

Aquaponik

Ein Konzept zur alternativen Lebensmittelproduktion

Aquaponik

Ein Konzept zur alternativen Lebensmittelproduktion

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des Akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
Studienrichtung: Architektur

MICHAEL NOVAK

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät für Architektur

Betreuer:
Univ. Prof. Dipl.-Ing. (FH) MDesS Harvard MLA Klaus K. Loenhardt
Institut für Architektur und Landschaft

Graz, Mai 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

date

.....

(signature)

Mein Dank gilt

all jenen, die mich während der letzten Jahre freundschaftlich begleitet, unterstützt und ermutigt haben.

insbesondere meinen Eltern, die mir diesen Weg ermöglicht haben und mir immer besonderen Rückhalt bieten.

meinem Bruder für seine technischen Hilfestellungen.

Immanuel für die aufmunternden Worte, für die Ablenkungen während der Pausen und für das Korrekturlesen der Arbeit.

Univ.- Prof. Dipl.- Ing. MLA MDesS Harvard Loenhardt Klaus K. für die intensive Betreuung des Projekts und für die konstruktive Kritik.

Vielen Dank!

***„To plant a garden is to
believe in tomorrow.“***

-A. K. Hepburn-Ruston

Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkung **15**

- 1.1 Kein Zaudern beim Pflanzen! 15
- 1.2 Zielsetzung 21

Theoretische Grundlagen

2 Die traditionelle Landwirtschaft **25**

- 2.1 Die Landwirtschaft als Rückgrat der Gesellschaft 25
- 2.2 Das Scheitern herkömmlicher Landwirtschaft 26
- 2.3 Über die Notwendigkeit alternativer Lebensmittelproduktion 29
 - 2.3.1 Bevölkerungswachstum und ökologischer Fußabdruck 29
 - 2.3.2 *Entwaldung* 31
 - 2.3.3 *Klimawandel* 32
 - 2.3.4 *Umweltverschmutzung in der Landwirtschaft* 33
 - 2.3.5 *Wasserverbrauch der Landwirtschaft* 37
 - 2.3.6 *Resümee* 39
- 2.4 Das Beispiel Osterinsel 43

3 Aquaponik **49**

- 3.1 Aquaponik-Systeme als Teil der Lösung 49
- 3.2 Was ist Aquaponik? 50
 - 3.2.1 *Hydrokultur* 51
 - 3.2.2 *Aquakultur* 55
- 3.3 Aufbau und Funktionsweise des Aquaponik-Systems 62
 - 3.3.1 *Die Hardware* 63
 - 3.3.2 *Die Software* 72
 - 3.3.3 *Die Bepflanzungsmethoden* 88
- 3.4 Die Vorteile von Aquaponik-Anlagen 94
 - 3.4.1 *Bevölkerungswachstum und ökologischer Fußabdruck* 94
 - 3.4.2 *Entwaldung* 96
 - 3.4.3 *Klimawandel* 97
 - 3.4.4 *Umweltverschmutzung* 98
 - 3.4.5 *Wasserverbrauch* 99
 - 3.4.6 *Die Vorteile auf einen Blick* 100

4 Aquakultur in Österreich 103

- 4.1 Allgemeines 103
- 4.2 Aquakultur 2020 – Österreichs Strategie zur Förderung der nationalen Fischproduktion 105

Entwurf

5 Der Standort 109

- 5.1 Die Marktgemeinde Brückl 109
- 5.2 Das Grundstück 117

6 Plandarstellungen und Raumprogramm 120

7 Entwurfsprinzipien 147

- 7.1 Nutzung bestehender Netzwerke und Infrastruktur 147
 - 7.1.1 Zusammenführung der Gärtnerei Karpf mit dem Obst- und Gemüselieferanten Robitsch 147
 - 7.1.2 Miteinbeziehung des AUTARK-Integrationszentrums in das Projektkonzept 152
 - 7.1.3 Der Shop als Schnittstelle zwischen Produktion und Verbraucher 153
- 7.2 Nutzung der solaren Einstrahlung 158
 - 7.2.1 Sonnenstandsanalyse 158
 - 7.2.2 Solarkamin, Luftkollektor 161
- 7.3 Lineare Produktionswege werden zu Kreisläufen geschlossen 166
 - 7.3.1 Cradle to cradle 166
 - 7.3.2 Die Biogasanlage 167
 - 7.3.3 Allgemeines 167
 - 7.3.4 Das System 168

8 Quellenverzeichnis 174

- 8.1 Literaturliste 174
- 8.2 Internetquellen 175
- 8.3 Filmverzeichnis 178
- 8.4 Abbildungsverzeichnis 179

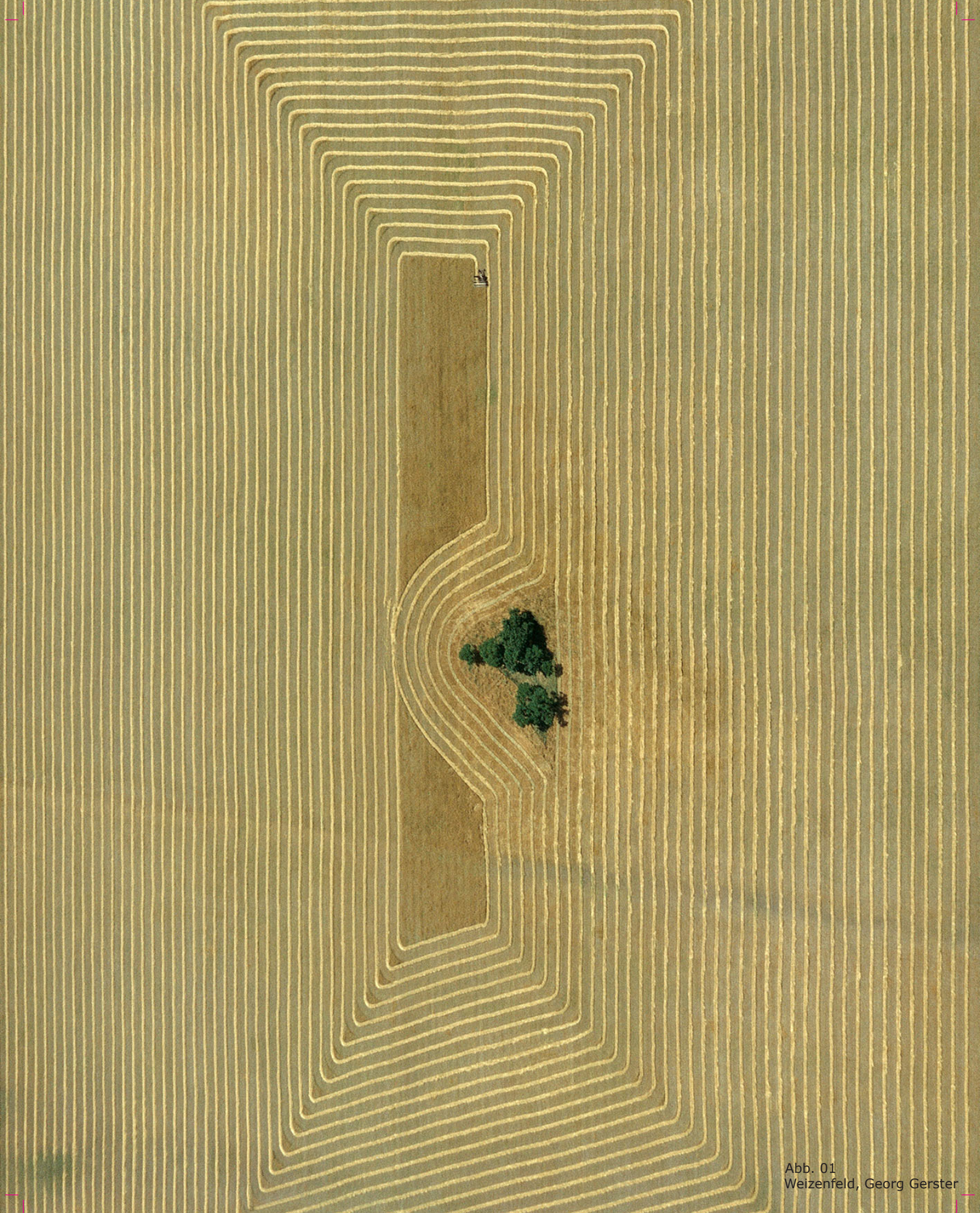


Abb. 01
Weizenfeld, Georg Gerster

1 Vorbemerkung

1.1 Kein Zaudern beim Pflanzen!

(serere ne dubites)

„Deshalb sollte der Gutsverwalter die bei den Bauern gebräuchliche Redensart über das Setzen von Bäumen ‘Kein Zaudern beim Pflanzen’ auf den gesamten Feldbau beziehen und sich bewusst sein, dass nicht zwölf Stunden, sondern ein Jahr verloren ist, wenn nicht an jedem Tag das geschieht, was für ihn heransteht.“¹

Mit diesen Worten warnt der römische Schriftsteller und Gutsbesitzer L. Iunius Moderatus Columella in seinem 11. Buch aus der Reihe „De Re Rustica“ bereits im ersten nachchristlichen Jahrhundert seine Gefolgsleute vor dem Verpassen des von der Natur unverhandelbar vorgegebenen Zeitpunkts zur richtigen Saat, und unterstreicht in meinen Augen das selbstverständliche Bewusstsein, dass auch der freieste Bauer sich erst durch die Akzeptanz seiner Abhängigkeit – von Grund und Boden, Umwelt und Wetter – aus seiner Knechtschaft befreit.²

Wo aber ist es hin, dieses Bewusstsein?

Heute, also fast 2000 Jahre nachdem die oben angeführte Warnung zu Papier gebracht wurde, ist das Bild einer idyllischen, kleinstrukturierten, traditionsbewussten und einfachen Landwirtschaft – dank eines bewusst geführten Marketing-Konzepts – noch immer tief in den Köpfen der meisten Konsumenten verankert, obwohl es schon länger nicht mehr der Realität entspricht. Der Agrarunternehmer wird von der Bevölkerung noch immer lieber Bauer genannt, die Absolventen einer landwirtschaftlichen Fachschule gelten als bauernschlau, und die Agrarindustrie wird auch ohne tiefgründiges Verständnis aufgrund ihres Wortbestandteiles „-industrie“ von einem größer werdenden Teil der Bevölkerung abgelehnt, da sie nicht in die ländliche Idylle passt.³

Es ist auch nicht übermäßig verwunderlich, warum Realität und Wunschbild so weit voneinander entfernt liegen. Niemand möchte beim genüsslichen Verzehr seines Schnitzels an Massentierhaltung, Antibiotika oder überfüllte Schlachthäuser denken und gleichzeitig möchte niemand auf das selbige Schnitzel verzichten. Darüber hinaus

1 Winiwarter 2006, 276.

2 Vgl. Winiwarter 2006, 276.

3 Vgl. Börner 2012 (Nov. 2013).

hat sich die Landwirtschaft spezialisiert und aus der Masse der Gesellschaft zurückgezogen. Wenn vor einem Jahrhundert noch ca. 38% der Bevölkerung Deutschlands in der Landwirtschaft erwerbstätig waren, diese mitgestalteten und am eigenen Leib erfahren konnten, so ist dieser Anteil mitunter durch die „grüne Revolution“ nach dem Zweiten Weltkrieg auf ein heutiges Niveau von ca. 2% gefallen. Die gleichen Tendenzen gelten natürlich auch für die anderen industrialisierten Nationen.⁴

Das wiederum bedeutet, dass die Produktivität eines einzelnen Landwirts in den vergangenen Jahrzehnten erheblich gesteigert wurde. Durch die anhaltende Technisierung wurde dem Menschen viel Arbeit von Maschinen abgenommen, die Betriebsgrößen stiegen und die Preise für landwirtschaftliche Produkte sanken. Ermöglicht wurde das erst durch hohe Investitionskosten der einzelnen Betriebe, die dabei oft durch kurzatmige Versprechen in eine gewisse finanzielle Abhängigkeit getrieben wurden. Ernst Langthaler schreibt darüber:

„Wie ein Trojanisches Pferd schmuggelte der meist kreditfinanzierte Traktor die Marktzwänge in die mehr oder weniger auf Bedarfsdeckung ausgerichteten Familienbetriebe.“⁵

4 Vgl. Wikipedia, Landwirtschaft/Ländervergleich/Deutschland(Stand: Nov. 2013).

5 Langthaler 2012, 13.

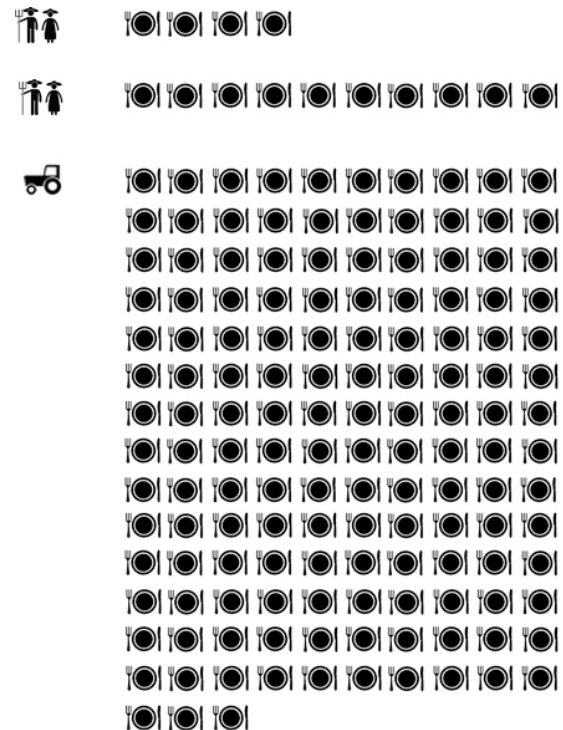


Abb. 02
Nahrungsmittelproduktion eines Landwirts,
Vergleich: 1900 - 1950 - 2000

Wer diesen Prozess nicht mitmachte – oder nicht mitmachen konnte – blieb auf der Strecke und zählte statistisch zu den 36% der Bevölkerung, die ihren Hof in den letzten hundert Jahren aufgegeben haben.

Trotzdem hat uns diese Entwicklung nicht weiter gestört, da sie für unsere gedeckten Tische gesorgt hat. Wenn dann aber ein neuer Lebensmittelskandal durch die Medienlandschaft kursiert und man über manche Missstände in der landwirtschaftlichen Massenproduktion informiert wird, ist das eigentlich nur die Spitze des Eisberges, der

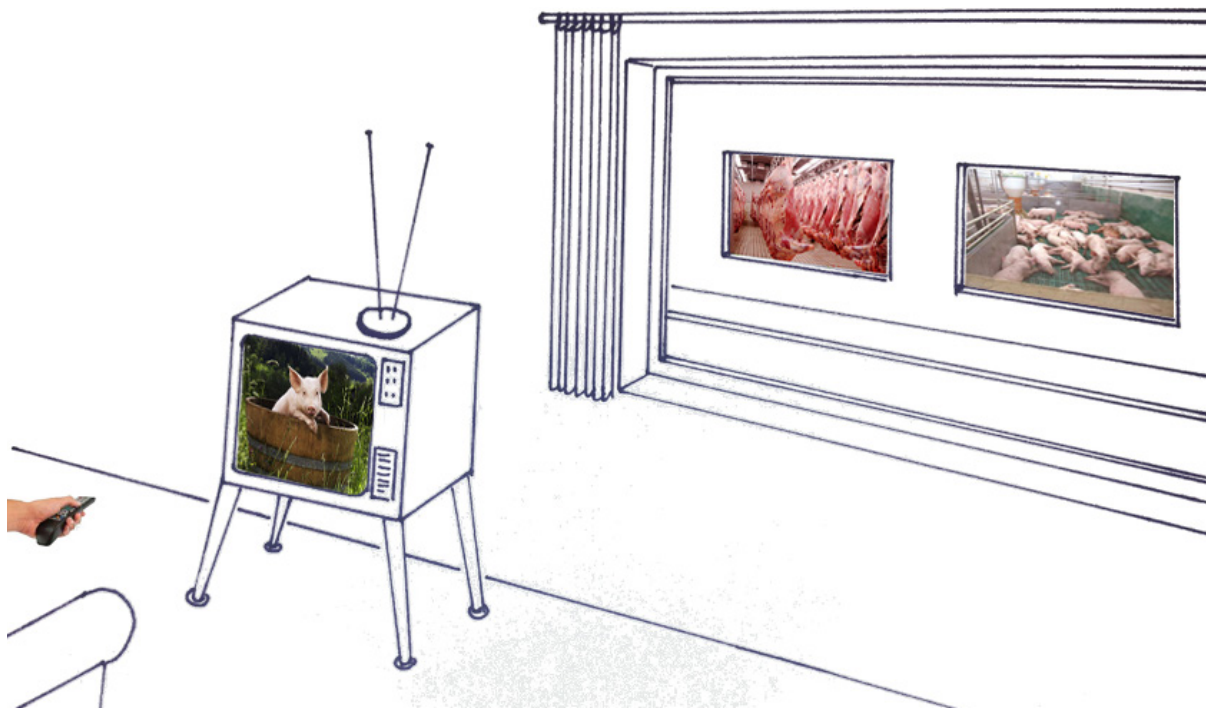


Abb. 03
Kontrast der Wahrnehmung zw. Medien und
Realität

die Konsumenten aufrüttelt und ihnen die Illusion des bodenständigen, einfachen Landwirts raubt. Schnell wird die Agrarindustrie als Sündenbock hingestellt und der kleine Bauer gepriesen, ohne jedoch zu erkennen, dass der (selten gewordene) kleine Bauer in die gleichen übergeordneten Strukturen verwoben ist und so gut er kann nach den gleichen Regeln der freien Marktwirtschaft sein Auskommen erwirtschaften muss.

Diese übergeordneten Strukturen, von denen so gut wie alle landwirtschaftlichen Betriebe abhängig sind, stellen

ein oft unübersichtliches Konstrukt dar, in dem Politik, Banken, Lobbyisten, landwirtschaftliche Genossenschaften, Landwirtschaftskammern, Großbauern, wirtschaftliche Aspekte, Großkonzerne wie Hersteller von Saatgut, Futtermittel, Düngemittel udg. auf internationaler Basis mitwirken, deren Machtbereiche oft nicht klar getrennt sind und Vermutungen über Interessenskonflikte zulassen. Der kleine Bauer, der uns heute noch aus den Werbespots entgegenlacht, ist diesen Strukturen schon längst ins Netz gegangen, und sieht sich heute in einer Welt, in der er fremdbestimmt einem harten Kon-

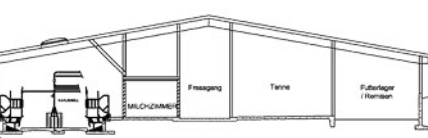
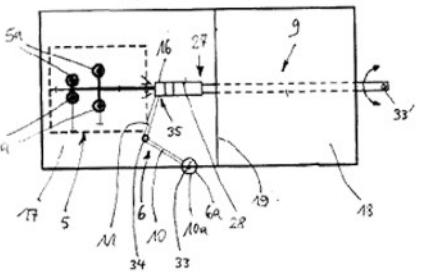
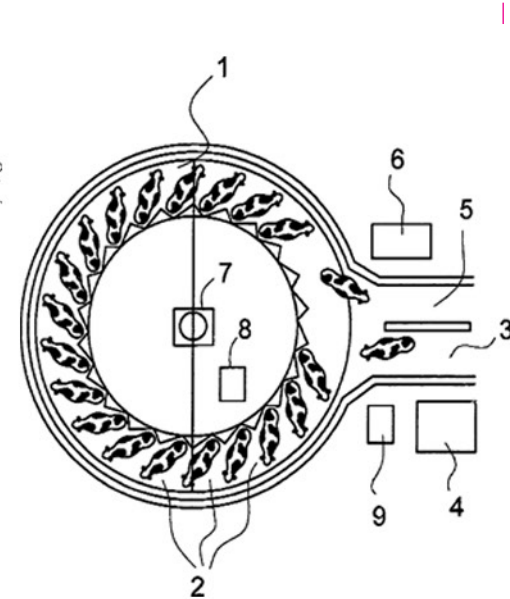
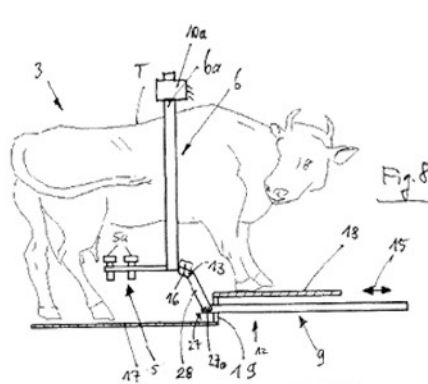
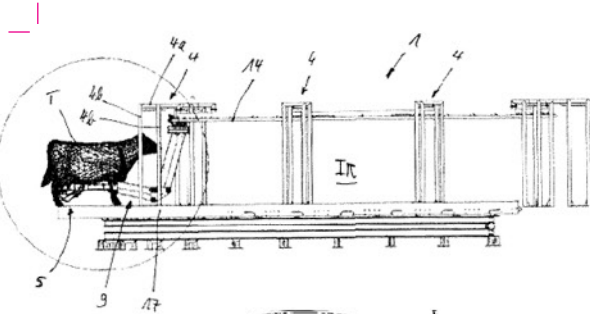


Abb. 1
Feierlicher Almbtrieb im Gegensatz zur Kuh als Teil der Maschinerie

kurrenzkampf ausgesetzt ist, in dem – nach dem Motto „wachse oder weiche“ – nur der Stärkste und Fitteste überlebensfähig bleibt.⁶

Es stellt sich also die Frage, ob das anfänglich erwähnte, selbstverständliche Bewusstsein des Bauern, das ihm besagt, dass er nur im Einklang mit der Natur seinen Grund und Boden nachhaltig und langfristig bewirtschaften kann, diesem profitorientierten Überlebenskampf des Bauernstandes zum Opfer gefallen ist und nur noch in den Köpfen der Konsumenten aufrecht erhalten wird, um die eigenen Produkte besser an die sorglosen Verbraucher vermarkten zu können und den eigenen Betrieb der kritischen Auseinandersetzung mit dem System zu entziehen, aus dem es für viele scheinbar ohnehin kein Entkommen gibt.

Diese voranschreitenden Veränderungen im Berufsstand des Landwirtes, die seit der sogenannten Bauernbefreiung im Jahr 1848 kontinuierlich nachvollziehbar sind, oder auch die Frage, ob

es den „freien Bauern“ in unserer heutigen Gesellschaft überhaupt noch gibt, sind durchaus wichtige thematische Stützen meiner Untersuchungen. Sie sollen hier aber nicht zum Hauptthema stilisiert werden, da eine ausführliche Betrachtung dieser Umstände über das Ziel meiner Arbeit hinausschießt.

Vielmehr stellt meine Arbeit einen Versuch dar, den Kontrast zwischen der harten Realität der Agrarindustrie und dem idyllischen Wunsch nach kleinstrukturierten, regional nachhaltig produzierenden Betrieben zu schwächen. Sie soll zeigen, dass es möglich ist, durch den Zusammenschluss innovativer Techniken neue, akzeptable Produktionszyklen zu schaffen, deren Vorteile die Agrarindustrie in punkto Nachhaltigkeit übertreffen, und die sich dabei aus Gründen der Akzeptanz keiner vorgegaukelten Bilder einer rustikalen Landwirtschaft bedienen müssen.

Wir haben die Technik, wir haben das Wissen: Kein Zaudern beim Pflanzen!



Abb. 00
El Ejido, Mar del Plástico
Gewächshäuser in Südspanien

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der hier vorliegenden Arbeit ist es, ein Konzept zur alternativen Lebensmittelproduktion auszuarbeiten. Die althergebrachten Klischees der kleinbäuerlichen Lebensweise sollen dabei ebenso hintangestellt werden, wie die gängigen Modelle großindustrieller Agrarkonzerne.

Es soll hierfür ein konkretes Beispiel als Musterbetrieb ausgearbeitet werden, der es nicht nötig hat, hinter verschlossenen Türen zu produzieren und mit falschen Illusionen für sich zu werben. Dabei soll die Sympathie des Verbrauchers aber auch nicht durch den Verzicht auf modernste Technik erkaufte werden, sondern ein Netzwerk einfach verständlicher Wirkprinzipien entstehen, die in Summe einen Mehrwert gegenüber standardisierten High-Tech-Lösungen entwickeln.

Neben der Optimierung des Gewächshauses bezüglich seines Energiehaushalts und der symbiotischen Aufzucht von Fisch und Gemüse im Aquaponik-System sollen vor allem die Integration vorhandener ortsbezogener Ressourcen und Kapazitäten – seien sie von materieller, logistischer, räumlicher oder menschlicher Natur – im Mittelpunkt der Überlegungen stehen.

In jeder Entwicklungsphase des Projekts soll die grundlegende Idee verfolgt werden, lineare Energieflüsse und Produktionsketten – wo dies möglich und sinnvoll erscheint – durch Vernetzung und Kombination zu Kreisläufen zu schließen, um dadurch die Verluste aus dem System, sowie deren Auswirkungen auf die Umwelt so gering wie möglich zu halten.

Die räumliche und funktionale Gliederung des Projekts soll die Beziehung zwischen Konsument und Produzent berücksichtigen und fördern. Durch den begünstigten Kontakt des Verbrauchers mit dem Entstehungsprozess der Produkte sollen Identität und Bewusstsein gestiftet, Vertrauen gewonnen und Vorurteile abgebaut werden.

In den ersten Kapiteln der Arbeit werden in einem theoretischen Teil einerseits die Auswirkungen der traditionellen Landwirtschaft auf den Menschen und seine Umwelt untersucht und andererseits die Funktionsprinzipien, Vor- und Nachteile des Aquaponik-Systems beschrieben. Danach werden die daraus gewonnenen Kenntnisse in einem Projekt umgesetzt und konkretisiert.

Theoretische Grundlagen



Abb. 06:
Landwirtschaftliche Maschinen: Beis-
eilen, bzw. bei der Schädlingsbe-
kämpfung

2 Die traditionelle Landwirtschaft

2.1 Die Landwirtschaft als Rückgrat der Gesellschaft

„Unsere Bäuerinnen und Bauern erfüllen vielfältige Leistungen für die Gesellschaft: Sie decken den Tisch der Menschen mit hochwertigen Lebensmitteln, pflegen die Kulturlandschaft, den Erhalt von Arten und Sorten und produzieren erneuerbare Energie.“⁷

Dass das von der österreichischen Bevölkerung geschätzt wird, belegt die „Oekonsult-Studie zur Landwirtschaft 2013“, in der 91% der Befragten die Leistungen der landwirtschaftlichen Betriebe für wichtig und wertvoll befinden. Im Detail wird

- die Sicherstellung der Lebensmittelversorgung (1),
- die Landschaftspflege (2),
- die Erhaltung der Lebensqualität (3),
- der Beitrag für eine gesunde Lebensführung (4),
- eine intakte Natur (5),
- der Klimaschutz (6) und
- die Aufrechterhaltung der ländlichen Strukturen, Ortschaften und Dörfer (7)

als am wichtigsten angesehen.⁸

Auch in den anderen Fragen und über die Grenzen Österreichs hinaus wird die Landwirtschaft durchaus positiv bewertet. Die Gesellschaft weiß es zu schätzen, dass – laut einer Studie der „Food and Agriculture Organization of the United Nations“ – Lebensmittel noch nie zuvor so reichhaltig zur Verfügung standen als gegenwärtig.⁹

Dennoch befindet sich die Agrarwirtschaft zunehmend in einer Krise und ich spreche dabei nicht von den bereits vieldiskutierten Problemen wie dem steigenden Preisdruck bei landwirtschaftlichen Produkten in einer globalisierten Wirtschaft bei gleichzeitig erwarteter Qualitätssteigerung, dem erhöhten Risiko von wetterbedingten Ernteaussfällen und den damit verbundenen steigenden Versicherungs- und Förderkosten oder der Landflucht, die zum Teil an Faktoren wie den wachsenden Betriebsgrößen (weniger Familienbetriebe), Effizienzsteigerungen und Maschinisierungen (weniger Beschäftigte) geknüpft ist.

