

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

15. September 2016

Wie ernähren wir die 9 Milliarden Menschen, die im Jahr 2050 auf der Erde leben? Mit Aquaponik. Der Berliner Zoologe Werner Kloas entwickelt schon heute das Essen von morgen.

Die Luft in dem Gewächshaus am Berliner Müggelsee riecht feucht und etwas modrig, die Innentemperatur beträgt knapp 26 Grad Celsius. Pumpen brummen, Wasser plätschert, Tomatenstauden ringeln sich in luftige Höhen. Dazwischen tummeln sich goldrote Fischschwärme in gewaltigen schwarzen Plastikfässern. Es sind Tilapien aus der Familie der Buntbarsche, zappelige Dinger, die jedem, der seine Nase zu neugierig in ihre Becken steckt, eine Dusche verpassen.

Werner Kloas ist einer der Erschaffer dieses Tomaten-Barsch-Hauses. Am Leibniz-Institut für Binnenfischerei und Gewässerökologie (IGB) ^{#1} leitet der Zoologe die Abteilung Ökophysiologie und Aquakultur. ^{*1} Ihn treibt eine große Frage um: Wie lassen sich im Jahr 2050 mehr als 9 Milliarden Menschen ausreichend und ausgewogen ernähren – und zwar ohne die häufigen Probleme der konventionellen Landwirtschaft ^{*2} zu verursachen? »Man wird die bestehenden Anbauflächen kaum erweitern können«, ist der 56-Jährige überzeugt. Seine Antwort lautet daher: »Wir müssen Kreisläufe schließen.« In seinem Fall heißt das, Gemüse mit Fischabwässern zu düngen – das Prinzip Aquaponik.

Die große Frage: Wie werden wir alle satt?

Rückblende: 2007 diskutieren Kloas und Kollegen an einem Septembernachmittag bei ein paar Tassen Kaffee darüber, wie sich die Boombranche Aquakultur weiterentwickeln ließe. Denn gezüchteter Fisch, das zeigen die Statistiken, wird immer wichtiger in der Ernährung der Menschheit. Bereits jetzt sind die Flossenträger für große Teile der Weltbevölkerung eine unverzichtbare tierische Eiweißquelle. #2 Weil Fisch zudem als sehr gesund gilt, #3 spielt er laut der Welternährungsorganisation (FAO) eine »entscheidende Rolle für die globale Ernährungssicherheit [...] in Entwicklungs- sowie Industrieländern«.

Allerdings: Die Flotten werden aus den Meeren künftig nicht mehr herausholen können als derzeit bereits. #4 In den Prognosen sind es folglich Aquakulturen, die den steigenden Bedarf decken sollen. Schon jetzt produzieren sie rund die Hälfte aller weltweit verzehrten Fische und Meeresfrüchte. #3 Ihr Ruf ist freilich nicht der beste: Waldrodungen, Gewässerverschmutzung, Epidemien – die Sünderkartei der Branche ist lang. #4 Andererseits gelten Fische als die Ökos unter den Nutztieren. Als wechselwarme Organismen, #5 die im Wasser kaum gegen die Schwerkraft arbeiten müssen, verbrauchen sie wenig Energie und können ihre Nahrung wesentlich effizienter als andere Nutztiere in Wachstum, also Körpermasse, umwandeln.

Es ist diese Zwickmühle aus guter Theorie aber oft schlechter Praxis, die auch dem Kaffeekränzchen um Werner Kloas Kopfzerbrechen bereitet. Plötzlich schlägt sein Kollege Bernhard Rennert vor: »Wir könnten Aquaponik machen.« Dieser Fachbegriff setzt sich zusammen aus den Wörtern Aquakultur und Hydroponik #6 – und beschreibt ein Prinzip, das die skizzierten Probleme bei der konventionellen Fischzucht beheben will, indem es sie mit Gemüsekulturen kombiniert. Sie funktioniert folgendermaßen: Ausgangspunkt sind sogenannte Recirculating Aquaculture Systems (RAS), also Fischzuchten, in denen das Wasser in

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

den Fischbecken zirkuliert, sodass keine schädlichen Abwässer in die Umwelt gelangen. Außerdem verbrauchen solche Anlagen sehr wenig Frischwasser. ^{#5}

