

# AQUAVET

INTRODUCING AQUAPONIC IN VET:  
TOOLS, TEACHING UNITS AND TEACHER T

Resultat 2:

# Beschreibung von Aquaponics



Lifelong  
Learning  
Programme



Cross borders  
Gather experience  
Enhance knowledge



Stiftung für eidgenössische Zusammenarbeit  
Fondation pour la collaboration confédérale  
Fondazione per la collaborazione confederale  
Fundaziun per la collavuraziun federala

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Beschreibung des Resultats .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Was ist Aquaponics? .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Das Aquaponic System.....</b>	<b>4</b>
3.1	Einsatz von schwimmenden Pflanzenkläranlagen (floating treatment wetlands – FTW) in Aquaponic .....	9
<b>4</b>	<b>Essentielle Parameter des Aquaponic Systems .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Pflanzenproduktionssysteme .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Potentielle Fisch- und Pflanzenarten .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>22</b>
8.1	Aquaponic in classrooms as a tool to promote system thinking. Artikel von Junge et al. ....	22
8.2	The multifunctional aquaponic system at ZHAW used as research and training lab. Artikel von Graber et al. ....	22

# 1 Beschreibung des Resultats

Was steckt hinter dem Begriff Aquaponic? Dieses Resultat gibt einen allgemeinen Überblick über die Aquaponic Technologie. Es beinhaltet alle wichtigen Informationen über den Bau und den Betrieb von Aquaponic-Anlagen sowie über die wichtigsten Parameter in Aquaponic Systemen.

Einführend wird eine Definition des Begriffs Aquaponic gegeben. Darauffolgend werden Elemente des Systems und ein möglicher Aufbau vorgestellt. Davon ausgehend, dass verschiedene Systeme konstruiert werden können, werden zwei unterschiedliche Betriebsmodi geschildert. Ein Modus mit integrierter Nutzung von Schlamm und einer mit Schlammtrennung. Kapitel 3 endet mit der Darstellung des experimentellen Systems, das in Slowenien gebaut wurde.

Kapitel 4 umfasst eine Tabelle mit allen essentiellen Parametern des Aquaponic Systems. Diese werden verwendet um die Funktionalität und den Zustand des Systems regelmässig zu überprüfen. Zu jedem Parameter gibt es eine kurze Erklärung.

Wie das eigentliche Anlagensystem kann auch der Pflanzenanbau verschieden gestaltet sein. Kapitel 5 nennt drei unterschiedliche Anbaumethoden für Aquaponic Systeme und erläutert in Abbildung 6 alle möglichen erd- und substratlosen Bepflanzungsmöglichkeiten. Vor- und Nachteile der erd- und substratlosen Bepflanzung werden diskutiert, und Möglichkeiten näher vorgestellt.

Das letzte Kapitel (6) geht auf potentielle Fisch- und Pflanzenarten ein, welche in einem Aquaponic System kultiviert werden könnten. Für die Fische werden Vor- und Nachteile aufgezählt. Die Liste der Pflanzen umfasst Arten welche in der Forschung oder Experimenten zu Aquaponics gebraucht wurden.

Im Anhang finden sich zwei Artikel welche im Rahmen des AQUA-VET Projektes publiziert wurden. Der Eine handelt von multifunktionellen Aquaponic Systemen, welche als Forschungs- und Ausbildungslabor benutzt werden, während der Andere auf die Implementierung von Aquaponic zur Förderung von Systemdenken in Schulen eingeht.

## 2 Was ist Aquaponics?

Aquaponics ist eine Polykultur bestehend aus einem Aquakultur-System (Fischzucht) und aus Hydroponik (Pflanzen, die ohne Substrat mit zirkulierendem Wasser aus der Fischzucht angebaut werden). Das Ziel ist die Wiederverwertung von Nährstoffen welche im Fischfutter und Fischexkrementen enthalten sind, um Pflanzen anzubauen. (Graber & Junge 2009: 148-149, Rakocy et al. 2003: 63, Lennard & Leonard 2006: 539-540) Aquaponics ist eine umweltfreundliche Technologie: Sie verwendet Abwasser und Schlamm der Fischzucht in einem integrierten Gemüse-/Fruchtproduktionssystem um die übrigbleibenden Nährstoffe zu verwerten. Fischexkremeute können entweder direkt von Pflanzen als Nährstoffe aufgenommen werden oder nachdem Bakterien das Ammonium zu Nitrit und Nitrat umgewandelt haben. (Rakocy 2012: 343) Das Fischfutter sorgt dafür, dass kontinuierlich Nährstoffe zu den Pflanzen gelangen. Damit erübrigt sich der Ablass oder der Austausch erschöpfter Nährstofflösungen wie in der Hydroponik. Da fast keine zusätzlichen Düngemittel für die Pflanzen gekauft werden müssen, nimmt das Profitpotenzial des Systems zu. (Rakocy 2006: 2) Mögliche Vorteile von Aquaponics sind (Diver 2006: 4; The Aquaponics Doctors 2012):

- Konservierung von Wasserressourcen und Pflanzennährstoffen
- Effizientes Nutzen einer Nährstoffquelle (Fischfutter)
- Verzicht auf chemische Herbizide oder Pestizide
- Reduktion der Betriebskosten (im Vergleich zu Aquakultur oder Hydroponik)

Hinzu kommt, dass Aquaponic Systeme im Vergleich zu getrennten Hydroponik oder Aquakultursystemen weniger Monitoring der Wasserqualität benötigen und weniger Fläche erfordern als Teiche und Gärten. (Rakocy 2006: 2) Es wird davon ausgegangen, dass Aquaponics in Zukunft eine Methode für lokal angebautes Essen wird, z.B. im urbanen Raum mit kleineren Produktionseinheiten, die für Eigenheime und Restaurants konzipiert sind. Es kann in unterschiedlichsten Klimata und Überall betrieben werden, und kann die Produktivität des vorhandenen Raums erhöhen. (Karlsdottir et al. 2012: 3)

## 3 Das Aquaponic System

Es gibt etliche Möglichkeiten um Aquaponic-Systeme zu gestalten. Am Ende sollte es mit den Produktionszielen übereinstimmen. R3 wird den Betrieb eines gebauten Aquaponic-System näher beschreiben. Dieser Abschnitt beabsichtigt die wichtigsten Komponenten zu nennen, die in jedem Aquaponic System vorhanden sind bzw. sein sollten.

