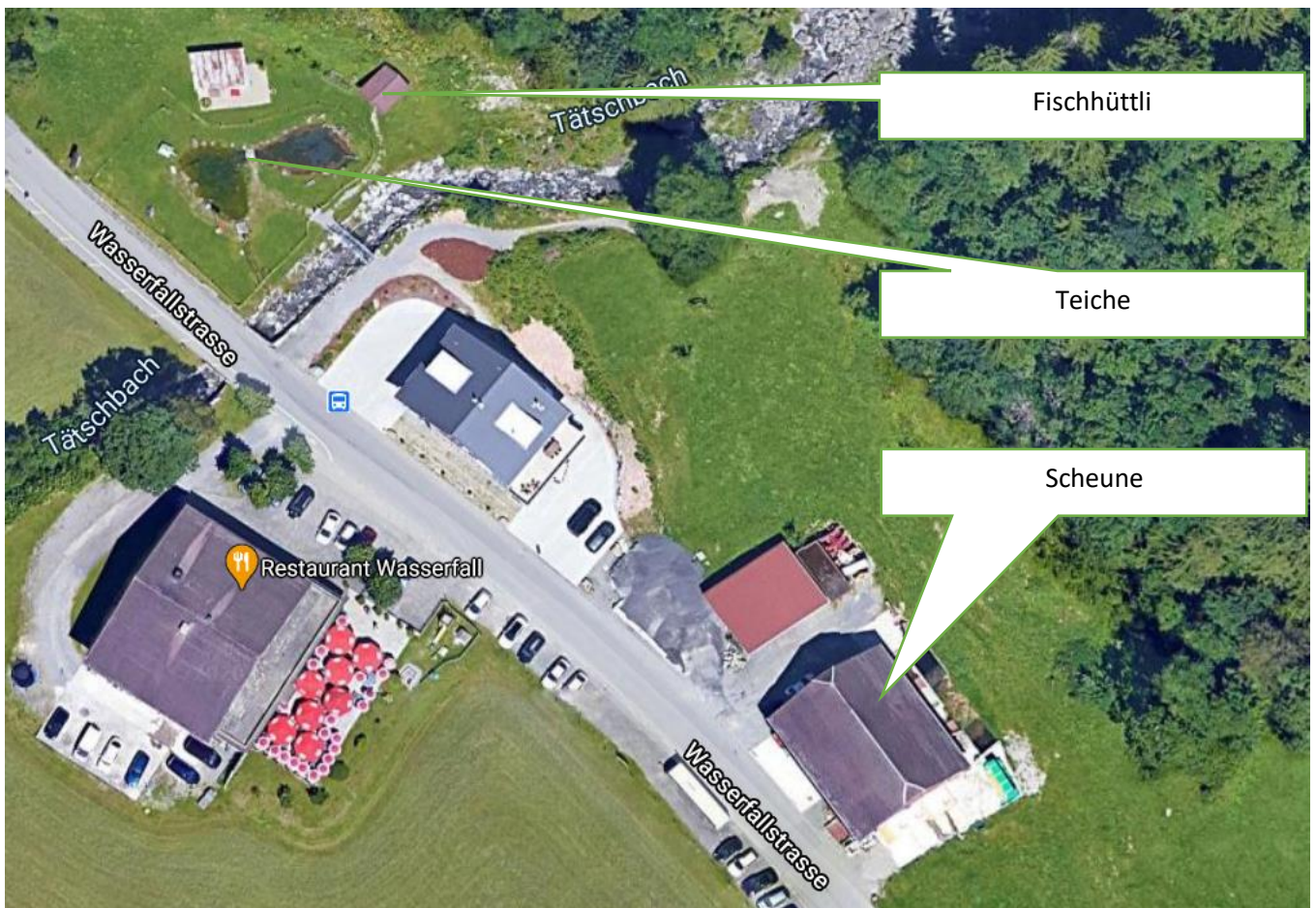


Abbildung 47 Vogelperspektive Grundstück [30]

17.1.1 Scheune

Bei der Scheune wird die Testanlage realisiert. Um dort den Platz zu schaffen, welchen wir benötigen, wurden einige Arbeitsstunden aufgewendet. Einerseits war es mit Material überfüllt, welches sich im Laufe der Zeit angesammelt hat und nie richtig entsorgt wurde. Dazu kam, dass sich dort einige Spinnen eingenistet haben und alles mit Spinnwaben überseht war. Ebenfalls war der Boden sehr schmutzig. Wir entschieden uns dafür, die Wände, Decken und Böden mit dem Hochdruckreiniger zu säubern, so dass wir eine saubere Fläche für unser kleines Aquaponiksystems schaffen konnten.

Zusätzlich spielte es uns in die Karten, dass in dem ehemaligen Schweinestall ein Wasseranschluss vorhanden war. Dieser bezieht sein Wasser von der grundstückeigenen Quelfassung. Somit konnte das System auf geprüft werden, dass allfällige Komponenten dicht sind oder die Glockensiphons so funktionieren wie sie sollten.

Ein weiterer positiver Punkt ist der Stromanschluss, der sich dort befindet und auch zum Befüllen des Systems mussten nicht zusätzlich mühselig Leitungen verlegt werden. Es wird jedoch geprüft, die Anlage Autark zu betreiben aber für die Simulationsversuche und die Pumpen auszuprobieren war dies ebenfalls wesentlich einfacher, als wenn man noch Leitungen erschliessen müsste.

17.1.2 Restaurant Wasserfall

Das Restaurant Wasserfall ist seit 1885 fester Bestandteil von Engelberg. Zurzeit ist es in den Händen der Familie Häcki zu welchen die Familie von Silvan einen guten Kontakt pflegen.

Das Restaurant ist bekannt für seine gut bürgerliche Küche und bietet seit Generationen Forellen- Spezialitäten an. Die Forellen werden immer fangfrisch serviert. Dies ist möglich durch das “ Fisch Hüttli “ welches sich auf dem Familiengrundstück befindet und von Ihnen genutzt werden kann. Auch sie legen einen hohen Wert auf Nachhaltigkeit wie sich auf der Homepage entnehmen lässt.



Abbildung 48 Restaurant Wasserfall [32]

«Saisonal & regional

Neben unseren weitem bekannten traditionellen Fischgerichten bieten wir gutbürgerliche Küche. Wir verarbeiten unsere Zutaten saisongerecht und wenn möglich mit Rohstoffen aus der Region oder der Schweiz. Im Herbst ist unser Engelberger Wild nach Art des Hauses ein Hit!» [Zitat 32]

Durch die grosse Gartenwirtschaft, welche bis zu 150 Personen einen Sitzplatz bietet, ist bei schönen Sonnentagen im Sommer der Andrang riesig. So kann man beobachten, wie der Fischlieferant regelmässig das Fischhüttli mit neuen frischen Forellen bestückt. Vor allem auch an Feiertagen wie dem Karfreitag ist der Forellenbedarf immens.

Durch die Corona Zeit erlitt auch das Restaurant Wasserfall enorme Einbussen.

Durch die Massnahmen, die vom Bund beschlossen wurden und dem Sicherheitsabstand, der gewährleistet werden muss, konnte die Terrace nur noch Platz für 80 Personen bieten.

Auch dies hatte einen direkten Einfluss auf die Nachfrage der traditionellen Forellengerichte, die verkauft werden.

In einem Gespräch mit dem Besitzer des Restaurant Wasserfall Thomas Häcki konnte Silvan heraushören, dass er interessiert ist, an Produkten die vor Ort gedeihen. So ist es jetzt schon ab und an der Fall, dass er in unserem Kräutergärtchen frische Pfefferminze oder auch Schnittlauch und Petersilie pflückt.

Mit der Hobbyanlage, die wir betreiben wollen, ist es jedoch unmöglich dem Bedarf eines so grossen Restaurants gerecht zu werden.

Die durchschnittliche Anzahl Forellen, die verkauft werden pro Jahr betragen zwischen 800-1200 Stück. Einmal sind es mehr einmal weniger, dies ist stark abhängig von den Personen, die das Restaurant aufsuchen.

Für Stefan und Silvan ist es jedoch nur schon positiv zu wissen, dass man bei regional produzierten Produkten Interessenten hätte. So kann man allgemein den Trend feststellen, dass Leute immer mehr

Wert auf nachhaltig produziertes Essen legen. Steht auf einer Speisekarte saisonale Kost, so verkauft sich das Menü besser wie mir berichtet wurde.

17.2 Die Wahl fiel auf die Forelle

Wie bereits erwähnt wurde, ist die Forelle allgemein ein sehr anspruchsvoller Fisch was die Wasserqualität angeht.

Da stellt sich die Frage, wieso wir uns trotzdem für die Regenbogenforelle entschieden haben. Hierfür gibt es mehrere Gründe.

Da die Temperaturen in Engelberg auch im Hochsommer in der Nacht relativ kühl ausfallen, sollte es möglich sein, das Aquaponiksystem mit diesen Fischen zu bewirtschaften.

Der Fischtank steht im Stall drin, welcher von einer dicken Steinmauer umgeben ist, selbst bei Hitzetagen, bei denen die Aussentemperaturen 30 Grad und mehr beträgt, ist es im Innenraum der Scheune angenehm kühl.

Ein weiterer Punkt ist, dass der Fisch allgemein ein sehr beliebter Speisefisch ist, welcher auch in Restaurants oft auf der Speisekarte steht wie z.B. im Restaurant Wasserfall.

Das Hauptargument jedoch betrifft die Zeit nach dem Leben in dem IBC Fischtank.

Ich bin der Meinung, dass sich die Fische ab einer bestimmten Grösse sich nicht mehr wohlfühlen in den Tanks, deswegen bietet sich die Möglichkeit an, die Fische ab einer bestimmten Länge umzusiedeln.

Hierfür sind die zwei Teiche, die sich auf dem Grundstück befinden perfekt.

Es war schon früher ein Hobby von Silvan mit Fischen zu arbeiten, als dort die zwei Teiche ausgehoben wurden, wusste er sofort, da gehören Fische hinein.

Da Silvan selbst leidenschaftlicher Fischer ist und das Jahrespatent besitzt für die Fliessgewässer in Obwalden, bewirtschaftete er den Teich selber mit selbstgefangenen Fischen, die wohl das Mindestmass von 25 Zentimeter erreicht haben, aber in seinen Augen immer noch viel zu klein sind, um sie zu essen.

In dem Teich bietet sich der perfekte Lebensraum für die Forellen. Zurzeit sind Regenbogenforellen und Bachforellen drin. Durch das eigene Quellwasser, welches Silvans Familie besitzt, ist der Frischwasserzulauf gewährleistet. Durch den Zu- und Ablauf des frischen Wassers, ist immer sauerstoffreiches kühles Wasser in dem Teich was für die Forellen optimal ist.

Die Fische in dem Teich benötigen kein zusätzliches Futter, da es nur so wimmelt von Mücken, Wasserläufer, Fliegen und anderen Insekten. Ebenfalls hat es im Teich eine riesige Kaulquappen Kolonie. Diese dienen den Forellen zusätzlich als Nahrung. Durch das grosszügige Angebot wachsen die Tiere dort schnell zu einer beträchtlichen Grösse heran.

Sind die Fische zwischen 35-50 Zentimeter gross, werden diese geangelt und auf den Grill oder in dem Backofen zubereitet und anschliessend gegessen. Durch den Teich bietet sich jederzeit die Möglichkeit die Fische umzusiedeln, falls irgendetwas mit dem Aquaponiksystem nicht stimmen sollte. Durch diese gute Situation, die hier gegeben ist, sind wir ganz klar flexibel, was die Sache mit den Fischen betrifft. Beim Teich hatten wir einmal das Problem, dass sich ein Fischreiherr die Delikatessen vornahm, durch einige aufeinander getürmte Steine finden nun die Fische vermehrt Unterschlupf und können sich so besser verstecken. Im Sommer bei lang andauernder Hitze, gedeihen zusätzlich viele Wasserpflanzen, welche ebenfalls Unterschlupf für die Fische bieten. Diese Wasserpflanzen werden jedoch von Zeit zu Zeit mit einem Rechen herausgenommen, da es sonst überwuchern würde.

17.3 Fischfutter

Da wir nun wissen, dass gerade Forellen bei der kultivierten Zucht ein Problem für die Umwelt darstellen, da sie mit Fischmehl gefüttert und somit gemästet werden, haben auch wir uns mit der Nahrung für die Jungfische auseinandergesetzt.

Am Anfang müssen auch die Jungfische mit Fischmehl auf eine gewisse Grösse herangezüchtet werden. Dies hat mehrere Gründe.

Weil das Aquaponiksystem ein Kreislaufsystem ist, in welchem grundsätzlich kein Frischwasser zugeführt wird, kommen die Jungfische auch nicht in den Genuss von nährstoffreichem Wasser, welches sie aufnehmen können.

Die Futterindustrie hat das Futter soweit optimiert, dass es am Anfang auch für uns die Sinnvollste und einfachste Lösung ist, die Satzische mit dem nährstoffreichen Fischmehl zu füttern. Denn diese beinhalten alle Proteine und Vitamine, welche die kleinen Setzlinge für ein gutes Wachstum in Anspruch nehmen. Ab einer bestimmten Grösse von ca. 12 Zentimeter kann man die Fische mit Insekten und kleinen Regenwürmern verköstigen.