Damit Exkrememente und Futterreste in diesem Kreislauf nicht überhand nehmen, trennen Filter sie mechanisch heraus. Dennoch reichern sich im Wasser nach einer Weile neben Phosphaten ^{*7} auch die giftigen Stickstoffverbindungen Ammonium und Ammoniak ^{*8} an. Zwar können Bakterien in einem Biofilter beide Substanzen zu den weniger schädlichen Stoffen Nitrit und dann zu Nitrat umwandeln. Doch auch Nitrat beeinträchtigt ab einer bestimmten Konzentration das Fischwohl. ^{*9}

An diesem Punkt kommt die Hydroponik ins Spiel, also die erdlose Gemüsezucht: Anstatt das Haltungswasser aufwendig von den schädlichen Stoffen zu säubern, wird es einfach als Dünger zu den Pflanzen geleitet. Denn deren Wurzeln saugen das Nitrat, die Phosphate und andere Nährstoffe aus dem Wasser auf. Anschließend fließt das gereinigte Wasser in die Fischtanks zurück – und der Kreislauf ist geschlossen. Das Resultat ist eine Quasi-Symbiose, in der sich Aqua- und Gemüsekultur gegenseitig ergänzen und voneinander profitieren. Zudem werden Wasser und Dünger eingespart, aus einer »schmutzigen Brühe« wird eine produktive Ressource.

Schon die alten Chinesen machten sich die Vorteile solcher kombinierten Fisch-Gemüsezucht in Ansätzen zunutze, indem sie Schmerlen und Karpfen in ihren Reisfeldern hielten. Die Aquaponik-Systeme der Neuzeit gehen sogar noch einige Schritte weiter: So wandert in geschlossenen Gewächshäusern das von den Fischen ausgeatmete CO₂ ^{*10} nicht in die Atmosphäre, sondern ebenfalls direkt ins Gemüse – ganz klimafreundlich. Außerdem sind Pestizide und Antibiotika gegen Schädlinge und Infektionen wegen der Vergiftungsgefahr für Fische und Pflanzen ein »No-Go«, stattdessen kommen desinfizierendes UV-Licht oder Nützlinge wie klapper###<###Schlupfwespen##>####<###Schlupfwespen sind eine Gruppe von Insekten, deren Larven in anderen Tieren (meist auch Insekten) leben. Die Wespe legt ihre Eier mit dem Legestachel in den Wirt

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

oder in seine Eier. Dort ernährt sich die Larve der Schlupfwespe vom Wirt (oder Ei) und tötet diesen dabei. Im Freiland können die Schlupfwespen 50% bis 90% der Tiere einer Wirtspopulation befallen. So halten sie stark wachsende Insektenpopulationen auf natürliche Weise in Grenzen. Das wissen auch Landwirte zu schätzen und setzen die Schlupfwespe häufig und gern zur biologischen Schädlingsbekämpfung ein.

Im 19. Jahrhundert beschäftigte die scheinbare Grausamkeit der Schlupfwespen Philosophen, Theologen und Naturwissenschaftler. Selbst Charles Darwin, der auch Theologe war, zweifelte an der Existenz eines guten Gottes, als er die Lebensweise der Schlupfwespe studierte.##>## zum Einsatz. Und schließlich ist das Verfahren nicht auf das Meer, Flüsse oder Seen angewiesen, sondern funktioniert standortunabhängig – was wiederum eine lokale Produktion ohne lange Transportwege und Lagerketten ermöglicht.

In Trennung verbunden: 2 Kreisläufe gegen das Säureproblem

Werner Kloas und sein Team reagieren im September 2007 dennoch skeptisch auf die Idee ihres Kollegen. Denn obwohl es ausgehend von den USA seit den 1970er-Jahren sidenote##<##Experimente mit der Aquaponik

gab,##>####<##link##>####<##http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/jo

internationale Studie zu Aquakultur, erschienen bei PLOS One

(englisch)##>## schaffte die Technik den großen Durchbruch nicht. Der Haken aus Sicht der Forscher: Das Wasser, in dem die Fische leben, ist dem Gemüse nicht sauer genug. So liegt der optimale pH-Wert für Fische, aber auch für die Bakterienstämme im Biofilter, in der Regel zwischen 7 und 9. Die meisten Pflanzen dagegen nehmen Nährstoffe am besten bei einem Wert von 6 bis 6,5 auf. Die bislang kursierenden Anlagendesigns versuchten daher meist einen Kompromiss zu schließen, also einen Wert in der Mitte zu wählen – mit dem Risiko erhöhter Stresslevel bei den

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

Fischen sowie ungünstigem Gemüsegewachstum. »Eine effiziente Produktion ist auf diese Weise nicht möglich«, meint Werner Kloas.