Aquaponics kann als spezifische Form eines zirkulierenden Aquakultursystems (RAS) angesehen werden. Da Aquaponics eine Kombination aus Aquakultur und Hydroponik darstellt, ist ein Teil des Systems ein Fischbecken, wo die Fische aufgezogen werden. Die Fische werden gefüttert und durch ihren Metabolismus werden Fäkalien und Ammonium ins Wasser ausgeschieden. Das übriggebliebene Futter trägt auch Nährstoffe ins Wasser. Hohe Ammoniumkonzentrationen sind für Fische jedoch giftig. Daher fließt das Abwasser vom Fischbecken durch einen Filter, wo Schwebstoffe entfernt

werden um die Konzentration organischer Stoffe zu verringern und um das Verstopfen der Leitungen und Pflanzenwurzeln zu verhindern. Nitrifizierende Bakterien wandeln Ammonium in Nitrit und weiter zu Nitrat um, welches für Fische relativ unschädlich ist und die bevorzugte Form von Stickstoff zum Züchten von Gemüse ist. (Rakocy 2006: 1) Dieser Prozess geschieht entweder direkt in der Hydroponik Anlage oder in einem separaten Biofilter. Beide Bereiche bieten eine Oberfläche für das Wachstum von Biofilm (z.B. Kies, Sand, Blähton oder ein Biofiltermedium). Die gelösten Nährstoffe (wie Nitrat) werden von den Pflanzen aufgenommen. Am Ende fließt das "behandelte" Wasser in ein Reservoir oder Sammelbehälter (Sumpf), von wo es zurück zum Fischbecken transportiert wird. (Rakocy 2012: 345-346; Graber & Junge 2009: 147-149; Diver 2006: 3) Abbildung 1 zeigt ein Schema davon. Abbildung 2 veranschaulicht in grösserem Detail eine Möglichkeit um ein Aquaponic System einzurichten.

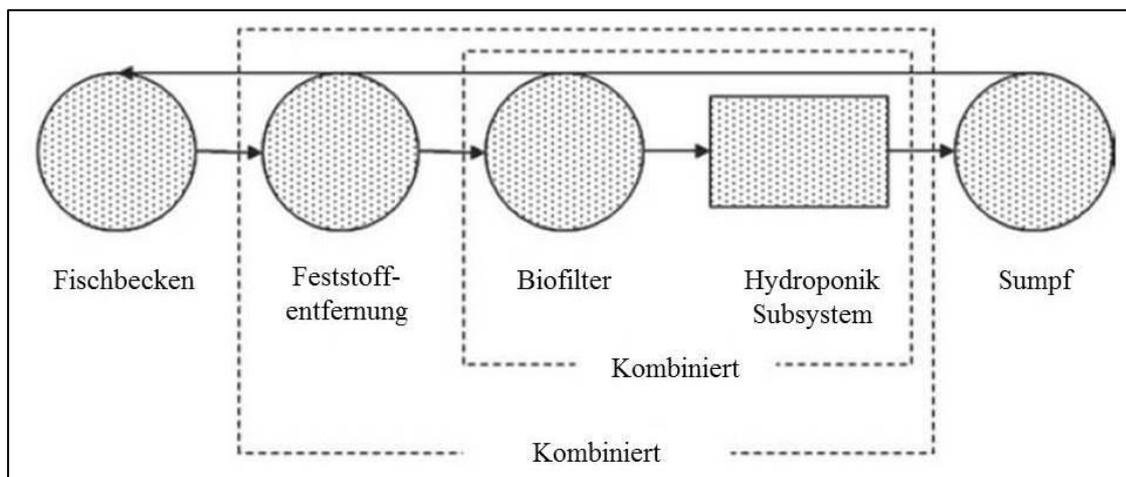


Abbildung 1: Komponenten eines Aquaponic Systems (Rakocy 2012: 346)

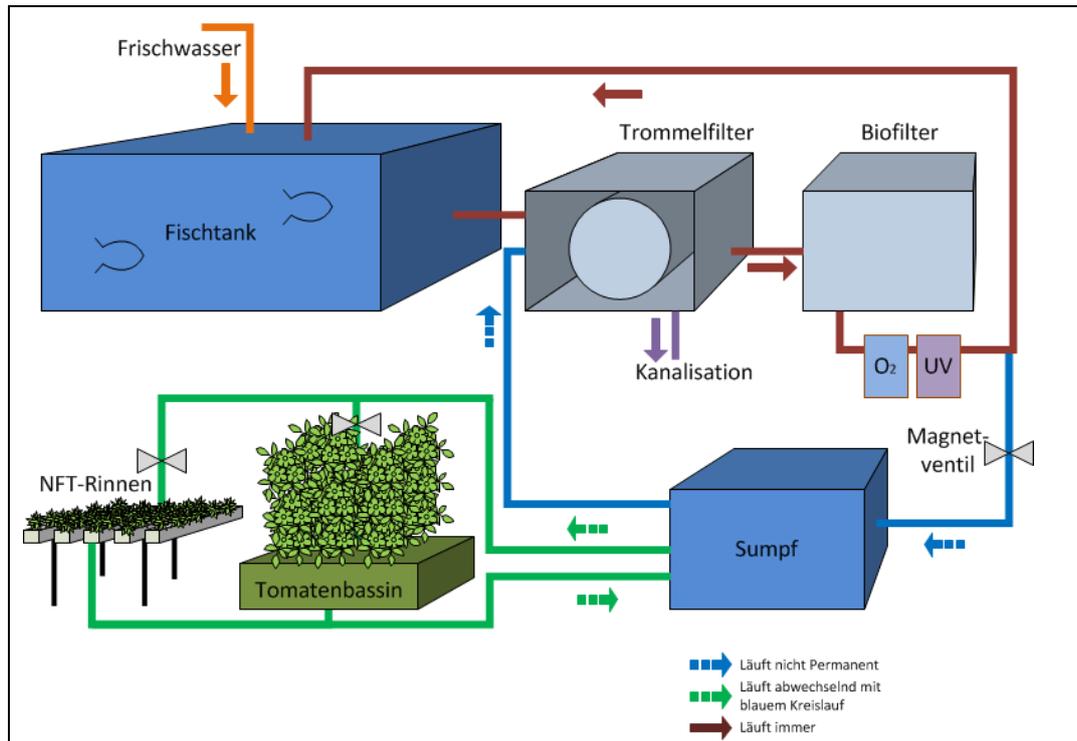
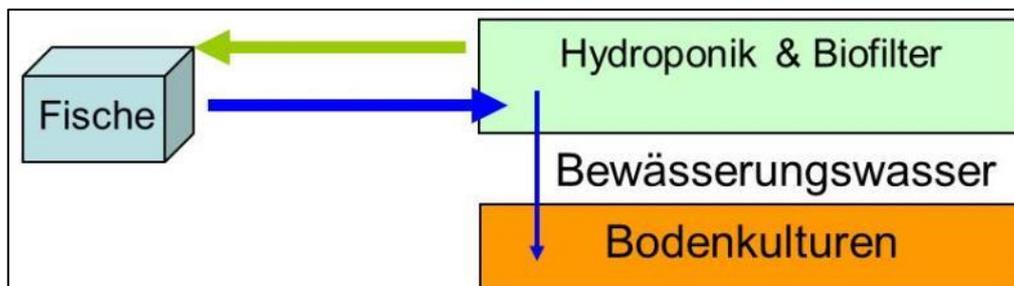


Abbildung 2: Mögliche Anordnung eines Aquaponic Systems.

