

Mitglied der
Zürcher Fachhochschule

[H^S W] •
HOCHSCHULE WÄDENSWIL

Hochschule für
Life Sciences
und Facility Management

Egliproduktion in Aquaponic – Technische Machbarkeit

Erster Zwischenbericht Egli aus dem Projekt
«Kreislaufanlagen in der Fischzucht (Aquaponic)
als Zusatzerwerb für die Schweizer Landwirtschaft»
unterstützt vom Bundesamt für Landwirtschaft
30.11.2004 bis 19.09.2005



Andreas Graber, Hochschule Wädenswil
Dezember 2005

2. Material und Methoden

2.1 Aquaponic im Überblick

Die konventionelle Fischzucht kennt im Wesentlichen die Produktionsformen: Kaltwasserfische wie Forellen werden in Anlagen mit kontinuierlichem Wasserdurchfluss gezogen, in denen das Wasser nur einmalig genutzt wird und die Anlage nach wenigen Stunden wieder verlässt. Warmwasserfische wie Karpfen werden seit dem Mittelalter in Teichanlagen mit stehendem Wasser produziert. Die Karpfenteichwirtschaft ist auch heute noch ein gängiger Zusatzerwerb für Landwirtschaftsbetriebe in Deutschland und Österreich (Haas 1997).

Im Gegensatz dazu setzen Kreislaufanlagen auf eine umweltunabhängige Produktion in künstlichen Fischbecken. Das Wasser wird in einer biologischen Filterstufe aufbereitet und rezirkuliert, so dass je nach Fischbesatz täglich nur 10 – 40 % des Anlagenvolumens durch Frischwasser ersetzt werden muss. Dadurch werden Kosten gespart für Frischwasser und Wärmeerzeugung sowie eine konstante Wasserqualität gewährleistet (Timmons et. al. 2002).

Obwohl die Kreislauftechnologie erst in den letzten 30 Jahren entwickelt wurde findet sie heute schon weltweit Anwendung. Die hohen Investitionskosten erfordern eine Intensivproduktion mit hohen Besatzdichten und maximalen Wachstumsraten, die wiederum mit einem erhöhten Betriebsrisiko durch technische Störungen oder Krankheiten verbunden sind. Konventionelle Anlagen werden deshalb meist mit Desinfektionsstufen wie UV-Bestrahlung oder Ozonierung ausgerüstet (Skjølstrup et al. 2000, Moore 2003). Bei solchen Intensivanlagen liegt die kritische Betriebsgrösse betreffend Wirtschaftlichkeit bei einer Jahresproduktion von 50-100 Tonnen Frischfisch, wobei eine Besatzdichte von 60 kg Fisch pro m³ Wasser erreicht werden muss (Aquatecon 2002). In den USA werden derzeit von der IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) die Kriterien erarbeitet, um auch Kreislaufanlagen als biologische Produktion zu zertifizieren. Damit sollte in den nächsten Jahren auch der Weg für eine Anerkennung durch die Bio-Suisse geebnet werden. Eine Labelproduktion würde der regionale Produktion entscheidende Marktvorteile verschaffen.

Oomen et. al. (1998) zeigten auf, dass die übermässige Umweltbelastung mit Stickstoff unter anderem auf die Trennung von Tier- und Pflanzenproduktion zurückzuführen ist. Als Lösung schlugen sie vor, die wichtigsten landwirtschaftlichen Produktionsformen wieder zu gemischten Betrieben zu integrieren.

Ein bedeutender Ansatz dazu ist Aquaponic: diese Spezialform von Kreislaufanlagen beinhaltet eine Polykultur von Fischen (Aquakultur) und Pflanzen (Hydroponic) zur Nutzung der im Fischwasser enthaltenen Nährstoffe. Die internationale Forschung fokussiert auf Systeme mit Feststoffabscheidung und nutzt lediglich die gelösten Komponenten im Fischwasser. Dadurch ist in der Hydroponic Standardtechnologie aus der hors-sol Produktion einsetzbar. Nach Cripps und Bergheim (2000) sind aber 7- 32 % des Stickstoffs und 30 – 84 % des Phosphors partikelgebunden. In Systemen mit Feststoffseparierung ist also ein Grossteil der Nährstoffe nicht direkt nutzbar.