⁷ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, (Sep. 2013).

⁸ Vgl. Siffert 2013, (Sep. 2013).

⁹ Vgl. Despommier 2011, 94.

2.2 Das Scheitern herkömmlicher Landwirtschaft

„The most destructive force on earth is our penchant for encroaching into natural systems.“¹⁰

Die Probleme, über die ich im Folgenden sprechen möchte, sind inhärente Bestandteile der Landwirtschaft per se, werden von oben angedeuteten Beispielen und Entwicklungen verstärkt und ihre Auswirkungen werden vermutlich erst in den nächsten Jahrzehnten stärker ersichtlich.

Um das zu verdeutlichen, muss man sich die Anfänge der Landwirtschaft vor Auge führen, als vor zehn- bis zwölftausend Jahren der Mensch begann die Umwelt zu seinem eigenen Vorteil zu verändern. Die Jäger und Sammler lernten damals die zuvor wild wachsenden nützlichen Pflanzen gezielt und kontrolliert anzubauen¹¹ und erschlossen damit eine zuvor unbekannte und sichere Nahrungsquelle. Ermöglicht wurde dies erst durch einige einhergehende bedeutsame kulturelle Errungenschaften und Entwicklungen. So wurde die Sesshaftigkeit zur Bedingung für eine erfolgreiche Ernte und um den richtigen Zeitpunkt für Saat und Ernte herausfinden zu können, wurden Erfindungen wie Kalender, Astronomie, Ma-

thematik, Schrift und sogar die Religion nach und nach unumgänglich.¹²

Zur Sicherung der Nahrungsversorgung im nächsten Jahr wurde ein Teil der Ernte als Saatgut zurückbehalten. Dafür wurden die Samen von bestimmten Pflanzen ausgewählt, die mit besonders nützlichen Eigenschaften aus der Reihe hervorstachen. Dadurch wich die natürliche Selektion allmählich einer künstlichen, die die Pflanzen Schritt für Schritt an die Bedürfnisse der Menschen anpasste und sie nicht wie bisher bestmöglich für den harten Konkurrenzkampf in ihrem natürlichen Umfeld vorbereitete. Demnach haben unsere heutigen Kulturpflanzen nicht mehr viel gemeinsam mit ihren ursprünglichen wild wachsenden Vorfahren. Man könnte sagen, die Menschen haben das „Wilde“ aus den Pflanzen herausgezüchtet, um sie dafür ihren Bedürfnissen besser anzupassen. Damit einher ging eine Schwächung der Pflanze, die ihre Überlebensfähigkeit in der Wildnis reduzierte.¹³ (Das Gleiche gilt natürlich auch für alle Nutztiere.)

Der Preis für die besseren Erträge war also eine stärkere Abhängigkeit der Pflanze vom Menschen. Von nun an mussten die Pflanzen bewässert, gedüngt und geschützt werden, was aus

10 Vgl. Despommier 2011, 141.

11 Vgl. Despommier 2011, 15.

12 Vgl. Despommier 2011, 46.

13 Vgl. Despommier 2011, 113.

rationalen Gründen den Weg hin zu Monokulturen ebnete.

Diese Entwicklung vollstreckt sich nun seit über zwölftausend Jahren und ist noch immer im Gange. Im Zuge dessen ist der Mensch in fast alle Ökosysteme eingedrungen und hat sie seinen Anforderungen entsprechend verändert. Dabei hat er unzählige neue Kulturpflanzen und Nutztiere gezüchtet, die ohne menschliches Zutun nicht überlebensfähig wären und andere gezielt oder ahnungslos ausgerottet.¹⁴

Diese Form der Landwirtschaft erwies sich als durchaus erfolgreich für die Menschheit und hatte positive Effekte auf viele Aspekte des Lebens wie die Nahrungsmittelversorgung, Lebensqualität, Gesundheit, usw. und stärkte uns noch zusätzlich für unseren Kreuzzug in der Natur.

Man muss aber auch erkennen, dass dieses Konzept nur innerhalb gewisser Grenzen funktioniert. Es bedarf eines ausgewogenen Gleichgewichts zwischen intensiver Landwirtschaft, und Möglichkeiten der Regeneration. Wird diese natürliche Grenze ignoriert, kippt das Gleichgewicht mit verheerenden Folgen.

Künstliche Selektion und die Abhängigkeit des Menschen

Eine interessante Sicht der Dinge ergibt sich, wenn man in der historischen Entwicklung der Landwirtschaft nicht den Menschen, sondern die Pflanzen in den Mittelpunkt der Beobachtungen stellt.

Demnach ergibt sich eine These, in der einige wildwachsende Pflanzen die wachsende und hungrige Menschheit in eine unwiderrufliche Abhängigkeit getrieben haben, von der die Pflanzen selbst am meisten profitieren.

Von diesem Zeitpunkt an sorgte der Mensch für das Wohlergehen und Überleben der jeweiligen Pflanzenspezies und verschaffte ihr dadurch einen Vorteil im Konkurrenzkampf um die vorhandenen Ressourcen.

In Anbetracht der parallel zur Landwirtschaft vorangeschrittenen Entwicklung der Menschheit gehen einige Forscher sogar so weit, dass sie behaupten, nicht der Mensch habe die Pflanzen kultiviert, sondern die Pflanzen haben uns Menschen kultiviert.¹⁵

14 Vgl. Despommier 2011, 49.

15 Vgl. Despommier 2011, 51.

Bis – historisch gesehen – vor Kurzem hatten wir Menschen weder die Mittel noch die Werkzeuge, um dieser Grenze auch nur nahe zu kommen. Doch heute haben wir einen Punkt erreicht, an dem wir erkennen müssen, dass wir mithilfe unserer Technologie seit der Industrialisierung erstmals so mächtig geworden sind, dass wir nachhaltigen und langfristigen Schaden an der Funktionalität diverser Ökosysteme verursachen können und bereits verursacht haben. Das sind Schäden, deren Auswirkungen wir heute noch nicht zur Gänze verstehen oder voraussagen können. Wir bemerken sie allerdings bereits am Rückgang der Ökosystemdienstleistungen.¹⁶



Abb. 07
Modifikation des Mais durch künstliche Selektion

Ökosystemdienstleistungen (ÖSD)

Unter dem Konzept der Ökosystemdienstleistungen werden jene Leistungen bzw. Vorteile zusammengefasst, die dem Menschen ohne sein Zutun aus den verschiedenen Prozessen funktionierender Ökosysteme zugutekommen. Man unterscheidet:

Unterstützende Ökosystemleistungen (z.B.: Photosynthese, Bodenbildung, Primärproduktion autotropher Organismen usw.)

Versorgende Ökosystemleistungen (z.B.: Nahrungsmittelproduktion, Trinkwasserreinigung, bereitstellen von Rohstoffen usw.)

Regulierende Ökosystemleistungen (z.B.: Hochwasser- und Klimaregulierung)

Kulturelle Ökosystemleistungen (z.B.: Psychologische Aspekte für das menschliche Wohlergehen wie Freizeitgestaltung, Ästhetik, Bildung usw.)¹⁷

¹⁶ Vgl. Despommier 2011, 49.

¹⁷ Vgl. Hotes 2014, (Feb. 2014)

2.3 Über die Notwendigkeit alternativer Lebensmittelproduktion

2.3.1 Bevölkerungswachstum und ökologischer Fußabdruck

„If we want things to stay as they are, things will have to change“¹⁸

Am Überschreiten dieser Grenzen trägt die Landwirtschaft gewiss nicht die alleinige Schuld, dennoch ist sie aber einer der Hauptverursacher. Ein Zusammenspiel verschiedener Faktoren unseres alltäglichen Lebens bewirkt, dass wir schon heute den Verlust der funktionierenden Ökosysteme wahrnehmen und nachweisen können (und von einigen Wissenschaftlern wird er sogar in Geldbeträge umgerechnet, was der Sache allerdings nicht gerecht wird, da wir wissen, dass diese ökosystemaren Dienstleistungen für unser Überleben unabdingbar – und demnach unbezahlbar – sind).

In diesem Kapitel möchte ich nun einige dieser Faktoren aus der Landwirtschaft bezüglich ihrer negativen Auswirkungen auf die Umwelt erläutern, um zu zeigen, dass es in Zukunft notwendig sein wird, vermehrt alternative Konzepte der Lebensmittelproduktion zu testen und anzuwenden.

Heute (2013) leben auf unserem Planeten etwas weniger als 7,2 Milliarden Menschen. 1960 waren es noch 3 Milliarden. Das bedeutet, die Menschheit hat sich in weniger als 50 Jahren verdoppelt und die neuesten Prognosen zeigen auch für die Zukunft einen gewaltigen Zuwachs der Weltbevölkerung. Bis 2050 soll die Anzahl der Menschen auf bis zu 9,6 Milliarden steigen.¹⁹

Hinzu kommt, dass ca. 97% dieses Bevölkerungswachstums in Afrika, Asien und Südamerika stattfinden wird. Also in Gebieten, die schon heute von Hungersnöten geplagt und am wenigsten dafür gerüstet sind.²⁰

Ökologen gehen davon aus, dass wir in den nächsten 40 Jahren einen Zustand erreichen werden, in dem traditionelle und bislang bewährte Formen der Landwirtschaft nicht mehr in der Lage sein werden, die wachsende Bevölkerung zu ernähren. Denn schon heute wird eine Grundversorgung an Nahrungsmitteln – von 1500 Kalorien pro Person und Tag – in weiten Gebieten Afrikas oder Indiens als Luxus bewertet.²¹

18 Friedman 2008, ??.

19 Vgl. Seidler 2013, (Sep. 2013).

20 Vgl. Bernstein 2011, 11.

21 Vgl. Despommier 2011, 93f.

Das Bevölkerungswachstum per se ist dabei aber noch nicht einmal das größte Problem. Schon heute überschreitet unser ökologischer Fußabdruck die regenerativen Kapazitäten der Erde um 30%.²² Unter dem ökologischem Fußabdruck versteht man dabei „[...]die Fläche auf der Erde, die notwendig ist, um den Lebensstil und Lebensstandard eines Menschen [...] dauerhaft zu ermöglichen.[...] Die Werte werden dabei in Hektar pro Person und Jahr angegeben.“²³

Dabei ist der ökologische Fußabdruck abhängig vom Lebensstandard und von Nation zu Nation sehr unterschiedlich. So braucht ein Europäer zum Beispiel durchschnittlich 4,7 Hektar Erdfläche pro Jahr, um seinen Lebensstil aufrecht zu erhalten. Ein Bürger der USA benötigt sogar 7,2 Hektar, wohingegen ein Inder mit bescheidenen 0,9 Hektar auskommen muss und als Grenze der Verträglichkeit für einen langfristigen und nachhaltigen Lebensstil global gesehen durchschnittlich 2,1 Hektar nicht überschritten werden sollten.²⁴

Wenn also in Zukunft – und davon ist auszugehen – Schwellenländer wie China, Indien, Brasilien udg. ihren Lebensstandard anheben, steigt der ökologische Fußabdruck, selbst wenn die Bevölkerungszahlen gleich blieben. In Zahlen ausgedrückt bedeutet das: Soll-

22 Vgl. WWF 2008, 14.

23 Wikipedia, Ökologischer Fußabdruck,(Sep. 2013).

24 Vgl. WWF 2008, 15.

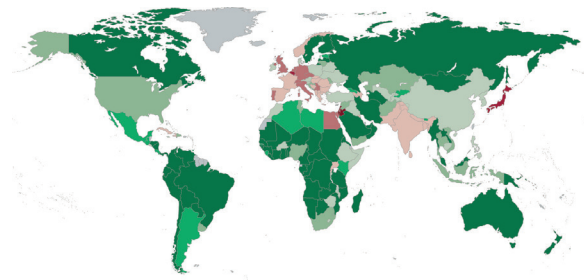


Abb. 08
Weltkarte: Ökologischer Fußabdruck, 1961

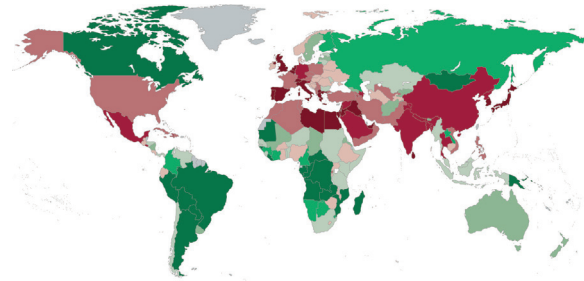


Abb. 09
Weltkarte: Ökologischer Fußabdruck, 2005

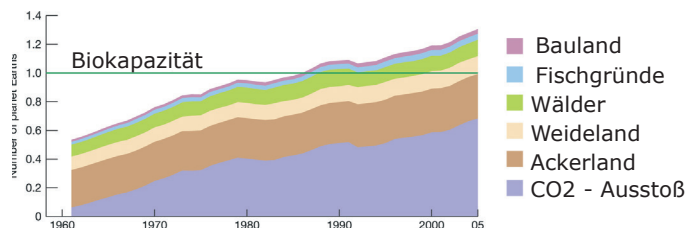


Abb. 10
Anteil verschiedener Komponenten des Ökologischen Fußabdrucks

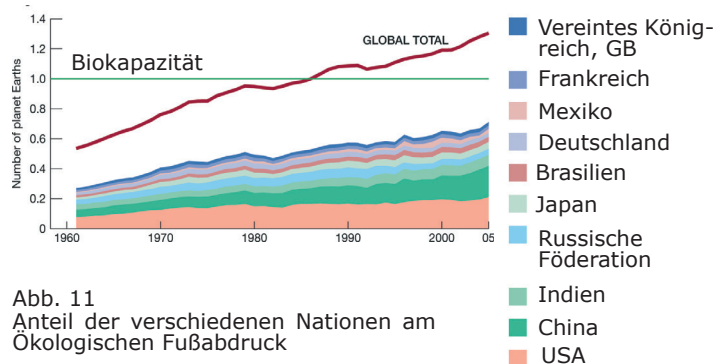


Abb. 11
Anteil der verschiedenen Nationen am Ökologischen Fußabdruck

te der Rest der Weltbevölkerung ihren Lebensstil an westliche Standards anheben, wäre das gleichzusetzen mit einem Bevölkerungszuwachs auf 72 Milliarden Menschen nach heutigem Modell und der ökologische Fußabdruck würde sich verelffachen.²⁵

Um die Menschen zukünftig aber auch weiterhin ausreichend ernähren zu können, bleiben der Landwirtschaft nur eingeschränkte Möglichkeiten. Zum einen könnte mehr Land in Agrarflächen umgewandelt werden, die vorhandenen Agrarflächen durch Ertragssteigerungen intensiver genützt werden; oder mittels neuer Technologien eine neue Form der Lebensmittelproduktion angestrebt werden, die das Land als Ressource nicht beansprucht und dadurch – wie nachfolgend beschrieben wird – die Tragfähigkeit der Erde nicht noch zusätzlich belastet.

2.3.2 Entwaldung

Um also den wachsenden Bedarf an Lebensmitteln abzudecken, haben wir bereits in der Vergangenheit immer größere Gebiete gerodet und als Ackerland genutzt, sind dabei immer tiefer in die verschiedensten Ökosysteme vorgedrungen und haben dadurch die Regenerationsfähigkeit der Erde weiter geschwächt.

Bereits heute verwenden wir für den Ackerbau eine Fläche, die der Größe Südamerikas entspricht. Sogar noch mehr Land, nämlich entsprechend der Fläche Afrikas, brauchen wir für die Viehwirtschaft. Das bedeutet, dass wir schon jetzt fast 40% des gesamten Festlandes landwirtschaftlich nutzen. Gebirge, Wüsten und andere Flächen, die für die Landwirtschaft nicht herangezogen werden können, sind dabei davon noch gar nicht abgezogen worden.

Laut FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche in den Jahren zwischen 1992 und 2002 jährlich um 50 000 km² gewachsen und der stärkste Anteil der neu erschlossenen Flächen entstand durch Rodungen in den tropischen Wäldern.²⁶ Doch ist das noch nicht genug, denn die Welt wird stetig hungriger und so sagt man uns voraus, dass wir in den nächsten 40 bis 50 Jahren neue landwirtschaftliche Flächen in der Größe Brasiliens erschließen müssten, um die wachsende Bevölkerung auch weiterhin ernähren zu können.²⁷

Das bedeutet, dass in Zukunft noch größere Teile der Regenwälder gerodet werden, wobei gerade sie am effizientesten in der Lage sind, CO₂ in Sauerstoff umzuwandeln und somit unsere große Chance sind, dem Klimawandel entgegenzuwirken. Die Landwirtschaft

25 Vgl. Bernstein 2011, 13.

26 Vgl. Owen 2005,(Okt.2013)

27 Vgl. Despommier 2011, 76f.

wird hingegen von vielen direkt oder indirekt als größter Verursacher des Klimawandels gesehen. Wenn wir also mit der Entwaldung voranschreiten, um dadurch Ackerland für die Landwirtschaft zu schaffen, verschärfen wir die Situation, indem wir gleichzeitig höhere Umweltbelastungen in Kauf nehmen, während wir die Fähigkeit der Erde sich selbst zu regenerieren noch weiter einschränken.²⁸

Sollten die Rodungen in den tropischen Wäldern vorangetrieben werden wie bisher, wird der Regenwald im Jahr 2060 Geschichte sein.²⁹ Bis dann ist die durchschnittliche Temperatur auf der Erde um zwei Grad Celsius gestiegen, was nur eine von vielen Auswirkungen des Klimawandels sein wird und weite Gebiete der Erde für die traditionelle Landwirtschaft unbrauchbar macht.

2.3.3 Klimawandel

Die globale Erwärmung wird unsere Möglichkeiten, Landwirtschaft zu betreiben noch weiter einschränken. Regionen, die seit jeher für bestimmte landwirtschaftliche Erzeugnisse bekannt sind, werden gezwungen, sich an die Veränderungen anzupassen oder werden sogar gänzlich unbrauchbar für die traditionelle Landwirtschaft.

Steigende Temperaturen werden im Zuge dessen unsere bekannten Wet-

termodelle drastisch verändern und allgemein zu einer Klimadestabilisation führen, deren Folgen bislang unvorhersehbare ökologische, soziale und wirtschaftliche Konsequenzen mit sich bringen werden. Ernteaufträge werden häufiger in Gebieten vorkommen, in denen sie in der Vergangenheit als seltene Ausnahme galten und vermutlich eher zur Regel in Gegenden, die schon heute öfters davon betroffen sind.³⁰

Die Prognosen über das tatsächliche Ausmaß der globalen Erwärmung schwanken derzeit noch stark zwischen 1,1 °C und 6,4 °C – also im Mittel 3,7 °C – bis zum Jahr 2100,³¹ was vielleicht nicht sehr viel erscheinen mag. Doch wenn man bedenkt, dass die Durchschnittstemperatur der Erde während des glazialen Maximums der letzten Eiszeit um nur 5 bis 6 °C geringer war als heute,³² lässt sich die Dimension der Auswirkungen auf unseren Lebensraum erahnen.

Bereits heute wird vom United States Department of Agriculture (USDA) davon ausgegangen, dass – verursacht durch Starkregen, Hagel, Dürren, Pflanzenkrankheiten oder Verderb – weltweit circa 70% der ausgesäten Feldfrüchte die Teller der Konsumenten nicht erreichen;³³ und die Food and Agriculture Organization of the United

28 Vgl. Smith 2010, 1-3.

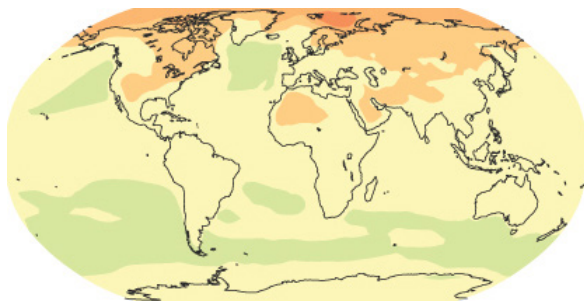
29 Vgl. Bernstein 2011, 18.

30 Vgl. Despommier 2011, 115ff.

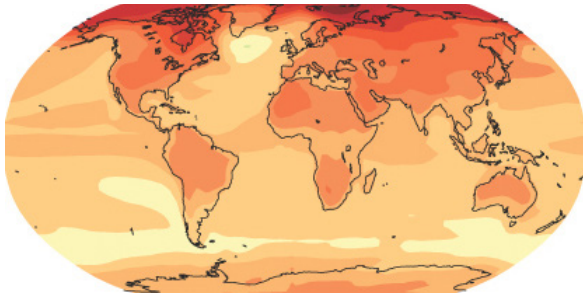
31 Vgl. Wikipedia, Globale Erwärmung, Prognostizierte Erwärmung, (Okt. 2013).

32 Vgl. Wikipedia, Eiszeitalter, Das aktuelle Eiszeitalter, (Okt. 2013).

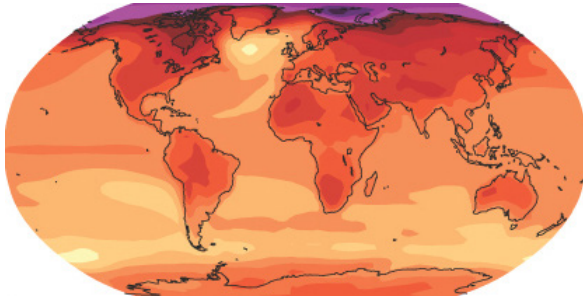
33 Vgl. Despommier 2011, 26f.



2011-2030



2046-2060



2080-2099

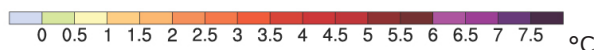


Abb. 12
Prognostizierte Klimaerwärmung bis 2100

Nations warnt, dass ein Temperaturanstieg von 2 bis 4 °C die Ernteerträge in Afrika und Asien um weitere 15 bis 35%, und im Mittleren Osten um 25 bis 35% verringern könnte.³⁴ Wie-

derum sind jene Gebiete am stärksten betroffen, die schon heute unter Hungersnöten leiden und mit einem rasanten Bevölkerungswachstum umgehen müssen.

Die Lage könnte sich also zuspitzen und Nahrungsmittelengpässe würden großes Leid verursachen. Von manchen wird die Erwärmung als eine Art „Fieber“ gedeutet, mit dem der Planet versucht, sich zu kurieren um so sein Gleichgewicht wiederherzustellen. Dabei sollte man sich vor Augen halten, dass wir für dieses Ungleichgewicht verantwortlich sind und schnellstmöglich selbst etwas dagegen tun sollten. Die Landwirtschaft spielt dafür eine wichtige Rolle. Sie wird oft mit dem bescheidenen Leben in einer ländlichen Idylle assoziiert und dennoch ist sie einer der Hauptverantwortlichen der Umweltverschmutzung und somit auch des Klimawandels.

2.3.4 Umweltverschmutzung in der Landwirtschaft

Es wurde bereits erwähnt, dass laut einer Studie der Food and Agriculture Organization of the United Nations das Angebot an Lebensmitteln weltweit noch nie zuvor so reichhaltig gewesen ist wie heute. Man könnte nun glauben, dass die Lebensmittel bei einem immer größer werdenden Angebot auch immer günstiger erhältlich seien. Jedoch ist eher das Gegenteil der Fall. Schon bei der kleinsten Erhöhung des Mine-

34 Vgl. Smith 2010, 1.

ralölpreises ist auch ein Anstieg der Lebensmittelpreise zu verzeichnen. Im Zeitraum zwischen 2000 und 2008 haben sich die Lebensmittelpreise global verdoppelt³⁵ und seit 2008 ist sogar ein noch schnellerer Preisanstieg zu verzeichnen.³⁶

Der Grund dafür ist die starke Abhängigkeit der Landwirtschaft von günstigen fossilen Energieträgern. Man schätzt, dass für die Produktion einer Kalorie Nahrung 10 Kalorien Erdöl aufgewendet werden müssen und dafür 20% des Erdöls verwendet werden.³⁷ Die Lebensmittelpreise sind demnach stark an die Rohölpreise gekoppelt.

In der industriellen Landwirtschaft werden für jeden Arbeitsschritt schwere Maschinen benötigt und die meisten davon brauchen Erdöl als Energieträger. Dazu kommen Transporte, Lagerung, Verarbeitung udg., was wiederum viel Energie kostet und so den Landwirt in eine gewisse Abhängigkeit zwingt. Der industrielle Landwirt ist ein Spezialist, der von vielen externen Faktoren bestimmt wird. Er muss vom Saatgut bis zum Düngemittel alles zukaufen und produziert dabei eine Ware, die er wiederum selbst verkaufen muss. Sein vorindustrielles Pendant war hingegen ein vielseitiger Selbstversorger, der nur seine Überschüsse verkaufte und da-

durch weniger fremdbestimmt agieren konnte.³⁸

Die Abhängigkeit der Landwirte wird bestimmt durch den Energiepreis einerseits und von den vielen Zulieferern andererseits. Neue, wirtschaftlich schwergewichtige Firmen sind im Laufe der Zeit entstanden; und das Geschäft mit der Landwirtschaft boomt. So wird mehr als 90% des in den USA in der Landwirtschaft verwendeten Saatguts von nur 3 Firmen produziert³⁹ und das Geschäft mit Düngemitteln, Herbiziden und Pestiziden ist weiter am Wachsen.