Bei dieser Art von System fließt das Wasser vom Fischbecken zum Trommelfilter wo Schwebstoffe filtriert und abgelassen werden. Die Nitrifizierung findet im Biofilter statt, nach welcher Sauerstoff hinzugefügt werden kann. Es kann auch eine UV-Bestrahlung eingebaut werden. Die Zirkulation zwischen dem Fischbecken und den zwei Filtern findet kontinuierlich statt. Wenn es zugelassen wird, fließt das Wasser zum Sumpf, von wo aus es weiter zu den Pflanzen transportiert wird. Es kehrt zurück zum Sumpf und fließt dann wieder in den Trommelfilter, wo es zurück in die laufende Zirkulation zwischen Fischbecken und Filter kommt.

Die oben genannten Unterschiede sind auch in den verschiedenen Betriebsmodi des Systems ersichtlich: Entweder mit integrierter Schlammnutzung oder mit Schlammseparierung (Abbildung 3).



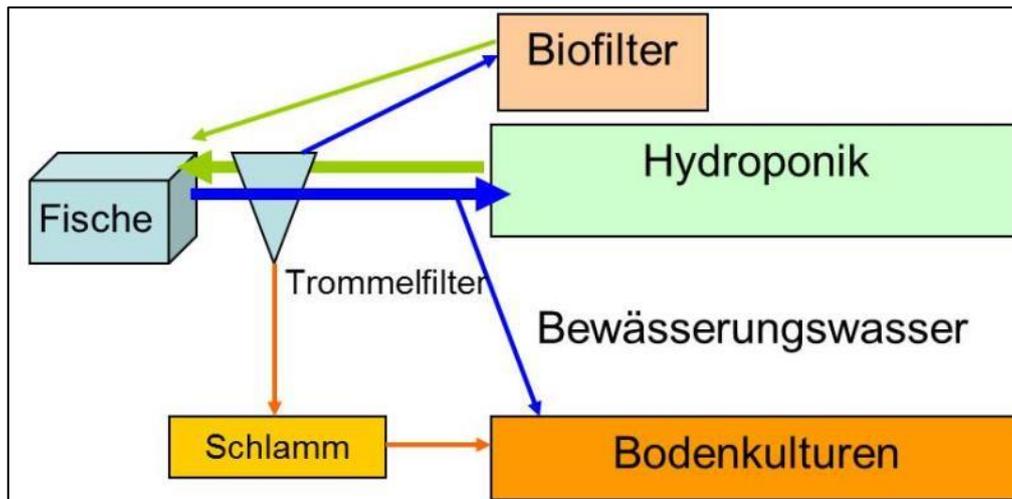


Abbildung 3. Oben: Aquaponic System mit integrierter Schlammnutzung.  
Unten: Aquaponic System mit Schlammsparierung (Graber 2014)

Jeder Modus hat seine Vor- und Nachteile. Integrierte Schlammnutzung hat eine extensive Fischbestockung bis zu 10 kg/m<sup>3</sup> und eine komplette Nährstoffrückgewinnung. Nachteile sind die Wassertrübung und eine geringere Biofilter Leistung. Schlammsparierung ermöglicht hingegen eine Bestockung von bis zu 50 kg/m<sup>3</sup>. Positiv sind das klare Wasser, geringere BOD (Biochemischer Sauerstoffbedarf) Konzentration, kleinere mikrobielle Belastung und optimierte Biofilter Leistung. Auf negativer Seite sind die nur partielle Nährstoffrückgewinnung und die zusätzlich notwendige Schlammbehandlung (vor Ort oder ausserhalb) wie Wurmkompostierung zu nennen (Graber 2014).

Ein Beispiel eines Aquaponic Testsystems kann innerhalb des AQUA-VET Projektes gefunden werden. Griessler-Bulc et al. (2012) haben in Slowenien ein Experiment durchgeführt. Ziel war es die Wasserverschmutzung in einer kleinen Fischzucht für karpfenartige Fische zu reduzieren, in dem zirkulierendes Wasser in ein Aquaponic System umgeleitet wird. Dieses geschlossene Kreislaufsystem bestand aus einer Reinigungsstrasse mit einem Lammellenklärkasten, einem Vorfilter, einer vertikalen Pflanzenkläranlage, die mit Tomaten bepflanzt war und einem Ultraschall Gerät. (Griessler-Bulc et al. 2012: 1-2) Die formulierte Hypothese war, dass ein System mit den vorliegenden Komponenten Schwebstoffe und gelöste Nährstoffe einschränken und das Algenwachstum vorbeugen kann. Die Abbildungen 4a und 4b zeigen die Anordnung (4a) und den Querschnitt (4b) der verschiedenen Komponenten dieses Testsystems.

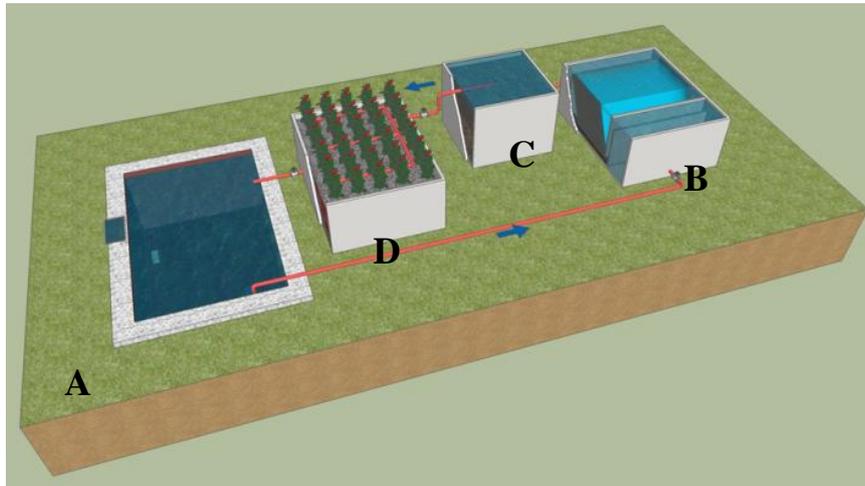


Figure 1a: Anordnung des Aquaponic Testsystems in Slowenien (Griessler-Bulc et al. 2013)

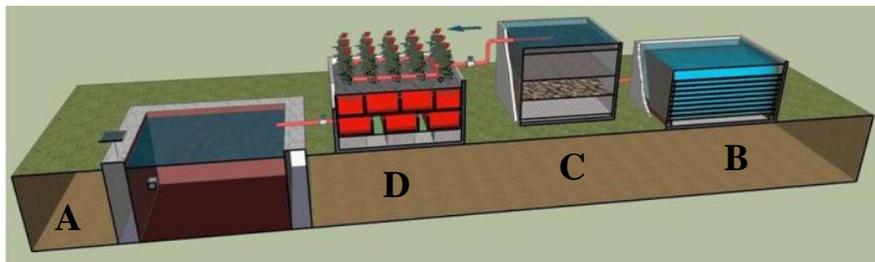


Figure 4b: Querschnitt des Aquaponic Testsystems in Slowenien (Griessler-Bulc et al. 2013)

Vom Fischteich (A) fließt das Wasser durch den Lamellenklärkasten (B) zum Vorfilter (C) und in die vertikale Pflanzenkläranlage, die mit Tomaten bepflanzt ist (D). Von dort geht es zurück in das Fischbecken. Im Versuchsbecken befanden sich ein Belüftungselement und ein Ultraschallwandler. Neben dem experimentellen Teich war ein Kontrollteich, der nicht Teil des Kreislaufsystems war. (ebd.: 2-3) Die relevanten Systemparameter (siehe Kapitel 4) wurden überwacht um die Systemleistung zu beurteilen. Die Resultate zeigten dass das System Schwebstoffe, Biochemischer Sauerstoffbedarf, Chemischer Sauerstoffbedarf, Ammonium und Gesamt Phosphor effizient abbaut, hingegen Nitrat und Nitrit nur ineffizient entfernt. Sie folgerten, dass Aquaponics der Aquakulturindustrie helfen kann übermäßigen Wasser- und Chemikalienverbrauch zu reduzieren (ebd.: 9). Für eine detaillierte Untersuchung über den Gebrauch von Ultraschall zur Kontrolle von Algen, siehe Krivograd Klemenčič und Griessler-Bulc (2010).