An der Hochschule Wädenswil laufen seit Frühling 2002 Versuche zur Tilapienproduktion in Aquaponic. Im Jahr 2003 wurden beispielsweise Tomaten und Schnittrosen angebaut (Wenger 2004), 2004 exotische Auberginen (Frei und Nenniger 2004) und 2005 erneut Tomaten (Hirsch 2005, siehe 4.5.3 Pflanzenproduktion). Aktuell wird eine verstärkte Zusammenarbeit mit einem schwedischen Institut, das selbst Versuche im gleichen Gebiet durchführt, angestrebt um das Aquaponicsystem in unterschiedlichen Klimazonen zu testen. Zudem steht in Mombasa, Kenya, eine Freiluft-Aquaponic. Bei diesen Standorten kommen auch verschiedene Gewichtungen der Vorteile zum Vorschein. In warmen, trockenen Gebieten ist vor allem die Frischwassereinsparung interessant, in der wasserreichen und dichtbesiedelten Schweiz sind die Reduktion des Düngerverbrauchs und die ersparte Nährstoffzufuhr in natürliche Gewässer von Bedeutung.

Die Aquaponic-Systeme der HSW nutzen Blähton (Leca, light expanded clay aggregate) als Pflanz- und Filtersubstrat in der Hydroponic. In Pflanzenkläranlagen wurde Blähton bereits mit Erfolg als Filtermedium zur Nitrifikation eingesetzt (Maehlum 1995, Johansson 1997). Aus den Daten von Lekong (2000) kann man rechnen, dass die Nitrifikationsleistung von Leca 72 mg NH₄-N / l Medium / Tag beträgt. Daraus berechnet sich ein theoretisches Verhältnis von Leca-Volumen zu Fischbiomasse von 10 l / kg. Bei einer Schichttiefe von 30 cm und einem Fischbestand von 600 kg entspricht dies beispielsweise einer Filterfläche von 20 m². Ausgehend von diesen Richtwerten lassen sich Anlagen bauen, deren Flächenbedarf für die hydroponische Filterstufe im realistischen Bereich liegt.

Aquaponic kombiniert Fisch- und hydroponische Pflanzenproduktion zu einem geschlossenen System, indem das Fischkulturwasser konstant durch die Rhizosphäre der Pflanzen geführt wird, welche diesem die für die Fische schädlichen Stoffwechselprodukte für ihr eigenes Wachstum entziehen und so den Wasserverbrauch auf ein Minimum reduzieren.

2.2 Aquaponic 1 HSW

Neu am System der HSW ist die vollständige Schlammverwertung in der Hydroponic: das Fischwasser wird mitsamt allen Feststoffen kontinuierlich über mit Blähton gefüllte Filterkisten gepumpt, in diesem Rieselfilter gereinigt und fliesst wieder in die Fischbecken zurück. Auf den Filterkisten wachsen Gemüse und Zierpflanzen, die dem Wasser Nährstoffe entziehen und den eingetragenen Schlamm abbauen. Der eingetragene Fischschlamm wird in den Filterkisten mikrobiell und durch das Wurzelwerk der Pflanzen zu Humus vererdet. Auslaufwasser wird zur Bewässerung von Bodenkulturen eingesetzt.

Die Anlagentechnik soll möglichst einfach aufgebaut sein, bestehend aus allgemein zugänglichem Material (Grossverteiler, Baumärkte), so dass sie ein Betreiber im Eigenbau mit geringen Investitionskosten erstellen kann.

2.2.1 Fischbecken 1 (FB1)

Diese Kreislaufanlage wurde erstellt im Mai 2002 und entwickelt zur Produktion von Tilapien (*Oreochromis niloticus*). Da diese Entwicklungsarbeit HSW-intern finanziert wurde, wurden diese Daten bisher erst in Form der jährlichen Berichte ans Veterinäramt Zürich ausgewertet, sowie in studentischen Arbeiten betreffend Filterleistung und Pflanzenbau (siehe 4.5 Weitere Untersuchungen).

Wasserkreislauf

Das Fischbecken (Rundstrombecken mit abgerundeten Ecken von Aquatech, Kitzbühel A) ist quadratisch mit einer Kantenlänge von 2 m, 75 cm hoch und steht auf vier rund 20 cm hohen Füßen. Der Beckenboden ist schräg ablaufend zum zentralen Bodenablauf. Das Wasser verlässt das Fischbecken via Bodenablauf (Sieb mit 10 mm Rundlöchern, 40 x 40 cm) und läuft via Überlaufkante in ein Pumpbecken. Die Überlaufkante liegt 8 cm unter dem Wasserspiegel des Fischbeckens und garantiert einen hohen Wasserstand auch bei Leckagen in der Hydroponic oder Ausfall der Rücklaufpumpe.