Hier haben wir auch das Glück, dass an dem Standort ein riesiger Misthaufen liegt, welcher in den warmen Monaten nur so von Insekten und Würmern wimmelt.

Das Ziel wäre, dass man möglichst viel von den Insekten und Würmern und Larven nutzen könnte, denn dies ist auch in der Natur ihre gewöhnliche Nahrungsmittelquelle. Zusätzlich möchte ich auch die Überreste nutzen, welche bei einer Fischartnahme aus dem Teich anfallen.

Denn die Fische nehmen auch die im Blut enthaltenen Nährstoffe bestens auf.

Die älteren Fischer hier in Engelberg mögen sich noch gut an die Zeiten erinnern, als die Metzgereien kleinere Schlachtabfälle in das Wasser leiten durften. So berichteten diese, dass die Fische bereits im Frühling gross und relativ dick waren. Diese Zeiten sind jedoch nun vorbei, aber auch aus anderen Regionen hört man, dass unsere Gewässer fast schon zu sauber sind und zu wenig Nährstoffe für die Fische enthalten. Allgemein klagen die Fischer darüber, dass gerade in den grossen Seen wie z.B. dem Vierwaldstättersee der Bestand enorm zurück gegangen sei. Ein Grund dürfte wohl auch das schmalere Nahrungsmittel Angebot einiger Fischarten sein.

Wenn die Fische nach einiger Zeit eine Grösse von ca. 25 Zentimeter erreicht haben, werden diese in den Teich umgesiedelt. Ab diesem Zeitpunkt stehen ihnen im Sommer so wie im Herbst und Frühling Insekten und Kaulquappen, Wasserläufer und andere Nahrungsmittel, welche die Frischwasserzufuhr hineinschwemmt zur Verfügung.

Ein grosser Vorteil an den Fischen ist die gute Verwertung der Nahrungsmittel. Gerade bei den Forellen konnte Silvan beobachten, wie diese in dem Teich innert kurzer Zeit ohne Fütterung auf eine beträchtliche Grösse heranwachsen. Auch bei den Jungfischen ist die Futterverwertung enorm gut, so kann man praktisch wöchentlich feststellen, wie diese wachsen.

Sind die Fische erstmal in dem grossen Teich, so wird das Hobby nicht mehr so zeitintensiv. Den spätestens ab dann, fallen die Wasserproben und Kontrollen auf Dichtheit des Systems weg.

In den vergangenen fünf Jahren musste Silvan nur eine Forelle, die verstarb, herausfischen. Der Grund dafür war jedoch nicht zu wenig Futter oder die Wasserqualität, sondern vielmehr war sie 60 Zentimeter gross und der Bauch war voll mit Eiern, welche sie nicht ablaichen konnte.

Silvan liess sich dann beraten und es hiess, dass dies ab einer Höhe von ca. 1000 Meter über Meer vorkommen könne und das, wenn die Jahreszeit unpässlich ist, die Weibchen ein Problem mit dem Abiaichen haben.

17.4 Bilder vom Teich



Abbildung 49 Teichabschnitt 1 [24]



Abbildung 50 Teichabschnitt 2 [24]



Abbildung 51 Fisch-Hüttli Restaurant Wasserfall [24]



Abbildung 52 Teich Forelle [24]



Abbildung 53 gemeinsamer Auslauf Teich 1 und 2 [24]

18 Wirtschaftlichkeitsrechnung

Da der Transportweg gespart werden kann, wäre wir der Überzeugung, dass wir den Fisch günstiger verkaufen könnten als die jetzigen Lieferanten. Zusätzlich wäre es noch möglich, Salate und andere Gemüsesorten zu verkaufen.

Bei dem Aquaponiksystem sind die pflanzlichen Produkte im Fokus, da sie schlussendlich für den Hauptteil des Umsatzes verantwortlich sind. Die Fische sind nur Nebenprodukte und Teil des Systems. Bei unserer Hobbyanlage wird sich erst noch herausstellen in welche Richtung es läuft.

Die Rechnungen, die hier zustande kommen, sind in erster Linie für ein grösseres System gedacht.

Bei der Hobbyanlage, die wir betreiben, versuchen wir einfach aufzuzeigen, dass sich daraus ein wirtschaftliches Modell entwickeln kann, welches in der heutigen Zeit immer mehr an Bedeutung gewinnen könnte.

Die Zahlen, die hier verwendet werden, basieren auf Erfahrungswerten, welche Robin Rohrer uns mitteilte.

So kann er Bsp. 1 Kg Forellenfilet für 37 Franken verkaufen.

Lebendige Forellen mit einem Gewicht von 350 Gramm werden für 5 Franken verkauft.

Für die Salate wird mit 1.50.- Franke gerechnet.

18.1 Ausgaben

Artikel	Preis
IBC-Tank	CHF 50.00
Rohrmaterial	CHF 236.40
Buch Aquaponik	CHF 49.90
Blähton Migros	CHF 149.50
Blähton Landi	CHF 77.50
Fische	CHF 40.00
Total	CHF 603.30

Investitionskosten 603 Franken	Investitionskosten 603 Franken	Investitionskosten 603 Franken
1 Kg Filet 37 Fr	Lebendige Forellen 5 Fr	Salate 1.50 Fr
Amortisation Summe = 16.3 kg	Amortisation Summe = 120.6 Stk.	Amortisation Summe = 402 Stk.

Je nachdem wieviel man von was verkauft, ergeben sich unterschiedliche Zahlen. Da dies jedoch eine Hobbyanlage ist, wird die Zeit, welche dafür aufgewendet wird, nicht eingerechnet. Kann man die Fische als Filet verkaufen, so würden bereits 16.3 Kg reichen, um die Investitionskosten der Anlage zu Decken. Bei den Produkten mit dem günstigeren Preis würde sich die Stückzahl dementsprechend erhöhen.

Bei der Stromrechnung, welche im nächsten Kapitel ausführlich aufzeigt, welcher Verbraucher wieviel Strom bezieht, wird mit ungefähr 80 Franken gerechnet. Diese stellen sich aus der Wasserpumpe und der Luftpumpe zusammen (52.50.- Franken + 21 Franken = **73.50** Franken)

19 Energiebedarf

Je nach Grösse und Gegebenheiten benötigt ein System mehr oder weniger Energie.

Mit der Energie ist hiermit vor allem der elektrische Strom gemeint.

Denn egal wie man ein System anlegt, eine Pumpe wird in jedem Fall benötigt.

Arbeitet man professionell mit Messinstrumenten, welche den Wasserwert elektronisch messen und künstlichem Licht, so summieren sich die Leistungen der Verbraucher schnell um ein Vielfaches. Dazu kommt noch, dass man die Raumtemperatur so regeln sollte, dass sich die Pflanzen wohl fühlen, auch hier ist es je nach Standort und Gegebenheiten so, dass man noch zusätzlich Heizungen installieren muss. Aber dies wäre dann schon auf einem professionellen Niveau und hat nichts mehr mit einer Hobbyanlage zu tun. Es ist jedoch ein interessanter Gedanke, wenn man ein Aquaponiksystem an einem kalten Ort wie Engelberg auch im Winter indoor betreiben könnte. Ein Szenario davon wäre zum Beispiel, ein kleiner Dieselgenerator als Stromquelle und gleichzeitig als Wärmequelle zu betrachten. So würde nämlich der Wirkungsgrad dieser Maschine bei annähernd 100% liegen, was bedeutet, dass nahezu alles genutzt werden kann, was an Energie im Treibstoff enthalten ist. Der Kohlenstoff der CO₂ Abgase könnten von den Pflanzen mittels Fotosynthese gebunden werden und der Sauerstoff würde wieder in die Umgebung abgegeben werden. Durch die Abwärme würde der Raum angenehm temperiert. Dies bedarf jedoch einer gründlichen Planung und wird nicht genauer angeschaut bei unserem Projekt.

19.1 Energiebedarf unserer Hobbyanlage

Bei dem kleinen Ebbe- und Flutsystem welches wir aufbauen, ist der Energieverbrauch überschaubar. Da wir den pH-Wert des Wassers mit einem Indikatoren Kit messen können, wird hierfür kein elektrisches Gerät benötigt. Diese Indikatoren Kits sind in jedem Aquarium Shop erhältlich und werden auch bei Aquarien mit Zierfischen verwendet. Für die Anlage, die wir selbst betreiben wollen, reicht diese Variante völlig aus.

Ebenfalls haben wir uns bei der Planung mit diesem Thema Energiebedarf beschäftigt.

Bei unserem System ist es so, dass wir nur eine Wasserpumpe benötigen, welche das Wasser vom Sumpftank in den Fischbehälter pumpt. Hierfür gibt es eine Faustregel, welche beachtet werden sollte. Die Pumpe sollte eine Umwälzung des Fischbehälters in ungefähr einer Stunde gewährleisten können, die in unserem Fall ca. 1000 Liter entspricht.

Nun ist es bei den Pumpen so, dass die Fördermenge des Wassers abnimmt sobald mehr Höhenmeter bewältigt werden müssen.

So hatte Stefan beispielsweise noch eine Wasserpumpe bei sich zuhause, die auch für den Dauerbetrieb geeignet gewesen wäre und auch den Anforderungen entsprochen hätte.

Beim Einsatz dieser Pumpe stellten wir fest, dass nur eine minimale Menge an Wasser bei dem Fischtank ankam.

Diese Pumpe wäre optimal gewesen, da sie eine sehr kleine Leistung aufnimmt welche nämlich 30 Watt betrug. Hätten wir mit dieser Pumpe unser System betreiben können wären die Stromkosten nur für die Pumpe enorm niedrig gewesen.

19.1.1 Rechnung

Stunden * Leistung = Energie

$24h * 365 \text{ (Anzahl Tage pro Jahr)} * 30 \text{ Watt} = 262800 \text{ wH} = 262.8 \text{ kWh}$

Wenn der Preis pro Kilowattstunde bei ca. 20 Rappen liegt (Durchschnitt) so ergibt sich folgende Rechnung: Energie * Preis = $262.8 * 0.2 \text{ Fr.-} = 52.50 \text{- Franken}$

Als Alternative hatte Stefan noch eine Tauchpumpe mit 200 Watt Leistung bei sich zuhause, diese ist jedoch nicht für den Dauerbetrieb geeignet aber reicht vorübergehend. Auch hier können wir dieselbe Formel verwenden.

Stunden * Leistung = Energie

$24h * 365 \text{ (Anzahl Tage pro Jahr)} * 200 \text{ Watt} = 1752000 \text{ wH} = 1752 \text{ kWh}$

Diese Leistung summiert sich dann auch in den jährlichen Kosten

Energie * Preis = $1752 \text{ kWh} * 0.2 \text{ Fr.-} = 350 \text{- Franken.}$

Man kann anhand der unterschiedlichen Pumpenleistungen deutlich die Stromkosten, die sich dadurch resultieren sehen.

Bei der Inbetriebnahme der Tauchpumpe, die mit fast 7-mal mehr Leistung arbeitet als die Wasserpumpe, ergab sich ein neues Problem. Die Tauchpumpe förderte so schnell so viel Wasser mit einem bestimmten Druck, dass der Fischtank begann zu überlaufen.

Lösungen waren gefragt.

Durch die Optimierung der Wasserpumpenleitung und Reduktion der Leitungslänge, tasteten wir uns an eine Fördermenge heran, die auch mit der 30 Watt Pumpe erreicht werden konnte.

Wir testeten mehrere Male ob auch die Glockensyphons so funktionieren, denn die brauchen genug Wasser damit sich beim

Trichter das Luftpolster verschliesst und so ein Vakuum entstehen kann.



Abbildung 54 Pflanzenbete mit Blähton gefüllt [24]

Hier ist gut erkennbar, wie es funktionieren sollte, wichtig dabei ist die Vergrößerung des Rohrdurchmessers. So kann das Wasser, sobald der Tank gefüllt ist, mit dem grösseren Umfangsvolumen mehr Wasser aufnehmen und beim schmalen Rohr konzentrieren. Dort entsteht dann das Vakuum, sobald die Glocke draufgesetzt wird.



Abbildung 55 Glockensyphon ohne Glocke [24]

Geschafft, die 30 Watt Pumpe funktionierte problemlos, sie konnte genug Wasser fördern damit die beiden Glockensyphons funktionierten.

Als unsere Fachexperte, Robin Rohrer von Giswil die Anlage inspizierte, konnte er uns gleich von Anfang an Tipps geben, wie wir vorgehen mussten. So brachte er beispielsweise noch eine Luftpumpe mit, die für die Fische eine zusätzliche Sauerstoffquelle bildet. Auch diese benötigt Strom. Aber auch dort ist der Verbrauch überschaubar.

Die Leistungsangabe der Pumpe beträgt 12 Watt.

Das ergibt folgende Rechnung:

Stunden * Leistung = Energie

$24h * 365 \text{ (Anzahl Tage pro Jahr)} * 12\text{Watt} = 105'120 \text{ wH} = 105.12 \text{ kWh}$

Energie * Preis = $105.12\text{kWh} * 0.2 \text{ Fr.-} = 21.- \text{ Franken.}$

Da die Fische von dem Tageslicht durch die verbauten Fenster profitieren, müssen wir keine Lichtquelle installieren. Auch die aussenliegenden Gemüsebeete werden durch die Sonneneinstrahlung mit Licht versorgt.