Ein weiteres Problem der intensiv betriebenen Landwirtschaft ist, dass durch die enormen Ertragssteigerungen, durch die großflächige Pflanzung von Monokulturen und durch den Einsatz immer schwererer Maschinen die Böden ausgelaugt und immer stärker verdichtet werden. Um dem entgegenzuwirken, müssen Unmengen an Düngemittel aufgetragen werden; und um den weniger resistenten Monokulturen einen Vorteil im Kampf um die Ressourcen zu verschaffen, werden die Konkurrenten mit großen Mengen von Herbiziden und Pestiziden einfach ausgelöscht.⁴⁰

Die meisten dieser Chemikalien werden entweder direkt aus Erdöl hergestellt, oder verbrauchen viel davon bei ihrer Produktion. Vor dem Einsatz dieser che-

35 Vgl. Despommier 2011, 100.

36 Vgl. Springer 2013, (Sep. 2013).

37 Vgl. Smith 2010, 3.

38 Vgl. Schindler 2013, (Okt. 2013).

39 Vgl. Despommier 2011, 114.

40 Vgl. Despommier 2011, 99f.

mischen Substanzen musste der Landwirt mit der Sonnenenergie auskommen, die seine Pflanzen im Laufe einer Vegetationsperiode aufnehmen konnten. Dabei entzieht die Pflanze dem Boden Nährstoffe, die bei intensiver Bewirtschaftung nicht genügend Zeit haben, um sich zu regenerieren. Also werden dem Boden diese Nährstoffe in Form von Düngern auf Erdölbasis, demnach einer Form akkumulierter Sonnenenergie, wieder zugeführt. Ein Beispiel dafür ist der Stickstoffdünger, der pro Tonne aufgetragenen Düngers die Energie von zwei Tonnen Erdöl benötigt.⁴¹

Diese Düngemittel werden von den Pflanzen aber nicht restlos aufgebraucht und gelangen gemeinsam mit anderen Chemikalien beim Bewässern der Felder und über natürliche Regenfälle in benachbarte Gewässer und verursachen dabei schon jetzt große und messbare Schäden. Damit ist diese diffuse Umweltverschmutzung (nonpoint source pollution, NPS) aus der Landwirtschaft eine der größten Belastungen für die Umwelt und ist verantwortlich für das Aussterben ganzer Flussläufe und Korallenriffe.⁴²

Dort, wo das Oberflächenwasser nicht abrinnen kann, versickert es im Boden und nimmt dabei die Reste der Dünger, Herbizide und Pestizide mit ins Grundwasser. Laut dem „National Water Quality Inventory“ ist die diffuse Umweltbe-

Haber-Bosch-Verfahren

(„Er habe Brot aus Luft gewonnen.“)

Das nach seinen Entwicklern Fritz Haber und Carl Bosch benannte Verfahren dient der Gewinnung von Ammoniak aus den Elementen Stickstoff und Wasserstoff.

Es ist die weltweit bedeutendste Methode zur Herstellung von Kunstdüngern, deren Ausgangsprodukt der in der Luft enthaltene Stickstoff ist.

Vor der Entdeckung dieses Verfahrens musste den Ackerböden der notwendige Stickstoff in Form von Kompost, Mist oder durch Einhaltung bestimmter Fruchtfolgen zugeführt werden.

Durch die wachsende Weltbevölkerung im 19. Jh. stieg die Nachfrage nach natürlichen Düngemitteln derart an, dass bevorstehende Engpässe in der Lieferung zu großen Hungersnöten geführt hätten.

Erst die sehr energieaufwendige Produktion von Kunstdüngern (ca. 1,4% des Weltenergieverbrauchs) ermöglichte das rasante Bevölkerungswachstum im 20. Jh. und ist aus der Nahrungsmittelversorgung unserer Gesellschaft zur Zeit nicht wegzudenken.

Man geht davon aus, dass ca. 40% des im menschlichen Körper enthaltenen Stickstoffs zuvor schon einmal an der Haber-Bosch-Synthese teilgenommen hat.⁴³

41 Vgl. Schindler 2013, (Okt. 2013).

42 Vgl. US Environmental Protection Agency 2005, (Nov. 2013).

43 Vgl. Wikipedia, Haber-Bosch-Verfahren, (Feb. 2014).

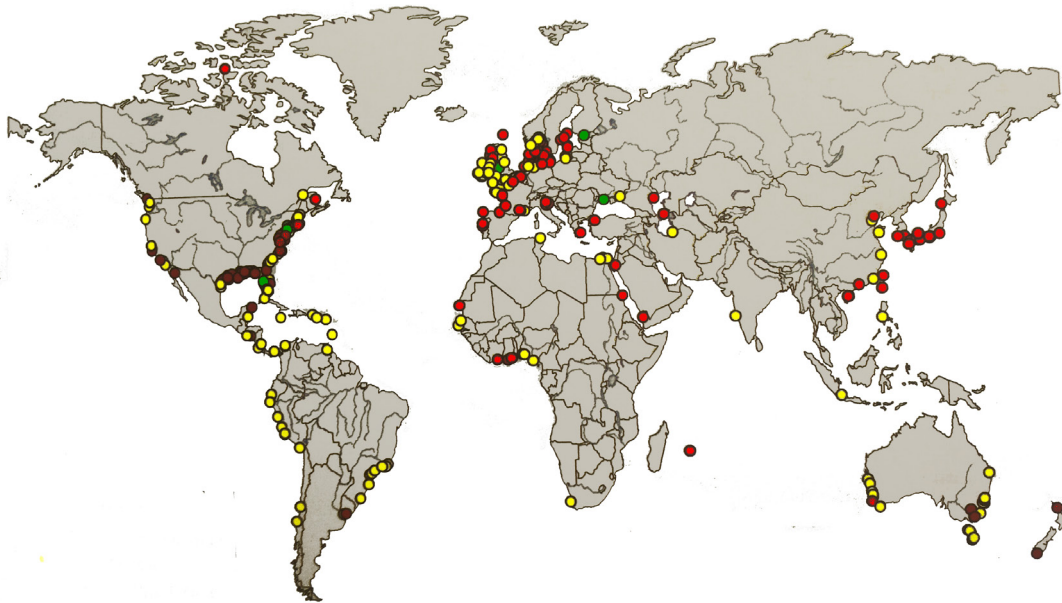


Abb. 13
Gefährdete Küstenlinien

Nonpoint Source Pollution (NPS) Diffuse Umweltverschmutzung

Als diffuse Umweltverschmutzung bezeichnet man jene Belastungen, deren Ursprung aus einer Vielzahl einzelner Quellen hervorgeht, die zeitlich und räumlich nicht näher nachvollziehbar sind.

Vor allem die Luft- und Wasserqualität leidet stark unter der diffusen Umweltverschmutzung, da toxische Bestandteile für lange Zeit und über weite Strecken transportiert werden können, sich dabei anhäufen und deren Quellen sich nicht definitiv nachweisen lassen.

Diese Eigenschaften erschweren ihre

gezielte Bekämpfung und machen sie bereits heute zu einem der schwerwiegendsten Umweltprobleme.

Vor allem die Landwirtschaft muss einen großen Anteil der diffusen Wasserverschmutzung verantworten, da die großen gepflügten Monokultur-Felder sehr erosionsgefährdet sind und keine gute Wasserspeicherfähigkeit aufweisen. Das Regenwasser fließt auf ihnen an der Oberfläche ab und löst dabei chemische Bestandteile aus den oberen Bodenschichten, die daraufhin die Ökosysteme angrenzender Gewässer gefährden.

Dieser Verlust führt oft schon im Vorhinein zu einer Überdüngung der Felder.⁴⁴

⁴⁴ Vgl. Wikipedia, Nonpoint source pollution, (Feb. 2014).

lastung aus der Landwirtschaft auch für einen großen Teil der Grundwasserverschmutzung verantwortlich,⁴⁵ einer Ressource, die in weiten Teilen der Erde sehr begrenzt ist.

2.3.5 Wasserverbrauch der Landwirtschaft

Obwohl 70% der Erdoberfläche von Wasser bedeckt sind, sind nur 2,5% davon Süßwasser, von denen wiederum 70% im Eis der Antarktis und auf Grönland gespeichert sind. So kommt es, dass weniger als 1% des Wassers auf der Erde für den menschlichen Gebrauch zur Verfügung steht.⁴⁶ Ein Großteil davon ist in Binnengewässern, oder im Boden als Grundwasser gespeichert.

Man geht heute davon aus, dass weltweit circa drei Viertel des Süßwassers in der Landwirtschaft verbraucht wird. In weiten Teilen Afrikas und in anderen Gebieten, die von Natur aus wenig Niederschlag erhalten, steigt diese Zahl sogar auf über 90% der gesamten Süßwasserreserven an und wird als Folge der globalen Erwärmung zukünftig noch weiter wachsen.

Das bedeutet, dass die Wasservorräte auf der Erde schon bald knapp werden könnten. Manche Szenarien gehen davon aus, dass in den nächsten 20 Jahren zwei Drittel der Menschen vom wachsenden Wassermangel betroffen

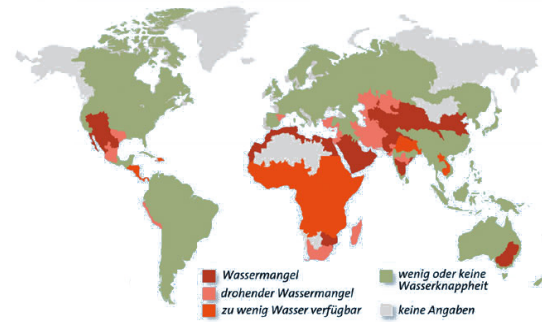


Abb. 14
Weltkarte zur Wasserversorgung

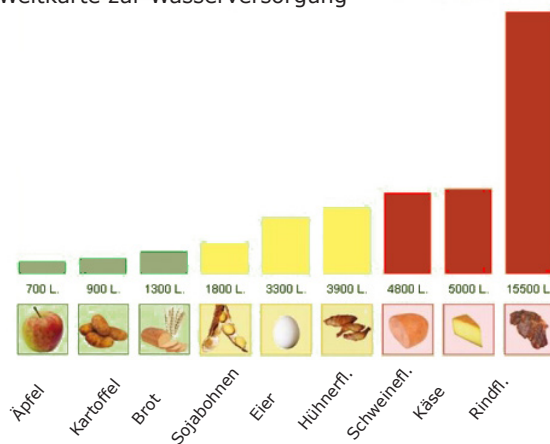


Abb. 15
Wasserverbrauch zur Produktion von 1kg Lebensmittel

sein werden, was wiederum unweigerlich zu sozialen und wirtschaftlichen Unruhen führen wird.⁴⁷

In Anbetracht dessen wie die Menschheit mit dem steigenden Ölbedarf umgeht, lässt sich erahnen, dass auch unser Grundwasservorrat in Zukunft geschröpft werden wird und mit der steigenden Entnahme werden sich die

⁴⁵ Vgl. Bernstein 2011, 16.

⁴⁶ University of Michigan 2006, (Okt. 2013).

⁴⁷ Vgl. UN News Center 2009, (Nov. 2013).

Grundwasserspiegel senken. Bereits heute gibt es alarmierende Beispiele davon in Südamerika (Mexico City), Nordafrika, oder in Teilen Chinas, in denen durch zu schnelles Auspumpen der Wasserreserven der Grundwasserspiegel in den letzten zehn Jahren um 1,5 Meter gesunken ist.⁴⁸ Aber auch bei uns in Europa gibt es erschreckende Belege für den falschen Umgang mit unseren Grundwasservorräten. So wurde zum Beispiel jahrelang Wasser aus dem Untergrund der Lagune von Venedig abgepumpt, wodurch sich nachweislich das Absinken der Stadt beschleunigte.⁴⁹

Das Senken der Erdoberfläche ist dabei nur eine der verheerenden Auswirkungen des sinkenden Wasserspiegels. Die Speicherfähigkeit des oberflächennahen Bodens kann dadurch beeinträchtigt werden und manche Pflanzen können somit ihre Lebensgrundlage verlieren, weil ihre Wurzeln nicht mehr weit genug in feuchte Bodenschichten reichen. Sollte das Grundwasserreservoir bis in die Nähe von Küstengebieten reichen, ist sogar damit zu rechnen, dass Salzwasser aus dem Meer in das Grundwasser eindringt, um den fehlenden Druck auszugleichen und somit dort die gesamten Grundwasservorräte für den Menschen unbrauchbar macht.⁵⁰



Abb. 16
Veränderung des Landschaftsbildes
durch Karussellbewässerung (USA)



Abb. 17
Wegen Trockenheit aufgebrochener
Lehmboden

48 Vgl. Worms 2004, (Okt. 2013).

49 Vgl. National Geographic Deutschland 2012, (Sep. 2013).

50 Vgl. Worms 2004, (Okt. 2013).

2.3.6 Resümee

„If we do not change our direction, we are likely to end up where we are headed.“⁵¹

Angesichts der oben genannten Tatsachen muss man also zur Einsicht kommen, dass der traditionell geführten Landwirtschaft in Zukunft große Veränderungen bevorstehen werden. Dr. Dickson Despommier schreibt darüber in seinem Buch „The Vertical Farm. Feeding the World in the 21st Century“ sogar:

„The epic journey of how we became an agrarian society and of farming’s steady, destructive force on the natural world provides ample and convincing evidence that traditional agriculture is not working and probably never did work.“⁵²

Er sieht also einen Beweis – in Anbetracht der Zerstörung der Naturräume, die der Mensch durch den Ackerbau zu verantworten hat – dass die traditionelle Landwirtschaft in dieser Form nicht funktioniert und auch nie funktioniert hat.

Ich wage zu bezweifeln, dass sie nie funktioniert hat, da sie doch zu einem wesentlichen Bestandteil dazu beigetragen hat, die menschliche und gesellschaftliche Entwicklung voranzutreiben.

Und ich glaube, dass die Landwirtschaft auch in Zukunft eine wichtige Rolle in dieser Entwicklung einnehmen wird; wenn uns dadurch bewusst wird, dass uns unser gängiges Modell – ohne weitreichende Veränderungen – auf kurz oder lang schadet und wir dadurch zum Umdenken motiviert werden, wovon wir wiederum positive gesellschaftliche Konsequenzen erwarten könnten.

Meine vollste Zustimmung erhält Dr. Despommier jedoch, wenn er schreibt, dass wir angehalten sind unser Leben – als Individuen und auch als Gesellschaft – in einer Art und Weise zu führen, in der wir mit dem Rest der Welt ein ökologisches Gleichgewicht eingehen, da uns sonst droht, unseren Platz darin zu verlieren.⁵³

Solch ein Wandel kann natürlich nicht von heute auf morgen stattfinden, auch wenn es angesichts der bevorstehenden klimatischen und gesellschaftlichen Veränderungen wünschenswert wäre. Doch kann man seit einigen Jahren einen Anstieg der Nachfrage für nachhaltig erzeugte Produkte verzeichnen, und es wird zunehmend nicht mehr nur das Produkt an sich, sondern dessen gesamte Entstehungsgeschichte beurteilt, die sich auch immer häufiger auf die Kaufentscheidung auswirkt.

Ein Beispiel solcher Veränderungen ist die „Slow-Food-Bewegung“, die bereits 1986 in Italien gegründet wurde, um

51 Despommier 2011, 35.

52 Despommier 2011, 135.

53 Vgl. Despommier 2011, 20 u.71.

das Bewusstsein für qualitativ hochwertige Lebensmittel zu stärken und sich mit regionaltypischen Produkten dem globalen Fast-Food-Trend entgegenzusetzen.⁵⁴ Parallel dazu ist der Anteil der Bio-Lebensmittel und auch deren Produzenten von Jahr zu Jahr gewachsen. Bauernmärkte und Naturkostläden erleben einen neuen Aufschwung und konventionelle Supermärkte werben vermehrt mit nachhaltig erzeugten Produkten.

Auch sprachlich kann man feststellen, dass sich diese Tendenz niederschlägt. So wurden im englischen Sprachraum in den letzten Jahren Neologismen wie „foodies“ (eine Mischung aus „food“ und „goodies“) oder „locavore“ (Menschen, die regional – „local“ – erzeugte Produkte bevorzugen) in den Sprachgebrauch aufgenommen,⁵⁵ wobei „locavore“ sogar zum Wort des Jahres 2007 im „Oxford American Dictionary“ gewählt wurde.⁵⁶

Alles in allem lassen sich also gewisse Trends erkennen, die – langsam, aber doch beständig – Konsumenten im zunehmenden Maße für die Notwendigkeit eines respektvollen Umgangs mit unseren Ressourcen und unserer Umwelt sensibilisiert, und ich gehe davon aus, dass sich dieser gesellschaftliche Wandel umso schneller vollziehen wird, je ersichtlicher die Folgen unseres bisherigen Verhaltens zum Vorschein treten.

New Seasons Market

Portland/USA hat seit nunmehr 14 Jahren seine eigene private Supermarkt-Kette.

Der erste „New Seasons Market“ wurde im Jahr 2000 von drei befreundeten Familien eröffnet und verschrieb sich der Idee lokale Produkte, als auch lokale Netzwerke zu fördern. Nach dem Motto „Reduce, Reuse and Recycle“ werden Produzenten und Konsumenten aus der Umgebung unmittelbar in das Geschäftskonzept miteinbezogen.

Lokale Erzeugnisse werden besonders hervorgehoben gekennzeichnet und es werden Wege gesucht, Müll zu vermeiden oder einer Zweitnutzung zuzuführen bzw. wird er gleich vor Ort kompostiert. Der Markt unterstützt lokale Vereine und Non-Profit-Organisationen und erfreut sich in der Bevölkerung so großer Beliebtheit, dass heuer bereits die 13. Filiale eröffnet werden konnte.⁵⁷

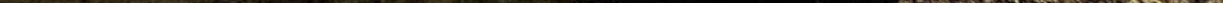
54 Vgl. Slow Food International, (Nov. 2013).

55 Vgl. Bernstein 2011, XV.

56 Vgl. Nizza 2007, (Okt. 2013).

57 Vgl. New Seasons Market, (Feb.2014).

Abb. 18
Osterinsel: Lage, Schrift und
Impressionen



2.4 Das Beispiel Osterinsel⁵⁸

„Das Fleisch deiner Mutter hängt zwischen meinen Zähnen.“⁵⁹

An dieser Stelle möchte ich anhand eines Beispiels beschreiben, was die Folgen eines nicht nachhaltigen Umgangs mit den Ressourcen unserer Erde für unsere Zivilisation sein könnten. Die Osterinsel eignet sich dafür besonders gut, da auf ihr für etwa 1000 Jahre lang eine Gesellschaft beheimatet war, die entweder gar keinen, oder sehr eingeschränkten (wirtschaftlich nicht bedeutenden) Kontakt zur restlichen Welt hatte. Die Bewohner hatten nur diese eine Insel und mussten mit ihren Ressourcen auskommen. Eine Hilfe von außen war unmöglich und ist vergleichbar mit der Situation unseres Planeten.

Das Beispiel der Osterinsel zeigt, wie Entscheidungen, die eine Gesellschaft heute trifft, kommende Generationen – vielleicht erst nach Jahrhunderten – beeinflussen kann und wie groß die Verantwortung des Menschen für seine Umwelt ist, vor allem, wenn die Natur auf Grund der dichten Besiedlung nicht mehr bedingungslos in der Lage ist, sich selbst zu regenerieren.

Die rund 160 km² große und über 3500 km von der chilenischen Küste entfernte

te Insel vulkanischen Ursprungs zählt wohl zu den isoliertesten Orten unserer Erde. Benannt nach dem Tag der ersten Landung europäischer Schiffe – dem Ostersonntag 1722 – unter der Führung des niederländischen Kapitäns Jakob Roggeveen liegt sie im Südostpazifik fernab der restlichen polynesischen Inselwelt und gehört heute politisch zu Chile.⁶⁰

Weltweit bekannt ist die Insel vor allem dank ihrer imposanten Steinskulpturen (Moai), von denen es vermutlich über 1000 gab und die noch heute in allen Stadien der Erbauung auf der ganzen Insel verstreut anzutreffen sind. Sie sind die stillen Zeugen einer einst erfolgreichen Zivilisation, die sich bereits bei der Entdeckung der Insel stark im Niedergang befunden hatte.

Der Zustand der Insel und deren Bewohner stellten die ankommenden Seefahrer vor einige Rätsel. Das Bild, das sich ihnen darbot, war jenes einer kargen, trockenen und unfruchtbaren Graslandschaft. Es gab keine Bäume höher als drei Meter, kaum Büsche und insgesamt nur sehr wenige Pflanzenarten. Gleiches galt auch für die Tierwelt. Sie fanden nur wenige Vogelarten, kaum Fische und die größten Nutztiere auf der Insel waren Hühner.

58 Vgl. Diamond 2005, 79-119.

59 Diamond 2005, 108.

60 Vgl. Wikipedia, Chile, (Mai 2013).

James Cook schrieb darüber:

„Keine Nation wird je für die Ehre kämpfen, die Osterinsel erforscht zu haben, zumal es kaum ein anderes Eiland im Meer gibt, welches weniger Erfrischungen bietet und Annehmlichkeiten für die Schifffahrt denn dieses.“⁶¹ (Logbücher der Reisen 1768–1779.)

Wie also konnten die wenigen Bewohner der Insel (zu dieser Zeit waren es laut Schätzung der Seefahrer circa 2000) unter diesen Umständen – ohne Holz, ohne Lasttiere und Hunger leidend – diese Vielzahl gigantischer Steinskulpturen kilometerweit transportieren und aufrichten?

Die Schlussfolgerung liegt nahe, dass es in den Jahren vor der Ankunft der Europäer zu drastischen Veränderungen auf der Insel gekommen ist.

Jared Diamond schreibt in seinem Buch „Kollaps“ über den Untergang verschiedener historischer Gesellschaften und stellt darin folgende These auf:

Die Osterinsel, mit ihrer geographischen Lage im Südostpazifik, dem daraus resultierenden milden subtropischen Klima und der mit fruchtbarer Vulkanasche angereicherte Boden hat eigentlich alle Voraussetzungen für eine reiche und üppig wachsende Ve-

getation. Wenn sich auch die Artenvielfalt – sowohl der Pflanzen, als auch der Tiere – durch die isolierte Lage der Insel nicht so prächtig entwickeln konnte als auf anderen polynesischen Inseln, so müssten dennoch die vorhandenen Pflanzen gut gedeihen können.

Paläontologische Untersuchungen des Erdbodens haben ergeben, dass die Insel bei der Ankunft der ersten Siedler (zw. 400 – 700 n. Chr.) reich bewaldet war und unzähligen Vogelarten als Brutstätte diente. Durch Pollenanalysen aus den Bodenfunden konnte nachgewiesen werden, dass verschiedene Baum-, Strauch- und Kräuterarten auf der Insel heimisch waren – darunter auch Verwandte der chilenischen Honigpalme, die mit 30 Metern Höhe zu den größten Palmenarten zählt – und andere Nutzpflanzen von den Siedlern mitgebracht wurden.

Nachdem nun die Ressourcen nachgewiesen wurden, um eine blühende Zivilisation zu stützen, konnte man sich auch die hohe Dichte archäologischer Funde erklären, die auf eine weitaus größere Bevölkerung schließen lassen, als man bei der Entdeckung der Insel vorgefunden hat. Die meisten Archäologen schätzen die Einwohnerzahl auf 7000. Auf Grund der Größe und Fruchtbarkeit der Insel wird aber die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bis zu 20 000 Einwohner die Insel in ihrer Blütezeit bewohnten.

61 Janssen (o.J.), (Sep. 2013).

Die Gesellschaft war in verschiedenen Ständen strukturiert und in zehn Stämme, die durch die gemeinsame Religion und Schrift miteinander verbunden waren, gegliedert. Obwohl es keine Grenzen auf der Insel gab, wurde jeder Stamm mit einem bestimmten Teil der Insel assoziiert. Trotzdem teilten sich die Bewohner die auf der Insel verstreuten Ressourcen gleichermaßen.

Durch Untersuchungen der historischen Abfallhaufen in der Nähe der Siedlungen weiß man, dass sich die Einwohner während der ersten Jahrhunderte auf der Insel durchwegs gut ernähren konnten. Eine Besonderheit stellt der sehr hohe Anteil von Delphinknochen in den Ablagerungen dar. Dies kommt daher, dass die Küste der Osterinsel einerseits meist steil ins Meer abfällt und nur an wenigen Plätzen küstennah gefischt werden konnte und andererseits das Klima zu kühl ist, um das Wachstum von Riffen und deren reichhaltige Artenvielfalt zu begünstigen.

Die Menschen halfen sich, indem sie aus den Stämmen der Honigpalmen hochseetaugliche Großkanus bauten und fernab der Küste Delphine und kleine Wale fingen. Die restliche Nahrung bestand vor allem aus verschiedenen Vogelarten, die auf der Insel brüteten und Ratten (die vermutlich von den ersten Siedlern eingeschleppt wurden). Die Osterinsel ist dabei die einzige polynesischen Insel auf der der Anteil der

gefundenen Rattenknochen größer ist als der Anteil der Fischknochen.

Die Bevölkerung entwickelte sich gut und wuchs stark an. Ab circa 1100 n. Chr. begann die Konstruktion der großen steinernen Statuen, wofür wiederum große Mengen an Holz benötigt wurden. Die Menschen auf der Osterinsel brachten damit – wahrscheinlich ohne es zu merken – eine Kettenreaktion in Gang, deren Folgen Jahrzehnte später unwiderruflich zum Zusammenbruch ihres gesellschaftlichen Systems geführt hat.

Der Holzverbrauch wuchs durch die erstarkende Zivilisation deutlich an. Man verwendete das Holz vor allem als Baumaterial, als Brennstoff und für die Konstruktion der großen Kanus und der Statuen. Dafür wurden weite Teile des Waldes (und damit der Lebensraum vieler Vögel) gerodet, was gemeinsam mit dem hohen Konsum an Vogelfleisch zur Folge hatte, dass die Zahl der wild lebenden Vögel stark zurückging. Diese hatten aber immer schon eine wichtige Rolle in der natürlichen Regeneration des Waldes übernommen, die dadurch nur noch sehr eingeschränkt vonstattenging.

Um den Verlust der Vögel als Nahrungsquelle zu kompensieren, wurden nun noch mehr Kanus gebaut um große Fische auf hoher See zu fangen. Darüber hinaus begannen die Bewohner

ab 1300 n. Chr., vor allem in den begünstigten küstennahen Tälern intensive Landwirtschaft zu betreiben. Dafür musste der Wald in diesen Regionen abgeholzt werden.

Ohne den Schutz des Waldes begann der Boden auf der Insel zu erodieren. Regenfälle und Winde vertrugen das fruchtbare Erdreich und die Ernteerträge verringerten sich.

Durch die nun veränderten Lebensumstände änderte sich auch das gesellschaftliche Zusammenleben auf der Insel. Spätestens ab 1500 n. Chr. verschwanden die Knochen der Hochseefische aus den Abfallhaufen der Inselbewohner, da vermutlich kein Holz mehr für die Konstruktion der Großkanus vorhanden war. In etwa zur gleichen Zeit stoppte auch die Konstruktion der Statuen abrupt – vermutlich aus denselben Gründen. Das erklärt, warum viele der Statuen überall auf der Insel halbfertig oder auf halbem Weg zu ihrem Ziel an Ort und Stelle zurückgelassen wurden.

Die Menschen entwickelten daraufhin eine neue, innovative Methode der Landwirtschaft. In Kleinbeeten – durch Trockenmauerwerk und Steinmulch vor Erosion geschützt – wurden die wichtigsten Nutzpflanzen kultiviert. Außerdem begann man mit einer intensiven Hühnerzucht in großen steinernen Käfigen.