Vom Pumpbecken wird das Wasser in das benachbarte Gewächshaus C190 gepumpt (Schmutzwasserpumpe VM 40-2-316, Pumpenanlagen GmbH Wollerau). Es wird mittels Absperrschiebern verteilt auf drei Fließrinnen mit 16-29 Filterkisten, rieselt in jeder durch eine Schicht von 30 cm Blähton und fliesst durch eine Vorfilterkiste mit 2 mm Maschenweite zur Sammelwanne, von wo es kontinuierlich zurück in eine Auffangtonne neben dem Fischbecken gepumpt wird (Tauchpumpe CLT 50-2-230, gesteuert durch Frequenzumrichter ATV 28 IP55 mit Druckdose Nivubar plus, Pumpenanlagen GmbH). In der Auffangtonne wird das Wasser mit Druckluft verwirbelt, feste Partikel sedimentieren, und das Wasser überläuft gleichmässig seitlich in das Fischbecken. Sämtliche Wasserleitungen sind aus 110 mm PVC oder PP Kanalisationsrohren gefertigt.

Die Frischwasserzufuhr erfolgt über ein Einlassventil (Toilettenkasten, Geberit), das wahlweise mit Regenwasser oder aus dem Leitungsnetz gespiesen wird. Das Einlassventil misst den Wasserstand direkt im Fischbecken und öffnet sich, sobald der Wasserstand unter Sollniveau absinkt. Dies ist der Fall, wenn Wasser verdunstet (passiv und aktiv durch Pflanzen), Wasser entnommen wird (Abfischungen, Bewässerung, Wasserwechsel) oder durch Leckagen Wasserverluste auftreten.

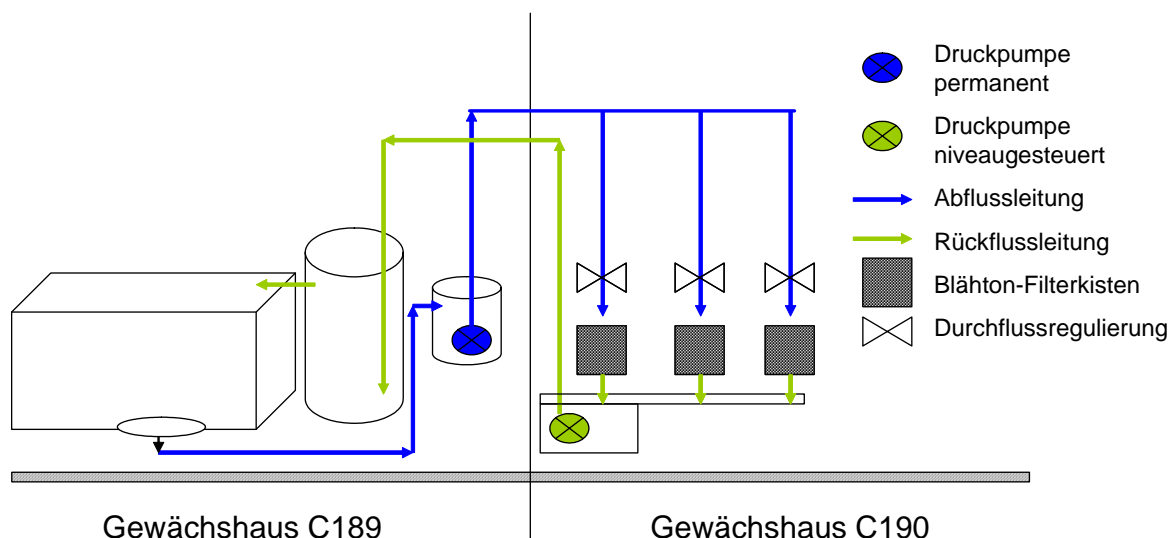


Abbildung 1: Wasserkreislauf Fischbecken 1

Belüftung

In jeder Ecke des Fischbeckens sind Luftheber installiert (Abbildung 2), die mit Druckluft betrieben werden. Sie bestehen aus 110 mm PVC Kanalrohr und einem Ausströmerstein und sind an eine Holzlatte fixiert, die an die Beckenwand verschraubt ist. Das Wasser wird über dem Beckenboden angesogen durch eine Doppelreihe gebohrter Ansauglöcher ($d = 10 \text{ mm}$). Das untere Rohr wird mit einem Abschlussdeckel verschlossen, um ein Ansaugen von Fischen zu verhindern. Die Druckluft wird erzeugt in einem Seitenkanalverdichter (0.37 kW, Aquatech, Kitzbühel A), stationiert im Gewächshauskeller und angeschlossen an einen separaten Stromkreis, um ein gleichzeitiges Ausfallen von Kreislaufpumpen und Druckluft zu verhindern.