In dieser Arbeit kommt daher kein zusätzlicher Energieverbraucher dazu. Das Füttern soll am Anfang noch durch Silvan bei einer täglichen Besichtigung erfolgen.

Wenn das System eingependelt ist und die Funktion ausgiebig geprüft wurde, wird nachträglich noch ein Futterautomat mit einbezogen.

Durch die überschaubare Grösse der Anlage reicht ein grosser Aquarienfutterautomat mit einem Silo, den man auffüllen kann und dann vollautomatisch laufen lassen kann. Diese werden sogar oft nur mit Batterien betrieben. Also auch hier sind die Unterhaltskosten was die Energie betrifft enorm niedrig.

19.2 Nutzung der Sonne oder des Windes

Im nächsten Jahr, wenn es Frühling wird, möchten wir das System ausbauen und auch die Energiebilanz noch ein bisschen optimieren. Obwohl die Verbraucher eine sehr niedrige Leistungsaufnahme aufweisen, gibt es in diversen Shops Teichpumpen und Belüftungssysteme, welche mit Sonne oder Wind betrieben werden können.

19.2.1 Beispiele

Solarmodul:

- Leistung: 25 Wp
- Nennstrom: 1,44 A
- Nennspannung: 17,28 V
- Temperaturbereich: -30°C bis + 75°C
- Schutzart: IP 65
- Abmessungen Rahmen: (L x B x H): 615 x 345 x 30 mm
- Gewicht: 2,5 kg

Tauchpumpe:

- Betriebsspannung: 18 V DC
- Förderhöhe: max. 2 m
- Förderleistung: max. 2480 l/h
- Kabellänge: 5 m
- Schutzart: IP 68
- Abmessungen (L x B x H): 295 x 222 x 148 mm
- Schlauchanschluss: 25, 32 und 38 mm
- Gewicht: 3,2 kg



Abbildung 56 Solar Wasserpumpe [29]

Preis: 170 Franken

Durch das Leistungsdiagramm kann man die Pumpenkennlinie herauslesen. Aus der Grafik ist zu erkennen, wie sich die Förderleistung zu den Höhenmetern verhält. Folgt man der roten Linie, so ist ersichtlich, wie die Förderleistung mit zunehmender Höhe abnimmt. Die Blaue Linie zeigt die Energieaufnahme mit zunehmender Höhe.

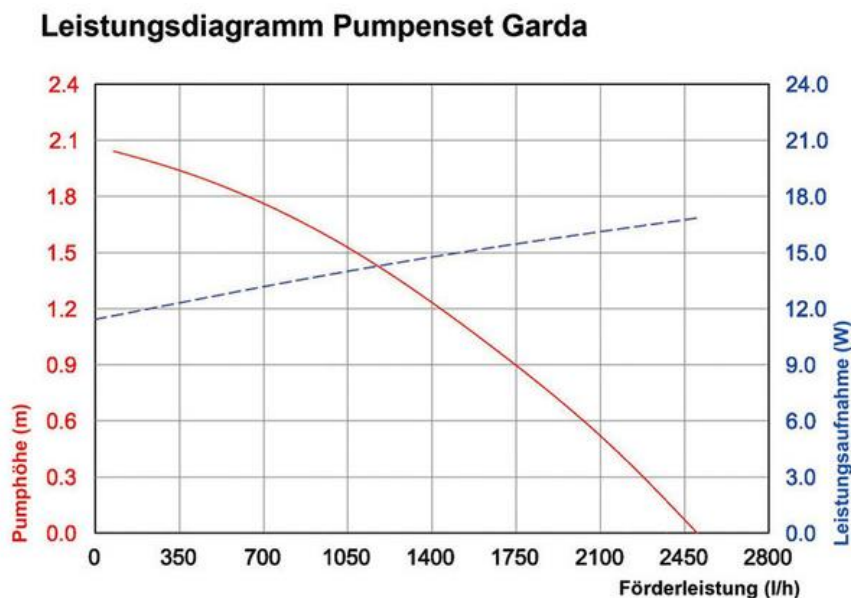


Abbildung 57 Leistungsdiagramm Wasserpumpe [29]

19.2.2 Beschreibung

«Diese Teichbelüftungspumpe "Air Solar 600" von Ubbink sorgt dafür, dass es in Ihrem Teich einen angemessenen Sauerstoffgehalt für Flora und Fauna gibt.

Diese solarbetriebene Pumpe funktioniert über das mitgelieferte Solarmodul, ohne dass Energie zunächst in einer Batterie gespeichert wird. Das System startet, sobald das Solarmodul dem Sonnenlicht ausgesetzt wird. Die Pumpe ist zur Belüftung von Teichen mit einem maximalen Fassungsvermögen von 5000 Litern geeignet.» [Zitat 31]



Abbildung 58 Belüftungspumpe mit Solarmodul
[31]

19.2.3 Spezifikationen

- «Farbe: Blau und Grau
- Material: Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)
- Geeignet für Teiche mit einem maximalen Fassungsvermögen von 5000 Litern
- **Stecksysteme mit:**
 - 1 x Solarmodul, inklusive Erdspiess
 - 1 x robuste Belüftungspumpe mit bürstenlosem Motor
 - 5 x (Air Solar 600) Belüftungsschläuche
 - 5 x Ausströmersteine
- EAN: 8711465513753
- SKU: 419711
- Marke: Ubbink» [Zitat 31]

Preis: 115 Franken

Dies sind genau die Komponenten, welche wir jetzt schon bei unserem System verwenden. Was sich ändert ist einfach, dass die Sonnenstrahlung genutzt wird. Da die Solarmodule keinen Wechselrichter beinhalten, wäre es auch möglich die Pumpe und das Belüftungssystem mit einem Windrad zu betreiben. Beide Energieerzeuger produzieren Gleichstrom.

Was passiert wenn kein Wind weht oder die Sonne nicht scheint?

Werden in naher Zukunft die Komponenten gekauft, so wäre es logisch für uns, dass man noch eine Batterie dazu kaufen würde. Durch die Batterie wird gewährleistet, dass die Pumpe und die Belüftungsanlage immer mit Energie versorgt wird. Natürlich müsste man die Batteriegrösse noch richtig dimensionieren. Bei den kleinen Leistungen wird dies jedoch nicht so eine schwierige Aufgabe. Dazu kommt, wenn das Wetter eher schlecht ist, weht tendenziell der Wind. Also kann man eigentlich sagen, dass die zwei Energieerzeuger sich gut ergänzen würden.

20 SWOT

SWOT	Stärken: - Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion - Kurze Transportwege - Investition wird zurückgewonnen - Keine Pestizide	Schwächen: - Hoher Zeitaufwand, bis das System in Betrieb ist - Hohe Investition - Nimmt am Anfang viel Zeit in Anspruch, bis es reibungslos funktioniert
Chancen: - Bei hoher Nachfrage hat man Chancen auf wirtschaftlichen Erfolg - Möglichkeit auf frische Nahrungsmittel - Naturnahe Produktion	Chancen und Stärken ergänzen sich optimal. Das Aquaponiksystem fördert die naturnahe Produktion. Es lässt Nutzpflanzen gedeihen ohne Pestizide. Mit einer genügenden grossen Anlage lassen sich auch wirtschaftliche Erfolge messen.	Mit einer detaillierten Planung und ein bisschen handwerklichem Geschick, lässt sich ein Aquaponiksystem betreiben. Sind die Kinderkrankheiten erstmal beseitigt, erfreut man sich später an frischen Nahrungsmitteln, die man naturnahe produziert hat.
Risiken: - Fischsterben - Mögliches Leck in dem Fischtank - Krankheiten bei den Fischen - Nutzpflanzensterben - Hitzesommer (Einfluss auf die Wassertemperatur)	Alle Risiken können durch einen Zeitaufwand und periodischen Kontrollen wie z.B. Sichtkontrollen und Wasserproben minimiert werden. Durch das Internet hat man die Möglichkeit allfällige Symptome zu erkennen und zu behandeln.	Durch den hohen Zeitaufwand, so wie die hohen Ansprüche an die Wasserqualität, braucht man viel Geduld, bis das System einmal betriebsbereit ist. Sobald es jedoch funktioniert, beschert es einem Freude.

Aus dieser SWOT-Analyse liest sich heraus, dass eine gute Planung sehr wichtig ist. Durch detaillierte Vorabklärungen können diverse Probleme frühzeitig erkannt werden. Viele Risiken und Schwächen können bei einer guten Planung minimiert oder ganz vermindert werden. Eine Aquaponiksystem selbst zu Bauen und zu Betreiben ist mit viel Zeitaufwand verbunden, bis sich die Abläufe einmal eingependelt haben. Man sollte sich auch bewusst sein, dass immer noch Lebewesen daran beteiligt sind und deshalb sollte man sich auch die Zeit nehmen, das System zu kontrollieren und allfällige Mängel zu beheben.

Funktionieren die Abläufe und das System wurde auf ausgiebig geprüft, so kann es auch viel Freude bescherten, wenn man sieht wie die Nutzpflanzen gedeihen und die Fische zu einer Delikatesse heranwachsen. Dazu kommt, dass frische Lebensmittel auf dem Teller sind und keine grauen Energien für den Transportweg verpufft werden.

21 Aufbau des Systems

21.1 Planung

Bevor die Artikel für den Bau des Systems mithilfe von Leitungen, Durchgängen, Dichtungen und Pumpe gekauft werden, sollte zuerst überlegt werden, welche Artikel in welcher Anzahl gebraucht werden. Dazu haben wir für diese Arbeit der Aufbau des Aquaponiksystem und die Abstände der Komponenten besprochen und skizziert. Dies wurde bei einer örtlichen Begehung detailliert besprochen und vermessen. So ergab sich eine Art Einkaufsliste nach der wir dann eingekauft haben. Für die Sanitärartikel wurde zuerst im Internet recherchiert. Viele ausländische Aquaponikbauer kaufen ihre Artikel in einem Baumarkt. Das Sortiment dieser Artikel ist in der Schweiz erstaunlicherweise sehr bescheiden. Bei mehreren Baumärkten in der Zentralschweiz konnte nur einen drittel der benötigten Komponenten gefunden werden. So wurde als Alternative bei einem Fachgeschäft eine Offerte eingeholt. Der in etwa budgetierte Betrag wurde schon mit einem Kugelhahn erreicht, von welchem drei Stücke geplant waren. Die Sanitärartikel des Fachgeschäftes sind meist aus Metall und für die Hausinstallation konzipiert, welche für den Wasserleitungsdruck ausgelegt sind. Diese hohe Qualität und der daraus resultierende Preis ist für unser Aquaponiksystem nicht nötig. Das Aquaponiksystem steht nicht nennenswert unter Druck und kann so mit einfachen PVC-Leitungen und Ventilen gebaut werden.

Nach kurzfristiger Ratlosigkeit kontaktierten wir einen schweizer Aquaponikbauer, welcher selbst ein System gebaut hat und dies schon seit Jahren als Fischzucht betreibt. Dieser Fischzüchter gab uns den Tipp, auf Internetseiten für Koi Fische zu suchen. Daraufhin wurden alle benötigten Teile in der geeigneten Preisklasse gefunden und in einem schweizer Koi-Internetshop gekauft.

21.2 Die IBC-Tanks

Für das Aquaponiksystem mit dem Ebbe – Flut Prinzip bieten sich 1000 Liter IBC Tanks als Fischtank und Blumenbeet gut an. Diese haben die Masse 1200mm x 1000mm x 1165 mm. Sie sind als Gebrauchtwarenartikel günstig und vielerorts zu haben. Für diese Arbeit wurden zwei solche Tanks gekauft. Eine Reinigung der Tanks vor der Verwendung wird empfohlen, vor allem wenn der vorherige Verwendungszeck nicht bekannt ist.



Abbildung 59 IBC-Tank [24]

Für die Beschaffung der IBC Tanks haben wir im Internet den günstigsten, in der Nähe liegende Anbieter von gebrauchten Tanks gewählt. Die Tanks waren bei Besichtigung in gutem Zustand und von aussen sauber und teils noch plombiert. Als die Arbeiten an den Tanks begannen, war die erste Aufgabe, die Zertrennung. Dabei bemerkten wir, dass eine ölige Substanz zuvor darin gelagert wurde. Daraufhin haben wir entschieden, diese Tanks trotzdem zu behalten und in mehreren Schritten mit verschiedenen Reinigungsmitteln zu reinigen.



Abbildung 60 IBC-Tank zerschnitten für Fischtank [24]

Diese Reinigungsarbeiten mit verschiedensten chemischen Mitteln konnten im Freien erledigt werden. Ein Feuerlöscher war stets in der Nähe, da wir vermuteten, dass statische Ladungen entstehen könnten, welche im dümmsten Fall ein Feuer entfachen würden. Die Wahl der Reinigungsmittel spannte sich von Benzin zu Waschbenzin über Aceton hin zu Seifenwasser und Hochdruckreiniger. So wurden die Tanks vollständig von Ölresten gereinigt und sicherlich gleich desinfiziert.

Die aus der Reinigung anfallenden verschmutzten Flüssigkeiten entsorgten wir fachgerecht bei einer Sammelstelle.