Doch sein Mitstreiter Bernhard Rennert lässt nicht locker. Zu DDR-Zeiten hatte der als Bastler bekannte Biologe am Ostberliner Institut für Binnenfischerei bereits eine Karpfenzucht mit einer Gurkenkultur zusammenschaltet. Das Verbindungsstück: Ein Vorratstank mit einem schlichten Einwegventil. So wurden aus einem Kreislauf 2 eigene, die nur in eine Richtung miteinander verbunden waren. Der Aufbau ermöglichte es zum einen, das basische und mit Nährstoffen angereicherte Fischwasser je nach Bedarf zum Gemüse zu leiten und, wenn nötig, Zusatz-Dünger beizumischen. Zum anderen konnte nun die Wasserqualität separat gesteuert werden, sodass beide Kulturen ihren optimalen pH-Wert behalten konnten.

»Das war ein Aha-Erlebnis«, erinnert sich Kloas an die Ausführungen seines Kollegen. Wenn aber nun beide Kreisläufe nur durch ein Einwegventil miteinander verbunden sind, wie kommt dann das Wasser wieder zu den Fischen zurück? Über die Verdunstung der Pflanzen, so Kloas' spontane Idee. »Ich meinte damals: Lassen wir das Gewächshaus doch einfach zu, fangen das Wasser über Kühlfallen ^{#11} auf und geben es dann zurück zu den Fischen.«

Damit stand das Anlagendesign ^{#6} – und dank einer Projektförderung des Bundesforschungsministeriums kurz darauf auch die Anlage selbst. Von März bis November 2009 produzierte das Tomaten-Barsch-Haus innerhalb von 9 Monaten auf knapp 170 Quadratmetern etwa 600 Kilogramm Tilapien und rund eine Tonne Gemüse. ^{#7} Wäre zwischendurch nicht der Strom für die Pumpen ausgefallen, ärgert sich Werner Kloas noch heute, die Ernte wäre noch deutlich besser gewesen. »Außerdem hätten wir aus dem Fischabwasser 3-mal so viele Tomaten herausholen können« – das scheiterte jedoch am Budget und den behördlichen Genehmigungen für ein größeres Gewächshaus.

Im Vergleich zu den bis dato dokumentierten Ein-Kreislauf-Versuchen lieferte der Testlauf trotz der kleineren Probleme signifikant bessere

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

Werte – und die Pilot-Anlage machte unter dem Namen »Tomatenfisch«
*¹² Karriere; sie habe »neue Perspektiven für die
Nahrungsmittelproduktion entwickelt«, begründete etwa die Jury des
Deutschen Nachhaltigkeitspreises ihre Entscheidung, als sie das Projekt
2012 auszeichnete. #⁸

Was das Futter futtert

Rein theoretisch ist das Verfahren für eine Vielzahl an Süß- und
Salzwasserfischarten geeignet. Anstelle von Tomaten können außerdem
verschiedene Gemüsesorten sowie Kräuter, Algen und sogar
Schnittblumen heranwachsen. Allerdings: Noch sind in Sachen Aquaponik
viele Fragen ungelöst. #⁹ Was sind zum Beispiel die perfekten
Fisch-Pflanzen-Kombinationen? Und noch wichtiger: Was bekommen die
Fische zu fressen? Denn mag ihre Futter-Verwertungsrate auch noch so
gut sein: Das Futter muss irgendwoher kommen. Bislang enthalten
konventionelle Pellets Fischmehl und -öl, das nicht nur aus Beifang und
Abfällen, sondern längst auch aus gezielt abgefischten Sardellen oder
Sandaalen gewonnen wird. #¹⁰ In den Ozeanen fehlen sie somit als
Nahrungsgrundlage für größere Arten, was die natürlichen Fischbestände
weiter unter Druck setzt.