Ziel der Belüftung ist ein Sauerstoffeintrag, um die Sauerstoffsättigung im System zu erhöhen. Zusätzlich wird im Rieselfilter auf natürliche Weise Sauerstoff eingetragen. Die Belüftung dient auch in extensiv betriebenen Anlagen als Sicherheitssystem, um bei Störungen im Wasserkreislauf den Fischen genügend Sauerstoff zur Verfügung zu stellen.



Abbildung 2: Luftheber zum Sauerstoffeintrag und Wasserzirkulation

Heizung

Im Fischbecken ist auf einer Wandseite eine Heizschleife installiert, bestehend aus 25 m Vegetationsheizung (GVZ Bolltec), aufgerollt auf 4 Kunststoffschienen und fixiert mit Kabelbindern. Die Wassertemperatur wird mit einem Messfühler erfasst (TK 113), auf einem Temperaturregler angezeigt (TR 524 93) und ein Magnetventil gesteuert (Siemens MVE22.20/180, alles Jost Renggli AG, Wolhusen), das den Warmwasserzufluss reguliert. Dieser Heizkreislauf ist angeschlossen an die Gewächshausheizung der HSW. Die gemessene Heizleistung beträgt 7 kW bei einer Vorlauftemperatur von 58 °C und einer Wassertemperatur von 28 °C.



Abbildung 3: Heizschleife im Fischbecken 1

Abdeckung

Um die Mortalität durch Herausspringen auszuschalten, wurde das Fischbecken am 5. April 2005 mit grün plastifiziertem 10 mm Maschengitter abgedeckt (Coop Bau & Hobby). Das Gitter wurde auf 4 Holzrahmen à 50 cm x 200 cm aufgespannt, so dass die Abdeckung während Abfischungen leicht entfernt werden kann.

2.2.2 Hydroponic Fischbecken 1

Die Wasserverteilung in der Hydroponic wurde im Rahmen der Tilapienversuche entwickelt und optimiert (Graber & Todt 2004). Über jeder Filterkiste befindet sich eine 8 mal 5 cm grosse Öffnung im Kanalisationsrohr, durch die das Wasser aus dem Rohr in die Blähtonkiste fliesst. An den Öffnungen sind herunterhängende Filzstreifen befestigt (Kunstfaserfilz M 500 g/m², Sarnafil AG, Sarnen), an welchen das Wasser laminar in die Kisten fliesst, so dass es den Blähton nicht aufwirbelt und möglichst wenig Spritzwasser entsteht. Für eine gleichmässige Wasserverteilung muss die Rohrleitung exakt horizontal ausgerichtet werden. Dies erfolgt durch eine feinjustierbare Aufhängung mit Metalldraht am Gewächshausdach. Die Filterkisten sind gefüllt mit je 30 – 50 l Blähton (8-16 mm, Ricoter, Bezug Landi), die gleichzeitig als Nitrifikationsstufe (Rieselfilter) sowie zur Pflanzenproduktion dienen (Tomaten, Auberginen, Schnittblumen).

Die Nährstoffe für die Pflanzkulturen stammen ausschliesslich aus dem Wasser des Fischbeckens. Die Ausscheidungen der Fische lagern sich beim Durchsickern der Blähtonkisten in diesen ab und bilden einen von Mikroorganismen und Würmern belebten Schlamm. Zum Teil können die abgelagerten Schlämme von den Pflanzen direkt als Nährstoffquelle verwendet, zudem werden sie durch Mikroorganismen in pflanzenverfügbare Formen gebracht bevor sie von den Pflanzen aufgenommen werden. Im Versuch werden keine Kunstdünger ins Aquaponiksystem zugegeben, die einzige Nährstoffquelle stellen die Ausscheidungen der Fische dar.