Im Nachhinein betrachtet würde es sich lohnen, mehr für die IBC-Tanks auszugeben, wenn diese dafür garantiert nur in der Lebensmittelbranche verwendet wurden. Das Reinigen der Tanks war sehr zeitaufwändig, bei langer Anwendung sicherlich nicht gesund und für die Umwelt auch nicht positiv. Die entstandenen Emissionen haben wir als vertretbar erachtet, da es sich um eine einmalige Hobbyanlage handelt. Wäre das ganze Projekt kommerziell, müssten andere Wege gefunden werden.



Abbildung 61 IBC-Tank zerschnitten für Pflanzenbeet [24]

21.3 Unterbau

Für den Aufbau des Systems wurde noch eine Art Gestell gebraucht, worauf die Beete platziert werden. Zunächst haben wir diesem Punkt keine grosse Beachtung geschenkt, da dies in den Grafiken immer sehr unspektakulär gelöst wurde. Als Gestell können einfach Backsteine gestapelt werden. Als dies nun anstand, wurde sich überlegt, wie das gelöst werden soll. Ein Pallet Backsteine zu beschaffen und zu transportieren ist doch eine grössere logistische Sache als zuerst vermutet.

Wir entschieden, aus alten Balken ein Ramen mit sechs Beinen zu zimmern. Während des Baus der Unterkonstruktion wurden Diskussionen über die Ausprägung des Sumpftanks gemacht. Bei der Planung kam der Wassertrog, der für die Kühe war, als Option in Frage. Nach dem Abschätzen der zur Verfügung stehenden Höhe und des daraus resultierenden Fassungsvermögens hat man sich gegen diese Möglichkeit entschieden. Wir kamen zum Schluss, dass der Sumpftank als Form nicht zu hoch

sein darf und ein Volumen von ca. 600 Litern aufweisen sollte. Die flache Ausprägung sollte sein, weil der zur Verfügung stehende Höhenunterschied nur der Unterschied des Beetes zum Boden sein wird.

Zuerst war geplant, den Sumpftank in unmittelbarer Nähe des Fischtanks zu positionieren. Die Verrohrungsarbeiten von den Beeten zum Sumpftank zeichnete sich als kompliziert ab und liess alternative Lösungen attraktiver werden. Auch wurde vermutet, dass die Fliessgeschwindigkeit über die Traverse zu gering sein würde. Die Wassermassen, die aus den ausströmenden Glockensiphons abfliessen sind doch beachtlich und müssten wie über eine Suone (Wasserkanal) ohne Druck fliessen.

Als einfachste Lösung des Sumpftanks bot sich die Positionierung direkt unter den Beeten an. Von dort aus kann eine Pumpleitung direkt in den Fischtank gelegt werden. Erster Vorteil ist, dass die Leitung frei verlegt werden kann. Das konstante Gefälle des Abflusses würde wegfallen. Die neue Position des Sumpftanks unter den Beeten liess den zuerst ausgewählten Behälter ausscheiden, da dieser zu hoch war, um unter den Unterbau zu passen. Da die Stützkonstruktion der Beete sechs Beine hatte, müsste der Behälter schmal und länglich sein, damit er darunter passen würde. Auch müsste er ein Fassungsvermögen von ca. 600 Litern aufweisen. Als Notlösung wurde entschieden, dass zwei Paletten mit Rahmen die ideale Masse aufwiesen, um unter die Stützen zu passen und genügend Volumen aufzuweisen, um das Wasservolumen der beiden Beete zu fassen. (Rechnung: Grundformel für Volumen $V = L \times B \times H$, umgeformt nach Höhe $H = V \div L \div B \rightarrow$ mit Zahlen eingesetzt $0.6m^3 \div 2 \text{ Gefässe} \div 1.2m \text{ Länge} \div 0.8m \text{ Breite} = 0.3125 \text{ Meter Höhe}$).



Abbildung 62 Aufbau der Beete und des Sumpftanks [24]

Diese Höhe ist gegeben aber eher knapp. Nach der Überlegung, dass der Blähton auch noch Wasser verdrängt, würde der Wasserstand sicherlich geringer als die ca. 31cm ausfallen, wenn ein Beet abläuft.

Die Palletrahmen wurden mit Plastik ausgekleidet, um sie wasserdicht zu machen. Als nächstes suchten wir nach einer Lösung, damit das ganze System wie geplant mit einer Pumpe funktioniert. Da im System nun zwei Sumpftänke vorhanden waren, mussten diese irgendwie verbunden werden. Da der Bau mit einem ein Verbindungsrohr durch die Palletrahmen zu aufwändig erschien, wurde nach Alternativen gesucht.

Es kam eine Idee, mit den kommunizierenden Röhren etwas zu konstruieren. Die Überlegung war, dass dies theoretisch auch kopfüber mit Unterdruck funktionieren müsste. Kurzerhand kauften wir im nahegelegenen Baumarkt die nötigen Röhren. Es

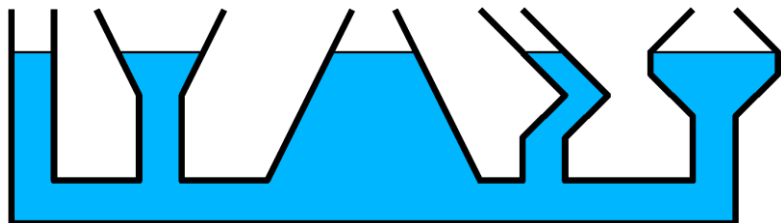


Abbildung 63 Kommunizierende Röhren [25]

wurde ein möglichst grosser Durchmesser gewählt, damit der Durchfluss möglichst gross sein wird. Der Wasserstandsunterschied in den jeweiligen Becken ist nur gering. Somit stellt sich ein kleiner

Druckunterschied ein. Damit der Durchfluss möglichst gross wird, braucht es einen grossen Rohrdurchmesser (Querschnittsfläche).

Die aus den Röhren zusammengesteckte U-Form habe wir vollständig mit Wasser gefüllt, ohne Luftblasen einzulassen. Dieses U-Rohr wurde wie im Bild sichtbar über die Ränder der zwei Sumpftankbecken positioniert.

Nach einigen Testläufen zeigte sich, dass das Rohrsystem mit den kommunizierenden Röhren auch im Unterdruck funktioniert. Das aus dem Beet ablaufende Volumen wurde genügend schnell von einem Sumpftank in den anderen gedrückt, ohne dass einer von den Beiden überlief.

Jedoch haben wir uns überlegt, was passieren könnte, wenn das Rohr zwischen den Sumpftanks Luft ziehen würde. Der Unterdruck würde zusammenfallen und der Wasserstand der Becken würde nicht mehr kommunizieren. Das Becken ohne Pumpe würde vom ablaufenden Beet überflutet. Das in jedem Zyklus überlaufende Wasser würde im System fehlen, bis die Pumpe trocken laufen würde. Der Kreislauf käme zum Erliegen.



Abbildung 64 Kommunizierendes Rohr installiert zwischen den Sumpftanks [24]

Da die Beete des Aquaponiksystems nur noch bis zum Winter im Freien sein würden, wurde diese temporäre Lösung als vertretbar angesehen. Auch haben wir überlegt, eine Art Entlüftung mit einer Vakuumpumpe zu installieren. Diese Entlüftung würde nur installiert werden, wenn sich abzeichnete, dass das System mit den kommunizierenden Röhren Luft ziehen würde.[25]

21.4 Beete

Die Beete haben wir mit insgesamt 500 Litern Blähton gefüllt. Bevor wir diese eingefüllt haben, wurden die Blähtonkugeln zuerst in einem Wasserbad gewaschen. Somit konnte verhindert werden, dass der darin enthaltene feine Staub ins Wassersystem gelangt. Dieser verunreinigt ansonsten unnötig das System. Dank dieser Massnahme blieb das Wasser nach dem Befüllen einigermaßen sauber. Während



Abbildung 65 Waschen des Blähtons [24]

dem Einfüllen des Substrates waren die Beete geflutet. Dies hatte den Vorteil, dass die Blähtonkugeln sich gleichmässig verteilten und von Hand angenehm von vorne nach hinten im Beet geschwemmt werden konnten.

Nach einer Nacht hatte sich der trotz Waschen noch eingebrachte feine Staub gesetzt. Dieser abgesetzte Staub wurde mit einem partiellen Wasserwechsel ausgeschwemmt. Auch diente dieser Wasserwechsel von ca. 600 Litern als Verdünnung von allfälligen Verunreinigungen im Wasser.

Die Substratkugeln haben sich nach zwei Tagen im Wasser vollgesogen und sich im Beet gesetzt. Nach der Inbetriebnahme der Pumpe haben wir nach einem Tag bei einem Kontrollgang festgestellt, dass kleine Blähtonkugeln durch das geschlitzte Rohr (Bild oranges Rohr), durch die geschlitzte Glocke (in der Abbildung entfernt) bis ins Steigrohr (mittig im orangen Rohr) kamen und dieses verstopften. Nach mehrfachem Reinigen und Ebbe und Flut Durchläufen hatten sich die kleinen Kügelchen ausgeschwemmt. Sie sind durch das Glockensyphon im Sumpftank gelandet, wo sie sich am Grund des Beckens abgesetzt haben. Das Problem hatte sich somit einigermaßen erledigt, würde aber bei erneutem Aufmischen des Blähtohns wieder auftreten.



Abbildung 66 Glockensyphon ohne Glocke [24]

Mögliche Lösung wäre ein Sieben der Beete nach Grösse der Kugeln. Der Aufwand dafür wurde als zu gross angesehen, da das System, trotz Verkeilung einiger Kugeln im Steigrohr, immer noch läuft. Das Wasser kann noch abfließen, einfach etwas langsamer. Behebt man die Verstopfung der Blähtonkugeln in vernünftiger Zeit, nimmt das System keinen Schaden.

Einige der kleinen Blähtonkugeln, die sich im Sumpftank am Grund befanden, wurden von der Pumpe angesogen und über die Leitung bis in den Fischtank befördert. Dies erstaunte uns sehr, da wir eher mit einer Blockade der Pumpe rechneten, als dass die Kugeln durch die Aquariumpumpe befördert würden. Wir haben beschlossen, die Pumpe in einen Jutensack zu verpacken. Dieser dient als Filter und funktioniert mit seiner Maschenstruktur hervorragend.

21.5 Starten des Stickstoffkreislaufes in einem System

21.5.1 Zusammenfassung der Vorbereitungsarbeiten

Nachdem das System fertig gebaut war, wurde der Wasserkreislauf für einige Tage laufen gelassen, um sich einzufahren. In dieser Zeit konnten sich alle Schwebepartikel setzen und die Komponenten konnten einige Tage auf ihre Funktionalität und Zuverlässigkeit geprüft werden. Auch konnten die Blähtonkügelchen, welche das Substrat bilden, sich mit Wasser vollsaugen und sich im Beet setzen. Es fand noch ein Wasseraustausch von ca. 600 Litern statt, um allfällige Verunreinigungen zu verdünnen.

21.5.2 Bakterien starten



Abbildung 67 Ammoniumhydrogencarbonat und Bakterienstarter [24]

Für das Starten der Bakterienkolonie haben wir die Hilfe und den Rat vom Fischzüchter Robin Rohrer in Anspruch genommen, welcher auch beim Einsetzen dabei war. Die Flasche Bakterienstarter wurde zur Hälfte ins System eingebracht. Robin empfahl, die Hälfte in Etappen beizumischen, als kontinuierlicher Boost. Als Nahrung für die Bakterien konnte zusätzlich Ammoniumhydrogencarbonat ins Wasser gegeben werden.

Der Ammoniumgehalt des Wassers stieg stark an, was aber kein Problem darstellte, da noch keine Fische im System waren. Die Bakterien hatten so ausreichend Nahrung und konnten sich so möglichst schnell ansiedeln.



Abbildung 68 Einbringen des Bakterienstarters [24]

In den folgenden Tagen wurde im Tagesabstand abwechselungsweise Bakterienstarter und am folgenden Tag Ammoniumhydrogencarbonat in kleinen Mengen ins Wasser geben.

21.5.3 Messen der Werte

Nach der Beigabe des Bakterienstarters wurde das System ca. eine Woche laufengelassen. In dieser Zeit siedelten sich die Bakterien an und verwerteten das in kleinen Dosen beigegebene Ammonium.

Um das Vorhandensein der verschiedenen Bakterien zu überprüfen, erhoben wir die ersten Messwerte. Diese erhoben wir mit einem Test-Set, welches von Berater und Fischzüchter Robin Rohrer zur Verfügung gestellt wurde.



Abbildung 69 Combi Test Set [24]

Mit diesem Set ist es möglich folgende Messwerte zu erheben:

- pH-Wert (wie sauer oder basisch)
- NO₂ (Nitrit)
- NO₃ (Nitrat)
- NH₄ (Ammonium)



Abbildung 70 Test Set bei Messung [24]



Abbildung 71 Test Set Nahaufnahme [24]

Als erstes wurde der **pH-Wert** gemessen. Nach den Informationen der recherchierten Quellen, soll der Wert zunächst in Richtung basisch ausschlagen. Der Messwert ergab einen Wert von ca. pH 7.75, was etwa dem entsprach, was die Quellen berichteten. Um dies zu korrigieren, hat man dem System etwas Essig hinzugefügt.