Abb. 19
Moai-Statuen auf rekonstruierter Kultplattform

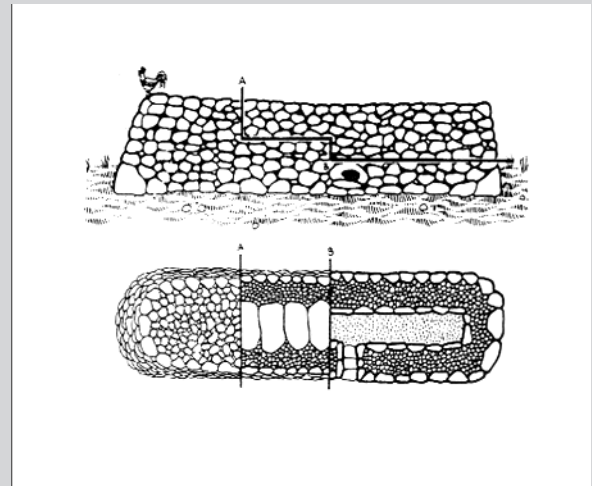


Abb. 20
Skizze eines steinernen Hühnerstalls

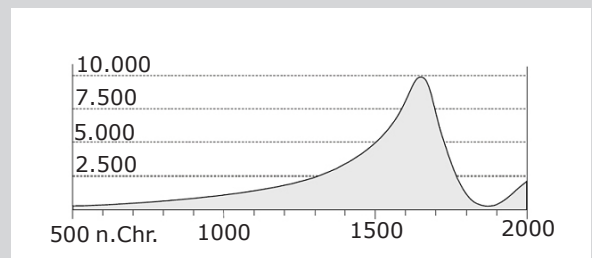


Abb. 21
Bevölkerungsentwicklung auf der Osterinsel

Trotz dieser Bemühungen konnte aber die Ernährung der Bewohner nicht ausreichend sichergestellt werden. Die Zivilisation konnte sich daher keine Personen mit gesellschaftlicher Sonderstellung (z.B. religiöse, kulturelle und weltliche Funktionäre) mehr leisten und das kulturelle Leben mitsamt den rituellen Traditionen kam zum Erliegen. Aus diesem Grund wurde auch der Ahnenkult aufgegeben und die steinernen Statuen, die ursprünglich zu diesem Zweck errichtet wurden, wurden von den Inselbewohnern nach und nach selbst umgeworfen. An dessen Stelle trat daraufhin ein Kult um den sogenannten Vogelmann – vermutlich als Reaktion auf den drastischen Rückgang der Vogelpopulation.

Als Folge der Hungersnot übernahm eine kriegerische Schicht die Führung auf der Insel und Kannibalismus breitete sich aus. Die ersten europäischen Seefahrer berichten, dass sich der Kannibalismus bereits stark in der linguistischen Tradition der Inselbewohner gefestigt hatte. So galt „Das Fleisch deiner Mutter steckt zwischen meinen Zähnen“ als die ärgste Beschimpfung, die man seinem Feind an den Kopf werfen konnte.

Um die knappen Ressourcen wurde mit Waffengewalt gekämpft, was dazu führte, dass viele Behausungen aufgegeben wurden und die Menschen sich zum Schutz in die Höhlen der Insel zurückzogen.

Somit erklärt sich auch die Situation, in der Jakob Roggeveen und James Cook die Insel vorfanden, warum ein Inselvolk kaum schwimmtaugliche Kanus bauen konnte und die Menschen aus Verzweiflung versuchten, zu den europäischen Schiffen zu schwimmen.

Das Beispiel über den Niedergang der Zivilisation auf der Osterinsel zeigt deutlich, dass solche gravierenden Veränderungen nicht von heute auf morgen geschehen, sondern langsam und für eine Generation kaum bemerkbar stattfinden, aber dennoch unweigerlich in einer Katastrophe enden. Es zeigt auch, dass die menschliche Anpassungsfähigkeit und die aus der Not geborene innovative Kreativität der Bewohner die Katastrophe lange Zeit hinauszögern, jedoch schlussendlich ohne die entscheidenden Taten zur richtigen Zeit nicht abwenden konnte.

Ob die Inselbewohner ähnliche Debatten über den Rückgang der Wälder geführt haben, wie unsere heutige Gesellschaft sie über die Auswirkungen der Klimaerwärmung, über den Einsatz gentechnisch veränderten Saatguts oder den überhöhten Energiekonsum der westlichen Welt führt, wissen wir nicht. Zu hoffen bleibt, dass unsere Generation aus solchen Beispielen lernt die warnenden Anzeichen zu deuten und – anders als die Bewohner der Osterinsel – die richtigen Entscheidungen fällt, bevor es zu spät ist und der sprichwörtliche letzte Baum gefällt wurde.



Abb. 22
Aquaponik: Kombination von Fisch-
und Gemüsezuht

3 Aquaponik

3.1 Aquaponik-Systeme als Teil der Lösung

Aus den vorangegangenen Kapiteln lassen sich demnach für die Landwirtschaft einige Schlussfolgerungen ziehen, die in Zukunft bestenfalls alle berücksichtigt werden sollten, damit die Versorgung der Menschen, das Funktionieren der ökosystemaren Dienstleistungen und damit auch eine Kräftigung des gesellschaftlichen Friedens bestmöglich unter den prognostizierten veränderten Bedingungen weiterhin sichergestellt ist. Zusammengefasst bedeutet das:

1. Die Landwirtschaft muss ihre Erträge steigern und dabei weniger Anbaufläche beanspruchen.
2. Sie muss sich dem verändernden Klima anpassen und resistenter gegen unvorhersehbare Wetterereignisse werden.
3. Nachhaltige Anbaumethoden müssen den Verbrauch von Chemikalien und die damit einhergehende Umweltverschmutzung ablösen.
4. Die Energieeffizienz muss gesteigert werden, indem die fossilen Brennstoffe durch erneuerbare Energie ersetzt werden.

5. Der Wasserverbrauch und dessen negative Auswirkungen müssen reduziert werden.
6. Eine Verkürzung der Transportwege und der Produktionsketten, sowie eine Reduktion der Abhängigkeiten sollte angestrebt werden.

Es ist nicht davon auszugehen, dass Aquaponik-Systeme alle Probleme der Landwirtschaft lösen können. Sie können aber unter gewissen Bedingungen für eine weitreichend verbesserte Versorgungslage vieler Menschen sorgen, und werden bereits heute in kleinem Maßstab dort eingesetzt, wo zumindest einer der oben genannten Aspekte die traditionelle Landwirtschaft nur im eingeschränkten Maße zulässt.

Alle oben angeführten Punkte gelten in Aquaponik-Anlagen als gelöst, da sie systeminhärente Voraussetzungen für funktionierende Aquaponik-Kreislaufanlagen sind. Nähere Informationen dazu werden im Kapitel über die Vorteile bzw. die Funktionsweise der Aquaponik-Systeme beschrieben.

3.2 Was ist Aquaponik?

Schon der Name „Aquaponik“ ist ein Hybridwort – zusammengesetzt aus „Aquakultur“ und „Hydroponik“ – und sagt bereits das Wesentliche über die Funktionsweise dieses Kreislaufsystems aus: Es verbindet die Fischzucht in Aquakultur mit der Pflanzenzucht in Hydrokultur. Beide dieser Systeme bieten an sich große Vorteile gegenüber herkömmlichen Zuchtmethoden. Doch sind es lineare Systeme, die – künstlich vom Menschen erschaffen – eine ständige Nährstoffzufuhr und Abfallentsorgung benötigen und ohne natürliches Regulativ nur geringe Toleranzgrenzen aufweisen.

Durch die Kombination erfahren beide Anlagen eine Aufwertung, da sie sich zu einem Kreislauf schließen lassen, in dem die Abfallprodukte des einen Teilsystems als wertvolle Nährstoffe im zweiten System recycelt werden.

Konkret bedeutet das, dass die im Wasser vorhandenen Fischeausscheidungen, die in der Aquakultur ständig abtransportiert werden müssen, unter Beteiligung nitrifizierender Bakterien zu Nährstoffen für das Pflanzwachstum in der Hydrokultur umgewandelt werden. Durch die Aufnahme der Nährstoffe während des Wachstums reinigen die Pflanzen wiederum das Wasser, das daraufhin in den Kreislauf zurückgeführt werden kann.

Für ein besseres Verständnis ist es hilfreich, die beiden Teilsysteme vorerst getrennt voneinander zu betrachten.

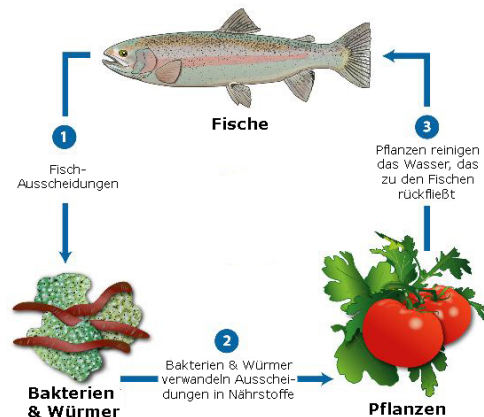


Abb. 23
Schema des Aquaponik-Kreislaufes

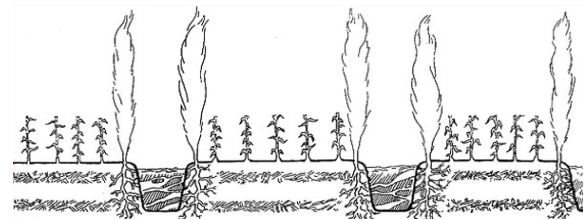


Abb. 24
Schnitt durch ein Chinampa



Abb. 25
Mexikanische Chinampas

3.2.1 Hydrokultur

Als Hydrokultur, oder Hydroponik (aus dem Griechischen: „hydro“ – Wasser, „ponos – Arbeit) bezeichnet man eine Art der Pflanzenzucht, bei der die Pflanzen in einem anorganischen Substrat, anstatt im organischen Boden wurzeln. Die Nährstoffe, die für das Pflanzenwachstum nötig sind, erhält die Pflanze über eine vom Menschen künstlich zugeführte Nährlösung, in der für jede Pflanzenart die optimierten Elemente gelöst enthalten sind.⁶²

Das Pflanzsubstrat hat dabei den alleinigen Zweck dem Wurzelstock und somit der Pflanze selbst, physischen Halt zu geben und enthält selber keine Nährstoffe und darf auch keine anderen Stoffe (z.B. Kalk) an die Nährlösung abgeben.

Der Begriff Hydroponik wurde in den 1930er Jahren von W.F. Gericke geprägt, der an der Universität von Kalifornien extensiv das Wachstum von Pflanzen und die dafür erforderlichen Nährstoffe erforschte. Das Wissen um die Pflanzenzucht ohne fruchtbaren Boden war zu seiner Zeit allerdings schon vorhanden. Gericke aber erforschte ein System, das es erlaubte, die Hydrokultur kommerziell für den Gemüseanbau zu nutzen, welches einige Jahre später, in Folge billig produzierbarer Kunststoffmaterialien und Pumpen erfolgreich eingesetzt werden konnte.

⁶² Vgl. Hydrokultur, Alles über Hydrokultur, (Mai 2013).

Entwicklung

Die ersten Untersuchungen über die Ernährung von Pflanzen wurden bereits in der Antike unternommen (Theophrastus, 372-287 v. Chr.; Dioscurides, 1. Jh. n. Chr.) und Historiker spekulieren heute über eine mögliche Verwendung der Hydrokultur in den hängenden Gärten von Babylon, doch sind Aufzeichnungen darüber rar bis nicht vorhanden.⁶³

Anders hingegen kann man auch heute noch die sogenannten Chinampas am Texcoco-See in Mexiko bewundern, die schon in präkolumbischer Zeit von den Azteken aus Platznot zur Nahrungsproduktion in den See gebaut wurden und gewissermaßen eine Form der Hydrokultur darstellen. Dabei werden Schilfmatten miteinander verflochten und mittels Holzpfählen am Seegrund befestigt. Die so entstandenen schwimmenden Inseln mit Ausmaßen von bis zu acht Mal 100 Meter werden dann mit Schlamm aus dem See und Schilf bedeckt und an den Rändern mit Weiden bepflanzt, um der Erosion entgegenzuwirken. Dadurch hatten die im Schutz der Weidenblätter und durch die ständige Feuchtigkeit des Schlammes gedeihenden Nutzpflanzen ideale Wachstumsbedingungen und es konnten vier Ernten pro Jahr eingebracht werden. Erst die geschickte Konstruktion der Chinampas ermöglichte den Aufschwung der Aztekenhauptstadt Tenochtitlán (ca. 250.000 Einwohner),

⁶³ Vgl. Resh 2013, 1.

da dadurch die Lebensmittel in direkter Umgebung der Stadt produziert werden konnten. Denn der weite Transport der Nahrung aus fruchtbareren Anbauflächen in die Stadt wäre für die Bevölkerung unmöglich gewesen, da sie Lasttiere nicht kannten und somit auf ihre Umgebung angewiesen waren.⁶⁴

Um 1600 zog der flämische Wissenschaftler und Naturforscher Jan Baptist van Helmont nach einem Experiment die damals logische Schlussfolgerung, dass eine Pflanze nur durch die Zugabe von Wasser wachsen könne und dadurch an Materie gewinnt. Fast ein Jahrhundert später, im Jahr 1699, experimentierte der Engländer John Woodward mit dem Pflanzenwachstum, indem er seine Pflanzen mit Wasser goss, in denen er eine unterschiedliche Menge an Humus löste. Er beobachtete, dass die Pflanze in der Nährlösung mit dem größten Humusanteil am besten gewachsen ist und schloss daraus, dass das Wachstum von im Wasser gelösten Stoffen abhängt und nicht vom Wasser alleine.

Der weitere Fortschritt in der Erforschung der nötigen Pflanzennährstoffe ging langsam voran. Erst die deutschen Wissenschaftler Sachs und Knop entwickelten 1860 eine Nährlösung, mit der es gelang, erstmals ganz auf die Erde als Pflanzmedium zu verzichten. Die Pflanzen wuchsen bei ihrer Methode direkt in der Nährlösung, die sie eigens dafür mit Stickstoff (N), Phosphor (P),

Schwefel (S), Kalium (K), Kalzium (Ca) und Magnesium (Mg) (sog. macroelements) anreicherten.

Mit verbesserten Labortechniken und besserem Verständnis der Chemie konnten später noch sieben zusätzliche Stoffe erforscht werden, die die Pflanzen in geringeren Mengen ebenso zum erfolgreichen Wachstum benötigen (sog. microelements). Diese sind: Eisen (Fe), Chlor (Cl), Mangan (Mn), Bor (B), Zink (Zn), Kupfer (Cu) und Molybdän (Mo). Diese Elemente bilden die Basis der Ernährung aller Pflanzen, wobei gewisse Pflanzenarten noch einige wenige zusätzliche Nährstoffe benötigen, um richtig prachtvoll gedeihen zu können.⁶⁵

Vorteile

Damit war ein fundiertes Grundwissen in der hydrokulturellen Pflanzenzucht vorhanden, aber erst in den 1920er Jahren entdeckte man ihre Vorteile in der kommerziellen Nutzung gegenüber herkömmlichen Anbaumethoden. Bis dahin musste man in der Gemüsezucht einen Großteil der Aufmerksamkeit der Pflanzenerde widmen (v.a. in Glashauskulturen), um die Fruchtbarkeit zu erhalten und Krankheitserreger zu minimieren. Das war natürlich mit hohen Kosten und viel Arbeit verbunden, die man durch die Zucht in Hydroponik erheblich verringern konnte.

64 Vgl. Mexiko Lexikon, Chinampa, (Jun. 2013).

65 Vgl. Resh 2013, 1f.

Zum großen Erfolg der Hydrokultur verhalfen schließlich zwei Faktoren, die in den folgenden Jahren immer ersichtlicher wurden: Man konnte jeder Pflanzenart exakt die Nährstoffe zukommen lassen, die zu einem optimalen Wachstum führen und erzielte damit höhere Ernteerträge als bei Kulturen in Erde, darüber hinaus war man gänzlich unabhängig von fruchtbaren Böden und verbrauchte wesentlich weniger Wasser als bei herkömmlichen Anbaumethoden. Dies wurde vor allem von der US-Armee geschätzt, die dadurch ganze Stützpunkte auf felsigen Inseln während des Zweiten Weltkrieges mit frischem Gemüse versorgen konnte.

Mit der steigenden Verfügbarkeit von günstigen Plastikmaterialien, Pumpen, Zeitschaltuhren und Steuerungseinheiten stieg auch die Zahl der wirtschaftlich genutzten Gemüseproduktion in Hydrokultur rasant an. Den „Greenhouse Vegetable Production Statistics“ (von Gary W. Hickman) zufolge wurden im Jahr 2011 weltweit auf einer Fläche von 35.000 ha Gemüse in reiner Hydrokultur produziert. Mischformen zwischen Hydroponiks und konventionellen Anbaumethoden in Glashäusern deckten 2011 weltweit eine Fläche zwischen 330.000 bis 1,2 Millionen Hektar ab. In den meisten Betrieben wird ein Großteil der Arbeitsabläufe automatisch gesteuert und überwacht und man kann sagen, dass noch nie zuvor Gemüse so effizient angebaut werden konnte.⁶⁶



Abb. 26
Tomatenanbau im Gewächshaus

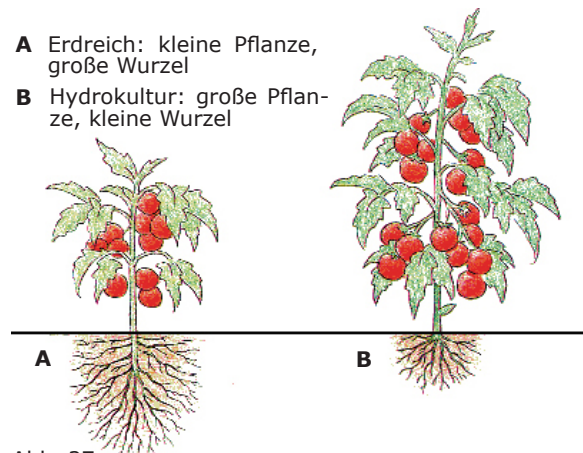


Abb. 27
Vergleich des Pflanzenwachstums in Hydrokultur bzw. im Erdreich



Abb. 28
Schematische Darstellung einer Topfpflanze in Hydrokultur

Periodensystem der Elemente
Hervorgehobene Elemente werden von Pflanzen als Nährstoffe benötigt

Abb. 29

Nachteile

Man muss aber auch erwähnen, dass die Gemüsezuht in Hydroponik einige Probleme mit sich bringt. Zum einen müssen die Nährsalze, die den Pflanzen in gelöster Form zur Verfügung gestellt werden, teilweise erst aufwändig hergestellt oder abgebaut werden, was oft auf nicht umweltfreundliche Weise geschieht (und zudem auch teuer in der Produktion ist). Außerdem gehören einige der Nährsalze zu den seltenen Rohstoffen, was sie in Zukunft nur noch teurer werden lässt. Andererseits wird die Nährlösung im System nicht wiederverwertet, sondern nach einer gewissen Zeit entsorgt, da die Pflanzen nicht alle Salze gleich gut aufnehmen und sich manche Inhaltsstoffe zu toxi-

schen Konzentrationen aufbauen und das Pflanzenwachstum einschränken. Die Nährlösung, die zum Zeitpunkt der Entsorgung aber immer noch einen großen Teil ihrer Inhaltsstoffe enthält, gelangt somit ins Abwasser und kann im weiteren Verlauf das Gleichgewicht anderer Ökosysteme beeinträchtigen. Darüber hinaus führt dieser Wechsel zu einem gesteigerten Wasserverbrauch der Hydroponik-Gärtnereien.⁶⁷

Die verschiedenen Möglichkeiten der Kultivierung von Pflanzen in Hydrokultur sind identisch mit jenen in Aquaponik-Anlagen und werden im entsprechenden Kapitel näher beschrieben.

⁶⁷ Vgl. Bernstein 2011, 4f.

3.2.2 Aquakultur

Die Aquakultur befasst sich seit mehreren tausend Jahren mit der gezielten und kontrollierten Aufzucht von im Wasser lebenden Organismen und ist – im Gegensatz zur Fischerei – seit dem 20. Jahrhundert rechtlich mit der Landwirtschaft gleichgestellt. Die Fischerei hingegen war – wie Funde von steinzeitlichen knöchernen Angelhaken zeigen – seit Anbeginn der Menschheit ein wichtiger Bestandteil des Nahrungserwerbes und lässt sich eher mit der Jagd vergleichen.⁶⁸

Man unterscheidet prinzipiell die marine Aquakultur (Marikultur) und die Binnen-Aquakultur. Da für das Aquaponik-System aber nur die Verwendung von Süßwasser in Frage kommt, weil das Salzwasser den Pflanzen schaden würde, soll in diesem Kapitel ausschließlich die Fischzucht in Binnen-Aquakulturen näher beschrieben werden.

Formen der Aquakultur

Auf die verschiedenen Formen der Aquakultur wird im Folgenden näher eingegangen. Oberste Priorität wird allerdings bei allen Arten der Fischzucht der Erhaltung der für die Fische lebensnotwendigen Wasserqualität beigemessen. Die Art und Weise wie dies erreicht wird, bildet demnach auch den wesentlichen Unterschied der diversen Systeme.

Netzgehege

Die einfachste Variante, Fische kontrolliert aufzuzüchten ist jene, bei der ein Netzgehege oder ein Käfig in ein natürliches Gewässer eingehängt wird und ist vermehrt in Asien anzutreffen. Das Gehege wird konstant von Wasser durchströmt und alle anfallenden Schadstoffe entfernt. Der Vorteil dieses Systems beruht auf seiner Einfachheit. Die Konstruktion ist billig und platzsparend, das Abfischen erfolgt durch bloßes Herausziehen des Netzes und man muss bzw. kann sich um die Wasserqualität nicht kümmern. Bei geringer Besatzdichte erhalten die Fische sogar aus dem Gewässer genug Nahrung und es muss nicht zugefüttert werden. Die Nachteile überwiegen aber erheblich, denn bekanntlich lässt die Wasserqualität der asiatischen Großgewässer sehr zu wünschen übrig und das wiederum hat beachtliche Auswirkungen auf die Qualität des darin gezüchteten Fisches. Darüber hinaus ist der dichte Fischbesatz in den Käfigen eine große Konkurrenz für die natürlichen Flussbewohner und belastet die Gewässer noch zusätzlich. Wenn die Fische gefüttert werden müssen – und das ist meistens der Fall – ist eine Kontrolle der tatsächlichen den Fischen zur Verfügung stehenden Futtermenge nur schwer möglich. Deshalb wird meist mehr Futter verwendet als eigentlich notwendig und somit verschlechtert sich die Situation, je weiter man sie flussabwärts untersucht.⁶⁹

68 Vgl. Haider 1986, 9f.

69 Vgl. Schweizer Radio und Fernsehen, 2008, (Nov. 2013).

Teichwirtschaft

Eine andere Methode Fische effizient aufzuzüchten, stellt die Teichwirtschaft dar. Sie wurde erstmals von den Römern beschrieben und ist in unseren Breiten die traditionellste Form der Aquakultur. Gerhard Haider beschreibt in seinem Buch „Nutzfische Halten“, was einen Teich von anderen Gewässerarten als Lebensraum für Tiere unterscheidet. Er meint dazu:

„Der Hydrobiologe versteht unter einem Teich ein künstliches, von Menschen angelegtes, ablaßbares [!] Gewässer, das so flach ist, dass das Sonnenlicht an alle Stellen bis zum Grund eindringen kann. Der gesamte Teichboden kann daher von festsitzenden Wasserpflanzen besiedelt werden, und die photoautotrophe Produktion läuft in allen Wasserschichten ab. Auch fehlt in der Regel eine stabile Wärmeschichtung des Wassers wie im See.“⁷⁰

Somit unterscheidet sich der Teich vom See nicht anhand seiner Größe, sondern viel mehr durch seine Tiefe, die im Teich an der seichtesten Stelle meist zwischen 60 cm und 80 cm ist und durch das Gefälle hin zum Abfluss entsprechend der Länge des Teiches auf gewöhnlich 120 cm bis 200 cm zunimmt.⁷¹

70

Haider 1986, 61.

71

Vgl. Haider 1986, 107.

In der Teichwirtschaft werden hauptsächlich zwei Teichformen unterschieden. Einerseits gibt es die Stillwasserteiche (auch Karpfenteiche genannt, da Karpfen in stehenden Gewässern mit höheren Temperaturen ihre idealen Lebensbedingungen finden) und andererseits handelt es sich um Teiche, die laufend von einer Wasserspende durchströmt werden (auch Forellenteiche genannt, da Bachläufe mit niedrigen Temperaturen und hohem Sauerstoffgehalt den natürlichen Lebensraum der Forellen darstellen).⁷²

Forellenteich

Die Wasserqualität in Forellenteichen hängt stark von der Qualität und Größe der Wasserspende ab. Das frische Wasser bereichert den Teich mit Sauerstoff, durchfließt ihn und transportiert die Schadstoffe aus den Fischausscheidungen ab. Der Teich an sich dient den Tieren dabei eher als Aufenthaltsort denn als Lebensraum und stellt kein in sich geschlossenes Ökosystem dar, sondern bedient sich des Ökosystems des Baches oder Flusses, aus dem die Wasserspende entnommen wird. Der Forellenteich bietet meist auch keinen Platz für Wasserpflanzen, die in der Lage wären, den Sauerstoffgehalt und die Wasserqualität zu regulieren und produziert auf natürlichem Weg so gut wie keine Nahrung für die Fische, sondern es muss immer zugefüttert werden.

72

Vgl. Haider 1986, 85f.



Abb. 30
Aquakultur mit Netzgehegen in Asien

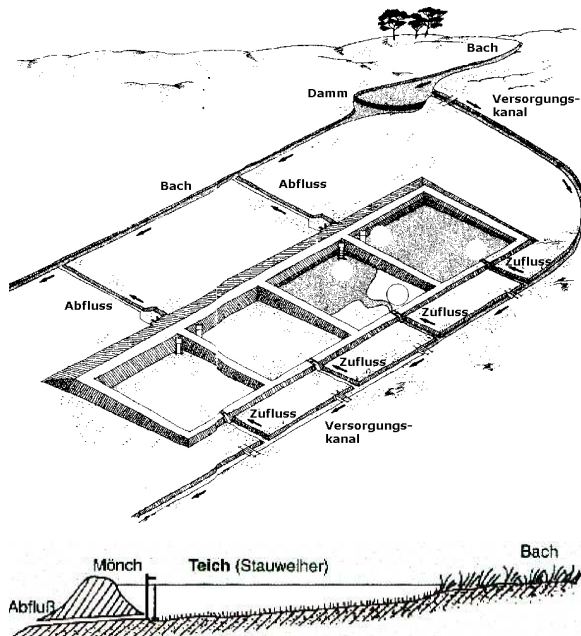


Abb. 31
Schema eines durchströmten Teiches

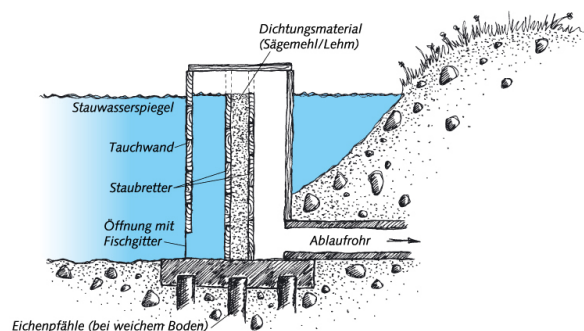


Abb. 32
Teichmönch (Abflussvorrichtung)

Daraus ergibt sich auch die Problematik, dass solche Teiche das natürliche Ökosystem des Baches, in den das Teichwasser abgeleitet wird, bei intensiver Nutzung stören können und den natürlichen Flussbewohnern im weiteren Verlauf schaden.⁷³

Karpfenteich

Als biologisch weitaus interessanter und dem Kreislaufsystem des Aquaponiks weit ähnlicher sind die Karpfenteiche zu betrachten. Diese Stillwasserteiche werden nicht konstant durchströmt, sondern es werden nur die Wasserverluste, die durch Versickern und Verdunsten entstehen, ausgeglichen. Dazu ist es notwendig, die natürliche Regenerationsfähigkeit und die Selbstreinigung des Ökosystems Teich aufrecht zu erhalten und zu fördern. Dies geschieht vereinfacht gesagt hauptsächlich durch eine ausreichende Bepflanzung der Uferzonen, durch den gezielten Aufbau eines biologisch wirksamen Teichschlammes und natürlich durch einen angemessen dichten Fischbesatz (Stillwasserteiche können nicht so dicht mit Fischen besetzt werden).