Je nach Pflanzenkultur entsteht in den Sammelrinnen unter den Filterkisten ein feinverzweigtes Wurzelgeflecht. Ende Juli hatten die Tomaten die Fliessrinne grossflächig mit einem 4 cm dicken Wurzelwerk überzogen. Diese Wurzeln sind ein effizienter Feinpartikelfilter, allerdings wird dadurch die Hydraulik verändert, so dass strömungsfreie Zonen zwischen den Filterkisten mit 5 cm dicken Schlammschichten entstanden. In diesen anaeroben Schlammablagerungen wird Denitrifikation ermöglicht, ein unerwünschter Stickstoffverlust ist die Folge. Bei der Gurkenpflanzung ab September wurden die Filterkisten daher auf 5 cm hohe Holzroste aus Dachlatten gestellt, so dass unter den Kisten ein freier Wasserfluss gewährleistet bleibt.



- 10.02.05 alle Pflanzen aus G3 abgeräumt
- April 05 Tomatenkultur eingesetzt
- 07.09.05 Gurkenkultur eingesetzt



Abbildung 4: Filterrinnen in der Hydroponic (links) und Wurzelwerk von Tomaten (rechts)

2.3 Aquaponic 2 HSW

2.3.1 Fischbecken 2 (FB2)

Das Fischbecken 2 wurde gleichzeitig mit dem Fischbecken 1 errichtet und ist mit diesem identisch, ebenso die Heizung und Belüftung (siehe 2.2.1 Fischbecken 1).

Wasserkreislauf

Das Wasser wird nicht aktiv aus dem Fischbecken gepumpt, sondern fließt aufgrund der Wasserstands-Differenz von rund 20 cm zwischen Fischbecken und Verteilleitung über den Filterkisten. Die Überlaufkante besteht aus einem T-Stück, das mit der Öffnung nach oben installiert wurde. Dadurch wird ein Siphon-Effekt vermieden. Der Wasserfluss aus dem Fischbecken wird mit einem Zugschieber reguliert; durch periodisches vollständiges Öffnen kann die Verteilleitung gespült werden.

Das Wasser rieselt durch die Filterkisten und wird in einer Sammelwanne (200 l GFK-Behälter) aufgefangen. Die Rücklaufpumpe (Schmutzwasserpumpe VM 40-2-316, Pumpenanlagen GmbH Wollerau) ist niveaugesteuert mit einem oberen Einschalt- und einem unteren Ausschaltpunkt (Vegatech). Die Rücklaufleitung besteht aus einem 40 mm Kunststoffrohr, das ohne Winkelstücke in das Fischbecken zurückführt. Vor der Einleitung ist ein 90° Winkel montiert, um das Wasser horizontal in das Becken einzuleiten und dadurch eine Kreisströmung zu erzeugen. Der Wasserrücklauf erfolgt demnach in Intervallen.

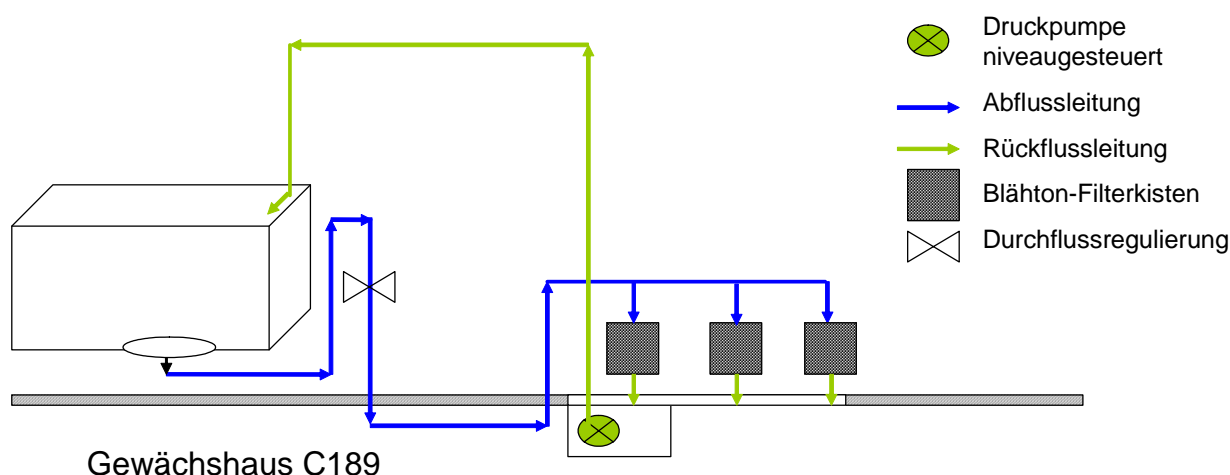


Abbildung 5: Wasserkreislauf Fischbecken 2

Abdeckung

FB2 blieb während der ganzen Versuchszeit unbedeckt (20.01.05 bis 17.06.05). Die Abdeckung wurde am 07.10.05 aufgrund der Auflage des Veterinäramtes installiert, bevor es mit neuen Fischen besetzt wurde. Die Abdeckung ist identisch wie in FB1.