### 3.1 Einsatz von schwimmenden Pflanzenkläranlagen (floating treatment wetlands – FTW) in Aquaponic

Eine andere Möglichkeit um die Wasserverschmutzung zu verringern besteht im Einsatz von schwimmenden Pflanzenkläranlagen, wie De Stefani et al. (2011) und Mietto et al. (2013) zeigen. Die Phytoremediation kann mit Hilfe der Tech-IA Schwimmelemente durchgeführt werden, welche den Pflanzen als Unterlage dienen. Der Prototyp Tech-IA, welcher an der Universität Padova in Zusammenarbeit mit PAN s.r.l. entwickelt wurde, ist rechteckig (90x50 cm) und wiegt ungefähr 2kg (Abbildung 5). Das System ist aus rezyklierbarem Ethylvinylacetat (EVA), das einen hohen Reibwiderstand, grosse Toleranz gegenüber chemischen, biologischen und klimatischen Stoffen hat und eine Last bis 20 kg trägt. Jedes Element ist eine geschlossene Struktur und ist ausgestattet mit acht Fenstern, welche die Pflanzen aufrechterhalten. Zusätzlich gibt es sechs Löcher um die Elemente aneinander oder am Ufer zu befestigen.

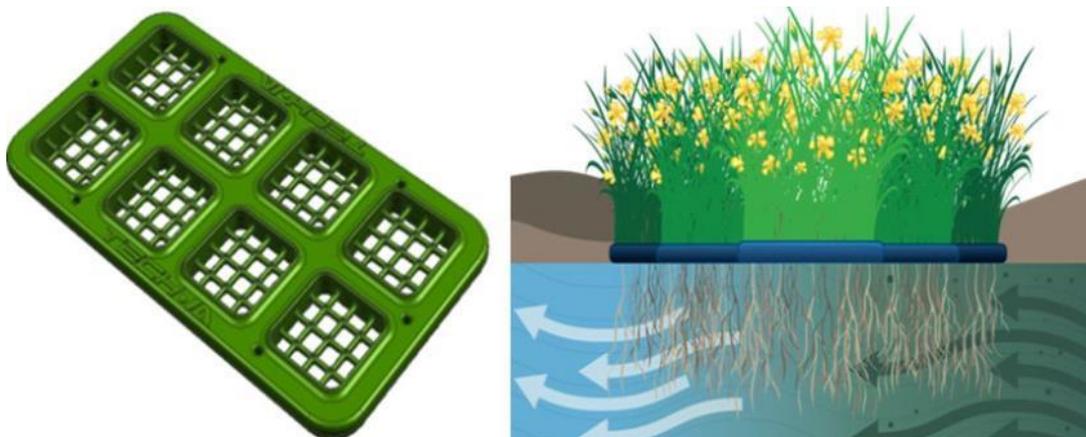


Abbildung 2: Tech-IA Schwimmelement und sein Gebrauch (PAN 2014)

Das schwimmende System ermöglicht verschiedenen Arten von Makrophyten auf der Wasseroberfläche zu wachsen. Diese nehmen die gelösten Nährstoffe auf und das Wurzelsystem fördert Mikroorganismen welche in Symbiose mit den Pflanzen leben. (De Stefani et al. 2011: 158) Im Kontext von Aquaponics könnten FTW auch als Schattenspender für die Fische im Becken benutzt werden. Bisherige Versuche mit Karpfenzucht in Italien zeigten eine höhere Wasserqualität und grösseres Karpfenwachstum im Becken mit Tech-IA (Abbildung 6).



Abbildung 6: Eine Pilotzucht von Karpfen mit und ohne Benutzung von Tech-IA (Florio et al. 2014).

## 4 Essentielle Parameter des Aquaponic Systems

Tabelle 1 zeigt alle Parameter auf, welche regelmässig überwacht werden müssen. Die Erklärung der Parameter sollte begreiflich machen, wieso jeder von ihnen von Interesse ist.

Tabelle 1: Essentielle Parameter des Aquaponic Systems

Parameter	Erklärung
Gefüttertes Fischfutter (g)	Nährstoffeintrag für Fische und Pflanzen
Wasserniveau	Um sicher zu gehen, dass die Pumpen richtig funktionieren
Wasseraustausch	Um Evapotranspiration und Spritzwasser auszugleichen
Lufttemperatur	Einfluss auf Wassertemperatur und Pflanzenwachstum
pH	Fische und Pflanzen haben gewisse Präferenzen und dies ist wichtig fürs Überleben
Temperatur des Beckenwassers	Wichtig fürs Überleben der Fische
Elektrische Leitfähigkeit	Zeigt die Ionenkonzentration auf, d.h. Salinität
Gelöster Sauerstoff (DO)	Wichtig fürs Überleben der Fische
Ammonium NH <sub>4</sub>	Kontrolle Funktionalität Biofilter, wichtig für Fische
Nitrit NO <sub>2</sub>	Kontrolle Funktionalität Biofilter, wichtig für Fische (giftig)
Nitrat NO <sub>3</sub>	Nährstoffaufnahme der Pflanzen messen
Phosphat PO <sub>4</sub>	Nährstoffaufnahme der Pflanzen messen
Kalium K	Wird für Pflanzenwachstum benötigt (manchmal Defizit davon)
Zugabe von Kalziumhydroxid	Um pH 7.0 (Pflanzen) zu etablieren, Kalium für Pflanzen

Licht für Fischbecken	Wenig bis gar kein Licht für die Fischbecken, Verhinderung von Algenwachstum (Fisch bekommt schlechten Geschmack davon). Alternativ: Becken mit bepflanzten schwimmenden Elementen (FTW) bedecken.
Licht für Pflanzen	Diese brauchen so viel Licht wie möglich
Fischgesundheit	Vorzeitiges Erkennen, Verhinderung von Ausbreitung.
Pflanzengesundheit	Vorzeitiges Erkennen, Verhinderung von Ausbreitung.
Wachstum der Biomasse (Fische & Pflanzen)	Erfolgskontrolle, wichtig für Produktionsziel

(Eigene Illustration. Information genommen von Graber & Junge 2009: 149-154; Lennard & Leonard 2006: 543; Rakocy 2012: 352; Palm et al. 2014: 21; De Stefani et al. 2011: 158; Rakocy 2006: 2-11)

In Kapitel 3 wurde das slowenische Testsystem von Griessler-Bulc et al. (2013) vorgestellt. Für jenes System wurde ein Monitoring Konzept erstellt. Dieses Konzept ist in Abbildung 7 zu sehen. Aufgelistet findet man auch die Parameter, welche wöchentlich oder zweimal täglich an sechs Punkten gemessen wurden.