Auf die Prozesse, die notwendig sind, um in so einem Teich als auch im Aquaponik die Wasserqualität zu sichern, wird im Kapitel über die Bakterien und Würmer noch vertieft eingegangen. Man kann aber sagen, dass die Pflan-

73

Vgl. Haider 1986, 85f.

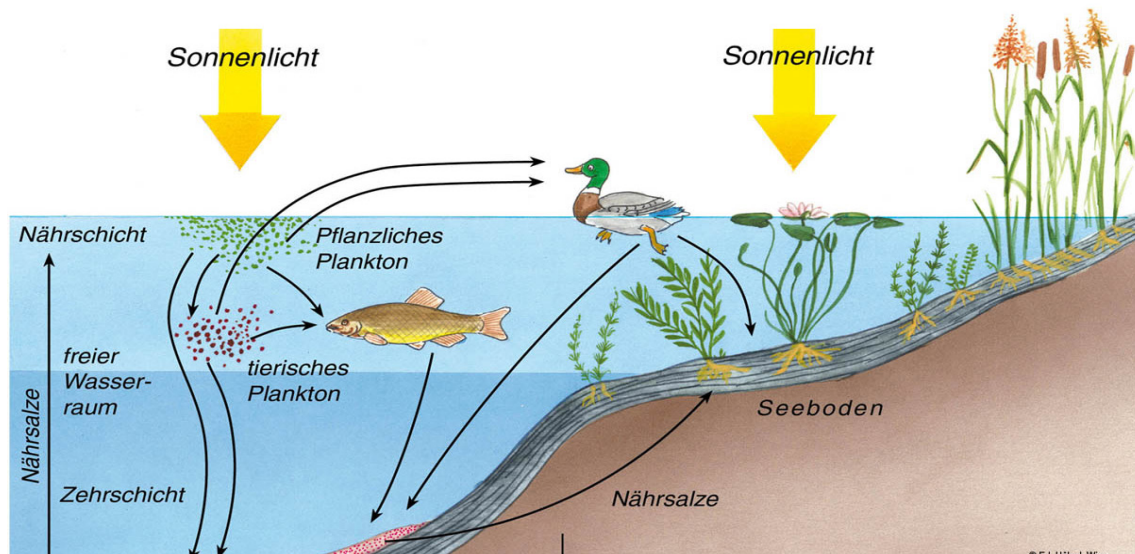


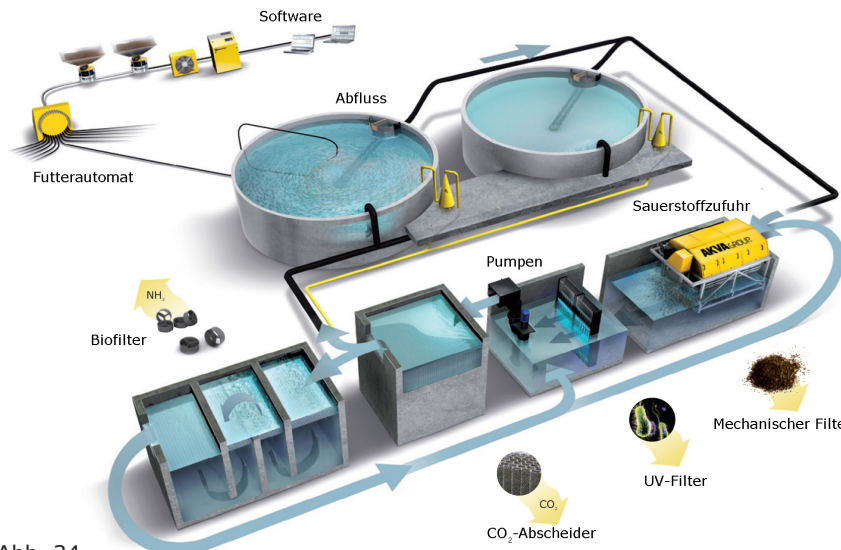
Abb. 33
Biologische Prozesse im Ökosystem Stillwasserteich

zen dem Wasser Nährsalze entziehen, es dabei von Schadstoffen reinigt und dafür durch die Photosynthese Biomasse aufbaut. Darüber hinaus bieten die Pflanzen Schutz und Lebensraum für Insekten und andere Klein- und Kleinstlebewesen, die den Fischen im Teich als natürliche Nahrungsquelle zur Verfügung stehen. Bei ausgewogenem Besatz müssen die Fische in dieser Form der Aquakultur also nicht gefüttert werden, sondern ernähren sich ausschließlich aus der Bioproduktivität des Ökosystems Teich. Die Schlammschicht am Teichgrund bietet den nitrifizierenden Bakterien das nötige Milieu, um sich auszubreiten. Sie zersetzen die anfallende abgestorbene Biomasse (Pflanzenteile, Fischeausscheidungen, tote Fische usw.) wiederum in Salze und Gase, die den Pflanzen danach als Nahrung zur Verfügung stehen. Somit schließt sich ein Kreis und die Fische

können als Endprodukt abgefishet werden.

Der Vorteil dieses Systems ist, dass es ohne großen Aufwand funktioniert, da es sich selbst stabilisiert und keine anderen Ökosysteme durch Abfallprodukte aus dem Teich gestört werden. Nachteilig wirkt sich jedoch die Tatsache aus, dass in einem Stillwasserteich vergleichsweise weniger Fische pro Kubikmeter Wasser gezüchtet werden können als in einem durchströmten Teich, da sonst das natürliche Gleichgewicht kippen würde.⁷⁴

Natürlich gibt es auch Mischformen dieser zwei Systeme in der Teichwirtschaft, die vor allem optimal an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden und für andere Fischarten beste Wachstumsbedingungen schaffen.



**Experienced growth rates
for Rainbow Trout:**
(Months from 2g to 300g.)

■ Recirculation
■ Flow through

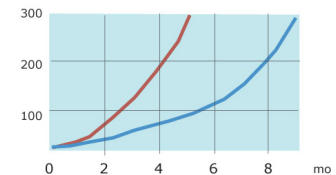


Abb. 34
Schematische Darstellung einer Kreislaufanlage

Kreislaufanlagen

In den letzten Jahrzehnten wurden in der Fischzucht auch vermehrt rezirkulierende Anlagen entwickelt und eingesetzt. Ihre Technik ist der des gewöhnlichen Aquariums sehr ähnlich und bildet gewissermaßen auch die Grundlage jedes Aquaponik-Systems.

Die Fische werden dabei in meist künstlichen Behältern oder Becken und mit sehr dichtem Besatz gezüchtet und das von den Fischen verunreinigte Wasser wird konstant durch einen Biofilter gepumpt und gereinigt. Der Biofilter funktioniert in dieser Hinsicht als Ersatz für den Teichschlamm in einem Stillwasserteich, denn in ihm finden die nitrifizierenden Bakterien optimale Lebensbedingungen und vor allem die nötige Oberfläche, um sich dort konzentriert ansiedeln und vermehren zu können. Die für die Fische giftigen Stoffe wer-

den durch die Bakterien in harmlose Verbindungen umgewandelt (die meisten darunter könnten den Pflanzen als Nahrung dienen, werden aber in diesen Systemen nicht genutzt) und das Wasser kann danach wieder zu den Fischen gepumpt werden. Festkörper werden bei diesem Vorgang aus dem Wasser ausgefiltert und können als Nebenprodukt zur Düngung verwendet werden.

Somit ist es möglich, dass täglich weniger als 10% des Wassers ausgetauscht werden muss, wodurch diese Kreislauf-Anlagen mit der Ressource Wasser am schonendsten umgehen und eine hervorragende Alternative zur gewöhnlichen Fischzucht vor allem in wasserarmen Regionen darstellen. Mit den entsprechenden Änderungen der Technik lassen sich mit dieser Methode sogar Meeresfische züchten, wodurch sich einerseits Binnenländer zukünftig autark mit Salzwasserfischen versor-

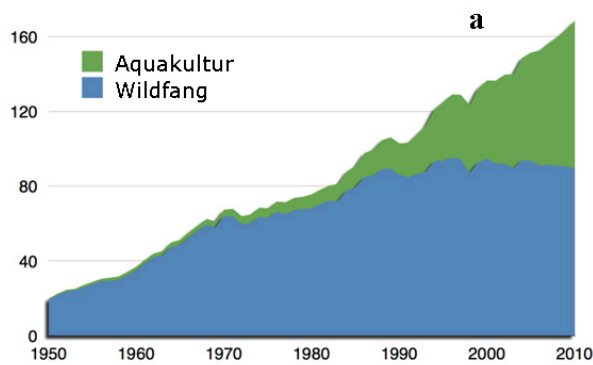


Abb. 35
Statistischer Mengenvergleich zw. Aquakultur
und Wildfang (1950-2010)

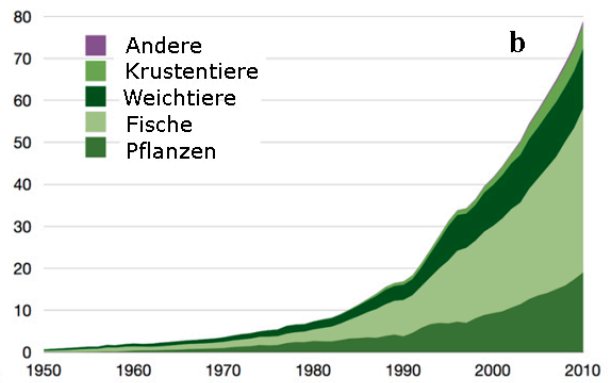


Abb. 36
Statistik der gezüchteten Arten in Aquakultur

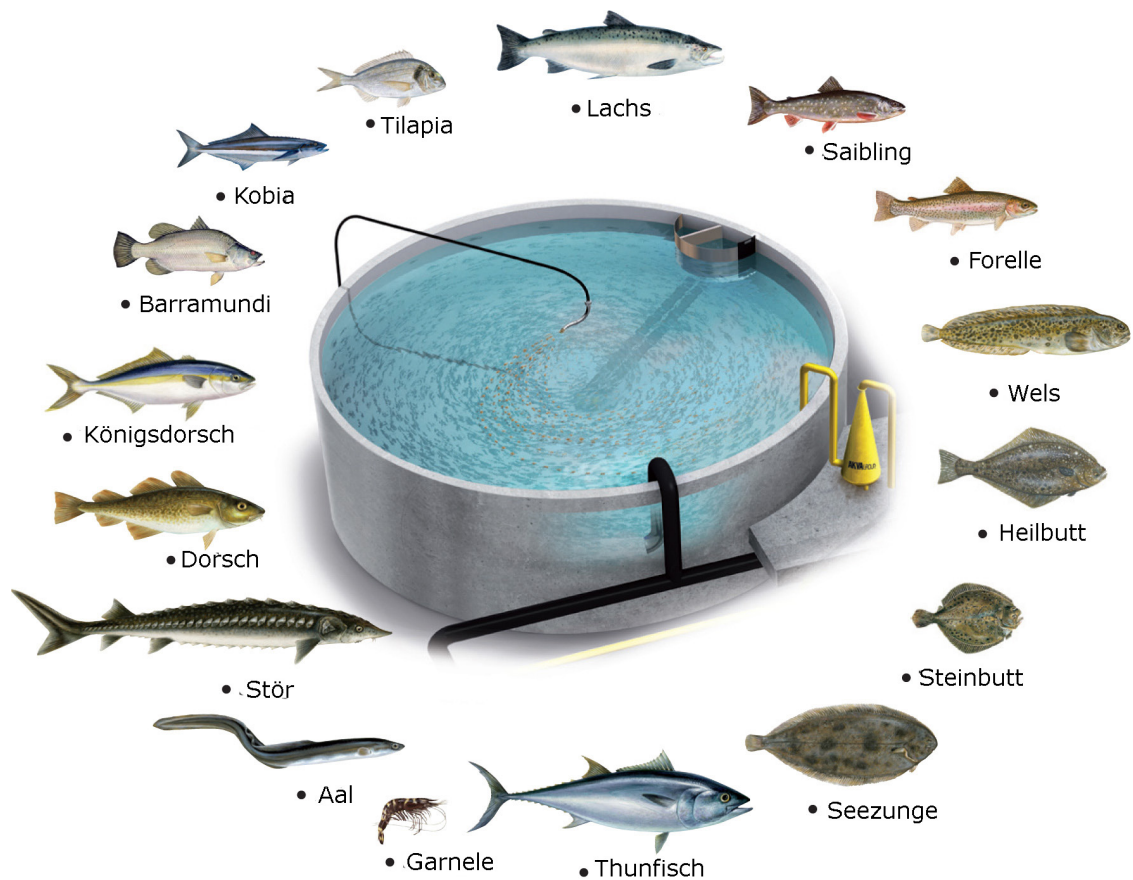


Abb. 37
Fisch- bzw. Tierarten, die sich für die Zucht in
Kreislaufanlagen bewährt haben.



Abb. 38
Indoor-fish-farming mit Kreislaufanlagen

gen und sich andererseits die schwer belasteten und überfischten Fischpopulationen in den Weltmeeren erholen könnten.⁷⁵

Ein weiterer Vorteil dieser Systeme ist, dass sie ortsunabhängig und ohne natürliche Wasserspenden quasi überall errichtet werden können (auch im städtischen Raum), was die Transportwege und Kühlzeiten erheblich verkürzt und der Fisch wirklich frisch an die Abnehmer ausgeliefert werden kann. Darüber hinaus sind die verwendeten Becken in Kreislauf-Anlagen verglichen mit Teichanlagen relativ klein, weshalb auf Änderungen in der Nachfrage bezüglich bestimmter Fischarten rasch eingegangen werden kann und sich solche Betriebe auf dem Markt bestens anpassen können.

Wesentlich ist außerdem, dass die Fische in einer ständig überwachten und

ihren Lebensbedingungen optimal angepassten Atmosphäre aufwachsen und nicht den Gefahren natürlicher Schwankungen unterworfen sind. (vgl. Indoor-fish-farming)

Nachteilig wirken sich bei dieser Form der Fischzucht der höhere Energieaufwand im laufenden Betrieb (durch Pumpen), die höheren anfänglichen Investitionskosten und der höhere Wartungsaufwand (und dafür speziell trainiertes Personal) aus, die aber durch den dichteren Fischbesatz und somit höheren Ertrag und die Möglichkeit der ganzjährigen Fischproduktion ausgeglichen werden können.

Generell kann man sagen, dass in die Forschung und großflächige Nutzung dieser Systeme weltweit große Hoffnung gesetzt wird, um in Zukunft für eine Grundversorgung aller Menschen mit tierischen Eiweißen sorgen zu können.

⁷⁵ Vgl. AGINTEC, Fischzucht-Kreislaufanlagen, (Nov. 2013).

3.3 Aufbau und Funktionsweise des Aquaponik-Systems

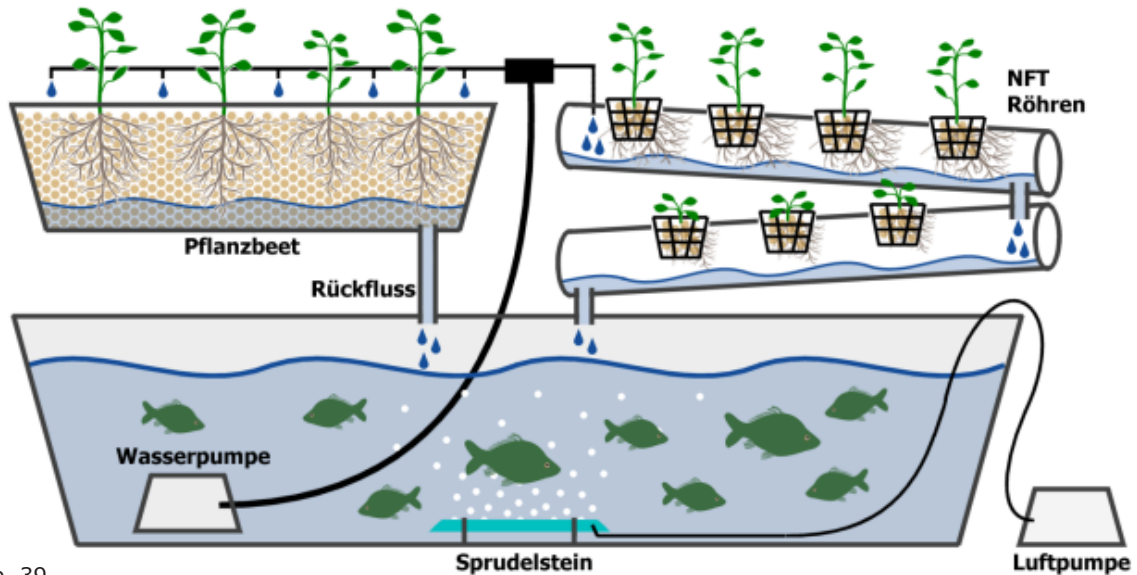


Abb. 39
Schematische Darstellung der Funktionsweise
eines Aquaponik-Systems mit Medium-Kultur
und Durchlaufauflösungskultur

Fischfutter	->	Besatzdichte der Becken	->	Fischausscheidungen	->	Benötigte Biofil- trationsleistung (Oberfläche des Pflanzmediums)	->	Gemüsebeete (Bepflanzbare Fläche)
-------------	----	----------------------------	----	---------------------	----	--	----	--------------------------------------

Aus den vorangegangenen Kapiteln geht hervor, dass jede Aquaponik-Anlage aus zwei Komponenten besteht. Nämlich aus der hydrokulturellen Pflanzenzucht und der Fischzucht in einer Kreislaufanlage. Um das Zusammenwirken beider Teilsysteme zu ermöglichen, werden bestimmte konstruktive Elemente benötigt, die den verschiedenen lebenden Organismen eine symbiotische Lebensform ermöglichen.

Im Buch „Aquaponic Gardening“ vergleicht Silvia Bernstein die konstruktiven Elemente des Aquaponik Systems mit der Hardware, und die Organismen, die diese beleben, mit der Software eines Computers. Ich möchte im Folgenden diese Unterteilung beibehalten und den Aufbau und die Funktionsweise der einzelnen Bestandteile näher beschreiben.

3.3.1 Die Hardware

Fischbecken und Gemüsebeete

Beziehung zwischen Fischbecken
und Gemüsebeeten

Die Fischbecken (engl. fish tank) und die Gemüsebeete (engl. grow bed) bilden den Kern jeder Aquaponik-Anlage und sind eigentlich separate Elemente, da aber das richtige Verhältnis zwischen der Besatzdichte im Fischbecken und der Fläche bzw. dem Volumen der als Biofilter funktionierenden Gemüsebeete essenziell ist für das Gedeihen beider Teilsysteme, können sie kaum getrennt voneinander betrachtet werden.

Das Aufrechterhalten der Balance zwischen der Menge der Fischausscheidungen und der Fähigkeit der Pflanzen, diese zu verwerten, ist die größte Herausforderung in einem Aquaponik-System. Regeln dafür gibt es nicht, da jede Fischart bzw. jede Pflanzenart unterschiedliche Anforderungen an ihr Umfeld stellt. Es hat sich aber gezeigt, dass ein System, dessen Gesamtvolumen der Fischbecken zum gesamten Volumen der Gemüsebeete im Verhältnis 1:1 steht, bereits stabil funktioniert. Um eine höhere biologische Stabilität durch stärkere Filtration zu erreichen, kann dieses Verhältnis auf 1:2 (und geringfügig darüber hinaus) erhöht werden.⁷⁶

Größte Aufmerksamkeit muss diesem Gleichgewicht bei jeder Art der Intervention zukommen gelassen werden. Es ist zu beachten, dass z.B. junge Fische weniger fressen und dadurch weniger Nährstoffe in das System einbringen oder beim Abernten eines Gemüsebeets, dessen Fähigkeit der Filtration erheblich beeinträchtigt wird. In Silvia Bernsteins Buch „Aquaponic Gardening“ steht darüber, dass im Idealfall Fische und Pflanzen gemeinsam aufwachsen, wodurch das Angebot und die Nachfrage an Nährstoffen gemeinsam gesteigert werden.⁷⁷

Meiner Meinung nach wäre es ratsam, die Diversität im System zu erhöhen. Das würde bedeuten, dass mehrere Fischbecken mit Fischen unterschiedlichen Alters besetzt werden und mehrere Gemüsebeete mit unterschiedlichen Pflanzen (und Ernteperioden) bepflanzt werden. Durch diese Vielfalt würde das gesamte System gestärkt werden und die Ernte der Fische als auch der Pflanzen könnte kontinuierlich erfolgen, ohne die gesamte Anlage weitgehend zu belasten, da im Ganzen gesehen immer nur ein kleiner Teil aus dem System entfernt würde.

76 Vgl. Bernstein 2011, 70f.

77 Vgl. Bernstein 2011, 90.

Fischbecken

Ausgehend von der nötigen Anzahl an Fischen – um die Gemüsebeete mit genügend Nährstoffen zu versorgen – wird das Wasservolumen berechnet. Die Form der Becken sollte so gewählt werden, dass sie eine möglichst große Wasseroberfläche aufweisen, da dadurch der Gasaustausch gefördert wird und das Wasser besser mit Sauerstoff angereichert werden kann.⁷⁸

Runde Becken haben den Vorteil, dass es keine strömungsbedingten „toten Zonen“ gibt, in denen sauerstoffarmes Wasser lange verweilt, wohingegen rechteckige Langstrombecken um bis zu 20% platzsparender gegenüber Runden angeordnet werden können. Diese können außerdem mit einem Schrägboden ausgestattet sein, wodurch ein selbstreinigender Effekt eintritt. Wegen der linearen Durchströmung des Beckens schichtet sich das Wasser mit unterschiedlichen Sauerstoffsättigungen (geringste Sättigung beim Abfluss), weshalb sich die Fische ihre Position gemäß ihren Bedürfnissen wählen können. Die Strömung hat darüber hinaus den Effekt, dass die Fische – wie in ihrem natürlichen Umfeld – ständig gegen den Strom anschwimmen müssen, wodurch sie mehr Muskelmasse und weniger Fett aufbauen und insgesamt schmackhafter werden.⁷⁹

Die Fischbecken sollten so positioniert werden, dass sie auf keinen Fall dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt sind. Viele der kommerziellen Fischzuchtbetriebe, die mit Kreislaufanlagen arbeiten, verzichten sogar gänzlich auf Tageslicht in ihren Zuchtbecken, da die meisten der gezüchteten Fischarten vor Tageslicht flüchten und in natürlichen Gewässern in den unteren Wasserschichten beheimatet sind oder sich mit Vorliebe unter Wasserpflanzen verstecken um vor möglichen Angreifern im Verborgenen zu bleiben. Zu viel Licht bedeutet also unnötigen Stress für die Fische und fördert zudem das Wachstum von Algen, die in weiterer Folge mit großem Aufwand aus dem System beseitigt werden müssen, da sie sonst die Rohre und Leitungen verstopfen und durch das Ausbleiben der Filtration sich die Wasserwerte schon nach kurzer Zeit kritisch verschlechtern.⁸⁰

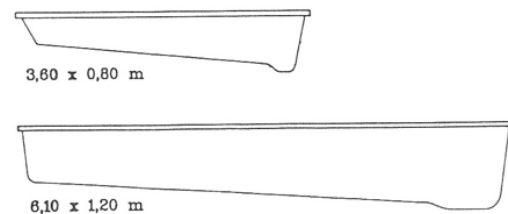


Abb. 40
Schnitt durch ein Langstrombecken

⁷⁸ Vgl. Bernstein 2011, 76.

⁷⁹ Vgl. Mermaid-Aquaculture, (Okt. 2013).

⁸⁰ Vgl. Bernstein 2011, 77.

Gemüsebeete

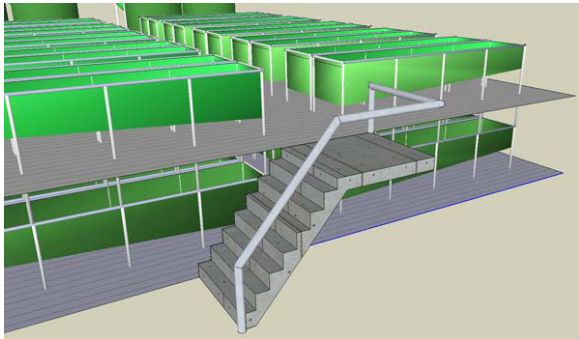


Abb. 41
Optimale Raumnutzung



Abb. 42
Langstrombecken



Abb. 43
Grow bed für Medium-Kultur

Man unterscheidet grundsätzlich 3 verschiedene Arten, Gemüse in einer Aquaponik-Anlage anzubauen. Einerseits gibt es die Medium-Kultur und andererseits die Lösungskultur, die sich wiederum in eine statische Lösungskultur und eine Durchlauf-Lösungskultur unterteilen lässt. (siehe Kapitel Kultivierungsformen)

Im Gegensatz zur Hydrokultur kann eine Aquaponik-Anlage aber niemals ohne Medium-Kultur funktionieren. Nur im porösen Pflanzmedium finden die nitrifizierenden Bakterien die nötige Oberfläche, um eine genügend große Population aufzubauen, die mit Hilfe der Kompostwürmer den Filtrierungsprozess des Wassers erst ermöglichen. (siehe Kapitel Bakterien und Würmer)

Das Wasser aus den Fischbecken muss also zuerst in ein Medium-Gemüsebeet geleitet werden. Dort werden die Fischausscheidungen von den Würmern und Bakterien in Nährsalze für die Pflanzen umgewandelt. Ein Teil der Nährsalze wird dort auch direkt von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen, was zur Reinigung des Wassers beiträgt. Erst im Anschluss kann das Wasser in ein Lösungskultur-Becken geleitet werden. Der Vorteil dieser Kombination besteht darin, dass die Lösungskultur einerseits leichter zu bewirtschaften ist und andererseits das Wasser eine zusätzliche Reinigungsphase durchläuft.

Zonierung im Gemüsebeet

Zone 1 - Trockenzone

Die obersten 5 cm des Pflanzsubstrats bleiben trocken und wirken als eine Art Schutzschicht für die darunterliegenden Wurzeln. Algenwachstum und Wurzelkrankheiten können damit vermieden werden.

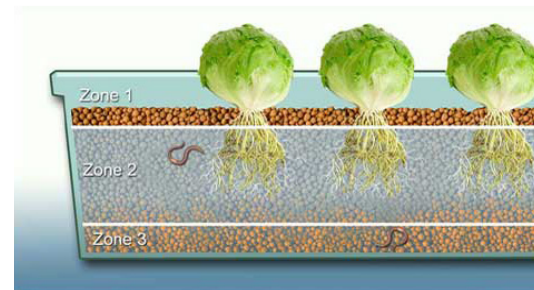
Zone 2 - Wurzelzone

In den nächsten 15-20 cm findet das meiste Wurzelwachstum statt. Während jeder Flut-Phase füllen sich die Zwischenräume mit dem Fischwasser und die Nährstoffe werden gleichmäßig verteilt. In der Ebbe-Phase saugt das abfließende Wasser Luft in die

Zwischenräume, was zu einer optimalen Sauerstoffversorgung der Wurzeln führt. Die Würmer sind hauptsächlich in dieser Zone aktiv.