2.3.2 Hydroponic 2

Die Filterkisten stehen auf einer leicht geneigten Fläche aus Steinplatten, abgedeckt mit einer Kunststoffolie, beidseits eingefasst von einem Schutzvlies. Die Wasserverteilung erfolgt identisch wie in der Hydroponic 1 über Kanalisationsrohre. Zusätzlich sind acht Pflanztöpfe als Rieselfilter eingesetzt, bestehend aus einem gelochten Filterkorb gefüllt mit Blähton und Pflanzen. Der Filterkorb steht in einer schwarzen Kunststofftonne, die das Wasser auffängt und via Bodenablass und Sammelleitung (50 mm Kunststoff, Coop Bau & Hobby) in das Sammelbecken leitet.

Die Bepflanzung dient dem Eignungstest verschiedener Nutzpflanzen in Aquaponic und zur Demonstration von Rieselfiltern kombiniert mit Innenraumbegrünung. Diese bietet interessante Möglichkeiten für Produzenten, die nebst der Produktion auch Eventcharakter vermitteln möchten (Gastronomie, Aquaponic kombiniert mit Direktvermarktung, Sitzungsräume gestaltet als Erlebnisräume).

Tabelle 1: Pflanzenarten in der Hydroponic 2

| Deutscher Name | Wiss. Bezeichnung | Deutscher Name | Wiss. Bezeichnung |
|----------------|-----------------------------------------|----------------|------------------------|
| Pfeffer | <i>Piper nigrum</i> | Banane | <i>Musa sp.</i> |
| Tarot | <i>Colocasia esculenta</i> | Wasserlinse | <i>Lemna sp.</i> |
| Wasserspinat | <i>Ipomoea aquatica</i> | Algenfarn | <i>Salvinia</i> |
| Kokosnuss | <i>Cocos nucifera</i> | Guave | <i>Psidium guajava</i> |
| Ingwer | <i>Zingiber officinale</i> | Papaya | <i>Carica papaya</i> |
| Cypergras | <i>Cyperus alternifolius, C. haspan</i> | | |