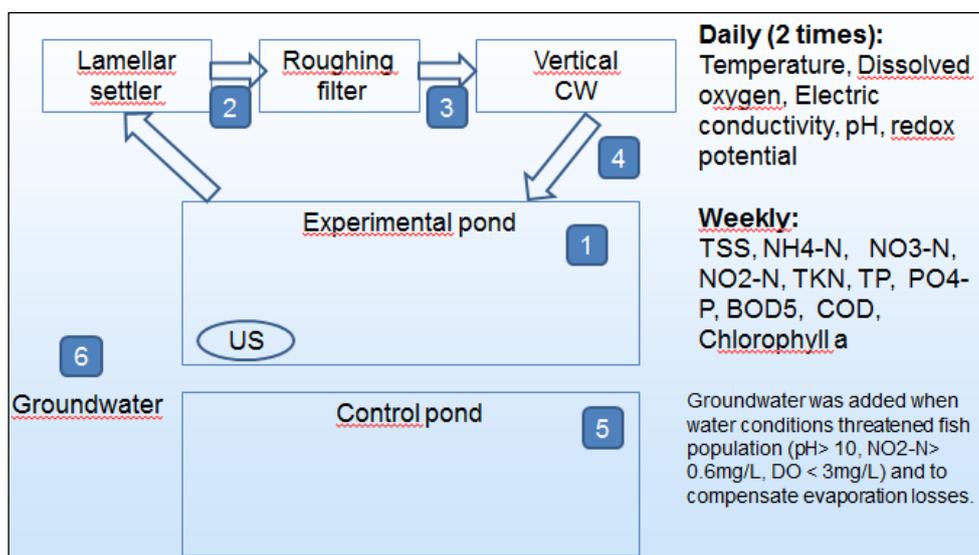


Abbildung 7: Monitoring Konzept für das Aquaponic Testsystem in Slowenien (Griessler-Bulc et al. 2013).

## 5 Pflanzenproduktionssysteme

Rakocy (2012: 373) unterscheidet zwischen drei verschiedenen Systemen um Pflanzen anzubauen: gestaffelte Ernte, gebündelte Ernte und Mischkultur. Bei der gestaffelten Ernte werden Pflanzen in unterschiedlichen Wachstumsstadien gleichzeitig kultiviert. Daher findet die Ernte regelmässig statt und die Nährstoffe im Wasser werden kontinuierlich gebraucht. Die gebündelte Ernte dagegen heisst, dass die ganze Ernte zur gleichen Zeit vorgenommen und darauffolgend wieder herangezogen wird (Rakocy 2012: 373; Rakocy et al. 2003: 65). Schliesslich geht es bei der Mischkultur darum, dass zwei oder mehr unterschiedliche Pflanzen gleichzeitig angepflanzt werden. Aufgrund der verschiedenen Pflanzen- und Fruchtwachstumsraten verteilen sich Nährstoffaufnahme und Ernte über die Zeit.

Eine andere Möglichkeit ist die Unterscheidung zwischen verschiedenen erd- und substratlosen Kultivierungsformen. Abbildung 8 bietet einen Überblick der unterschiedlichen Typen.

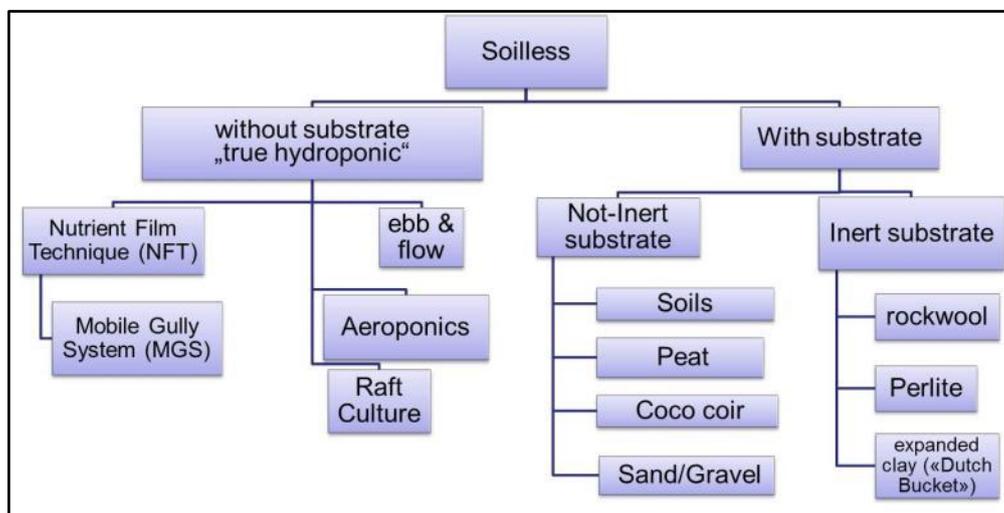


Abbildung 8: Typen von erd- und substratloser Kultivierung (Junge 2014, Baumann pers. comm.)

Mathis (2014: 15-16) fasst die Vor- und Nachteile des Hors-sol Anbaus zusammen. Die Vorteile umfassen:

- Die Erhaltung von Wasser und Nährstoffen, was die Verschmutzung von Land und Bächen mit Chemikalien, welche nicht verloren gehen sollten, verringert.
- Pflanzen können dort angebaut werden, wo es keine geeigneten Böden gibt oder wo diese verschmutzt sind (möglicherweise mit Pflanzenkrankheiten).
- Der Arbeitsaufwand für die Bodenbearbeitung, Pflege, Begasung, Bewässerung und andere Praktiken fällt fast gänzlich weg.
- Maximale Erträge sind möglich, was das System in dicht bebauten und teuren Lagen ökonomisch rentabel macht.
- Bodenbürtige Pflanzenkrankheiten werden in geschlossenen Systemen ausgerottet.
- Zirkulierende Systeme reduzieren das Abwasservolumen.

Auf der anderen Seite werden auch Nachteile genannt:

- Die Baukosten pro Fläche sind hoch.
- Es wird gut ausgebildetes Personal benötigt.
- Hohe Anforderungen an Wissen im Bereich Pflanzenernährung und Pflanzenwachstum.
- Krankheiten und Nematoden können in geschlossenen Systemen schnell alle Betten des gleichen Nährstofftanks befallen.
- Pflanzensorten, die an kontrollierte Wachstumsbedingungen angepasst sind, erfordern Forschung und Entwicklung.
- Die Reaktion der Pflanzen auf schlechte Nährstoffzufuhr ist schnell.
- Der Züchter muss die Pflanzen jeden Tag beobachten.