Abbildung 72 pH-Wert-Messung [24]



Abbildung 73 Nitridmessung [24]

Als letztes massen wir noch die Konzentration des **Nitrates (NO_3)**. Es wurde ein Wert von ca. 2.5 mg/l (ppm) gemessen. Dies liess darauf schliessen, dass die Bakterienkultur der nitratbildenden Bakterien vorhanden war.

Wir entschieden, dem System noch ein paar Tage Zeit zu geben, bis die Fische eingesetzt werden, um den Peak des Nitratwertes etwas abflachen zu lassen.

Nach den verstrichenen Tagen wurde wegen dem Termindruck dieser Arbeit beschlossen, die Fische zu kaufen. Der Nitrid-Wert war jedoch immer noch hoch.

Den pH-Wert massen wir nach zwei Tagen nochmals. Er war etwas über sieben und wurde mit Apfelessig korrigiert. Somit stellten wir sicher, dass wenn die Fische eingesetzt werden, das Ammonium aus den Ausscheidungen sicher nicht zu Ammoniak zerfällt, welches eine zusätzliche Belastung darstellen würden.

Nach dem Kauf der Fische und dem Einsetzen, wurde das System intensiv kontrolliert und die Werte in Halbtagesabständen gemessen. Nach intensiven Nachforschungen über die Schädlichkeit des Nitrid-Wertes auf die Fische und die nicht absehbare Verbesserung des Gehaltes, beschlossen wir, die Fische zu evakuieren.

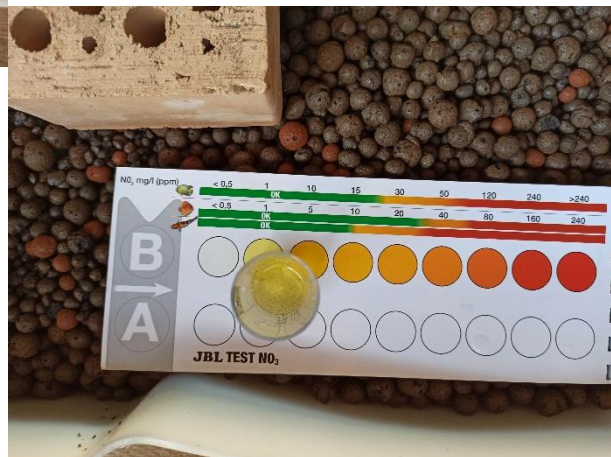


Abbildung 74 Nitratmessung [24]

21.6 Aufzucht der Pflanzen

Parallel zum Bau des Aquaponiksystems wurden die Pflanzensamen angesäht. Wir entschieden uns, dass man sich auf einfache, schnell wachsende Pflanzen beschränke, die auch genügsame Ansprüche an die Spurenelemente haben. Der Entscheid fiel auf Kopfsalat, Rosmarin, Petersilie und Basilikum. Diese grünen, nicht Früchte tragende Pflanzen, sind ideal für Beginner. Die Samen wurden zum ausprobieren auf verschiedene Weise gezogen.



Abbildung 75 gekeimte Salat-Samen auf Haushaltspapier [24]

Der Salat wurde auf Haushaltspapier gesäht und jeden Tag gewässert.



Abbildung 76 Salatkeimling in Bimsstein eingepflanzt [24]

Als die kleinen Salate etwa 1 – 2 cm gross waren, wurden diese in Körbe mit Bimsstein gepackt und weiter in gedüngtem Wasser gezogen. Diese blieben so dort, bis das System bereit für die Aufnahme der Fische und Pflanzen war.



Abbildung 77 Salat im Bimsstein ziehen [24]



Abbildung 78 Salatsetzling im Bimsstein gezogen [24]

Das Basilikum, der Rosmarin und die Petersilie wurden auf Glaswolle angesät und in einem Pflanzen Aufziehbecken von IKEA aufgezo-



Abbildung 79 Div. Keimlinge in Glaswolle [24]

Nach ca. einem Monat wurden die inzwischen auf etwa 10 cm gewachsenen Pflanzen in saugfähiges Material gepackt und in Netzkörben vorbereitet. Als Experiment haben wir die gleichen Pflanzen einmal in Jute, in Glaswolle und in Windelvlies gepackt.



Abbildung 80 Div. Setzlinge in Netzkörben [24]

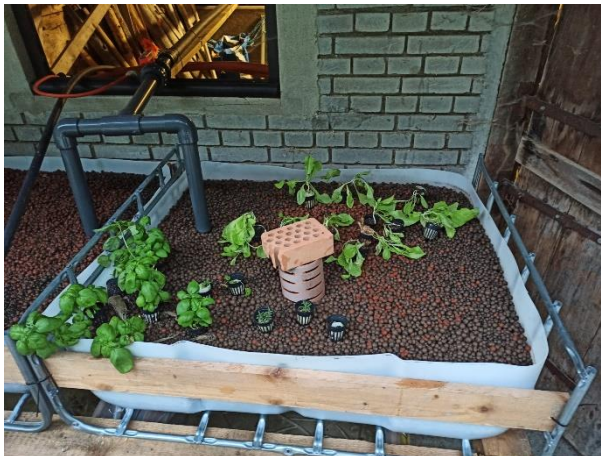


Abbildung 81 Setzlinge in Netzkörben bereit zum Einsetzen [24]

Die so vorbereiteten Setzlinge transportierten wir am gleichen Tag wie die Fische nach Engelberg. Dort wurden sie in die Beete eingesetzt. Der Wasserkreislauf lief schon einige Wochen und die Bakterienkultur hat schon einen geringen Wert Nitrat erzeugt, welcher als Dünger für die Pflanzen dient.

21.7 Transport der Fische

Am Montag dem 21.09.2020 hatten wir einen Termin bei der Fischzucht Ennetmoos. Wir trafen uns nach der Arbeit. Silvan hatte noch einen Fischbehälter und Stefan hatte noch eine kleine Luftpumpe. Wir haben schon im Vorhinein abgemacht, dass wir kleine Forellen kaufen. Als wir angekommen waren, zeigte uns Pedro Jäggi noch die Fischzuchtanlage. Dies war eine sehr interessante Begegnung. So erzählte er uns, dass er z.B. den Eugenisee in Engelberg mit Forellen beliefert oder aber auch die Melchseeferut oder die Engelbergeraai und andere Fließgewässer werden mit seinen Fischen bestückt, um so eine gewisse Anzahl von Fischen zu gewährleisten.

Den nur allein in der Engelbergeraai von Buochs bis nach Engelberg seien 400 aktive Fischer, welche das Jahrespatent gelöst haben aktiv. Damit diese bei Laune gehalten werden und ab und an etwas Fangen, braucht es diese Aufzucht von Fischen. Von allein wäre die Reproduktionszahl viel zu klein und die Bäche und Seen wären masslos überfischt.



Abbildung 82 Fischzucht Ennetmoos Aufzuchtbecken [24]

Anschliessend wurden die Fische mit dem Auto nach Engelberg transportiert. Auf dem Bild kann man gut erkennen, wie die kleinen Forellen im grünen Behälter transportiert wurden. Die Kabel, die man hier sieht, wurden über den 12 Volt Zigarettenstecker- Anschluss erschlossen. Von dort aus wurden das graue Netzgerät gespiessen und transformierte schliesslich die Spannung auf 230 Volt. Somit konnte die Luftpumpe mit Netzspannung versorgt werden. Ohne den zusätzlichen Sauerstoff wäre der Transport für die Fische eine Tortur gewesen, da sie sowieso schon unter Stress standen.

Auf dem Bild ist Pedro Jäggi mit Silvan zu sehen. Es sollte eine Anzahl von ca. 30 Jungfischen in den Fischbehälter getan werden. Später stellte sich heraus, dass es einige mehr waren. Grund dafür war, dass Pedro einfach einmal mit dem Netz herumwirbelte und die Anzahl nur schätzen konnte.

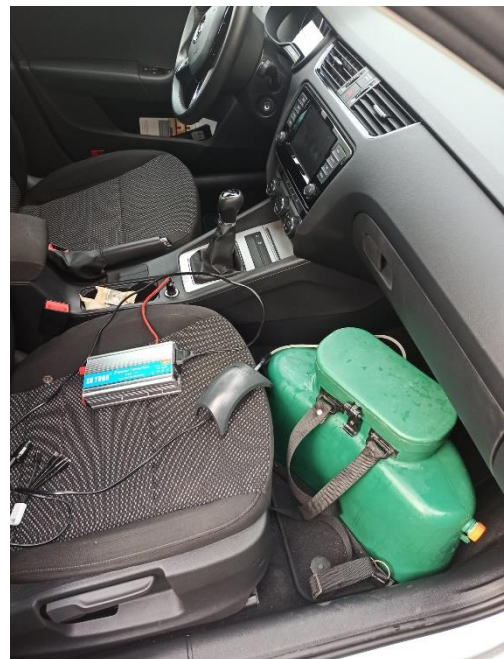


Abbildung 83 Transport mit Fischbehälter [24]

Als wir in Engelberg ankamen, war der Fischtank bereit.

Auf dem Bild ist der 1000 Liter IBC Tank zusehen mit der Luftpumpe, welche auf der linken Seite des Bildes für die vielen Luftblasen verantwortlich ist. Der schwarze Schlauch führt zum Sumpftank, von wo das Wasser mit der 30 Watt Pumpe gefördert wird.

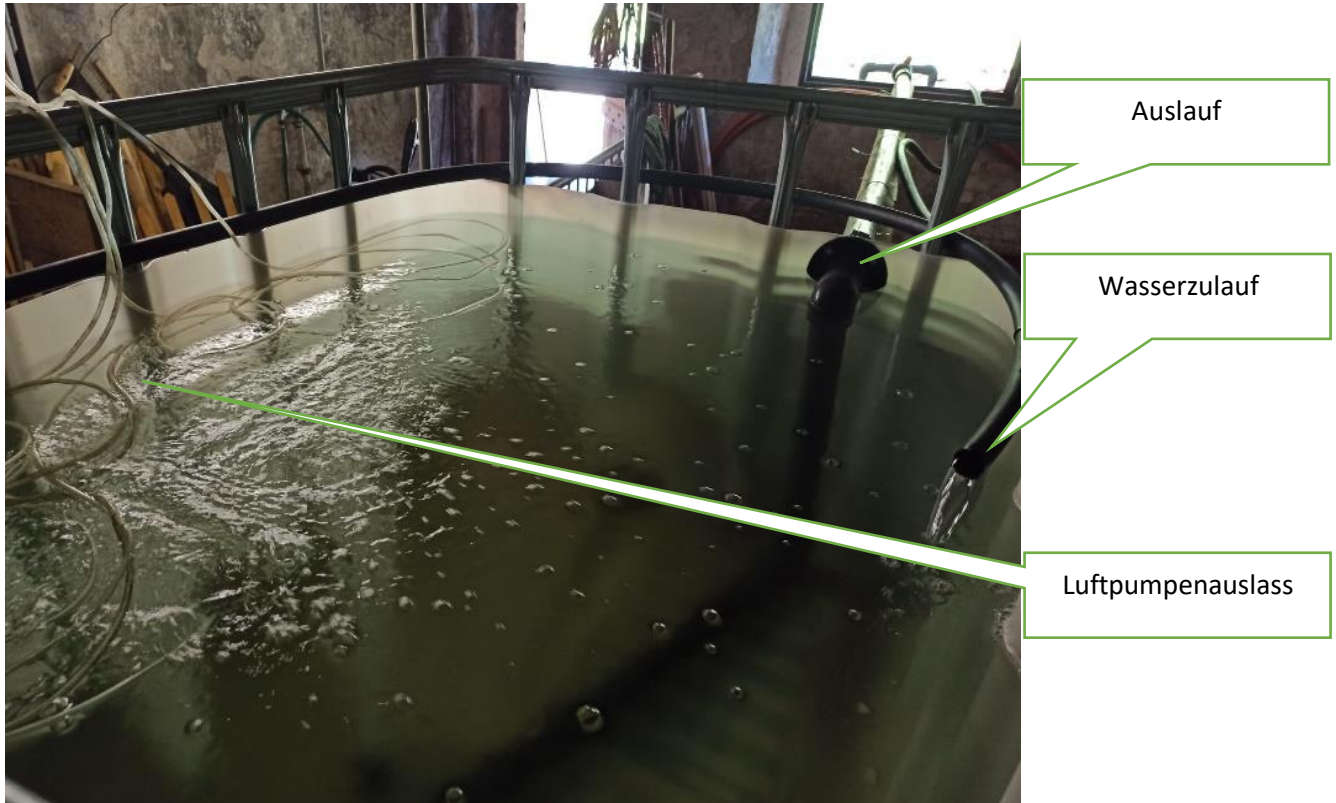


Abbildung 84 IBC-Tank Fischbecken [24]

Es wurde zusätzlich noch ein grünes dünnmaschiges Gittergefläch um den Tank und über den Tank gebunden. Dies wurde gemacht, damit die kleinen Forellen nicht aus dem Becken springen können.

Der Fischtank ist voll mit Wasser befüllt, wie auf dem Bild ersichtlich ist.

21.8 Einsetzen der Fische in den IBC Tank

Die Fische wurden mit grosser Sorgfalt in den IBC – Tank gesetzt. Durch den Stress, der durch die Fahrt verursacht wurde, begaben sie sich gleich auf den Grund des Tankes. Dies ist eine normale Reaktion.