Zone 3 - Ablagerungszone

Festkörper lagern sich in den untersten 5 cm des Beetes ab und werden mineralisiert.



Die Breite der Becken sollte 110 - 120 cm nicht überschreiten, um die Erreichbarkeit aller Pflanzzonen zu gewährleisten. Die Länge kann stark variieren und sollte sich den Volumenberechnungen des Systems anpassen. In der Medium-Kultur haben sich Becken mit 30 cm Tiefe bewährt. Diese Tiefe ist ausreichend, um den meisten Pflanzen den nötigen Halt zu geben und unterstützt den Aufbau einer strapazierfähigen Bakterien- bzw. Wurmpopulation, die sogar die Feststoffe (abgestorbene Wurzeln, Reste der Fischeausscheidungen) in ihre Bestandteile zersetzen und in den Kreislauf zurückführen, weshalb diese Becken so gut wie niemals gereinigt werden müssen.⁸¹

Pflanzsubstrat

Das Pflanzsubstrat in Aquaponik-Anlagen übernimmt – wie bereits erwähnt – zweierlei Aufgaben: Es bildet den Raum für das Wurzelwachstum und stützt somit die Pflanze und darüber hinaus ist es der Lebensraum der nitrifizierenden Bakterien, sowie der Kompostwürmer und wirkt somit als Biofilter für das Wasser.⁸²

Gegenüber der Hydrokultur – in der keine nitrifizierenden Bakterien benötigt werden und keine Fische in der Nährlösung gezüchtet werden – ist die Wahl der Pflanzsubstrate etwas eingeschränkt.

81 Vgl. Bernstein 2011, 75.

82 Vgl. Bernstein 2011, 110.

Ein wichtiges Kriterium bei der Wahl des Pflanzmediums ist seine Fähigkeit Wasser zu speichern. Diese wird bestimmt von der Form, Größe und Porösität der einzelnen Körner. Gleichzeitig muss es für eine ausreichende Drainage sorgen, damit es zu keinem Feuchtigkeitsstau kommt und die Wurzeln mit genügend Sauerstoff versorgt werden. Außerdem darf es keine für das System giftigen Substanzen beinhalten (z.B. Meersalze in Kokosfasern), den pH-Wert der Nährlösung nicht verändern (z.B. kalkhaltiges Gestein) und sollte eine ausreichende Festigkeit aufweisen, da es sich sonst mit der Zeit abnützen, Leitungen verstopfen und zu einem Nässestau führen kann. Bei Produkten wie z.B. Kokosfasern, Reishüllen oder Holzflocken ist darauf zu achten, dass diese mit der Zeit biologisch abgebaut werden, was wiederum den pH-Wert verändern kann und somit die Fische gefährdet.⁸³

Ein wesentliches Kriterium für das Bakterienwachstum ist die spezifische Oberfläche (specific surface area, SSA, m^2/m^3) des Substrats. Diese sollte in Aquaponik-Anlagen möglichst groß sein, da sich die Bakterien vor allem in einem Mikrofilm an der Oberfläche des Substrats befinden und das gesamte System durch eine große Bakterienpopulation gestärkt wird.⁸⁴

Diese Bakterien sind grundsätzlich überall vorhanden, müssen in einer Aquaponik-Anlage aber besonders be-

handelt werden, da durch den dichten Fischbesatz die natürlichen Oberflächen im System nicht ausreichen würden, um das Ansiedeln einer genügend starken Bakterienpopulation gewährleisten zu können. Deshalb ist es notwendig, über die innere Oberfläche des Pflanzsubstrats zusätzliche Flächen zu gewinnen, die dann als eine Art Biofilter den – im Vergleich zu einem natürlichen Gewässer – hohen Fischbesatz ausgleichen. (siehe Kapitel Bakterien und Würmer)

Die häufigsten Pflanzsubstrate in Aquaponik-Gemüsebeeten sind Blähton, Lavasteine, Kies, Flussteine, Perlit, Vermiculit und Kokosfasern. Jedes dieser Materialien hat seine Vor- und Nachteile und sie können auch untereinander vermischt verwendet werden.⁸⁵

Neuere Versuche haben außerdem ergeben, dass sich Holzkohle, die in das Pflanzsubstrat eingebracht wird, positiv auf das ganze System auswirkt.⁸⁶ (vgl. Terra Preta im Amazonasgebiet) Mit einer inneren Oberfläche von 50 bis 80 m^2 je Gramm bietet sie immens viel Platz für das Bakterienwachstum und durch ihre – auch medizinisch angewandten – Absorptionseigenschaften entzieht sie dem Wasser Farb- und Geruchstoffe, vor allem aber Kalk und Metalloxide ohne dabei die Bakterien, Pflanzen oder Fische zu beeinträchtigen.⁸⁷

83 Vgl. Resh 2013, 89f.

84 Vgl. Bernstein 2011, 112.

85 Vgl. St-Charles, (Okt. 2013).

86 Vgl. The Aquaponic Gardening Community 2010, (Okt. 2013).

87 Vgl. Wikipedia, Holzkohle, (Okt. 2013).

Bezeichnung	Dichte	Körnung	wiederverwendbar	Passierbar für		geeignet zur		
	(kg/m ³)	(mm)	ja/nein	Luft	Wasser	Aussaat	Anzucht	Kultivierung
Blähton	300-500	8-16	ja	++	++	-	o	++
Kies	1500	6-20	ja	++	++	-	+	++
Sand	1500	0,06-2	ja	-	++	++	+	-
Kokosfaser	500-1150	N/A	bedingt	+	++	++	+	+
Steinwolle	22-200	N/A	bedingt	+	++	++	+	o
Perlit	60-110	0,5-2,5	ja	++	++	+	+	+
Holzkohle	<450	variabel						

Abb. 44

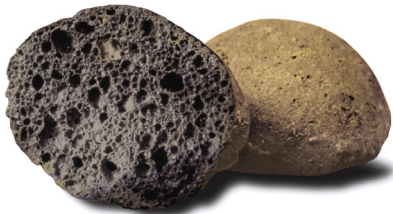


Abb. 45
Blähton



Abb. 48
Kokosfaser



Abb. 46
Steinwolle



Abb. 49
Vermiculit



Abb. 47
Perlit

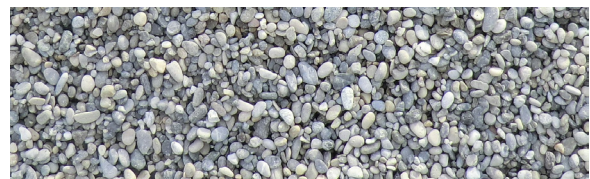


Abb. 50
Kies

Absetzfilter, Zyklonfilter

Die im Wasser enthaltenen Feststoffe (Futterreste, Fischeausscheidungen) stellen bei kleineren Aquaponik-Anlagen kein Problem dar. Sie gelangen mit dem Wasser in das Gemüsebeet, werden dort von den Kompostwürmern und heterotrophen Bakterien zersetzt und liefern dabei zusätzliche Nährstoffe für die Pflanzen.⁸⁸

In großen Mengen (z.B. bei größeren Anlagen mit höherer Fischbesatzdichte) stellen diese Feststoffe allerdings ein gewisses Risiko dar. Sie können sich an den kleinen Ausströmöffnungen der Rohre festsetzen und diese blockieren. Außerdem kann nicht zur Gänze gewährleistet werden, dass die Würmer und Bakterien mit dem restlosen Zersetzen aller Feststoffe Schritt halten können, da das – im Vergleich zur Filtration der nitrifizierenden Bakterien – ein längerfristiger Prozess ist, und den Betrieb erheblich stören könnte.

Deshalb ist dafür Sorge zu tragen, dass ein Teil der Feststoffe aus dem System entfernt wird, bevor das Wasser die Gemüsebeete erreicht. Dies geschieht am besten durch einen Zyklonfilter. Dieser ist so aufgebaut, dass das Wasser tangential in eine runde Trommel einläuft und dabei einen schwachen Wirbel erzeugt. Durch die Fliehkraft werden die im Wasser befindlichen festen Bestandteile nach außen an die Wand gedrückt und sinken dort nach unten. Der Boden

der Trommel verjüngt sich dabei kegelförmig nach unten, so dass sich die Feststoffe zentral am untersten Punkt sammeln. Dort können sie im System verbleiben und werden von den heterotrophen Bakterien weiterhin zersetzt und gelangen als im Wasser gelöste Nährstoffe zu den Pflanzen.⁸⁹

Sollten sich mit der Zeit zu viele dieser Feststoffe im Filter sammeln, können sie über ein Ventil mit geringen Wasserverlusten vom untersten Punkt des Filter abgelassen werden und als biologisches Düngemittel weiterverwendet werden.

Das gereinigte Wasser verlässt den Filter durch einen zentral angebrachten Überfluss und gelangt in weiterer Folge zu den Gemüsebeeten.

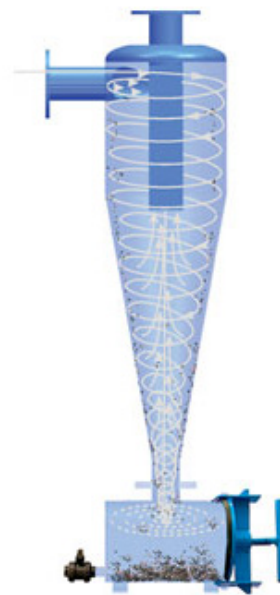


Abb. 51
Zyklonfilter

88 Vgl. Bernstein 2011, 178.

89 Vgl. Wikipedia, Hydrozyklon, (Okt. 2013).

Wasserspeicher

Der Wasserspeicher (engl. „sump tank“) bildet den tiefsten Punkt der Aquaponik-Anlage und seine Notwendigkeit ergibt sich aus der logischen Konsequenz des Volumenverhältnisses zwischen der Summe aller Fischbecken und Gemüsebeete (die im Ebbe-und-Flut-Prinzip betrieben werden).

Wenn bei größeren Anlagen die Relation zwischen Fischbecken und Gemüsebeet 1:1 überschreitet, bedeutet das, dass bei einer Flutung der Gemüsebecken nicht mehr genügend Wasser für die Fische übrigbleibt. (Beim Volumenverhältnis 1:1 ist das Volumen des Pflanzsubstrats im Becken abzuziehen, weshalb in der Regel der Wasserverlust im Fischbecken durch geringere Besatzdichten ausgeglichen werden kann.)

Der Wasserspeicher ist demnach notwendig, um die durch „Ebbe und Flut“ bedingten Schwankungen des Wasserpegels zu kompensieren und diese dadurch nicht auf das Fischbecken zu übertragen.⁹⁰

Verrohrung und Pumpen

Die Verrohrung einer Aquaponic-Anlage mag auf den ersten Blick vielleicht etwas uninteressant wirken, zählt aber dennoch zu ihren wichtigsten Bestandteilen, da schon ein kleiner Fehler in der Verrohrung zum Verlust der ge-

samten Anlage führen kann. Selbst die kleinsten Anlagen können zwar ohne Zyklonfilter oder Wasserspeicher funktionieren, niemals aber ohne die richtigen Rohrleitungen.

Essentiell bei jeder Aquaponik-Installation ist, dass man alle Teile abnehmen und reinigen kann, und somit angelagerte Schwebeteilchen und Algen entfernt werden können, bevor sie die Leitungen verstopfen.⁹¹

Um zu verhindern, dass die Fischbecken bei einer Störung des Systems (undichtes oder verstopftes Rohr, Ausfall einer Pumpe oder Zeitschaltuhr, usw.) leerlaufen, sollte immer darauf geachtet werden, dass das Wasser in das Fischbecken gepumpt wird oder durch die Schwerkraft zu den Fischen zurückrinnt. Niemals sollte der Kreislauf damit beginnen, dass das Wasser aus den Fischbecken weggepumpt wird. Falls eine Störung eintritt, können die Fische im stehenden Wasser lange genug überleben, bis der Fehler behoben wurde. Wenn aber der Kreislauf unemerkt gestört wird und das Wasser von den Fischen weggepumpt wird, ist eine Korrektur nahezu unmöglich.

Weiters sollte man bedenken, dass jede Pumpe und jedes elektrische Ventil einen potenziellen Störfaktor darstellt. Deshalb ist es ratsam, das System so auszulegen, dass möglichst wenige

90 Vgl. The Aquaponic Source, (Okt. 2013).

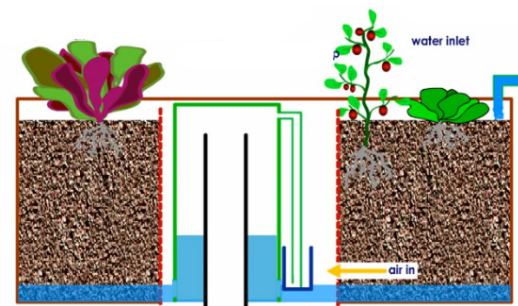
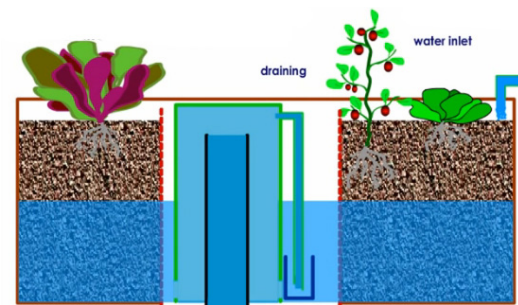
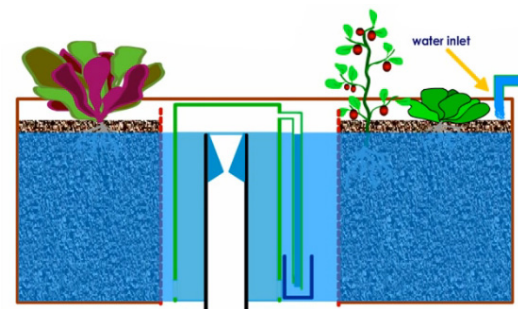
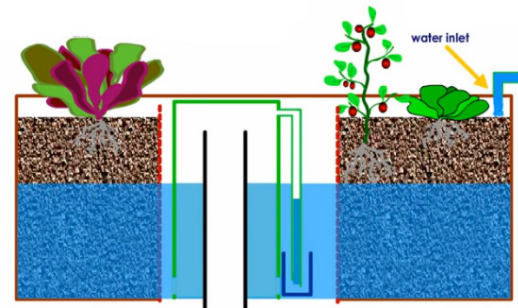
91 Vgl. Bernstein 2011, 94f.

Pumpen verwendet werden müssen. Es ist zudem besser, eine Pumpe mit geringer Leistung 24 Stunden pro Tag laufen zu lassen, als eine Pumpe mit höherer Leistung ständig über eine Zeitschaltuhr an- und abzuschalten, da dies ihre Lebensdauer verkürzt und die Zeitschaltuhr als eine weitere Fehlerquelle in das System einbringt.

Um den „Ebbe-und-Flut-Rhythmus“ trotz durchlaufender Pumpe zu bewerkstelligen, empfiehlt sich der Einsatz eines Autosiphons. Dieser wird am Abfluss des Gemüsebeets installiert und regelt automatisch und zuverlässig die Flutung der Beete.⁹²

Die Leistung der Pumpe sollte optimalerweise danach ausgelegt werden, dass sie das gesamte Wasservolumen innerhalb einer Stunde umwälzen kann.

Zuletzt sollte noch einem kleinen Detail der Einlaufdüsen die Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wo immer Wasser in einen Behälter oder ein Becken fließt, ist es vorteilhaft, wenn dies aus einer gewissen Höhe geschieht und das Wasser auf mehrere Düsen verteilt wird. Dadurch fördert man den Gasaustausch und der Sauerstoffgehalt im Wasser wird erhöht, was die biologische Stabilität des Systems stärkt und den Einsatz elektrischer Luftpumpen minimiert.⁹³



92 Vgl. Bernstein 2011, 101.

93 Vgl. Bernstein 2011, 106.

Abb. 52
Funktionsweise des Autosiphons

3.3.2 Die Software
Die Fische

Fische haben als kaltblütige Lebewesen eine ganz besondere Eigenschaft: Sie übernehmen die Umgebungstemperatur als ihre Körpertemperatur. Das heißt, sie verbrauchen keine Energie, um ihre Körpertemperatur zu halten. Das ist mitunter einer der Gründe, warum sie ihre Körpermasse sehr effizient aufbauen können. Säugetiere verbrauchen unter gewissen Umständen im Vergleich dazu circa 80% der eingenommenen Kalorien, um ihre Körper ideal zu temperieren.

Ein anderer Grund, aus dem Fische ausgezeichnete Nahrungsverwerter sind, ist, dass sie vom Wasser getragen werden und daher nur einen geringen Anteil ihrer Energie für den Stützapparat aufwenden müssen. Durch diese Vorteile haben Fische eine Futterverwertung (engl.: feed conversion ratio) – ein Verhältnis von gewonnener Körpermasse zu eingenommenen Futter – von rund 1:1,5⁹⁴ im Vergleich zu z.B. Rindern oder Schafen mit rund 1:10.⁹⁵ Diese Eigenschaften machen Fische bei stets steigender Nahrungsmittel-Nachfrage zu idealen Eiweißlieferanten.

Hinzuzufügen ist, dass Süßwasserfische – und in diesem Kapitel sollen nur diese betrachtet werden, da Salzwasserfische für eine gewöhnliche Aquaponik-Anlage ungeeignet sind – eine

relativ große Temperaturltoleranz aufweisen, innerhalb derer Grenzen sie überleben können.⁹⁶ Es gibt aber für jede Fischart bestimmte Temperaturen, in denen sie besonders gut gedeiht. Man unterscheidet dabei hauptsächlich Warmwasserfische (z.B. Tilapia) von Kaltwasserfischen (z.B. Koi, Goldfische). Demnach sind die im Aquaponik gezüchteten Fischarten immer mit den bevorzugt gezüchteten Pflanzen übereinzustimmen, da die Wurzeln der Pflanzen direkt mit dem Fischwasser in Kontakt stehen, und Studien bereits belegt haben, dass die Temperatur an den Wurzeln der Pflanzen größeren Einfluss auf das optimale Wachstum hat als die Umgebungstemperatur der Luft.⁹⁷

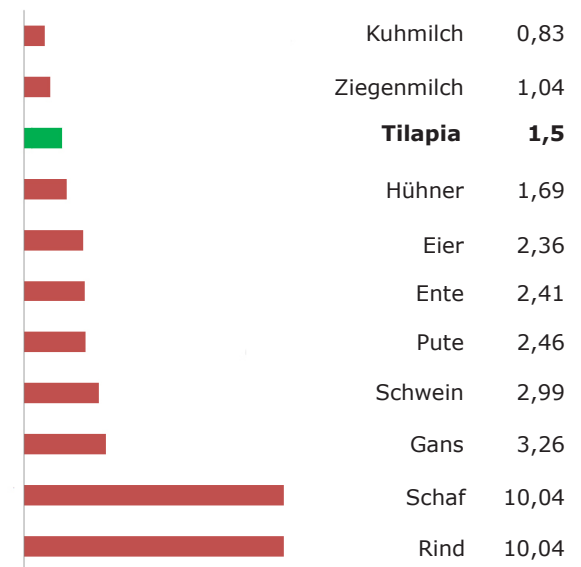


Abb. 53
Futterverwertung für tierische Produkte

94 Vgl. Bernstein 2011, 139.
95 Vgl. Salmon Farm Science 2012,(Nov. 2013).

96 Vgl. Bernstein 2011, 140.
97 Vgl. Diver 2002,(Okt. 2013).

Trotzdem kann nicht jede Fischart in Aquaponik-Anlagen gezüchtet werden, da nicht alle Arten gleich auf die Bedingungen im Fischbecken reagieren (dichter Fischbesatz, wenig Platz, keine Versteckmöglichkeiten). Die meisten Schwarmfische haben damit aber keine Probleme. Zur Zeit werden bereits hauptsächlich folgende Fischarten (bzw. Krustentiere) in Hobby-Aquaponik-Anlagen bzw. in Aquakultur-Kreislaufanlagen erfolgreich gezüchtet: Tilapia, Afrikanischer Wels, Europäischer Wels, Forelle, Pacu, diverse Barscharten, Goldfische, Koi sowie Garnelen und Süßwasser-Hummer.⁹⁸

Die Wahl der Fischart hängt zudem von der Verwendung der Fische (Nahrungsmittel bzw. Zierfischzucht) und der Verfügbarkeit des Futters ab. Man unterscheidet hier zwischen Karnivoren (also Fleischfressern) und Omnivoren (Allesfresser). Karnivore Fischarten (z.B. Forellen, Barsch udg.) brauchen ein Futter mit hohem Proteingehalt, wohingegen omnivore Fische (z.B. Tilapia, Wels, Pacu, Koi oder Goldfisch) ein vielfältigeres Nahrungsangebot annehmen. Dabei ist zu bedenken, dass das Futter für Karnivoren zu einem großen Anteil aus Fischmehl gewonnen wird und demnach indirekt den Hochsee-Fischfang mit allen seinen Konsequenzen unterstützt, während ein

überdurchschnittlicher Bestandteil des Futters für Omnivoren sogar selbst gezüchtet werden kann.⁹⁹ (siehe Kapitel Fischfutter)

Zu den Besatzdichten lassen sich allgemein nur schwer konkrete Angaben machen. Sie sind abhängig von der Art der Fische und ihrem Verhalten, ihrer Größe bzw. ihrem Alter und auch von der Beschaffenheit des Fischbeckens, der Temperatur und dem Sauerstoffgehalt des Wassers sowie der Filtrationsleistung der Gemüsebeete. Als Faustregel für Hobby-Aquaponik-Anlagen gilt laut Silvia Bernstein, dass 500 Gramm Fisch in 20 bis 40 Liter Wasser gehalten werden sollen. Wobei hier angenommen wird, dass die Zuchtfehler von Laien durch geringere Besatzdichten besser kompensiert werden können. In professionellen Aquakultur-Kreislaufanlagen kann man bereits einen gesteigerten Besatz von 500 Gramm Fisch pro sechs Liter Wasser finden.¹⁰⁰

Da die Fische in diesem System immer die Nährstoffe für die Pflanzen produzieren, muss der Fischbesatz an die Pflanzen, deren Bedürfnisse und Wachstumsstadien angepasst werden, um die nötige Balance zwischen gewonnenen Nährstoffen und Filtrationsleistung der Pflanzen gewährleisten zu können.

98 Vgl. Bernstein 2011, 136f.

99 Vgl. Bernstein 2011, 141.

100 Vgl. Bernstein 2011, 134.



Abb. 54

Tilapia

Buntbarsch

Ruhige Flüsse, Seen, Kanäle

Ursprünglich Afrika, v.a. im Nil

Max. zw. 60-70 cm

Omnivor

Zw. 13,5-33°C, opt. 25-30°C

Maulbrütler



Abb. 55

Zander

Barschartige

Langsam fließende Flüsse und Seen

Von Nordeuropa bis zur nördlichen Türkei

Zw. 40-50 cm, max. 130 cm

Carnivor

Opt. zw. 12-15°C

Eiablage in Laichgrube



Abb. 56

Pacu

Salmmler, Sägesalmmler

Langsam fließende Ströme

Südamerika, Amazonas, Orinoko

Max. 108 cm

Omnivor

Min. 20°C, opt. zw. 26-28°C

Eiablage in Laichgrube



Abb. 57

Afrikanischer Wels

Welsartige (Raubwelse)

Ruhige warme Fließgewässer, Teiche und Seen

Afrika, Vorder- und Westasien

Max. 170 cm

Carnivor

Opt. zw 20-30°C

Eiablage



Abb. 58

Forelle

Salmler (Lachsartige)

Sauerstoffreiche kalte Gebirgsbäche und Seen

Ursprünglich aus Europa, Afghanistan, Iran, Libanon, Atlasgebirge

20-35 cm, max. 80 cm

Carnivor

Max. 20°C

Eiablage in Laichgrube

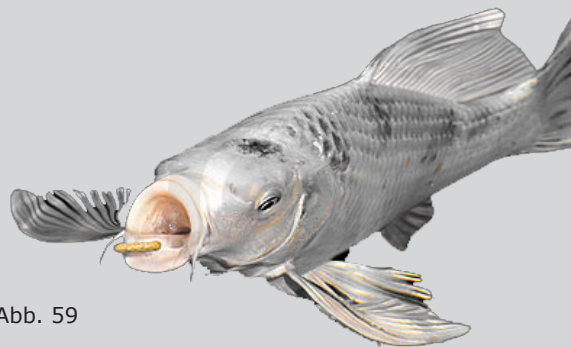


Abb. 59

Koi

Karpfenartige

Meistens als Zierfisch in Teichen

Ursprünglich aus Asien

Max. 100 cm

Carnivor

Zw. 3-38°C, opt. zw. 15-20°C

Eiablage in Laichgrube

Die Pflanzen

Wenn man von der Ernte in einem Aquaponik-System spricht, so meint man immer Fische und Pflanzen gemeinsam. Den meisten Ertrag erhält man allerdings aus der Pflanzenzucht, da die Pflanzen öfter geerntet werden können bzw. kontinuierlichen Ertrag bringen und einen größeren Anteil der Anlage ausmachen.

Welche Pflanzen aber wachsen in diesem speziell konstruierten Umfeld eines Aquaponik-Systems? Grundsätzlich gedeihen alle Pflanzen, die in einem annähernd neutralen Umfeld (pH-Wert des Bodens ist annähernd sieben) zu-rechtkommen (d.h. Pflanzen wie z.B. Schwarzebeeren, Azaleen, Chrysanthemen, Ringelblumen oder Zinnien, die einen eher säuerlichen oder basischen Boden bevorzugen, sind für die Aquaponik-Pflanzenzucht nicht geeignet).

Mit Ausnahme dieser Arten kann man allerdings jede Pflanze mit Erfolg im Aquaponik züchten. Sogar Papaya und Bananenpalmen werden bereits in Hobby-Anlagen erfolgreich kultiviert.

Auch Wurzelgemüse kann darin gezüchtet werden, jedoch erhält es wegen der Unregelmäßigkeiten im Pflanzsubstrat sehr unterschiedliche Formen, weshalb es für die Vermarktung oder Verarbeitung eher ungeeignet ist und bevorzugt

nur von experimentierfreudigen Hobby-Gärtnern gepflanzt wird.¹⁰¹

Studien haben bereits ergeben, dass die Pflanzen in einem Aquaponik-System unter Einhaltung einiger Regeln sogar besser gedeihen als ihre Pendanten in traditioneller Kultivierung (im Erdreich) und sogar geringfügig besser als in traditioneller Hydrokultur. Das ergibt sich daraus, dass die Pflanzen in einem konstant-feuchten Umfeld mit gleichbleibendem Nährstoffangebot und hoher Sauerstoffkonzentration im Wurzelbereich aufwachsen. Deshalb kann der Anteil der Energie in die Blatt- und Fruchtbildung gesteckt werden, der sonst dazu verwendet wird, ein großes Wurzelsystem auszubilden.¹⁰²

Durch die kleineren Wurzelzonen der Pflanzen können diese auch weitaus enger zusammengesetzt werden, was den Ertrag noch zusätzlich steigert und die Gemüsebeete noch effizienter werden lässt.¹⁰³ Dabei sollte man nur bedenken, dass die Temperaturbedürfnisse der Pflanze – und da vor allem des Wurzelbereichs – bestmöglich mit der Temperatur des Fischwassers und das Nahrungsangebot aus der Fischzucht mit den Wachstumsphasen der Pflanzen abgestimmt werden sollte.