Lennard und Leonard (2006) verglichen drei der am häufigsten benutzten Subsysteme – das Kiesbett, die schwimmenden Flösse und die Nährlösungsfilm-Technik (NFT) – in Aquaponics Systemen mit Murray Dorsch (*Maccullochella peelii peelii*) und Gartensalat (*Lactuca sativa*). Gemäss den Autoren hat jedes der Subsysteme gewisse Vorzüge. Sand/Kies kann Feststoffe filtern und als Substrat für nitrifizierende Bakterien dienen, was einen separaten Biofilter erübrigt. NFT hat den Vorteil, dass es günstig und einfach zu bauen ist. Zudem ist es weniger schwer als die anderen zwei Optionen. (Lennard & Leonard 2006: 540) Das Ziel der Untersuchung war herauszufinden ob eines der Subsysteme die flüchtigen Stoffe im Wasser besser austrieb, zu weniger Wasserverbrauch und zugleich stärkerem Pflanzen- und Fischwachstum führte. Es stellte sich heraus, dass NFT in Bezug zur Stickstoffabtragung im Vergleich zu Kiesbett und den Flössen weniger effizient war. Fischwachstum war hingegen weder positiv noch negativ beeinflusst. Sie kamen zum Schluss, dass NFT trotzdem eine angemessene Wahl für ein Aquaponic System darstellen kann, da es geringeren Kapitalbedarf hat und einfach zu bauen und benützen ist. Nichtsdestotrotz sollte die schlechtere Fähigkeit von NFT Nährstoffe abzutragen beim Gestalten des Systems einberechnet werden. (ebd.: 547-549)

Mathis (2014: 19-29) gibt einen Überblick über verschiedene Hydroponik und Aquaponic Produktionssysteme und ihre Vor- und Nachteile. Einige dieser Systeme wurden auch an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW, PO) in Wädenswil getestet.

## Schwimmende Floss Systeme

Das Floss System findet in Hydroponics und Aquaponics verbreitete Verwendung. Die einfache Konstruktion der Hydroponik-Einheit ist im Vergleich zu anderen Systemen ein Vorteil. Das System besitzt zudem eine gute Pufferung des Wassers und der Nährstoffe und die Produktionsrisiken sind gering. Andererseits gibt es negative Aspekte wie die Notwendigkeit zusätzlicher Sauerstoffversorgung, wenn der Wasserkreislauf zu langsam ist. Hinzu kommt, dass organisches Material zu einer Blockierung führen kann und falls die Wasseroberfläche nicht vollständig bedeckt ist, kommt es zu Algenwachstum. Schliesslich laufen die Pumpen die meiste Zeit und die Geräte sind teuer. (Mathis 2014: 19-20)

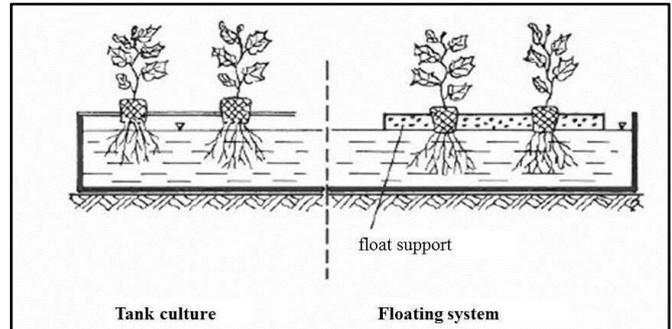


Abbildung 9: Pak Choi Floss (Quelle: <http://theolleys.wordpress.com>)

### NFT-Systeme (Nährstoff-Film-Technik)

NFT-Systeme sind für den Einsatz in Aquaponics gut geeignet. Sie sind günstig im Bau und daher eine wirtschaftliche Investition. Aber es gibt auch Risiken die mit NFT verbunden sind. Beispielsweise können die Wasserrinnen verstopfen, in Abhängigkeit des Durchmessers der Bewässerungs-Kapillaren und der Konstruktion der Rinnen. Dies kann zum Ausfall des Bewässerungssystems führen. Dazu muss die Steigung ein Minimum von 2% betragen und der Wasserdurchfluss sollte bei 2 l pro Minute und Wasserrinne sein. (Mathis 2014: 21-22)

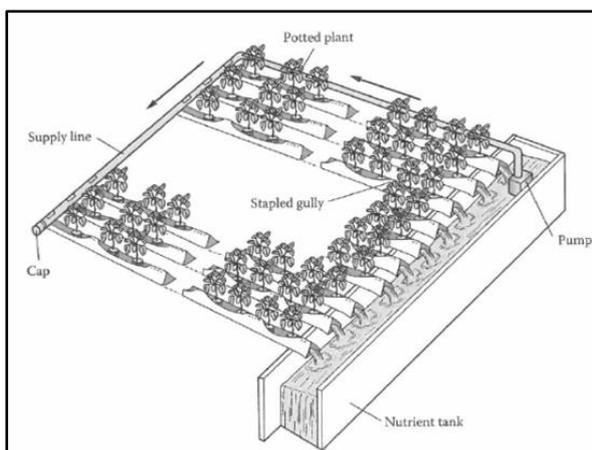


Abbildung 3: NFT Rinnen und Nährstofftank (Quelle: Resh 2013)



Abbildung 4: NFT System (Quelle: ZHAW)

## Aeroponik

Aeroponik ist nur zu einem gewissen Ausmass für Aquaponics geeignet. Es besteht die Gefahr, dass das Bewässerungssystem versagt, was folglich die Produktion gefährdet. Je nach Durchmesser der Bewässerungs-Kapillaren und der Betriebsstunden kann es zur Verstopfung des Systems kommen. Darüber hinaus sind die Geräte teuer. Hingegen produziert diese Methode fast keinen Abfall. (Mathis 2014: 23-24)

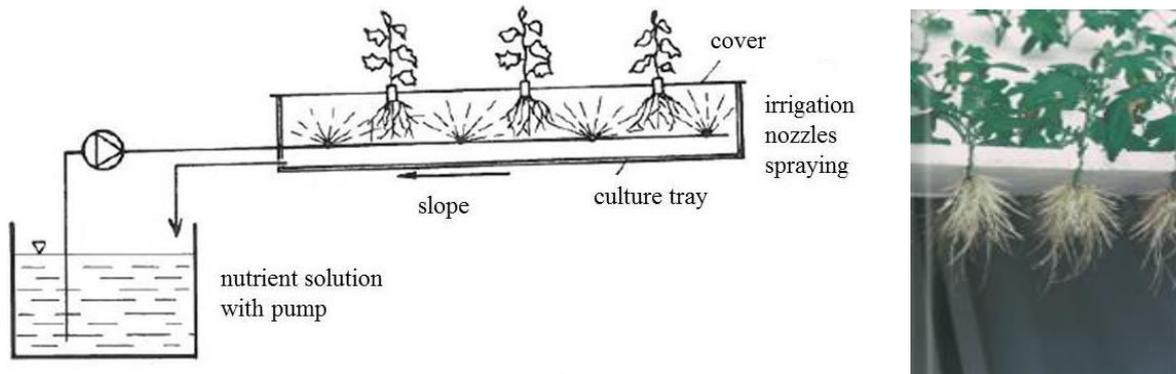


Abbildung 6: Aeroponic System (Quelle: Göhler & Molitor 2002)