Bei dem grauen Rohr, welches am Boden verlegt wurde, kann man auf der Seite die Schlitzte sehen, welche wir hereingeschnitten haben. Die Ausscheidungen von den Fischen werden durch das Rohr zu den Gemüsebeeten transportiert. Das gefilterte Wasser fliesst oben wieder in den Tank.



Abbildung 85 IBC-Tank Fischbecken mit Jungfischen [24]

Auf dem Bild sieht man den Leitungsverlauf. Die Beete wurden zum selben Zeitpunkt bepflanzt als die Fische eingesetzt wurden. Da es leider Herbst ist haben die Pflanzen mit den Umgebungstemperaturen von Engelberg zu kämpfen. Auch die Sonne erreicht nicht mehr dieselbe Einstrahlungsintensität wie im Sommer. Die Beete haben aus topografischer Sicht kaum noch direkte Sonneneinstrahlung. Die Backsteine wurden auf die Siebe gelegt damit diese nicht beginnen zu schwimmen, wenn sich der Wasserspiegel der Beete erhöht.

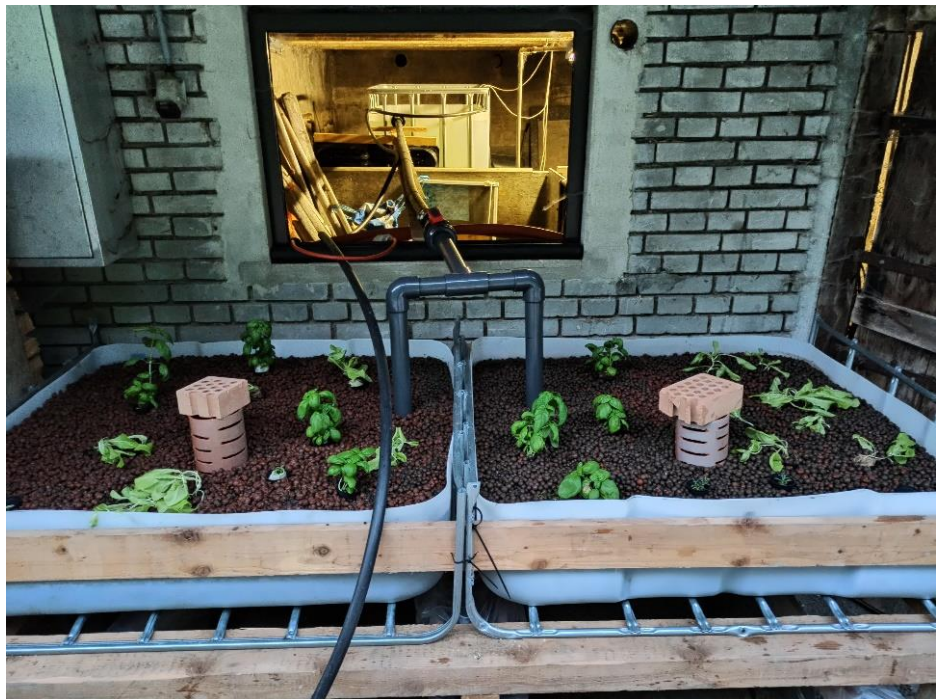


Abbildung 86 Pflanzenbeete mit Blähton [24]

21.9 Zu hohe Nitritwerte, Umsiedlung der Fische

Am nächsten Morgen nach dem Einsetzen der Fische, ging Silvan gespannt in die Scheuen, um zu schauen, wie es den Fischen ging und ob alles in Ordnung war. Zuerst schien alles gut zu sein, er prüfte das System noch auf allfällige Lecks und wollte sicher gehen, dass keine Fische rausgesprungen sind.

Am Morgen hatte er jedoch keine Zeit für die Wasserproben und so verschob Silvan diese auf den Abend.

Als er am Abend wieder die Sichtkontrolle durchführte, schien alles noch in Ordnung zu sein. So nahm Silvan das Wasserprobenset hervor und begann mit den Messungen.

Der pH-Wert war in einem guten Bereich und bewegte sich zwischen 7.3-7.8.

Die Bakterien, welche die Nitrite in Nitrate umwandelten, waren auch vorhanden und hatten einen guten Nitratwert produziert.

Zuletzt machte Silvan noch die Nitrit Messung, und dann war es soweit. Wir interpretierten den Nitritpeak zum falschen Zeitpunkt. Anstatt einem Rückgang, stieg dieser noch mehr. Dies verursachten die Fische und das Futter, welches hinzugefügt wurde.

Laut Messung pendelten wir zwischen einem Wert von 1mg oder eher noch mehr. Die Fische jedoch tolerieren einen Wert von 0.1mg.

Silvan rief sofort Robin Rohrer an, welcher glücklicherweise noch das Telefon abnahm um die späte Uhrzeit.

Da es den Fischen am Anschein nach gut ging, wollte Silvan unbedingt Robins Feedback einholen.

Durch seine Erfahrung musste Robin Rohrer uns leider mitteilen, dass dieser hohe Nitritwert ziemlich schlecht war. Robin war überrascht, dass die Fische noch am Leben sind bei diesen hohen Nitrit Werten.

Da wir das System noch nicht aufgeben wollten, organisierte Silvan einen grossen Eimer, in welchem er die kleinen Forellen umquartierte.

Das Herausfischen aus dem 1000 Liter IBC-Tank dauerte ca. zwei Stunden, da die kleinen Forellen sehr schnell waren, und Silvan kein geeignetes Netz hatte, kam er nicht drumherum, das Wasser aus dem IBC -Tank auf ein Minimum abzulassen. Die Fische waren nach dieser Übung sichtlich gestresst. Dies konnte man auch nach dem Umsiedeln in den kleinen Eimer feststellen. Es war relativ viel Kot sichtbar. Leider waren diese so aufgedreht, dass sie aus dem Eimer sprangen. So musste Silvan mit Plastik eine künstliche Erhöhung bauen.



Abbildung 87 Eimer mit improvisierter Schutzhülle [24]

Bei dem Eimer hat Silvan ca. fünf Zentimeter unterhalb der Oberkante einzelne kleine Löcher gebohrt. Da die Fische nun kein Frischwasser mehr bekommen, musste Silvan den Wasserhahn ein bisschen aufdrehen und so konnte das Wasser gleichzeitig wieder ablaufen. So wurde ein Zu und – Ablaufsystem geschaffen. Zusätzlich platzierte er noch eine Sauerstoffpumpe, dies war wichtig damit genügend Sauerstoff im Eimer war. Es sprangen insgesamt 10 kleine Forellen heraus. Neun davon konnten gerettet werden.

Nach zwei Tagen und weiteren Wasserproben die wir nahmen, mussten wir zur Kenntnis nehmen, dass es keinen Wert mehr hatte, längere Zeit zu warten. Auch die Fische fühlten sich sichtbar unwohl in dem kleinen Eimer. So beschlossen wir, die Fische in die Teiche aus zu setzen.

Mit einem kleinen Eimer transportierte Silvan in mehreren Etappen die kleinen Forellen in den Teich.

Dies funktionierte ziemlich gut. Vorsichtig wurden die kleinen Forellen dann beim Auslauf des Teiches hineingesetzt. Die jungen Fische waren sehr scheu und suchten gleich Unterschlupf bei den Steinen, wo es dunkel war.



Abbildung 88 Fische in Teich einsetzen [24]



Abbildung 89 Jungfische im Teich [24]

Es wurden alle restlichen Fische lebendig zum Teich transportiert und überlebten die Strapazen gut.

Auf dem linken Bild sieht man zwei von den kleinen Forellen wie sie gegen die Strömung des Auslaufes schwimmen. Ihr neuer Lebensraum bietet ihnen nun einen grossen Umschwung, in dem sie viel Platz zum Schwimmen haben und auch auf natürliche Weise ihre Nahrung zu sich nehmen können.

21.10 Angeln der grossen Fische

Ein neues Problem musste nun gelöst werden.

Denn in dem Teich befanden sich noch grosse Regenbogen und Bachforellen. Diese galt es nun herauszunehmen.

Dadurch dass die kleinen Forellen nun in dem Teich eingesetzt wurden, konnten die grossen Räubern nun Jagd auf die kleinen machen. Weil die Umsiedelung von dem Eimer in den Teich schnell erfolgen musste, hatte Silvan keine Zeit die grossen Fische herauszunehmen.

Dies passierte dann in einem weiteren Schritt.

Nach seiner Einschätzung befanden sich noch vier grosse Forellen in dem Teich. Diese mussten nun so schnell wie möglich heraus geangelt werden. Nach dem Einsetzen der kleinen Jungfische war er jeden Abend nach der Arbeit am Angeln. Silvan brauchte fünf Tage, bis er alle grossen Fische herausangeln konnte.

Silvan probierte es am Anfang mit Kunstköder, da diese gleich zur Verfügung standen, konnte er gleich loslegen mit Angeln. Als erfahrener Hobbyangler konnte er jedoch gleich feststellen, ob die Fische in Jagdlaune waren. Dies war leider bei keinem der Tage der Fall. So musste er mühselig nach Regenwürmern graben. Dies war in der Woche als der Kälteeinbruch Einzug hielt. Es war gar nicht so einfach die Regenwürmer in den kalten Tagen zu finden, denn diese vergraben sich während dieser Zeit tiefer im Erdreich als bei wärmeren Perioden.

Mit den Regenwürmern konnte Silvan dann zusehends erste Erfolge verzeichnen. Die Gefriertruhe war wieder gefüllt mit frischen Forellen. Die Grösste, die er geangelt hat, wies ein Mass von 50 Zentimeter auf und war schön dick.

Die kleinen Forellen haben so nun gute Chancen den Winter zu überleben. Silvan machte mehrere Kontrollgänge. Bei allen konnte er vereinzelt die kleinen Forellen beobachten. Ein Grossteil befindet sich jedoch versteckt im Seegras oder unter den Steinen.



Abbildung 90 Fischen der grossen Forellen [24]

22 Fazit

Diese Arbeit war sehr abwechslungsreich und wir hatten einige lustige Momente zusammen. Es war toll, etwas theoretisch zu erlernen und gleich in die Praxis umzusetzen.

Die Recherchearbeiten zu Aquaponik waren eher schwierig, da Fachliteratur nur spärlich gefunden wurde. Meist sind die einschlägigen Bücher im Handel nur auf Englisch erhältlich. So wurden oft Textpassagen aus verwandten Themenbereichen als Quellen verwendet. Zur Fischzucht wurde mehr Fachliteratur gefunden, da dies schon länger und vor allem im grossen Stil kommerziell praktiziert wird.

Es ist erstaunlich, wie viele Themenbereiche durch Aquaponik angeschnitten werden. Wir hoffen, dass wir mit dieser Arbeit einen Grossteil der Themen abdecken.

Der praktische Teil gestaltete sich aufwändiger als gedacht.

Entgegen unserer Einschätzung war der Aufwand für den Aufbau des Aquaponiksystems grösser als angenommen. Vor allem die zeitaufwändige Reinigung der IBC-Tanks war eher mühselig. Für ein nächstes Projekt würden wir für die Tanks etwas mehr Geld ausgeben, dafür aber schon gereinigte kaufen.

Die Beschaffung der Artikel wie Leitungen, Dichtungen, Reduzierstücke, Kugelhahn usw. waren aufwändiger als gedacht. So suchten wir vergebens in zahlreichen Baumärkten oder sogar in einem Fachgeschäft. Keiner hatte die von uns benötigten, eher einfachen Teile auf Lager oder hatte welche in der günstigen Preisklasse, in der wir die Teile benötigten. Schliesslich wurden wir im Internet fündig. Eine auf Koi spezialisierte Seite hatte alle Komponenten, welche wir benötigten. Die Corona-Krise hatte zur Folge, dass einige Komponenten aus dem Onlineshop mit erheblicher Verzögerung bei uns eintrafen. Dies verzögerte die Bauarbeiten am System enorm.

Als das System schlussendlich aufgebaut, und dicht war, hatten wir einen riesen Meilenstein geschafft. Nun ging es darum, die Bakterienkultur zu starten. Mit dem theoretischen Wissen, welches wir uns in dieser Arbeit angeeignet hatten, interpretierten wir die Messwerte, welche wir in einigen Zeitabständen erhoben. Als wir Nitrid- und Nitratwerte messen konnten, planten wir den Kauf der Fische.

Nach dem Einsetzen der Fische musste Silvan in einer Nachtaktion die Fische umquartieren. Dies, weil der Nitridwert viel zu hoch war. Der von uns gemessene hohe Wert wurde zunächst als nicht so schlimm bewertet. Die Abnahme dieses hohen Wertes wurde zeitnah erwartet. Dem war leider nicht so. Schliesslich wurden die Fische in den Teich auf dem Grundstück eingesetzt, in welchem sie den Winter sowiso verbracht hätten. Das Umsiedeln der Fische war ein Wendepunkt und zugleich das Ende der praktischen Arbeit.

Ziehen wir das Schlussfazit, so können wir sagen, dass es eine sehr intensive und lehrreiche Zeit war. Durch die zahlreichen Verzögerungen im Aufbau und die zum Ende kalten Herbsttemperaturen liessen die nitridabbauende Bakterienkultur leider nicht auf Touren kommen. Der Herbst ist sicherlich auch nicht der optimale Zeitpunkt für eine Inbetriebnahme eines solchen Systems, vor allem, wenn es Komponenten enthält, welche auf eine wärmere Temperatur angewiesen wären wie der Salat oder das Basilikum.