Zwar hat sich die Effizienz bei Komposition und Einsatz des Futters in
den vergangenen Jahrzehnten stark verbessert. Dennoch muss sich dem
World Ocean Review zufolge #¹¹ das sogenannte
Fish-In/Fish-Out-Verhältnis, * welches den Verbrauch von Wildfisch pro
produzierter Einheit Zuchtfisch angibt, bis 2050 mindestens halbieren,
um den weltweiten Pro-Kopf-Konsum bei gleichzeitigem
Bevölkerungswachstum stabil zu halten. Auch ökonomisch besteht
Handlungsbedarf: Durch die erhöhte Nachfrage haben sich Fischmehl und
-öl verteuert, was die Betriebskosten von Aquakulturen in die Höhe treibt.

Im Fall der Aquaponik ließe sich die Situation entschärfen, indem die
Betreiber auf allesfressende Süßwasserfische setzen. Räuberische
Salzwasser-Spezies wie Lachs, Wolfsbarsch oder Heilbutt benötigen

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

einen Proteinanteil im Futter von 80%, erläutert Werner Kloas. »Tilapien dagegen kommen bereits mit 32% zurecht. Insofern sind sie, aber auch Karpfen oder Afrikanische Welse, die besten Kandidaten für die Aquaponik.«

Vielerorts fahnden Wissenschaftler zudem nach alternativen Proteinquellen. Als besonders vielversprechend haben sich die Maden der Soldatenfliege erwiesen: Auf Lebensmittelabfällen gezüchtet und anschließend getrocknet, lässt sich aus ihnen ein Mehl herstellen. »So könnte man Proteine, die sonst auf dem Kompost landen würden, umwandeln und hätte letztlich ein wunderbares Fischfutter«, so Kloas.

Bislang allerdings ist das Fliegen-Madenmehl in der EU für Nutztiere nicht zugelassen. Und überhaupt muss die Aquaponik-Community ganz Grundsätzliches klären, bevor an einen Massenmarkt zu denken ist: »Uns fehlen noch richtige Definitionen und Klassifikationen«, bemängelt etwa die Biologin Ranka Junge von der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). #12 Ist es beispielsweise schon Aquaponik, wenn jemand ein Kräuterbeet auf seinem Aquarium zieht? Welche Ziele sollen und können mit dem Verfahren überhaupt erreicht werden? Die Selbstversorgung auf der Ebene einzelner Haushalte, wie sie etwa die Welternährungsorganisation FAO bereits im Gaza-Streifen erprobte? #13 Oder doch die Produktion für größere Absatzmärkte? Und welche rechtlichen Grundlagen soll es hierfür geben? *

Zukunftsweisend oder teure Spielerei?

Manfred Klinkhardt sieht derartige Diskussionen skeptisch. Seit Jahrzehnten beobachtet der Fischereibiologe und Fachpublizist die Aquakultur-Branche. »Kreislaufanlagen«, sagt er, »die habe ich kommen und gehen sehen, alle mit Versprechungen.« Der Grundgedanke der Aquaponik sei zwar simpel. Aber die Ausführung: Viel zu verspielt, viel zu komplex. Bau und Betrieb einer Anlage verteuerten sich dadurch enorm, zudem spielten Tilapien und Co. auf dem europäischen Markt derzeit so gut wie keine Rolle. * Letztlich sei Aquakultur keine altruistische

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

Angelegenheit, sondern ein Geschäft, das sich rechnen müsse. Klinkhardt traut der Aquaponik daher vorerst keine größere Praxisrelevanz zu, »das wird auf absehbare Zeit ein Tummelplatz der Forschung bleiben.« Zumal es in hiesigen Breiten schon genug Tomaten und Salat gebe. »Warum also soll sich ein Fischwirt neben seinem ohnehin schon schwierigen Geschäft auch noch mit der Gemüsezücht herumschlagen?«

Trotzdem wagen sich bereits Unternehmen auf das Feld der Aquaponik. FarmedHere aus Chicago ^{#14} oder die australischen Tailor Made Fish Farms ^{#15} etwa sind seit einigen Jahren am Markt. In den Vereinigten Arabischen Emiraten testet ein Firmenverbund aus Öl- und Luftfahrtindustrie, ob sich mit Aquaponik Biokraftstoffe herstellen lassen. ^{#16} In Europa wiederum zählen die Urban Farmers aus Zürich ^{#17} zu den Pionieren. Fisch und Gemüse aus ihrer Basler Dachfarm geben sie an lokale Restaurants und den Einzelhandel ab. Nach eigenen Angaben schreibt der laufende Betrieb eine schwarze Null, auch das Kundenfeedback sei sehr positiv.