## Bag System

Wie Aeroponik ist das Bag System nur bedingt für Aquaponics geeignet. Da die Hydroponik-Einheit schon entwickelt ist, gibt es in der Produktion geringere Risiken. Es kann jedoch zu Verstopfungen kommen, falls die Filter nicht richtig funktionieren. Die Struktur des Mediums sorgt für eine ausreichende Drainage und einen kontinuierlichen Wasserfluss, vorausgesetzt, dass genügend Wasseraustausch stattfindet. Darüber hinaus sind die Geräte teuer und die Bewässerung wird durch Computer gesteuert. (Mathis 2014: 25-26)

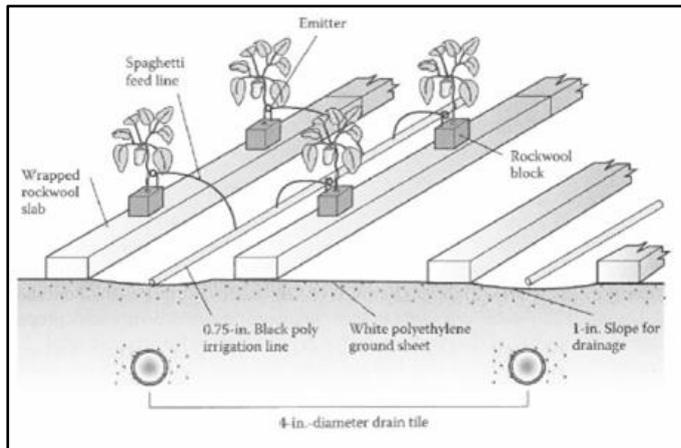


Abbildung 7: Steinwolle Kultur (Quelle: Resh 2013)



Abbildung 8: Steinwolle oder Kokosfaser Substrat(Quelle: ZHAW)

## Ebbe & Flut System

Ein weiteres System das man in Aquaponics verwenden kann ist die Ebbe und Flut Methode. Aufgrund der vorhandenen Wasser- und Nährstoffpuffer in den Töpfen, wird das Produktionsrisiko reduziert. Die Gefahr, dass es zu einer Verstopfung kommt ist gering und es findet weniger Wasseraustausch statt. Falls Ventile verwendet werden, werden das Bewässerungssystem und die Tische teuer. (Mathis 2014: 27-28)

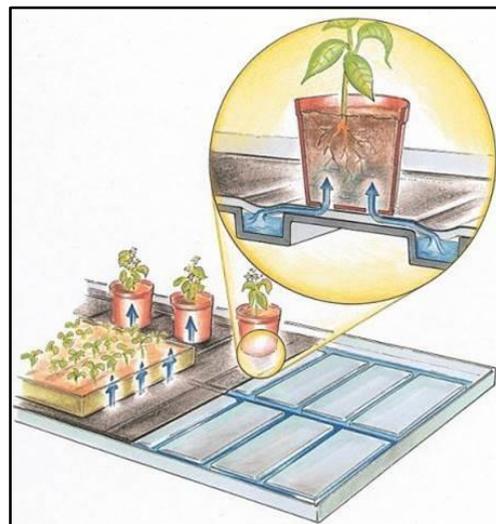


Abbildung 9: Ebbe & Flut System (Quelle: [www.kriegergmbh.de/Gewaechshauszubehoer/Bewaesserungswanne-1](http://www.kriegergmbh.de/Gewaechshauszubehoer/Bewaesserungswanne-1))

## Weitere erdlose Kulturen mit verschiedenen Substraten

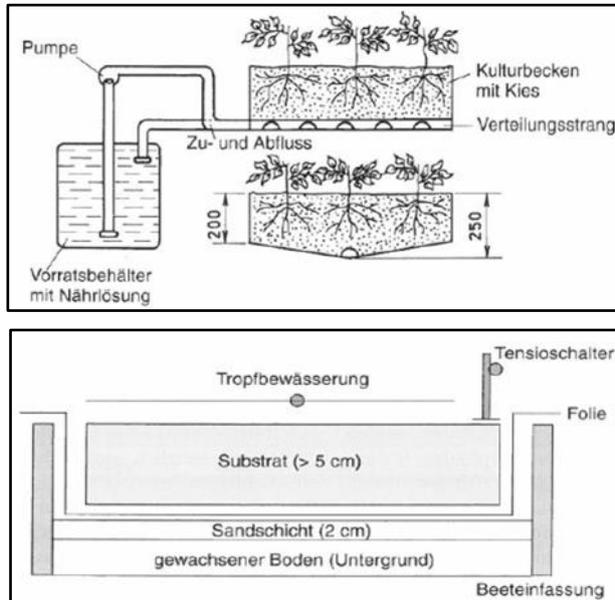


Abbildung 16: Bettssystem mit Kies als Medium  
(Quelle: Göhler & Molitor 2002)



Abbildung 17: Perlitkultur (Quelle: ZHAW)

## 6 Potentielle Fisch- und Pflanzenarten

Tabelle 2: Liste der potenziell geeigneten Fische für Aquaponics (Rod 2014).

Art	Vorteile	Nachteile
Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Der Tilapia ist eine robuste und unter guten Konditionen schnell wachsende Fischart. Als omnivore Spezies kann er ein breites Spektrum an Futter verwerten, darunter auch pflanzliche Proteinquellen.	Als Warmwasserfisch benötigt er hohe Wassertemperaturen. Er ist ein unbekannter Speisefisch in Europa und kann mit anderen Fischen nicht als Massenprodukt mithalten. Daher ist der Nutzen von Tilapia auf Nischen mit speziellen Bedingungen beschränkt (tropische Gewächshäuser, Aquaponics).
Karpfen ( <i>Cyprinus carpio</i> )	Ein robuster und schnellwachsender Fisch. Er ist omnivor und kann daher eine Vielzahl versch. Futter verwenden (pflanzliches Protein). Karpfen wachsen gut in warmem oder kaltem Wasser.	Ist als Speisefisch nicht immer sehr geschätzt. Marktpreis ist eher tief. Zusätzlich brauchen Karpfen vergleichsweise grosse Wasservolumen und beschädigen Pflanzen falls sie sie erreichen.
Regenbogenforelle ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Eine robuste Forelle. Ist in der Fischzucht etabliert. Daher gibt es eine grosse Auswahl kundenspezifischer Futtermittel und technischer Systeme für diese Art. Der Futterumwandlungssatz ist sehr gut und die künstliche Fortpflanzung ist bewährt. Einfach zu Verkaufen.	Hat einen relativ hohen Sauerstoffbedarf und die Höchstwassertemperatur ist vergleichsweise eng (kaltes Wasser). Braucht vorwiegend tierisches Protein.
Zander ( <i>Sander lucioperca</i> )	Unter vorteilhaften Bedingungen wächst er gut. Hat ein ruhiges Naturell.	Er ist in der Fischzucht noch wenig verbreitet. Die künstliche Fortpflanzung ist noch unsicher und man hat wenige Möglichkeiten für spezifische Futtermittel und technische Infrastruktur. Braucht Warmwasser fürs Wachstum und einen grossen Anteil an tierischem Protein im Futter.