Wir sind zuversichtlich, dass wir gewappnet mit dem erlernte Wissen, den teils mühseligen gemachten Erfahrungen und viel Zeit und Geduld, positiv in die nächste Saison starten werden. Die Anlage, die wir gebaut haben, kann dann ihren Erfolg bestätigen, denn es wäre schade, würden wir nach all den intensiven Arbeitsstunden und dem Materialaufwand, den wir betrieben haben, keinen Zweitversuch starten. Nichtsdestotrotz werden wir, unabhängig von dieser Arbeit, das Aquaponiksystem im nächsten Frühling erneut in Betrieb nehmen.

23 Eigenständigkeitserklärung

Mit der Abgabe dieser Diplomarbeit versichern die Verfasser, dass sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst haben.

Die Unterzeichnenden erklären, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Diplomarbeit 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.

Ort und Datum:

Ennetmoos 12.10.2020

Unterschrift:



Stefan Pfister

Ort und Datum:

Ennetmoos 12.10.2020

Unterschrift:



Silvan Eller

24 Arbeitsjournal

24.1 Arbeitsjournal Silvan Eller

Datum	Zeit in Stunden	Arbeit
06.06.2020	4	Informationen sammeln
13.06.2020	4	Informationen sammeln
11.06.2020	8	Besprechen, besichtigen
15.06.2020	2	Bearbeitung Text
21.06.2020	4	Bearbeitung Text
23.06.2020	2.5	Bearbeitung Text
24.06.2020	2	Bearbeitung Text
25.06.2020	1	Besprechen
26.06.2020	1	Besprechen
27.06.2020	4	Bearbeitung Text
30.06.2020	3	Informationen sammeln
11.07.2020	2	IBC Tank entleeren
08.07.2020	1.5	Bearbeitung Text
12.07.2020	1.5	Bearbeitung Text
10.07.2020	1.5	Leitungen und Komponenten definieren
22.07.2020	1	Beschaffung der Artikel
24.07.2020	5	Reinigen und schneiden der IBC Tanks
25.07.2020	2	Kärchern des Schweinestalls
29.07.2020	4	Bearbeitung Text
08.08.2020	2	Bearbeitung Text
16.08.2020	8	Bau Holzgestell, Leitungskomponenten ablängen und zusammenstellen
19.08.2020	5	Aufbau Aquaponiksystem
23.08.2020	3	Bearbeitung Text
27.08.2020	1	Dichtheit System, umplatzieren von Fischtank
29.08.2020	3.5	Praktische Arbeiten am System
30.08.2020	1.5	Bearbeitung Text
30.08.2020	2	Blähton waschen füllen / Wasser einlassen
03.09.2020	3	Blähton waschen / Wasserkreislauf Inbetriebnahme
06.09.2020	4	Bearbeitung Text
07.09.2020	3.5	mit Robin nach Engelberg. Bakterienstarter und Ammoniak
09.09.2020	1.5	Praktische Arbeiten am System
12.09.2020	1.5	Praktische Arbeiten am System
14.09.2020	1.5	Bearbeitung Text
15.09.2020	2	Bearbeitung Text
18.09.2020	2	System Begutachten und Testen von pH, NO ₂ und NO ₃
19.09.2020	3	Ergänzen / schreiben Messen der Werte
20.09.2020	1.5	Bearbeitung Text

21.09.2020	4	Fische holen / Teilwasserwechsel / einsetzen
22.09.2020	5	Alarm, schlechter Wert, Fische umquartieren
25.09.2020	3	Fische in Teich einsetzen, 1 tote Fische
02.10.2020	6	Formatierung mit Stefan, Übersicht verschaffen.
04.10.2020	3	Korrektur / Textbearbeitung
05.10.2020	4	Korrektur / Textbearbeitung
06.10.2020	3	Korrektur / Textbearbeitung
07.10.2020	6.5	Formatierung / Textbearbeitung
08.10.2020	2	Korrektur / Textbearbeitung
09.10.2020	1.5	Korrektur / Textbearbeitung
10.10.2020	4	Korrektur / Textbearbeitung
11.10.2020	8	Fertigstellung
Summe	153.5	

24.2 Arbeitsjournal Stefan Pfister

04.06.2020	5	Recherche
10.06.2020	3	Recherche
11.06.2020	8	besprechen, besichtigen
15.06.2020	2	Recherche
21.06.2020	1.5	schreiben pH-Wert
23.06.2020	2.5	schreiben Licht
24.06.2020	1.5	schreiben Pflanzen
25.06.2020	1	besprechen
26.06.2020	1	besprechen
30.06.2020	1.5	Recherche N-Kreislauf, Aquaponik, Wasser
30.06.2020	3	IBC Tanks kaufen und nach Engelberg transportieren
11.07.2020	2	IBC Tank entleeren
08.07.2020	4	schreiben N-Kreislauf
09.07.2020	1.5	schreiben Filter
10.07.2020	1.5	Leitungen und Komponenten definieren
22.07.2020	1	Beschaffung der Artikel
24.07.2020	5	reinigen und schneiden der IBC Tanks
27.07.2020	2	schreiben Wasser, lesen von Quellen Buch
29.07.2020	2	lesen recherchieren und ergänzen des bisher geschriebenen Textes
02.08.2020	1.5	N- Kreislauf recherchieren und Text erweitern
	8	Bau Holzgestell, Leitungskomponenten ablängen und zusammenstellen
16.08.2020		
19.08.2020	5	Aufbau Aquaponiksystem
25.08.2020	1.5	schreiben Systemtypen
27.08.2020	1	Dichtheit System, umplatzieren von Fischtank
29.08.2020	3	schreiben Systemtypen, Glockensyphon
30.08.2020	1.5	schreiben Systemtypen

30.08.2020	2	Blähton waschen füllen / Wasser einlassen
03.09.2020	3	Blähton waschen / Wasserkreislauf Inbetriebnahme
06.09.2020	4	Vertikal System weiterschreiben / pH-Wert ergänzen
07.09.2020	3.5	mit Robin nach Engelberg. Bakterienstarter und Ammoniak
09.09.2020	1.5	schreiben Starten Stickstoffkreislauf und Aufzucht Pflanzen
12.09.2020	1.5	schreiben Systemaufbau
14.09.2020	1.5	formatieren und schreiben Starten des Stickstoffkreislaufes
15.09.2020	2	formatieren und ergänzen
18.09.2020	2	System begutachten und testen von pH, NO ₂ und NO ₃
19.09.2020	3	ergänzen / schreiben Messen der Werte
20.09.2020	3.5	durchlesen und ergänzen / Bilder hinzufügen
21.09.2020	4	Fische holen / Teilwasserwechsel / einsetzen
29.09.2020	1	Text überarbeiten
30.09.2020	1.5	Text überarbeiten
02.10.2020	8	Text überarbeiten/formatieren
07.10.2020	6.5	Text formatieren
08.10.2020	8	Text überarbeiten/formatieren
09.10.2020	8.5	Text überarbeiten/formatieren
10.10.2020	8	Text überarbeiten/formatieren
11.10.2020	8	Text überarbeiten/formatieren
Summe	151.5	

25 Quellenverzeichnis

- 1 Bild 21.06.20: <https://www.wetrok.ch/magazine/de/umgang-mit-ph-werten-in-der-reinigung/>
- 2 Bild 21.06.20: <https://www.yara.de/pflanzenernaehrung/zuckerrueben/agronomische-prinzipien/>
- 3 Text 23.06.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Photosynthese>
- 4 Text/ Bild 23.06.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenstrahlung>
- 5 Buch Aquaponik-Garten Felix Van Zyl
- 6 Bild 08.07.20: <https://chelal.com/de/blog/wie-sie-erkennen-welcher-n%C3%A4hrstoff-ihren-pflanzen-fehlt>
- 7 Bild 08.07.20: <https://www.garnelenmarkt.ch/sera-eisen-test-fe.html>
- 8 Text 29.07.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/PH-Wert>
- 9 Text 29.07.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenstrahlung>
- 10 Text 29.07.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Licht>
- 11 Text 29.07.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Stickstoffkreislauf>
- 12 Text 02.08.20: <https://www.simplyscience.ch/teens-liesnach-archiv/articles/der-stickstoffkreislauf-unseres-planeten.html>
- 13 Text 02.08.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Haber-Bosch-Verfahren>
- 15 Bild 11.10.20: <https://asta-umweltreferat.fs.tum.de/?p=1165>
- 16 Bild 09.08.20: <https://www.aquaponicssystemsolutions.com/chop-chift-pist-system/>

- 17 Bild 29.08.20: https://www.youtube.com/watch?v=_vV_z_OIFQ8&t=148s
- 18 Text / Bild 29.08.20: <https://www.pflanzenfabrik.de/nft-system/>
- 19 Bild 30.08.20: <https://www.growpackage.com/products/alfred-dwc-1-plant-system-kit>
- 20 Bild 30.08.20: <https://www.pinterest.com/pin/494199759108223305/>
- 21 Bild 30.08.20: <https://www.agritecture.com/blog/2019/10/8/scottish-start-up-plans-to-build-40-vertical-farms-across-uk>
- 22 Bild 30.08.20: <https://reset.org/knowledge/vertical-farming-%E2%80%93-kommt-unser-obst-und-gemuese-zukunft-aus-der-vertikalen-farm-12112018>
- 23 Text 06.09.20: <https://studyflix.de/chemie/ph-wert-1939>
- 24 Bild 2020 : als Dokumentation selbst gemachte Fotos von Stefan Pfister und Silvan Eller
- 25 Text / Bild 19.09.20: https://de.wikipedia.org/wiki/Kommunizierende_R%C3%B6hren
- 26 Bild 20.09.20: <https://www.sputnick.ch/lightwave-t5-4x54-watt.html>
- 27 Bild 20.09.20: <https://holos.ch/de/licht/leuchtmittel-entladungslampen.html>
- 28 Bild 20.09.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kompostwurm>
- 29 Text / Bild 01.09.20 : https://ch.elv.com/esotec-garda-solar-bachlaufsystem-101908?refid=Gads_Shopping&gclid=CjwKCAjw_NX7BRA1EiwA2dpg0hGUPH_T4MMnEOZIOjSSQtOkO4JkKoS_YirBuPtPYfJDDQr_tROyHhoC_1sQAvD_BwE
- 30 Bild 02.10.20: Google Maps
- 31 Bild 02.10.20: https://de.vidaxl.ch/e/8711465513753/ubbink-solar-teichbelufter-air-solar-600-1351375?gclid=CjwKCAjwn9v7BRBqEiwAbq1Ey6_g295AvCRw3KQQmGHNwX6iRtRn4oTPYs5RIF4NHQrHqAQVFjg8JhoCfcgQAvD_BwE
- 32 Text / Bild 02.10.20: <https://www.restaurant-wasserfall.ch/>
- 33 Bild 30.08.20: https://www.auer-packaging.com/ch/de/IBC-Container-mit-Kunststoffpalette/IBC-1000-K-150.50.html?customer_type=private&gclid=CjwKCAjwzvX7BRAeEiwAsXExo7nLqPiBV0kwluiSQ5d9tEPrvoD9ZhnzNQHLyRylyFBP4wLLDofltxoCg6gQAvD_BwE
- 34 Text / Bild 07.10.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Goldfisch>
- 35 Text 07.10.20: <https://www.bachflohkrebse.de/ratgeber/fischfutter/goldfische/>
- 36 Text / Bild 07.10.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Koi>
- 37 Text / Bild 07.10.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Saiblinge>
- 38 Text / Bild 07.10.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bachforelle>
- 39 Text / Bild 07.10.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Regenbogenforelle>
- 40 Text / Bild 07.10.20: https://de.wikipedia.org/wiki/Afrikanischer_Raubwels
- 41 Text / Bild 07.10.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schleie>
- 42 Text / Bild 07.10.20: http://www.fair-fish.ch/media/pdf/mehrwissen/2019/03-05/facts_7_XnTQTxy.pdf
- 43 Bild 07.10.20: <https://medium.com/sustainable-seafood/4-best-countries-to-get-your-farmed-shrimp-f05f602a193c>
- 44 Text / Bild 07.10.20: <https://anglertreff-thueringen.de/neues-aus-dem-bruthaus-bachforellen/>
- 45 Text 07.10.20: <http://www.forellenzuchtverband.at/forellenzucht/vom-ei-bis-zum-speisefisch/>
- 46 Bild 07.10.20: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/tier/spezielle-tierhaltung/fische/fuetterung/weniger-fischmehl/>
- 47 Bild / Text 07.10.20: <https://de.wikipedia.org/wiki/Omega-3-Fetts%C3%A4uren>