Auch in der Berliner Innenstadt steht seit Ende 2014 eine kommerzielle Aquaponik-Einheit, knapp 2000 Quadratmeter groß und betrieben von der Firma ECF Farmsystems, ^{#18} die ihre Ernte über eigene Verkaufsstellen sowie Einzelhandelsfilialen unter die Leute bringen. »Unsere Zielgruppe ist der ernährungsbewusste Städter, der gesunde und qualitativ hochwertige Lebensmittel schätzt«, sagt ECF-Chef Nicolas Leschke. Eigentliches Geschäft des Start-ups ist es jedoch – ähnlich wie bei den Urban Farmers auch –, Anlagen zu konzipieren und zu bauen. Einem Schweizer Obst- und Gemüsehändler hat ECF bereits eine Farm aufs Dach gestellt, zudem erarbeitet es derzeit mehrere Planungsstudien.

Liegt hier also die Zukunft der Aquaponik? In einer Nische für »ernährungsbewusste« Großstädter? Einer Studie des Marktforschungsinstituts IndustryARC zufolge ^{#19} wird diese Nische im Jahr 2021 jedoch schon knapp 1 Milliarde US-Dollar umsetzen.

Werner Kloas gibt sich mit dem Tomatenbarsch als Trend-Snack dennoch nicht zufrieden. Das IGB und ECF haben früher miteinander kooperiert, die Zusammenarbeit wegen unterschiedlicher Ansätze aber beendet. Als

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

»Modegag« oder »Eventgeschichte« bezeichnet der Zoologe inzwischen bestehende gewerbliche Anlagen, da diese im Verhältnis zu den Personalkosten zu wenig produzierten und ihre bisherigen Preise auf Dauer kaum durchsetzen könnten. »Wenn man mit Aquaponik aber die gesamte Nahrungsmittelproduktion ändern will, muss man auf Masse gehen.« Er plädiert daher für hektargroße Riesenfarmen, in denen mindestens 3–4-mal mehr Gemüse als Fisch wächst. »Sonst werden die Nährstoffe im Wasser nicht verbraucht und müssen weggeschüttet werden. Das ist aber nicht Sinn der Sache.«

Die Tilapie erobert die Welt

Um zu zeigen, dass so etwas funktionieren kann, haben sich Werner Kloas und sein Team vom Leibniz-Institut mit 17 Partnern aus 8 Ländern zusammengetan. 6 Millionen Euro erhielt das Konsortium namens INAPRO #20 aus EU-Fördertöpfen, #21 um bis Ende 2017 weiter an dem »Tomatenfisch«-Doppel-Kreislauf zu feilen. Als Herzstück des Projekts sind 4 Demonstrationsanlagen in Deutschland, Belgien, Spanien und China angedacht, um das System unter verschiedenen geographischen und klimatischen Bedingungen zu erproben. Sensoren überwachen die Wasserqualität und Nährstoffgehalte, Steuerungssysteme passen die Parameter automatisch an, beheizt werden die Becken mit ungenutzter Abwärme von Biogasanlagen. Die jeweiligen Betreiber, allesamt aus der Aquakultur-Branche, testen die Anlagen zudem auf ihre Praktikabilität und – ganz wichtig – auf Rentabilität.

Bislang läuft offenbar alles nach Plan. In Waren an der Müritzer See ist die erste Demonstrationseinheit angelaufen und die erste Tomatenernte verkauft. Außerdem arbeitet das Team an einem Modellierungstool, das Anlagen in beliebiger Größe und je nach Geographie und gewünschten Fisch- und Gemüsearten skalieren und durchrechnen kann.

Denn genau darum geht es Werner Kloas: Die Aquaponik weltweit voranzutreiben. Neben der internationalen Zusammenarbeit im Rahmen von INAPRO kooperiert das IGB auch mit der ägyptischen

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

al-Azhar-Universität, um die Technik in einem Schwellenland zu erproben – schließlich haben gerade schwächer entwickelte Nationen häufig mit Wassermangel und Nahrungsmittelknappheit zu kämpfen. Zwar seien in diesen Fällen auch kleine, dezentrale Subsistenz-Anlagen denkbar, etwa für Familien oder Dorfgemeinschaften, so Kloas. Trotzdem müsse es dort ebenfalls eine größere Produktion geben, am besten im städtischen Raum. »Denn Urbanisierung und Bevölkerungswachstum, die finden vor allem in den nicht-industrialisierten Regionen der Welt statt.«

Der Wissenschaftler ist guter Dinge, dass Forschungsinitiativen wie INAPRO eine Initialzündung für eine kommerzielle Aquaponik sein können. »Sobald sich zeigt, dass sich diese Anlagen ökonomisch tragen, wird die Privatwirtschaft immer mehr darin investieren.« Das ginge natürlich nicht von heute auf morgen. Im Jahr 2050 jedoch, so Kloas' Prognose, werde es zumindest in Mitteleuropa kaum noch Gewächshäuser ohne Aquakultur geben.