Das bedeutet zum Beispiel, dass man die Fische nicht aus dem System ern-

101 Vgl. Bernstein 2011, 153f.

102 Vgl. Savidov 2004, (Okt. 2013).

103 Vgl. Bernstein 2011, 163.

ten sollte, wenn die Pflanzen gerade in voller Blüte stehen, da sonst zu wenig Nährstoffe in das Wasser eingebracht werden, um die optimale Fruchtbildung der Pflanzen zu ermöglichen. Kälteres Wasser eignet sich vor allem zur Aufzucht von Blattsalaten, Spinat, Zuckerschoten usw., wohingegen warmes Fischwasser das Wachstum von Tomaten, Gurken, Paprika, Chili und fördert. Die Temperaturen können dabei den jahreszeitlichen Schwankungen minimal angepasst werden.¹⁰⁴

Erwähnenswert ist außerdem, dass jegliche Verwendung chemischer Düngemittel, Pestizide oder Herbizide in einer Aquaponik-Anlage ausgeschlossen ist, da diese über das Wasser zu den Fischen gelangen und dort als Gift wirken würden. Umgekehrt dürfen natürlich auch keine Medikamente von den Fischen zu den Pflanzen gelangen. Daher ist systemimmanent garantiert, dass Fische und Pflanzen unbehandelt und von hoher Qualität sind.

Die einzige Möglichkeit, die Pflanzen zu düngen, besteht einerseits über eine ausgewogene Zusammensetzung des Fischfutters, und andererseits über eine wohldosierte Zugabe flüssigen Algendüngers. Dieser ist biologischen Ursprungs, schadet den Fischen nicht und wirkt als eine Art Vitamintablette für die Pflanzen.¹⁰⁵

104 Vgl. Bernstein 2011, 159.

105 Vgl. Urban Garden Magazine 2011, (Nov. 2013).



Abb. 60
Bananenpalme im Aquaponik-Beet



Abb. 61
Tomatenertrag aus einem Aquaponik-System



Abb. 62
Salat-Türme in Durchlaufkultur

Bakterien und Würmer

(vgl. Stickstoffkreislauf)

Die Bakterien in einem Aquaponik-System spannen gewissermaßen eine Brücke zwischen der Aquakultur und der Hydrokultur und gelten als treibende Kraft aller systemimmanenten biologischen Abläufe, indem sie das Ammonium aus den Fischausscheidungen in für die Pflanzen verwertbare und ungiftige Nitrate umwandeln.

Dabei ist eine Vielzahl verschiedenster Bakterien in jeder Aquaponik-Anlage beheimatet, doch sollen in diesem Kapitel nur die nitrifizierenden Bakterien (Stickstoffoxidanten) näher betrachtet werden. Genauer gesagt handelt es sich dabei um die autotrophen Gattungen *Nitrosomonas* und *Nitrospira*.

Diese Bakterien befinden sich überall in der Anlage, bevorzugt aber an allen Oberflächen, wo sie ihre Population in einem Mikrofilm, der alle Gegenstände überzieht, ansiedeln. (Man kennt vielleicht den schleimigen Film, den man an Aquariumwänden vorfinden kann.) Deshalb ist es so wichtig, dass das Pflanzsubstrat in den Gemüsebeeten möglichst porös ist – und dadurch eine große innere Oberfläche aufweist – da sich dort für die Bakterien ideale Bedingungen ergeben, um sich direkt im Nahbereich der Wurzeln der Pflanzen anzusiedeln. Darüber hinaus muss ihre Umgebung ständig feucht gehalten werden und sie benötigen ausreichend

Sauerstoff um sich durch Zellteilung alle 15-20 Stunden zu verdoppeln.¹⁰⁶

Alle Prozesse, die von diesen Bakterien ausgeführt werden, beginnen mit der Fütterung der Fische. Das Futter wird dabei – abhängig von dessen Zusammensetzung – unterschiedlich verwertet und gelangt über die Fischausscheidungen ins Wasser. Dadurch würde sich das in den Ausscheidungen enthaltene Ammonium (NH_4) – je nach pH-Wert des Wassers – in Kürze zum toxischen Ammoniak (NH_3) umwandeln und die Fische vergiften. Durch das Ammonium werden aber Bakterien der Gattung *Nitrosomonas* zur Vermehrung angeregt, die das Ammonium zu Nitrit (NO_2) oxidieren, welches für die Fische zwar schon besser verträglich ist, aber in hoher Konzentration noch immer toxisch wirkt und zudem für die Pflanzen noch nicht ausreichend verwertbar ist. Das Nitrit fördert jedoch das Wachstum der zweiten Bakteriengattung, nämlich der *Nitrospira*-Bakterien. Diese wandeln in einem weiteren Schritt das Nitrit in Nitrat (NO_3) um, welches nun für die Fische weitestgehend unbedenklich ist und den Pflanzen als Nahrung dient.¹⁰⁷

Für die ungefressenen Futterreste und die abgestorbenen Pflanzenteile, die im System verbleiben und von den oben genannten Bakterien nicht ausreichend verarbeitet werden können, ist es not-

106 Vgl. Bernstein 2011, 174f.

107 Vgl. Bernstein 2011, 175.

wendig, eine dritte Bakterienart zu betrachten. Diese wandeln als heterotrophe Bakterien organischen Kohlenstoff in Energie – in diesem Fall wiederum in Nährstoffe für die Pflanzen – um. Sie befinden sich vor allem im Zyklonfilter, wo die meisten Feststoffe aus dem System ausgefiltert werden, zersetzen diese dort in ihre wasserlöslichen Bestandteile und sorgen somit noch zusätzlich für ein besseres Nahrungsangebot für die Pflanzen.

Da dieser Prozess aber sehr lange dauert und nicht alle Feststoffe in den Zyklonfilter gelangen (Wurzelreste), werden im Pflanzsubstrat der Gemüsebeete darüber hinaus rote Kompostwürmer gezüchtet. Sie verwerten alle organischen Feststoffe, die in das Gemüsebeet gelangen und bereiten diese in weiterer Folge auf, um als Nährstoffe im System zu verbleiben.¹⁰⁸ Dadurch verlängern sie die Reinigungsperioden der Beete, lockern das Pflanzsubstrat auf und sorgen für eine optimale Drainage und Sauerstoffversorgung der Wurzeln.

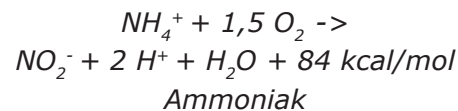
Die Wurmpopulation reguliert sich dabei selbständig und findet im feuchten Pflanzsubstrat optimale Lebensbedingungen. Sogar die Flut-Phase des Systems macht ihnen nichts aus, da sie über ihre Haut den Sauerstoff aus dem Wasser atmen und dadurch längere Zeit im Wasser verbleiben können.¹⁰⁹



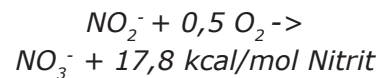
Abb. 63
Roter Kompostierwurm

Chemischer Prozess:¹¹⁰

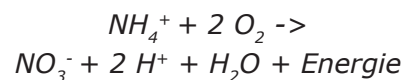
Nitrosomonas



Nitrospira



Zusammen



108 Vgl.Arancon/Edwards/Dick 2007,(Sep2013).

109 Vgl.Bernstein 2011, 178f.

110 Bernstein 2011, 176.

Das Wasser

Aquaponik-Systeme sind Kreislaufanlagen, in denen das Wasser ständig zirkuliert und für alle darin beteiligten Lebensformen von besonderer Wichtigkeit ist. Im Gegensatz zur herkömmlichen Landwirtschaft bzw. Aquakultur verweilt das Wasser für lange Zeit im System und muss nicht ständig ausgetauscht oder erneuert werden. Das macht auch einen der größten Vorteile der Aquaponik-Anlagen aus, weil dadurch gegenüber herkömmlichen Kultivierungsmethoden mitunter 90% des Wassers eingespart werden können. Das einzige Wasser, das aus dem System entweicht, wird entweder direkt von den Pflanzen aufgenommen oder verdunstet von den sich ständig bewegenden Wasseroberflächen.¹¹¹

Da demnach nur sehr wenig Frischwasser in das System eingebracht wird, muss der Wasserqualität besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, um so zu vermeiden, dass bestimmte Wasserwerte aus dem Toleranzbereich der Lebensformen weichen.

Im Folgenden möchte ich die bedeutendsten Wasserwerte näher erläutern:

Ammonium (NH_4), Ammoniak (NH_3), Nitrit (NO_2) und Nitrat (NO_3):

Diese vier Werte gelten als ein Indikator für die Filterleistung der Gemüsebeete und geben daher Aufschluss, ob die Balance zwischen Fischbesatz und Pflanzenzucht eingehalten wird. Das aus den Fischeausscheidungen entstehende Ammonium wird bei erhöhtem pH-Wert des Wassers in Ammoniak umgewandelt. Der Ammoniak und das aus Ammonium entstehende Nitrit sind für die Fische giftig und müssen demnach in weiterer Folge schnellstmöglich im Biofilter in Nitrat umgewandelt werden. Sollten die Werte für Ammoniak bzw. Nitrit zu hoch liegen (die Toleranzen sind abhängig von der Fischart), ist davon auszugehen, dass mit den Bakterienkulturen etwas nicht in Ordnung ist.

Das Ammonium bzw. das Nitrat dienen den Pflanzen hingegen als Nährstoffe und sollten demnach in ausreichendem Maße vorhanden sein. Sind diese Werte zu niedrig, sind entweder zu viele Pflanzen oder zu wenige Fische im System. Geringfügig kann man diese Werte auch temporär durch stärkere Futtergabe anheben.

111 Vgl. Bernstein 2011, 155.

Temperatur

Die Art der Fische, die im System gezüchtet werden sollen, gibt die Wassertemperatur vor. Sie sollte – wie schon erwähnt – mit der optimalen Wurzeltemperatur der Pflanzen übereinstimmt werden. Im Großen und Ganzen kann man aber sagen, dass Systeme mit warmem Wasser (rund 25 °C) besser funktionieren, da die optimalen Temperaturbereiche von Warmwasserfischen, Pflanzen, Bakterien und Würmern hier eine größere Übereinstimmung finden.

Studien haben gezeigt, dass Pflanzen relativ geringe Raumtemperaturen erdulden (circa 8°C), solange ihr Wurzelbereich optimal temperiert wird.¹¹² Dies geschieht im Aquaponik-System automatisch, da die Wurzeln ständig mit warmem Fischwasser umspült werden. Man kann also daraus schließen, dass die Glashaustemperaturen während der kühlen Jahreszeit niedrig gehalten werden können, während ein Großteil der Energie zum Beheizen des Fischwassers aufgewendet werden muss. Somit ist es sinnvoll, die Fischbecken entweder zu isolieren oder sie sogar von den Gemüsebeeten räumlich zu trennen um ihren Energiebedarf zu senken.

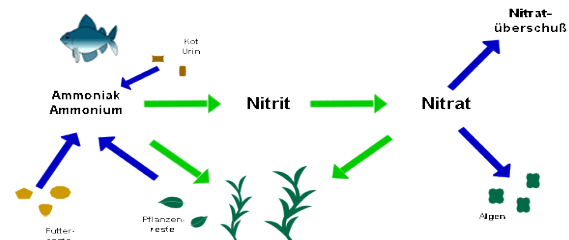


Abb. 64
Vereinfachte Darstellung der Nitrifikation

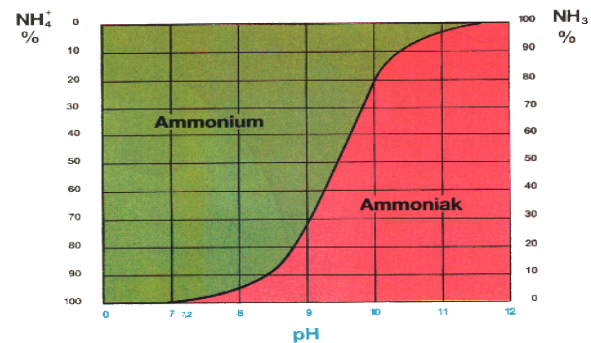


Abb. 65
Ammonium- bzw. Ammoniakquote in Abhängigkeit des pH-Wertes

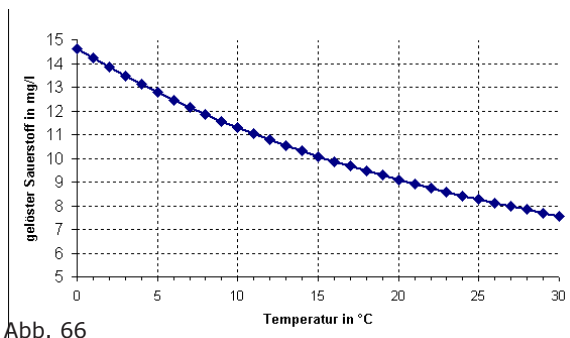


Abb. 66
Sauerstoffsättigung des Wassers in Abhängigkeit der Temperatur

112 Vgl. Diver 2002, (Okt. 2013).

Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt des Wassers sollte immer über 6 ppm (parts per million) gehalten werden. Das resultiert daraus, dass der Sauerstoff in vielen Teilbereichen der Aquaponik-Anlage stets zur Verfügung stehen muss. Einerseits ist er für die Fische zum Atmen wichtig, andererseits hält ein hoher Sauerstoffgehalt das Risiko eines Krankheitsbefalls der Pflanzenwurzeln gering und stärkt das Wachstum der Pflanzen, da diese den Sauerstoff aus dem Wasser benötigen, um ein kräftiges Wurzelsystem auszubilden. Darüber hinaus benötigen die Bakterien den Sauerstoff zur Nitratbildung.

Je mehr Sauerstoff also im System vorhanden ist, umso besser werden Fische und Pflanzen gedeihen. Leider ist der natürliche Gasaustausch über die Wasseroberfläche wegen des dichten Fischbesatzes meistens nicht ausreichend und muss deshalb zusätzlich gefördert werden. Dies geschieht am besten über eine Luftpumpe im Wasserspeicher, weil sie dort am effizientesten funktioniert und das Wasser unmittelbar danach in das Fischbecken gepumpt wird. Aber auch außerhalb des Wasserspeichers kann an jeder Stelle für eine Sauerstoffanreicherung gesorgt werden, indem man das Wasser mit möglichst großen Turbulenzen rinnen lässt bzw. es stufenförmig über kleine Wasserfälle in die Behälter leitet.¹¹³

pH-Wert

Der pH-Wert gibt an wie sauer bzw. wie basisch eine Lösung ist, wobei auf einer Skala von 0-14 der Wert 7 als neutral gilt; unter 7 ist die Lösung sauer und darüber basisch.

Wiederum gilt zu bedenken, dass sich in einer Aquaponik-Anlage vier verschiedene Lebensformen ihr Umfeld teilen. Demnach sollte der pH-Wert des Wassers als Kompromiss der verschiedenen optimalen pH-Werte der einzelnen Lebensformen – also der Fische, der Pflanzen, der Bakterien und der Würmer – eingestellt werden.

Der Bereich der pH-Wert-Skala, in dem alle Elemente des Aquaponik-Systems gut zurechtkommen, liegt erfahrungsgemäß zwischen 6,8 und 7,0 – ist also quasi neutral.

Um den Wert genau einstellen zu können, gibt es im Handel verschiedene lebensmittelechte Präparate; die meisten davon auf Basis von Calciumhydroxid oder Calciumcarbonat mit Kalium, um den pH-Wert zu erhöhen. Alternativ dazu kann man aber auch Eierschalen oder Schneckenhäuser in das Wasser geben, die selbiges durch ihren Kalkgehalt – nur etwas langsamer – bewerkstelligen. Um den pH-Wert zu senken, ist es möglich, dem Fischwasser verdünnte Essigsäure bzw. Zitronensäure beizumengen.

113 Vgl. Bernstein 2011, 122f.

Das Fischfutter

Höchstwahrscheinlich gilt jedoch, dass eine Korrektur des pH-Wertes in einem gut funktionierenden Aquaponik-System nur sehr selten vorzunehmen sein wird. Ein Grund für eine Korrektur könnte sein, dass in einem der Gemüsebeete aufgrund einer Ansammlung von Feststoffen oder abgestorbenen Wurzeln das Wasser am Durchfluss gehindert wird und sich durch den entstehenden Sauerstoffmangel eine anaerobe Zone bildet und zu faulen beginnt, was sich in weiterer Folge auf den pH-Wert des Wassers auswirkt und zu korrigieren ist.¹¹⁴

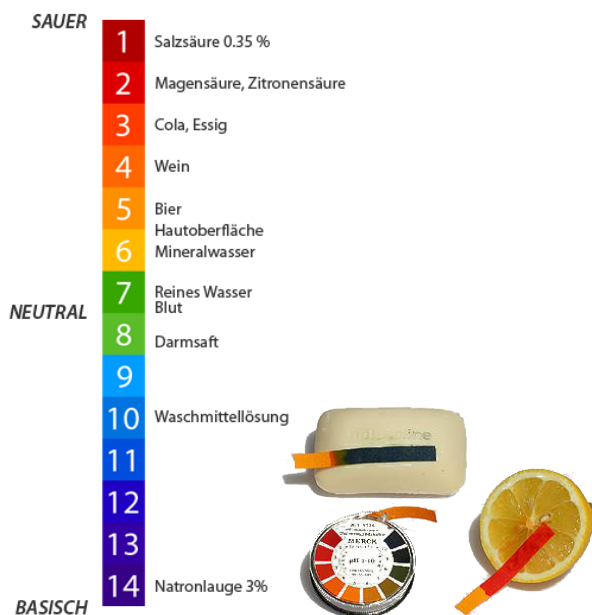


Abb. 67
pH-Wert-Skala

Das Fischfutter ist gewissermaßen der Treibstoff jeder Aquaponik-Anlage, da es – abgesehen von der Wärme bzw. Elektrizität, die der laufende Betrieb benötigt – die einzige Energiequelle darstellt, die sowohl die Fische, als auch die Pflanzen und Bakterien am Leben erhält. Somit hat das Fischfutter in einem Aquaponik-System einen höheren Wirkungsgrad als in einer gewöhnlichen Aquakulturanlage, da am Ende auch die daraus gewachsenen Pflanzen geerntet und verwertet werden können.

Leider beinhaltet das kommerziell vermarktete Fischfutter aber auch einen großen Makel, der unleugbar einen Schatten auf die großen Vorteile der Aquakultur wirft: Es besteht zu einem großen Anteil aus Fischmehl bzw. Fischöl, das aus dem Beifang der Meeresfischerei hergestellt wird und mitunter zur Überfischung der Weltmeere beiträgt.

Das Ziel der Aquakultur ist jedoch die Fische, die für unseren Verzehr bestimmt sind, in einer künstlichen Umgebung heranwachsen zu lassen, um einerseits deren Qualität besser kontrollieren zu können und andererseits vor allem ihre natürlichen Lebensräume zu schonen und die Fischbestände zu rehabilitieren. Demnach sollte versucht werden, den Anteil des Fischmehls im Futter zu minimieren bzw. gänzlich durch andere

114 Vgl. Bernstein 2011, 125ff.

Zutaten zu ersetzen, wodurch die ökologische Bilanz der Aquakultur erheblich verbessert werden kann.

Die Forschungen der letzten Jahrzehnte konnten bereits bewirken, dass der Anteil an Fischmehl in der Nahrung von 50% (1980) auf circa 20% (heute üblich) durch Zuschläge aus anderen Proteinquellen reduziert werden konnte.¹¹⁵ Besonderes Augenmerk muss dabei auf die Zusammensetzung des Futters gelegt werden, da Fische – im Gegensatz zu Rindern oder Schweinen – einen hohen Proteingehalt in ihrer Nahrung brauchen, um optimal wachsen zu können und speziell im Aquaponik-System die Proteine in weiterer Folge einen Hauptbestandteil der Nährstoffe für die Pflanzen darstellen.¹¹⁶

Die Fischmehl-Quote ließe sich allerdings noch weiter reduzieren, indem man alternative Fütterungsmethoden bzw. lokal verfügbare Ressourcen nutzt und die Menge des verbrauchten kommerziellen Fischfutters dadurch weiter reduziert.¹¹⁷

Auf den nächsten Seiten befindet sich ein kurzer Steckbrief der alternativen Bestandteile des Fischfutters, denen in Zukunft großes Potential zugeschrieben wird und die schon heute in Hobby-Anlagen Verwendung finden.

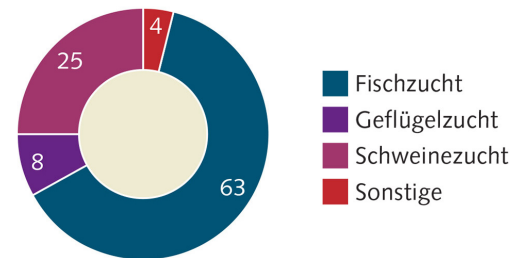


Abb. 68
Prozentuale Verwendung von Fischmehl



Abb. 69
Fischmehl in Pulverform



Abb. 70
Fischmehl-Pellets

115 Vgl. Charisius 2013, (April, 2013).

116 Vgl. Bernstein 2011, 73.

117 Vgl. The World Fish Center 2009, (Mai 2013).

Wasserlinsen

Wasserlinsen gehören zu den kleinsten blühenden Wasserpflanzen und können ihr Volumen innerhalb von 24 Stunden verdoppeln. Sie bestehen hauptsächlich aus einem Blatt und einem Wurzelstrang und gedeihen am besten an der Wasseroberfläche eines nährstoffreichen, ruhigen Gewässers, können aber auch sehr unkompliziert in Becken mit dem entsprechenden Nährstoffangebot künstlich gezüchtet werden. Durch ihre Größe und ihren Proteingehalt von circa 40% eignen sie sich hervorragend als Futterzusatz und werden auch in ihrem natürlichen Umfeld von vielen Fischen gefressen. Sie können sowohl frisch, als auch in getrockneter Form verfüttert werden.¹¹⁸



Abb. 71
Wasserlinsen

118 Vgl. University of New England Armidale 1995, (Sep. 2013).

Algen

Algen werden von vielen Fischarten in ihrer natürlichen Umgebung gerne gefressen und zählen zu den Bestandteilen jedes kommerziellen Fischfutters. Sie sind bezüglich ihres Wachstums sehr anspruchslos und können demnach problemlos künstlich in einem Behälter gezüchtet werden und brauchen dafür nur Sonnenlicht und nährstoffreiches Wasser. Mit einem Proteingehalt von 60-70% (vgl. Spirulina-Alge), reich an Vitaminen, Mineralien und Carotinoid, werden sie sogar in Tablettenform für den Menschen angeboten und können gemeinsam mit den Wasserlinsen gezüchtet werden und entweder frisch oder getrocknet an die Fische verfüttert werden.¹¹⁹



Abb. 72
Grünalgen

119 Vgl. ECOFILMS Australia 2011, (Okt. 2013).

Würmer, Insekten und Larven

Für Fische in natürlichen Gewässern zählen sie zu den Hauptproteinquellen und für viele Aquarianer oder Reptilienbesitzer ist es selbstverständlich, Insekten und deren Larven als Nahrungsergänzung zu züchten. Dafür gibt es spezielle Vorrichtungen und Zuchtbehälter, die auch ohne Probleme im großen Maßstab anwendbar sind. Besonders bewährt hat sich die Aufzucht von Mehl-, Kompost- und Regenwürmern sowie von verschiedenen Mücken und Fliegen (Soldatenfliege) und deren Larven.¹²⁰



Abb. 73
Oben: Mehlwurmzucht
Unten: Mückenlarven im Wasser

Küchen- und Gartenabfälle

Viele Fische sind Allesfresser (z.B. Tilapia) und können demnach eine Vielzahl organischer Materialien verdauen. Tilapia nehmen bevorzugt Salatblätter, Reste von Karotten, Gurken, Zucchini, Kartoffeln, Erbsen, Bohnen udg. als Abwechslung in ihrem Nahrungsangebot an. Man sollte dabei aber die Herkunft der Gemüsereste kennen und darauf achten, dass diese keine chemischen Rückstände beinhalten.¹²¹

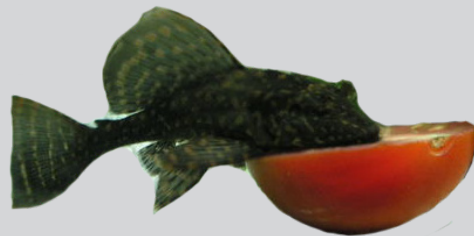


Abb. 74
Oben: Fütterung von Welsen mit Küchenabfällen
Unten: Küchenabfälle

¹²⁰ Vgl. Bernstein 2011, 150.

¹²¹ Vgl. Bernstein 2011, 151.

Geflügelinnereien, getrocknetes Blut

In jedem Schlachthaus fallen täglich große Mengen an Geflügelinnereien an, deren Verwendung mitunter auch für die Futtermittelproduktion in der Aquakultur zugelassen ist, da sie eine umweltfreundlichere und kostengünstigere Alternative als das verwendete Fischmehl darstellen. Ebenso kann getrocknetes Tierblut als Proteinquelle dem Fischfutter beigemischt werden.¹²² Inwieweit diese Zusätze verwendet werden, sollte von der Verfügbarkeit alternativer Proteinquellen abhängig gemacht werden, wobei Innereien von lokal produziertem Geflügel wahrscheinlich dem Fischmehl vorzuziehen sind.

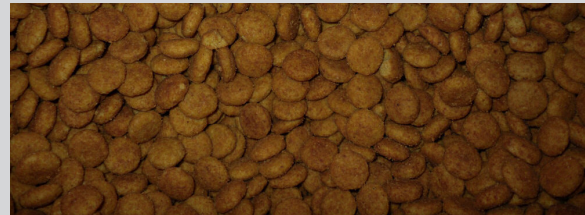


Abb. 75
Oben: Trockenblut
Unten: Trockenblut in Pelletsform

Ölpresskuchen

Ölpresskuchen sind die pflanzlichen Rückstände, die bei der Ölgewinnung in großen Mengen kostengünstig abfallen. Sie sind noch immer reich an Proteinen, Lipiden und natürlichen Antioxidantien und eignen sich dadurch als Futtermittelzusatz in der Fischzucht.¹²³

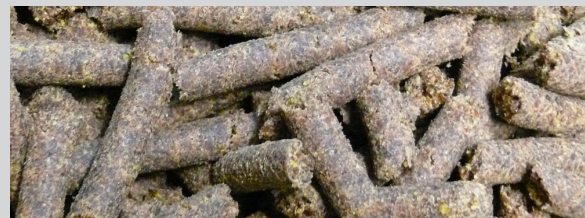


Abb. 76
Oben: Ölpresskuchen (Flocken)
Unten: Ölpresskuchen (Pellets)

¹²² Vgl. The World Fish Center 2009, (Mai 2013).

¹²³ Vgl. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2012, (Okt. 2013).