26 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aquaponikzyklus [15]	1
Abbildung 2 Schneckenfarm [42].....	12
Abbildung 3 Lachsölkapseln [47]	13
Abbildung 4 Fischmehl [46]	15
Abbildung 5 Abstreifen der weiblichen Bachforelle [44]	16
Abbildung 6 abstreifen der männlichen Bachforelle [44]	17
Abbildung 7 Shrimps Teichanlage [43].....	18
Abbildung 8 Fische in Intensivzucht [42].....	19
Abbildung 9 Weltproduktion aus Aquakultur [42]	21
Abbildung 10 Label BIO [42]	23
Abbildung 11 Label FOS [42]	24
Abbildung 12 Label ASC [42]	24
Abbildung 13 Label fair fish [42].....	24
Abbildung 14 Schleie [41].....	25
Abbildung 15 afrikanischer Raubwels [40]	26
Abbildung 16 Regenbogenforelle [39]	26
Abbildung 17 Bachforelle [38]	27
Abbildung 18 Saibling [37]	27
Abbildung 19 Koi [36].....	28
Abbildung 20 Goldfisch [34]	28
Abbildung 21 CHOP Ebbe und Flut System [5]	29
Abbildung 22 IBC Tank [33]	29
Abbildung 23 Tabelle des pH-Wertes [1]	31
Abbildung 24 Nährstoffverfügbarkeit nach pH-Wert [2]	34
Abbildung 25 Diagramm der Lichtwellenlängen [4]	35
Abbildung 26 Fluoreszierende Lampe [26]	36
Abbildung 27 Hochdruckdampf Lampe [27]	36
Abbildung 28 LED- Lampe [27]	36
Abbildung 29 Stickstoffkreislauf [5].....	39
Abbildung 30 verschiedene Mangelerscheinungen [5]	41
Abbildung 31 Eisen-Tester [7]	41
Abbildung 32 Mechanischer Filter [5].....	42
Abbildung 33 Biofilter [5]	42
Abbildung 34 Substrat mit Mikroorganismen [5]	43
Abbildung 35 Kompostwurm [28].....	43
Abbildung 36 CHOP-System [16]	45
Abbildung 37 Glockensyphon Ausgangslage [17]	46
Abbildung 38 Glockensyphon Wasseranstieg [17]	46
Abbildung 39 Glockensyphon Überlauf [17]	46
Abbildung 40 Glockensyphon abfliessen [17]	46
Abbildung 41 Glockensyphon ziehen von Luft [17]	46
Abbildung 42 NFT-System [18]	47
Abbildung 43 DWC mit floating Raft [20].....	48

Abbildung 44 Hydroponik im Kessel [19]	48
Abbildung 45 Vertical Farming Regal-Form [22]	49
Abbildung 46 Vertical Farming mit stehenden Röhren [21]	49
Abbildung 47 Vogelperspektive Grundstück [30]	51
Abbildung 48 Restaurant Wasserfall [32]	52
Abbildung 49 Teichabschnitt 1 [24]	55
Abbildung 50 Teichabschnitt 2 [24]	55
Abbildung 51 Fisch-Hüttli Restaurant Wasserfall [24]	56
Abbildung 52 Teich Forelle [24]	56
Abbildung 53 gemeinsamer Auslauf Teich 1 und 2 [24]	57
Abbildung 54 Pflanzenbete mit Blähton gefüllt [24]	60
Abbildung 55 Glockensyphon ohne Glocke [24]	61
Abbildung 56 Solar Wasserpumpe [29]	62
Abbildung 57 Leistungsdiagramm Wasserpumpe [29]	62
Abbildung 58 Belüftungspumpe mit Solarmodul [31]	63
Abbildung 59 IBC-Tank [24]	65
Abbildung 60 IBC-Tank zerschnitten für Fischtank [24]	66
Abbildung 61 IBC-Tank zerschnitten für Pflanzenbeet [24]	66
Abbildung 62 Aufbau der Beete und des Sumpftanks [24]	67
Abbildung 63 Kommunizierende Röhren [25]	67
Abbildung 64 Kommunizierendes Rohr installiert zwischen den Sumpftanks [24]	68
Abbildung 65 Waschen des Blähtons [24]	68
Abbildung 66 Glockensyphon ohne Glocke [24]	69
Abbildung 67 Ammoniumhydrokarbonat und Bakterienstarter [24]	70
Abbildung 68 Einbringen des Bakterienstarters [24]	70
Abbildung 69 Combi Test Set [24]	70
Abbildung 70 Test Set bei Messung [24]	71
Abbildung 71 Test Set Nahaufnahme [24]	71
Abbildung 72 pH-Wert-Messung [24]	71
Abbildung 73 Nitridmessung [24]	72
Abbildung 74 Nitratmessung [24]	72
Abbildung 75 gekeimte Salat-Samen auf Haushaltspapier [24]	73
Abbildung 76 Salatkeimling in Bimsstein eingepflanzt [24]	73
Abbildung 77 Salat im Bimsstein ziehen [24]	73
Abbildung 78 Salatsetzling im Bimsstein gezogen [24]	73
Abbildung 79 Div. Keimlinge in Glaswolle [24]	74
Abbildung 80 Div. Setzlinge in Netzkörben [24]	74
Abbildung 81 Setzlinge in Netzkörben bereit zum Einsetzen [24]	74
Abbildung 82 Fischzucht Ennetmoos Aufzuchtbecken [24]	75
Abbildung 83 Transport mit Fischbehälter [24]	75
Abbildung 84 IBC-Tank Fischbecken [24]	76
Abbildung 85 IBC-Tank Fischbecken mit Jungfischen [24]	77
Abbildung 86 Pflanzenbeete mit Blähton [24]	77
Abbildung 87 Eimer mit improvisierter Schutzhülle [24]	78
Abbildung 88 Fische in Teich einsetzen [24]	79
Abbildung 89 Jungfische im Teich [24]	79

Abbildung 90 Fischen der grossen Forellen [24]	80
--	----

27 Anhang

SWISS KOI&TEICH GMBH
KÜLPEN 9
8824 SCHÖNENBERG
SCHWEIZ
0041 079 420 50 44



KUNDE:

Stefan Pfister
Chilenmattli 15
6372 Ennetmoos
Schweiz

Rechnungsadresse:

Stefan Pfister
Chilenmattli 15
6372 Ennetmoos
Schweiz

Lieferadresse:

Silvan Eller
Wasserfallstrasse 221
6390 Engelberg
Schweiz

0795760703

stefanpfisterpcp@gmail.com

Rechnungsnummer: 20201649

Bestelldatum: Donnerstag, 16. Juli 2020

Zahlungsarten: Vorkasse/Banküberweisung

Artikel	Artikelnummer	Preis (inkl. MwSt.)	Summe (inkl. MwSt.)
2 x Kugelhahn Economy - roter Griff 50 mm	83593	16,00 CHF	32,00 CHF
2 x T-Stück 90° 50 mm	82111	2,70 CHF	5,40 CHF
1 x Flansch 50 mm	80111	15,00 CHF	15,00 CHF
2 x Winkel 90° 50 mm	82041	3,00 CHF	6,00 CHF
4 x PVC-Druckrohr 50 mm - 2 Meter	82007	13,00 CHF	52,00 CHF
1 x Klebekappe 50 mm	82206	2,00 CHF	2,00 CHF
1 x PVC-Druckrohr 75 mm - 2 Meter	82009	17,00 CHF	17,00 CHF
3 x Klebekappe 75 mm	82208	6,00 CHF	18,00 CHF
3 x Durchführung für Polyester 25/32mm x 25mm x 1"	82292	13,00 CHF	39,00 CHF
3 x Muffe 25mm	82023	2,00 CHF	6,00 CHF
1 x PVC-Druckrohr 25 mm - 2 Meter	82004	6,00 CHF	6,00 CHF
3 x Reduziermuffe 40/50x25mm	82275	2,00 CHF	6,00 CHF
2 x Reduziermuffe 90/110x50mm	82283	10,00 CHF	20,00 CHF
2 x Flexible Muffe, 50 mm	83531	6,00 CHF	12,00 CHF
		Zwischensumme:	236,40 CHF
		Versandkostenfrei:	0,00 CHF
		Enthaltene Mwst. 7,7%:	16,90 CHF
		Endsumme:	236,40 CHF

Besten Dank für Ihren Auftrag

SWISS KOI&TEICH GMBH
KÜLPEN 9
8824 SCHÖNENBERG
SCHWEIZ
0041 079 420 50 44



KUNDE:

Stefan Pfister
Chilenmattli 15
6372 Ennetmoos
Schweiz

Rechnungsadresse:

Stefan Pfister
Chilenmattli 15
6372 Ennetmoos
Schweiz

Lieferadresse:

Silvan Eller
Wasserfallstrasse 221
6390 Engelberg
Schweiz

0795760703

stefanpfisterpcp@gmail.com

Rechnungsnummer: 20201649

Bestelldatum: Donnerstag, 16. Juli 2020

Zahlungsarten: Vorkasse/Banküberweisung

Artikel	Artikelnummer	Preis (inkl. MwSt.)	Summe (inkl. MwSt.)
2 x Kugelhahn Economy - roter Griff 50 mm	83593	16,00 CHF	32,00 CHF
2 T-Stück 90° 50 mm	82111	2,70 CHF	5,40 CHF
1 Flansch 50 mm	80111	15,00 CHF	15,00 CHF
2 Winkel 90° 50 mm	82041	3,00 CHF	6,00 CHF
4 PVC-Druckrohr 50 mm - 2 Meter	82007	13,00 CHF	52,00 CHF
1 Klebekappe 50 mm	82206	2,00 CHF	2,00 CHF
1 PVC-Druckrohr 75 mm - 2 Meter	82009	17,00 CHF	17,00 CHF
3 x Klebekappe 75 mm	82208	6,00 CHF	18,00 CHF
<i>R=1</i> 2 Durchführung für Polyester 25/32mm x 25mm x 1"	82292	13,00 CHF	39,00 CHF
2 Muffe 25mm	82023	2,00 CHF	6,00 CHF
1 PVC-Druckrohr 25 mm - 2 Meter	82004	6,00 CHF	6,00 CHF
2 Reduziermuffe 40/50x25mm	82275	2,00 CHF	6,00 CHF
2 Reduziermuffe 90/110x50mm	82283	10,00 CHF	20,00 CHF
2 Flexible Muffe, 50 mm	83531	6,00 CHF	12,00 CHF

Zwischensumme: 236,40 CHF

Versandkostenfrei: 0,00 CHF

Enthaltene MwSt. 7,7%: 16,90 CHF

Endsumme: 236,40 CHF

Besten Dank für Ihren Auftrag

Swiss Koi

SWISS Koi&TEICH GMBH
KÜLPEN 9
8824 SCHÖNENBERG
SCHWEIZ
0041 079 420 50 44



KUNDE:

Stefan Pfister
Chilenmattli 15
6372 Ennetmoos
Schweiz

Rechnungsadresse:

Stefan Pfister
Chilenmattli 15
6372 Ennetmoos
Schweiz

0795760703

stefanpfisterpcp@gmail.com

Lieferadresse:

Silvan Eller
Wasserfallstrasse 221
6390 Engelberg
Schweiz

Rechnungsnummer: 20201649

Bestelldatum: Donnerstag, 16. Juli 2020

Zahlungsarten: Vorkasse/Banküberweisung

Artikel	Artikelnummer	Preis (inkl. MwSt.)	Summe (inkl. MwSt.)
2 x Kugelhahn Economy - roter Griff 50 mm	83593	16,00 CHF	32,00 CHF
2 x T-Stück 90° 50 mm	82111	2,70 CHF	5,40 CHF
1 x Flansch 50 mm	80111	15,00 CHF	15,00 CHF
2 x Winkel 90° 50 mm	82041	3,00 CHF	6,00 CHF
4 x PVC-Druckrohr 50 mm - 2 Meter	82007	13,00 CHF	52,00 CHF
1 x Klebekappe 50 mm	82206	2,00 CHF	2,00 CHF
1 x PVC-Druckrohr 75 mm - 2 Meter	82009	17,00 CHF	17,00 CHF
3 x Klebekappe 75 mm	82208	6,00 CHF	18,00 CHF
3 x Durchführung für Polyester 25/32mm x 25mm x 1"	82292	13,00 CHF	39,00 CHF
3 x Muffe 25mm	82023	2,00 CHF	6,00 CHF
1 x PVC-Druckrohr 25 mm - 2 Meter	82004	6,00 CHF	6,00 CHF
3 x Reduziermuffe 40/50x25mm	82275	2,00 CHF	6,00 CHF
2 x Reduziermuffe 90/110x50mm	82283	10,00 CHF	20,00 CHF
2 x Flexible Muffe, 50 mm	83531	6,00 CHF	12,00 CHF
		Zwischensumme:	236,40 CHF
		Versandkostenfrei:	0,00 CHF
		Enthaltene MwSt. 7,7%:	16,90 CHF
		Endsumme:	236,40 CHF

Besten Dank für Ihren Auftrag

Hallo Felix

Zusammen mit einem Studienkollegen schreibe ich eine Arbeit über Aquaponik. Wir haben dein Buch gekauft und würden gerne dies als Quelle benutzen und auch daraus Bilder in unsere Arbeit kopieren. Dürfen wir dies von dir aus?

Gruss Stefan Pfister

12. AUG. UM 08:00

Hallo Stefan,
Sorry für die späte Rückmeldung.
Gerne könnt ihr das Buch als Quelle nutzen und Bilder in eure Arbeit kopieren.
Ich wünsche euch alles Gute und viel Erfolg mit eurer Arbeit. Falls ihr euer eigenes Projekt startet, lasst es mich wissen.
Gruß aus Thailand Felix