5. Literatur

- Adler, P. (1998): Phytoremediation of aquaculture effluents. *Aquaponics Journal* Vol. 4 Nr. 4, p. 10-15.
- Aquatecon (12.09.2002): Fischproduktion im Gebäude. Grundlagen einer Fischzucht, Bericht abrufbar unter <http://www.infofarm.de/datenbank/medien/51/Aquatecon%20Konzept.pdf>
- Balarin, J. und Haller, R. (1982): The Intensive Culture of Tilapia in Tanks, Raceways and Cages. In: Muir, J.F. and R.J. Roberts (editors). *Recent Advances in Aquaculture*. Volume 1 pp. 265-355.
- Cripps, S., Bergheim, A. (2000): Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems – a review. *Aquacultural Engineering* 22, S. 33–56.
- Dreyer, S. (1987): Der Europäische Flussbarsch (*Perca fluviatilis* L.) als Objekt der Akvakultur. Dissertation Universität Hohenheim, 118 S.
- Frei, L. und Nenniger, C. (2004): Auberginenproduktion in der Aquaponic HSW. Semesterarbeit UNR, HSW, 30 S.
- Gnauck, N. (2005): Nitrifikation in Aquaponic. Semesterarbeit FA Biotechnologie, HSW, 44 S.
- Graber, A. und Junge, R. (2003): Handbuch Aquakultur Tropenhaus Ruswil. Resultate des KTI-Projektes „Ökologische Optimierung von Gewächshaus-Kulturen durch die Integration von Aquakultur am Beispiel der Pilotanlage Ruswil“, 32 S.
- Graber, A., Todt, D. (2004): Aquaponic: Kreislauf für Fische und Pflanzen. *Deutscher Gartenbau* Nr. 16, S. 36-37 (beigelegt).
- Grignard, J. Melard, C., Kestemont, P. (1996): A preliminary study of parasites and diseases of perch in recirculating aquaculture systems. *J. Applied Ichthyology* 12, 195 – 199.
- Guillaume et al. (2001): *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Hirsch, F. (2005): Ertragsentwicklung der Tomatensorte "Aromata F1" in Aquaponik, Hydroponik und Bodenkultur. Semesterarbeit UNR, HSW, 24 S.
- Johansson, L. (1997): The use of LECA for the removal of phosphorus from wastewater. *Wat. Sci. Technol.* 35: 87-93.
- Lekang, O. (1999): Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media. *Aquacultural Engin.* 21:181-199.
- Maehlum, T. (1995): Treatment of landfill leachate in on-site lagoons and constructed wetlands. *Wat. Sci. Technol.* 32:129-135.
- Nümann, W. (1939). Untersuchungen über die Biologie einiger Bodenseefische in der Uferregion und den Randgebieten des freien Sees. *Z. Fisch.* 37: 637-688. In: Ruhlé, Ch., Krämer, A., Straub, M., Steinmann, P., Fiechter, A., Rösch, R., Schmid, W., Brinker, A. & Hamers, R. (2004): Erkenntnisse zur Barsch-Biologie. *Proceedings zum Barschworkshop vom 6. November 2003 in Zürich*. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 78. Buwal, Bern, 51 S.
- Omar, E. A. (1984): Effect of type of feed, level and frequency of feeding on growth performance and feed utilization by mirror carp. Faculty of Agriculture Göttingen, University Göttingen, 135 p.
- Oomen, G., Lantinga, E., Goewie, E. Van der Hoek, K. (1998): Mixed farming systems as a way towards a more efficient use of nitrogen in European Union agriculture. *Env. Pollution* 102, S. 697-704.
- Skjølstrup, J., McLean, E., Nielsen, P., Fryer, J. (2000): The influence of dietary oxolinic acid on fluidised bed biofilter performance in a recirculation system for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 183, S. 255–268.
- Steffens, W. (1985): *Grundlagen der Fischernährung*. Jena, Fischer Verlag.
- Thorpe, J. (1977): Synopsis of biological data on the perch *Perca fluviatilis*. *FAO Fisheries Synopsis* 113, 138 S.
- Timmons, M., Ebeling, J., Wheaton, F., Summerfelt, S., Vinci, B. (2002): *Recirculating Aquaculture Systems*. Northeastern Regional Aquaculture Center, Cayuga Aqua Ventures, New York, 769 S.
- Welti, C. (2005): Untersuchung der Wassertrübung in einem Aquaponic-System. Semesterarbeit UNR, HSW, 30 S.
- Wenger, D. (2004): Produktion von Rosen und Tomaten in einem Polykultursystem mit Speisefischen. Diplomarbeit HSW, 44 S.
- Zeltner, S. (2004): Monitoring und Optimierung der Nitrifikation immobilisierter Mikroorganismen (EIMO®) in der Fischproduktion. Semesterarbeit FA Biotechnologie, HSW, 46 S.

Weiterführende Literatur zu Aquaponic

- Aquaponica Margerita, <http://acuaponicamargarita.8m.com/project.htm>
- ATTRA-National Sustainable Agriculture Information Service Arizona: <http://attra.ncat.org/attra-pub/aquaponic.html>
- Graber, A. (2003): Aquaponic – Geschlossener Kreislauf von Wasser und Nährstoffen. *Wasser Boden Luft Umwelttechnik* Nr 5, S. 12.
- Graber, A. (2003): Vom Tropenhaus zum Agrarpark – Anwendungen von Polykulturen in der Schweiz. Referat Polykulturtagung, 25. April, HSW.
- Moore, M. (2003): Die blaue Revolution fängt auf dem Acker an. *Flur und Furche* Nr. 4, S. 6-8.
- Rakocy, E., Hargreaves, J. (1993): Integration of vegetable Hydroponics with fish culture: a review. In: *Techniques for modern aquaculture*, Proc. Aquaculture Engin. Conf. Washington, 21-23 June.
- S&S Aqua Farm, Bioponic System: <http://www.townsq.com/snsaqua/index.html>
- University of Virgin Islands: <http://rps.uvi.edu/AES/Aquaculture/aquaponics.html>