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

Zusätzliche Informationen

- *1 Aquakultur beschreibt die Zucht von Fischen in künstlichen Teichen oder abgegrenzten Bereichen in natürlichen Gewässern wie Seen oder im Meer. Auch Meeresfrüchte wie Muscheln, Krebse und Algen werden in Aquakultur gezüchtet.
- *2 Um nur ein paar Beispiele zu nennen: Bei der Rodung von Wäldern für die landwirtschaftliche Nutzung wird sehr viel CO₂ freigesetzt. Ohne das stützende Wurzelwerk der Bäume spült der nächste Starkregen viele Nährstoffe aus dem Boden, auch Erdbeben und Überschwemmungen treten auf. Die massenhafte Viehhaltung setzt große Mengen Treibhausgas frei, der als Dünger auf den Feldern verteilte Viehdung wiederum belastet die Grundwässer. Viele gezüchtete Arten sind anfällig für Schädlinge, die mit Pestiziden bekämpft werden – welche aber auch Menschen und anderen Tieren schaden.
- *3 Er enthält neben leicht verdaulichen Proteinen wichtige Spurenelemente, wie Jod und Selen, Vitamine sowie Amino- und die vielfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren.
- *4 Knapp 90% der marinen Bestände gelten bereits jetzt als ausgeschöpft oder gar überfischt.
- *5 Gleichwarme Lebewesen (zum Beispiel wir Menschen) verbrauchen, allein um ihre Körpertemperatur konstant zu halten, sehr viel Energie.

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

- *6 Bei der Hydroponik, auch Hydrokultur genannt, werden Pflanzen auf mineralischen, gitterartigen Substraten aufgezogen, einer Art porenreichem, künstlichem Ton. Anders als normale Erde enthalten die Substrate selbst keine Mikroorganismen oder Nährstoffe, sondern dienen den Wurzeln lediglich als Halt. Ihre Nahrung saugen die Pflanzen aus einer wässrigen Lösung mit Nährsalzen, die durch das Substrat fließt. Ein Vorteil dieses erdlosen Anbaus ist, dass keine Schädlinge über den Boden auf die Pflanzen wandern.
- *7 Phosphat wird vor allem in der Landwirtschaft in großen Mengen als Dünger eingesetzt. Durch den flächendeckenden Einsatz gilt Phosphat inzwischen als knapp. Die Kreisläufe sind nur teilweise geschlossen, es wird zum Beispiel in Kläranlagen zurückgewonnen. In der Aquaponik findet ein Teil des Phosphats seinen Weg direkt aus den Exkrementen der Fische zu den Wurzeln der Pflanzen.
- *8 Ammonium und Ammoniak sind Stickstoffverbindung, die unter anderem beim Abbau organischer Verbindungen, wie zum Beispiel Eiweißen, entstehen. Ammonium und Ammoniak stehen in einem Reaktionsgleichgewicht. Das bedeutet, dass sie je nach pH-Wert ineinander übergehen. Je basischer die Umgebung, das heißt je höher der pH-Wert, desto geringer der Ammonium- und desto höher der Ammoniak-Anteil. Ammoniak ist für Fische giftig. Deshalb darf das Beckenwasser nicht zu basisch sein.
- *9 Mikroorganismen im Boden können Stickstoff aus der Luft aufnehmen und daraus Nitrate bilden, die Pflanzen als Nahrung dienen. Wird der Nitrat-Anteil im Boden jedoch zu hoch, können ihn die Pflanzen nicht mehr ganz aufnehmen und das Nitrat gelangt über das Wasser in die Verdauungssysteme von Fischen, aber auch von uns Menschen, wo es sich zu krebserregenden Nitrosaminen wandelt.
- *10 Pflanzen benötigen CO₂ für ihr Wachstum. Bis zu einem gewissen Grad führt ein erhöhter CO₂-Gehalt in der Luft sogar zu einem verstärkten Wachstum.