Tabelle 3: Liste der potenziellen Pflanzen für Aquaponics

Pflanze	Verwendet in Untersuchung
Salat	Lennard & Leonard 2006; Rakocy 2012: 359; Palm et al. 2014
Salatgurke	Graber & Junge 2009; Palm et al. 2014
Tomaten	Griessler-Bulc et al. 2012; Graber & Junge 2009; Palm et al. 2014
Aubergine	Graber & Junge 2009; Palm et al. 2014
Paprika / Peperoni	Palm et al. 2014
Basilikum	Rakocy et al. 2003; Palm et al. 2014
Küchenkräuter	Mathis 2014; Palm et al. 2014
Microgreens	Mathis 2014

## 7 Literaturverzeichnis

De Stefani, G., Tocchetto, D., Salvato, M. und M. Borin (2011): "Performance of a floating treatment wetland for in-stream water amelioration in NE Italy" *Hydrobiologia*, 674 (1), 157-167.

Diver, S. (2006): "Aquaponics – Integration of Hydroponics with Aquaculture." URL: [http://www.extension.org/mediawiki/files/2/28/Hydroponics\\_with\\_Aquaculture.pdf](http://www.extension.org/mediawiki/files/2/28/Hydroponics_with_Aquaculture.pdf) [Stand: 04.07.14].

Florio, G., Arnosti, C., Breschigliaro, S., Bortolini, L. und M. Borin (2014): "Preliminary results of a floating wetland system in carps breeding" *submitted to 3rd Conference with International Participation Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition»Transmission of Innovations, Knowledge and Practical Experience into Everyday Practice«*, 14th and 15th November 2014, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia.

Göhler, F. und H.-D. Molitor (2002): *Erdelose Kulturverfahren im Gartenbau*, Stuttgart: Ulmer.

Graber, A. (2014): Aquaponics engineering and operation management. Presentation for Aquavet Workshop II, March 25 2014, Wädenswil. Unveröffentlicht.

Graber, A. und R. Junge (2009): "Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production" *Desalination*, 246 (1-3), 147-156.

Griessler-Bulc, T., Krivograd Klemenčič, A., Kompare, B. und K. Jarni (2013): Innovative Aquaponic Technologies for Water Reuse in Cyprinid Fish Farms. Presentation for Aquavet Consortium meeting and Workshop I, February 11-13 2013, Wädenswil. Unveröffentlicht.

Griessler-Bulc, T., Šajn-Slak, A., Kompare, B., Jarni, K. und A. Krivograd Klemenčič (2012): Innovative Aquaponic Technologies for Water Reuse in Cyprinid Fish Farms. BALWOIS 2012 – Ohrid, Republic of Macedonia – 28 May, 2 June 2012.

Junge, R., Mathis A. und A. Graber (2014): Building integrated food production. Presentation for the 4<sup>th</sup> International Symposium ZEBISTIS, April 8 2014, Bundang. URL: [http://www.zebistis.ch/images/documents/workshop4/ZEBISTIS\\_WS4\\_Presentation11.pdf](http://www.zebistis.ch/images/documents/workshop4/ZEBISTIS_WS4_Presentation11.pdf) [Stand: 28.08.14].

Karlsdottir, S.K., Homme, J.M. und R. Bjornsdottir (2012): “Aquaponics – Grønn vekst” NORA Project No 510-072, Final Report from the project. URL: [http://www.nora.fo/fileadmin/user\\_upload/files/13/20121024112120176.pdf](http://www.nora.fo/fileadmin/user_upload/files/13/20121024112120176.pdf) [Stand: 28.08.14].

Krivograd Klemenčič, A. und T. Griessler-Bulc (2010): The efficiency of ultrasound on algal control in a closed loop water treatment system for cyprinid fish farms. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(5 A), 919-931.

Lennard, W.A. und B.V. Leonard (2006): “A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system” *Aquaculture International*, 14 (6), 539-550.

Mathis, A. (2014): Aquaponic from the viewpoint of a crop cultivator. Presentation for Aquavet Workshop II, March 28 2014, Wädenswil. Unveröffentlicht.

Mietto, A., Borin, M., Salvato, M., Ronco, P. und N. Tadiello (2013): “Tech-IA floating system introduced in urban wastewater treatment plants in the Veneto region – Italy” *Water Science & Technology*, 68 (5), 1144-1150.

Palm, H.W., Seidemann, R., Wehofsky, S. und U. Knaus (2014): “Significant factors affecting the economic sustainability of closed aquaponic systems. Part I: system design, chemo-physical parameters and general aspects” *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. International Journal of the Bioflux Society*, 7 (1), 20-32.

PAN s.r.l. (2014): Tech-IA floating systems installation. URL: <https://sites.google.com/site/panspinoff/home> [Stand: 04.05.14].

Rakocy, J.E. (2012): “Aquaponics – Integrating Fish and Plant Culture” in: Tidwell, J.H. (Ed.): *Aquaculture Production Systems*. Ames: John Wiley & Sons, 343-386.

Rakocy, J.E., Masser, M.P. und T.M. Lesordo (2006): “Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics – Integrating Fish and Plant Culture” *Southern Regional Aquaculture Center*, Publication No. 454. URL: <http://ces3.ca.uky.edu/westkentuckyaquaculture/Data/Recirculating%20Aquaculture%20Tank%20Production%20Systems/SRAC%20454%20Recirculating%20Aquaculture%20.pdf> [Stand: 28.08.14].

Rakocy, J.E., Schultz, R.C., Bailey, D.S. und E.S. Thoman (2003): “Aquaponic Production of Tilapia and Basil: Comparing a Batch and Staggered Cropping System” *Acta Horticulturae (ISHS)*, 648, 63-70. URL: [http://uvi.edu/files/documents/Research\\_and\\_Public\\_Service/AES/Aquaculture/Tilapia\\_and\\_Basil.pdf](http://uvi.edu/files/documents/Research_and_Public_Service/AES/Aquaculture/Tilapia_and_Basil.pdf) [Stand: 04.07.14].

Resh, H.M. (2013): *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 7<sup>th</sup> Edition, Boca Raton: CRC Press.

Rod, R. (2014): Fish. Presentation for Aquavet Workshop II, March 28 2014. Unveröffentlicht.

The Aquaponics Doctors (2012): Why Aquaponics? URL: <http://www.theaquaponicsdoctors.com/why-aquaponics.php> [Stand: 04.07.14].

## 8 Anhang

8.1 Aquaponic in classrooms as a tool to promote system thinking. Artikel von Junge et al.

8.2 The multifunctional aquaponic system at ZHAW used as research and training lab. Artikel von Graber et al.