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

- *11 Mit Kühlfallen lassen sich bestimmte Bestandteile von Gasgemischen abtrennen – zum Beispiel Wasserdampf aus Luft. Dafür wird die Falle gekühlt, sodass sich die gewünschte Flüssigkeit daran niederschlägt.

- *12 In Fachkreisen ist das Prinzip als ASTAF-PRO bekannt – ein Akronym für »Aquaponic system for (nearly) emission free tomato and fish production in greenhouses«.


Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

Quellen und weiterführende Links

- #1** Website des IGB
<http://www.igb-berlin.de/>


- #2** FAO-Bericht »The State of World Fisheries and Aquaculture 2016«
 (englisch)
<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>

- #3** Beitrag der Zeit zur Entwicklung der Aquakultur
<http://www.zeit.de/wirtschaft/2015-03/aquakultur-fischzucht>

- #4** Artikel im »National Geographic«: »Die blaue Revolution«
<http://www.nationalgeographic.de/reportagen/aquakultur-die-blaue-revolution?page=2>

- #5** Website »Aquakulturinfo« über Kreislaufsysteme in der Aquakultur
<http://www.aquakulturinfo.de/index.php/anlagen.html>

- #6** Die IGB über das Projekt zur Verknüpfung von Gemüse- und Fischproduktion
<http://tomatenfisch.igb-berlin.de/anlage.html>

- #7** Eine Studie zu Aquaponik-Systemen und deren Nachhaltigkeit (englisch)
 <http://www.int-res.com/abstracts/aei/v7/n2/p179-192/>

- #8** Beschreibung des Projekts beim Forschungspreis »Nachhaltige Entwicklungen« 2012
https://www.nachhaltigkeitspreis.de/app/uploads/2014/03/dnp2012_kurzbegruendung_tomatenfisch.pdf

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup


perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd

- #9** Eine Studie im »Sustainability«-Journal zu den Schwierigkeiten der
Aquakultur und ihrer Nachhaltigkeit (englisch)
<http://www.mdpi.com/2071-1050/7/4/4199>
- #10** Das World Ocean Review über die Aquakultur und die Fischerei der Zukunft
<http://worldoceanreview.com/wor-2/aquakultur/umweltbewusste-aquakultur/>
- #11** World Ocean Review – Wie viel Fisch braucht der Fisch?
<http://worldoceanreview.com/wor-2/aquakultur/umweltbewusste-aquakultur/wie-viel-fisch-braucht-der-fisch/>
- #12** Profil von Prof. Dr. Ranka Junge an der ZHAW
<https://www.zhaw.ch/de/ueber-uns/person/jura/>
- #13** Field Article zu Aquaponik im Gaza-Streifen (englisch)
bieb.ruaf.org/ruaf_bieb/upload/3693.pdf
- #14** Website von FarmedHere
<http://farmedhere.com/inside-the-nations-largest-organic-vertical-farm/>
- #15** Website von Tailor Made Fish Farms
<http://www.tailormadefishfarms.com.au/>
- #16** Artikel der Seite »renewsable« zur Herstellung von Biotreibstoff in Abu Dhabi (englisch)
<https://renewsables.com/4421/sbric-inaugurates-food-and-biofuel-facility-in-abu-dhabi>
- #17** Website der Urban Farmers
<http://urbanfarmers.com/>
- #18** Website der Firma ECF Farmsystems
<http://ecf-farmsystems.com/>

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zF0i10Jd

- #19** Studie von IndustryARC zum Aquaponik-Markt (englisch)
 <http://industryarc.com/Report/22/global-commercial-aquaponics-market.html>
- #20** Website von INAPRO
<http://www.inapro-project.eu/>
- #21** Das Bundesministerium für Bildung und Forschung informiert hier über sein EU-Projekt INAPRO: Zukunftstechnologie Aquaponik zur nachhaltigen Lebensmittelproduktion
<http://www.kooperation-international.de/detail/info/eu-projekt-be-reitet-den-weg-fuer-einen-quotbemerkenswert-quot-neuen-ansatz-be-i-der-lebensmittel.html>

Gastautor: Roy Fabian

Fish'n'Ketchup

perspective-daily.de/article/74/zFOi10Jd