3.3.3 Die Bepflanzungsmethoden

Kultivierung im Pflanzsubstrat

Die Funktionsweise des Ebbe-und-Flut-Systems beruht darauf, dass die Pflanzen in einer mit Pflanzsubstrat befüllten Wanne wachsen, die in bestimmten Zeitintervallen geflutet und danach wieder entleert wird. Die Pflanzen können dabei direkt in die Wanne gepflanzt werden oder in einzelnen Töpfen wachsen, die in die Wanne gestellt werden, was die gezielte Entnahme einzelner Pflanzen oder die Reinigung des Substrats erleichtert.¹²⁴

Die Vorteile des Ebbe-und-Flut-Systems beruhen darauf, dass die Wurzeln ohne großen Aufwand ständig mit genügend Sauerstoff versorgt werden. In der Flut-Phase verdrängt das Wasser die Luft in den Zwischenräumen des Substrats und versorgt die Wurzeln mit den nötigen Nährstoffen. Wenn das Wasser seinen Höchststand erreicht hat, fließt es durch die Schwerkraft (siehe Autosiphon) zurück in den Wasserspeicher und die Zwischenräume füllen sich erneut mit Luft. Um die Wurzeln bildet sich dabei ein Nährlösungs-Mikrofilm, der im Vergleich zu seinem Volumen eine sehr große Oberfläche hat und dadurch reich an Sauerstoff ist. Die Wurzeln sind also nicht ständig in Kontakt mit der Nährlösung und werden während der Ebbe-Phase, solange sie feucht sind, mit genügend Sauerstoff versorgt wodurch das Risiko eines Krankheitsbefalls der Wurzeln, wie z.B.

des Pythium-Befalls oder der Wasserschimmel, verringert wird.

Ein zweiter Vorteil des Ebbe-und-Flut-Systems ist dessen geringer Energieverbrauch, da nur eine Pumpe mit geringer Leistung bzw. eine stärkere Pumpe nur während der Flutphase benötigt wird und die Temperierung des Wassers entfallen kann, da das Pflanzmedium während der Ebbe-Phase als Wärmespeicher dient. Dadurch ist dieses Bewässerungssystem sehr geräuscharm, flexibel und kostengünstig und bietet nur wenigen Fehlerquellen die Möglichkeit Schaden anzurichten.

In einer Aquaponik-Anlage kann die Kultivierung im Pflanzsubstrat nur bis zu einem bestimmten Grad durch eine Lösungskultur ersetzt werden, da nur im Pflanzsubstrat die nötige biologische Aktivität gefördert wird, um das Wasser von seinen Giftstoffen zu reinigen. Das Verhältnis zwischen der Kultivierung im Pflanzsubstrat und derjenigen in einer Lösungskultur wird bestimmt von der Filtrationsleistung der Bakterienkulturen, damit einerseits die Fische nicht vergiftet werden und andererseits die Pflanzen genügend Nährstoffe erhalten. Erst nachdem das Wasser das Pflanzsubstrat passiert hat, kann es in die Lösungskultur, die aufgrund ihrer unkomplizierteren Handhabung für einige Pflanzen besser geeignet ist, weitergeleitet werden.

124 Vgl. Alles über Hydrokultur, (April 2013).

Lösungskultur



Abb. 77
Bepflanztes Grow-bed im Ebbe-und-Flut-System



Abb. 78
Medium-Kultur mit herausnehmbaren Töpfen



Abb. 79
Ebbe-und-Flut-System kombiniert mit Durchlauf-Lösungskultur

Eine andere Form der Pflanzenzucht stellt die Lösungs-Kultur dar, die die eigentlich reinste Form der Hydrokultur ist, da bei ihr das Pflanzmedium überhaupt weggelassen wird und die Wurzeln direkt in der Nährlösung wachsen. Den verschiedenen Systemen liegt gemeinsam zugrunde, dass die Wurzeln die Pflanzen nicht mehr stützen können und dadurch konstruktive Elemente benötigt werden, um den Pflanzen physischen Halt zu geben. Außerdem entfällt die Drainage-Funktion des Pflanzsubstrates, weshalb die Wurzeln auf natürlichem Wege nicht mehr genügend Sauerstoff erhalten. Daher muss die Nährlösung für das Wohl der Wurzeln ununterbrochen mit Sauerstoff angereichert werden. Das stellt zwar einen zusätzlichen Aufwand dar, der aber ausgeglichen wird, indem das Auspflanzen und Ernten erheblich erleichtert wird, da die Pflanzen mitsamt ihren Wurzeln einfach aus der Nährlösung gehoben werden können.

Die zwei gängigsten Methoden sind die statische Lösungskultur und die Durchlauf-Lösungskultur. Beide werden bevorzugt dazu verwendet, Blattsalate und Kräuter zu züchten, eignen sich aber nicht besonders zur Aufzucht von Fruchtpflanzen (wie z.B. Tomaten, Gurken etc.), da diese länger im System verbleiben müssen und die Wurzeln eher an Sauerstoffmangel leiden.¹²⁵

125 Vgl. Resh 2013, 97ff.

Statische Lösungskultur (Deep Water System)

Die statische Lösungskultur besteht aus circa 20 cm tiefen Becken mit einer Breite von 60 bis 120 cm und variabler Länge, die von der Nährlösung sehr langsam durchflossen werden. Auf der Nährlösung schwimmen gelochte Styropor-Platten als Halterung für kleine Pflanztöpfe, die mit Steinwolle gefüllt sind und relativ rasch von den Pflanzen durchwurzelt werden, bis die Wurzeln direkt in die Nährlösung ragen.

Der Vorteil dieses Systems gegenüber der Durchlauf-Lösungskultur beruht darauf, dass die großvolumigen Becken verhältnismäßig viel Nährlösung speichern und diese daher träge auf Temperaturschwankungen oder Änderungen im pH-Wert reagiert, was zu konstanteren Wachstumsbedingungen führt. Außerdem isolieren und verdunkeln die Styropor-Platten den darunterliegenden Speicher und reduzieren somit den Energieverbrauch zur Erwärmung des Fischwassers und verhindern ein übermäßiges Algenwachstum in der Nährlösung durch eindringendes Licht.

Besonders bewährt hat sich dieses System wegen seiner einfachen Handhabung im Betrieb, da die Styropor-Platten auf ein handliches Maß geschnitten werden und einzeln bepflanzt oder abgeerntet werden können. Bei großen Anlagen können die Platten mit einer Seilwinde bedient werden.¹²⁶



Abb. 80
Wurzelbildung in der statischen Lösungskultur



Abb. 81
Einfaches Abernten der ausgewachsenen Pflanzen



Abb. 82
Kommerzielle Produktionssysteme

126 Vgl. Resh 2013, 98-113.

Die Durchlauf-Lösungskultur (Nutrient Film Technic)

Die Durchlauf-Lösungskultur hingegen besteht aus einem im Gefälle verlegten Röhrensystem, in dem die Nährlösung beständig mit hoher Geschwindigkeit zirkuliert. An der Oberseite der Röhren befinden sich wiederum Öffnungen für die Pflanzen. Der Unterschied zur statischen Lösungskultur besteht darin, dass in den Röhren nur geringe Mengen der Nährlösung fließen und die Wurzeln der Pflanzen nicht vollständig in die Lösung eintauchen. Durch den stetigen Kontakt der Wurzeln mit der Luft und die hohe Luftfeuchtigkeit in den Röhren verbessert sich die Sauerstoffversorgung der Wurzeln erheblich.

Dieses System verbraucht allerdings mehr Energie und ist zudem auch störungsanfälliger, da die Nährlösung andauernd durch die Röhren gepumpt werden muss. Sollte eine Pumpe ausfallen, fließt die Lösung aus dem System und die Wurzeln haben keine Nährstoffreserven. Außerdem kann es innerhalb einer Röhre zu erheblichen Temperatur- und Nährstoffunterschieden kommen, was zur Folge hat, dass Pflanzen näher beim Abfluss schlechter versorgt werden und der Wurzelbereich nicht optimal temperiert ist.

Dafür ist die Nutrient-Film-Technik sehr flexibel und kann den Raum im Glashaus auch kaskadenförmig bestens vertikal ausnützen.¹²⁷

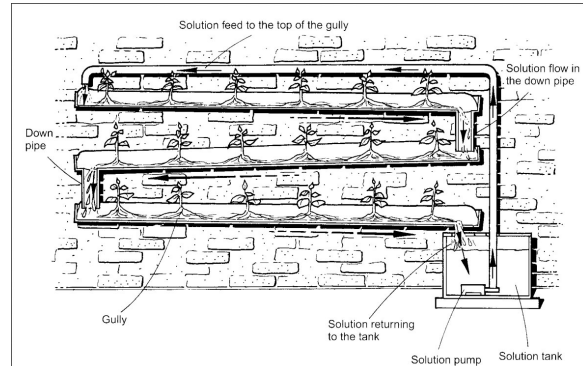


Abb. 83
Schematische Darstellung der Durchlauf-Lösungskultur



Abb. 84
Spiralförmige Salat-Türme



Abb. 85
Kommerzielle Produktionssysteme

127 Vgl. Resh 2013, 145-154.

Aeroponik

Eine Sonderform der Hydrokultur stellt das Aeroponik dar. In diesem System werden die Pflanzen wie bei der Lösungskultur ohne Pflanzsubstrat von konstruktiven Elementen, die den Wurzelbereich von der Pflanze trennen, gehalten. Die Wurzeln befinden sich dabei in einem geschlossenen Behälter, in den über Düsen permanent ein Nährstoff-Nebel gesprüht wird.

Dieses System zeichnet sich dadurch aus, dass die Wurzeln in einem feuchten Gemisch aus Luft und Nährstoffen aufwachsen, was eine optimale Sauerstoffversorgung garantiert. Darüber hinaus ist es auch das einzige System, bei dem die gesamte Pflanze mitsamt ihren Wurzeln das in der Luft enthaltene und für die Photosynthese notwendige CO_2 aufnehmen kann und sich dadurch das Wachstum verbessert.

Außerdem bildet die Pflanze durch den dauernden Kontakt des Wurzelsystems mit der Luft auch sogenannte Luftwurzeln aus, die ein späteres Verpflanzen ins Erdreich ermöglichen. Bei allen anderen Formen der Hydrokultur ist es nahezu unmöglich, ältere Pflanzen an ein Wachstum im Erdreich umzugewöhnen. Daher wird die Aeroponik auch kommerziell zur Aufzucht von Setzlingen genutzt, die später in Feldern oder Gärtnereien in die Erde ausgesetzt werden.

Ein großer Vorteil dieses Systems ist sein sparsamer Umgang mit Wasser (circa 10% einer normalen Lösungskultur) und gegenüber der normalen Lösungskultur besteht auch die Möglichkeit, langlebige Fruchtpflanzen (z.B. Tomaten, Paprika) anzubauen, weil in diesem System ihre Wurzeln nicht unter Sauerstoffmangel leiden müssen. Da dies in Aquaponik-Anlagen aber nicht von Bedeutung ist, weil einerseits ohnehin genügend Wasser für die Fische vorhanden sein muss und andererseits die langlebigen Fruchtpflanzen im Pflanzsubstrat angebaut werden können, das auch einen zwingenden Bestandteil jeder Anlage darstellt, ist dieses System in Aquaponik-Anlagen noch weitestgehend unerprobt.¹²⁸

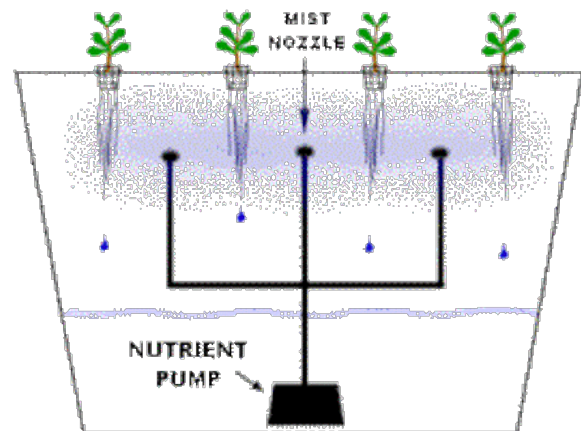


Abb. 86
Funktionsskizze eines Aeroponic-Systems

Vertikale Landwirtschaft

Die vertikale Landwirtschaft sollte in diesem Fall weniger eine Kultivierungsform darstellen, sondern vielmehr ein Raumnutzungskonzept beschreiben. Dabei soll der vertikale Raum im Glashaus durch bestimmte Hilfskonstruktionen für das Pflanzenwachstum erschlossen werden und somit den Ertrag pro Fläche steigern und den Betrieb wirtschaftlicher machen.

Besondere Aufmerksamkeit muss dabei den Lichtverhältnissen geschenkt werden, da sich durch einen dichteren Bewuchs im Glashaus für manche Pflanzen ungünstigere (dunkle) Wachstumsbedingungen ergeben können und eventuell ein zusätzliches künstliches Beleuchtungssystem verwendet

werden muss. Darüber hinaus ist die Temperaturschichtung im Glashaus zu berücksichtigen und die Pflanzen sind so auszuwählen, dass oben eher wärmesuchende Gewächse und unten jene Pflanzen gezüchtet werden, die in einer kühleren Umgebung besser zurechtkommen.

In einer Aquaponik-Anlage ist wahrscheinlich die Durchlauf-Lösungskultur am besten für die vertikale Nutzung des Gewächshauses geeignet, da dadurch das Gefälle der Rohre ausgenutzt werden kann und die Lichteinbußen durch die schmalen Rohre weitaus geringer ausfallen als durch die großen und schweren Container der Medium-Kultur.



Abb. 87
Vertikale Landwirtschaft in Form eines Karussells



Abb. 88
Statisches System der vertikalen Landwirtschaft

3.4 Die Vorteile von Aquaponik-Anlagen

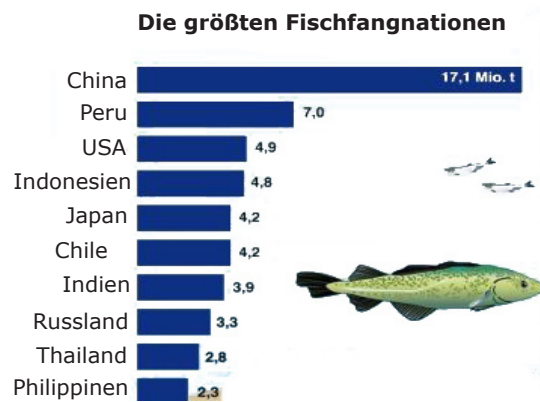
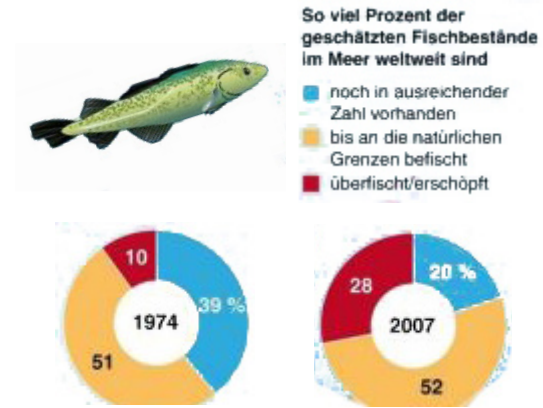
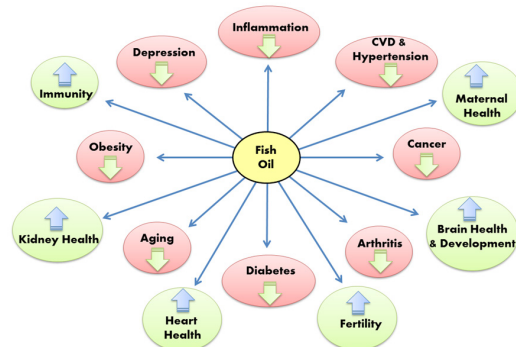


Abb. 89
Statistik zur Überfischung der Meere



3.4.1 Bevölkerungswachstum und ökologischer Fußabdruck

Um die Vorteile von Aquaponik-Systemen gegenüber traditionellen Kultivierungsformen nachvollziehbar erläutern zu können, möchte ich die Gliederung nach bestimmten Themenbereichen beibehalten, die ich schon im Kapitel „Über die Notwendigkeit alternativer Lebensmittelproduktion“ verwendet habe, um die negativen Auswirkungen der traditionellen Landwirtschaft zu beschreiben.



Der steigende Nahrungsbedarf der Weltbevölkerung ist zu einem Teil dafür verantwortlich, dass wir uns schon heute dazu gezwungen sehen, mit gewohnten Methoden an den natürlichen Ressourcen unserer Erde Raubbau zu betreiben. Die Landwirtschaft wird dabei forciert immer höhere Erträge zu liefern und trägt dadurch erheblich zur Zuspitzung der Lage bei. In dieser Arbeit bisher eher unberücksichtigt blieben jedoch die Auswirkungen des Fischfangs, um den es aus denselben Gründen nicht besser steht als um die Landwirtschaft selbst.

Fisch ist gesund und durch seine Eigenschaft als ausgezeichnete Futterverwerter ein hervorragender Proteinlieferant. Durch diese Erkenntnis – und die entsprechende Vermarktung – ist er weltweit zu einem immer größer wer-

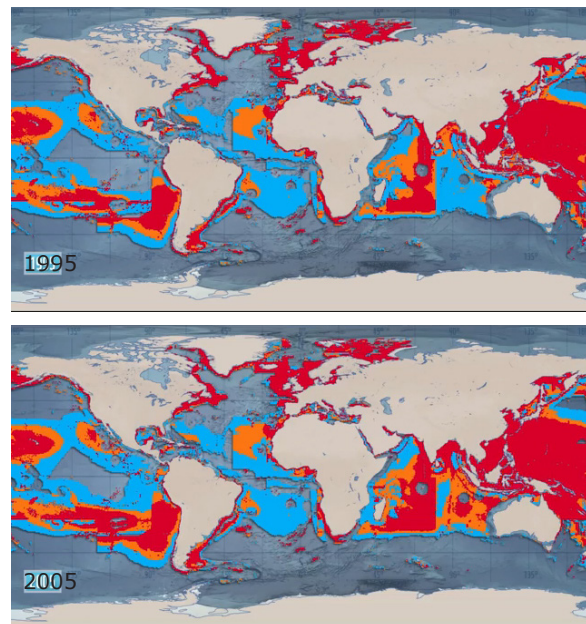
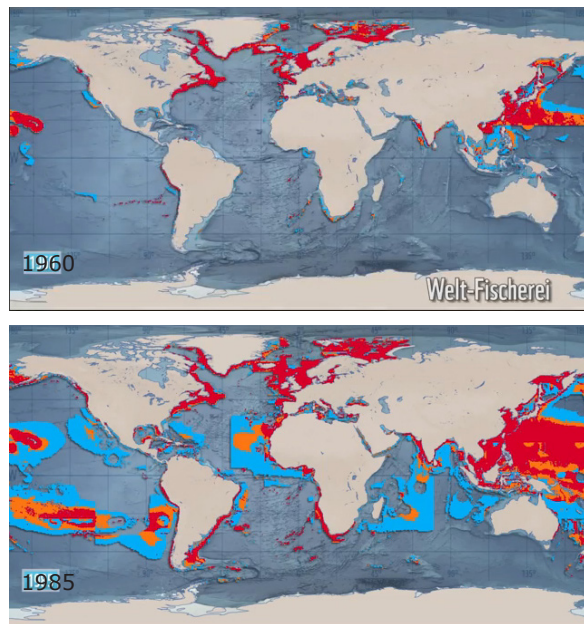


Abb. 90
Ausbreitung der Fischfang-Gebiete von 1960-2005

denden Bestandteil der gesundheitsbewussten Ernährung vieler Menschen geworden, was grundsätzlich stark zu befürworten ist. Eine negative Folge dieser Entwicklung ist jedoch, dass die Ozeane ohne Rücksicht auf ihre natürliche Regenerationsfähigkeit überfischt und ausgebeutet werden.

Bereits heute ist der Bestand von 70% der marinen Fischarten durch den exzessiven Fischfang bedroht, der noch dazu relativ ineffizient ist, da 85% bis 95% der gefangenen Fische Beifang ist und somit nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt sind. Darüber hinaus wird die Hälfte der Fische aus den Weltmeeren illegal gefangen, wodurch die ohnehin geschwächten Populationen beliebter Speisefische weiter dezimiert werden. Diese Zahlen sprechen für sich und es scheint, dass wir in Zukunft ent-

weder gezwungen sind weniger Fisch zu essen oder unsere Speisefische gezielt in Aquakulturen züchten müssen.¹²⁹

Aquaponik-Anlagen sind dafür bestens geeignet, da durch ihre Verwendung sogar eines der Hauptprobleme der Aquakultur gelöst wird. Als Kreislaufanlagen benötigen sie keine große Wasserspende und belasten kein natürliches Gewässer mit hohen Ammoniak-Konzentrationen. Sie sind dadurch ortsunabhängig und auch geeignet, in wasserarmen Regionen – für die zukünftig ein überdurchschnittliches Bevölkerungswachstum prognostiziert wird – gesunde Nahrungsmittel produzieren zu können, und schonen dabei die natürlichen Fischbestände.

129 Vgl. Murray 2009 (DVD)



Abb. 91
Aquaponik am Dach eines Pariser Restaurants



Abb. 92
Dachgarten in Los Angeles

3.4.2 Entwaldung

Da Aquaponik-Anlagen für den hydrokulturellen Gemüseanbau kein Erdreich brauchen, können sie überall installiert werden, wo die Pflanzen geeignete klimatische Bedingungen vorfinden bzw. wo man diese künstlich schaffen kann. Man ist daher nicht auf den nährstoffreichen Boden, der in der traditionellen Landwirtschaft benötigt wird, angewiesen und kann sogar unter ungünstigen Verhältnissen Nahrungsmittel produzieren.¹³⁰

Es ist vorstellbar, dass urbane und industrielle Brachen, Flachdächer, felsige, sandige und verunreinigte Untergründe und Gebiete, die durch strenge klimatische Bedingungen bisher für die Landwirtschaft nicht herangezogen werden konnten, in Zukunft für die Zucht von Fisch und Gemüse verwendet werden können.

Dadurch werden weitläufige Flächen für die Nahrungsmittelproduktion erschlossen, die, wenn sie im großen Maßstab genutzt werden, den Druck der traditionellen Landwirtschaft immer größere Flächen zu roden und für sich zu beanspruchen, verringert. Darüber hinaus kann in Gewächshäusern unabhängig von den Jahreszeiten ganzjährig produziert werden; und das sogar effizienter als mit herkömmlichen landwirtschaftlichen Methoden, da Aquaponik-Anlagen pro Quadratmeter einen höheren Ertrag bringen als es der Ackerbau oder die Hydrokultur ermöglichen. Im Buch „Aquaponic Gardening“ steht darüber, dass auf einem Acre (ca. 4000 m²) pro Jahr rund 50000 lbs (ca. 23000 kg) Fisch und rund 100000 lbs (ca. 46000 kg) Gemüse geerntet werden können, wohingegen für eine einzige Kuh acht Acres (ca. 32000 m²) Weideland benötigt werden.¹³¹

130 Vgl. Bernstein 2011, 22.

131 Vgl. Bernstein 2011, 24. Zit. n. McWilliams/James 2009.



Abb. 93
Gemüseproduktion am Dach eines Supermarktes



Abb. 94
(Urban Farmers-) Aquaponik in Basel

3.4.3 Klimawandel

Die traditionelle Landwirtschaft zählt mitunter zu den größten CO_2 -Produzenten und trägt daher im großen Stil zum Klimawandel bei. Mit Aquaponik-Anlagen hingegen könnten die CO_2 -Emissionen der Nahrungsmittelproduktion erheblich verringert werden, während gleichzeitig große Flächen vor der drohenden Entwaldung gerettet werden und somit die CO_2 -Filterkapazitäten der Erde gestärkt werden könnten.

Dies wird ermöglicht, weil in Aquaponik-Systemen keine großen, erdölbetriebenen landwirtschaftlichen Maschinen zur Anwendung kommen. Es muss weder gepflügt werden, noch müssen Düngemittel oder anderen Chemikalien großflächig aufgetragen werden und ebenso wenig werden große Maschinen zur Ernte benötigt.

Darüber hinaus erspart man sich die langen Transportwege und die damit verbundenen CO_2 -Emissionen, da mit

Aquaponik-Anlagen die Nahrungsmittel dort produziert werden, wo sie benötigt werden. Das verringert den ökologischen Fußabdruck jeder zu sich genommenen Mahlzeit und sorgt dafür, dass die Nahrung so frisch wie möglich zu den Konsumenten gelangt.

Man geht in den Annahmen sogar so weit, zu behaupten, dass Aquaponik-Anlagen eine positive CO_2 -Bilanz vorweisen können, wenn man das System (Pumpen, Heizung usw.) mit erneuerbaren Energien betreibt.¹³²

Erwähnenswert ist außerdem die Sicherheit, mit der die Nahrungsmittel in Gewächshäusern produziert werden können und damit unabhängiger gegenüber extremen Wetterereignissen wird, die die fortsetzende Klimaerwärmung zukünftig häufiger mit sich bringen wird.

132 Vgl. Bernstein 2011, 22f.

3.4.4 Umweltverschmutzung

Da in Aquaponik-Anlagen von Natur aus eine Balance zwischen vorhandenen Nährstoffen und regenerativen Kapazitäten herrschen muss, wirken diese Systeme gewissermaßen als kleine eigenständige Ökosysteme und brauchen keine großen regulativen Interventionen von außen. Das heißt, dass Aquaponik-Anlagen keine extern zugeführten chemischen Düngemittel benötigen, weil das System an sich für ein ausgewogenes Nährstoffangebot und dessen Verwertung sorgt. Somit kann es – im Gegensatz zu gewöhnlichen Hydrokulturen oder der traditionellen Landwirtschaft – zu keinen toxischen Konzentrationen diverser Nährsalze kommen und diese müssen in weiterer Folge nicht aus dem System entsorgt werden und können andere Ökosysteme dadurch nicht belasten.

Darüber hinaus ist durch den kontrollierten hydrokulturellen Anbau in Gewächshäusern die Verwendung von Pestiziden und Herbiziden unnötig, ja sogar schädlich, da diese für die Fische unverträglich sind und ihnen schaden würden. Ebenso verhält es sich mit verschiedenen Medikamenten, die gewöhnlich in aquakulturellen Kreislaufanlagen in großen Mengen dem

Fischwasser beigelegt werden, um das Krankheitsrisiko durch den dichten Fischbesatz zu minimieren. Diese können in Aquaponik-Systemen keine Verwendung finden, da sie den Pflanzen bzw. den Bakterien schaden und damit das gesamte System in Frage stellen würden.¹³³

Es geht also hervor, dass der biologische Anbau von Gemüse bzw. die biologische Fischzucht ohne chemische Zusätze die oberste Voraussetzung für ein funktionierendes Aquaponik-System ist und diverse Chemikalien nur durch artgerechte Haltung der Fische bzw. durch Artenvielfalt in der Gemüsezucht ersetzt werden können.

Daraus ergibt sich, dass Aquaponik-Anlagen ohne Schäden für die Umwelt betrieben werden können – solange sie mit erneuerbaren Energien betrieben werden – da sie ohne fossile Brennstoffe auskommen und durch sie weder andere Ökosysteme noch das Grundwasser oder andere Gewässer chemisch verunreinigt werden.¹³⁴ (Es gibt kein „agricultural runoff“ und es ist keine diffuse Umweltbelastung durch intensive Bewässerung möglich.)

133 Vgl. Bernstein 2011, 22f.

134 Vgl. Bernstein 2011, 28.

3.4.5 Wasserverbrauch

Wasser spielt in Aquaponik-Systemen natürlich eine zentrale Rolle und man möchte glauben, dass viel davon benötigt wird. Aber auch hier sind die Aquaponik-Anlagen der traditionellen Landwirtschaft weit überlegen.

Wie schon zuvor beschrieben, werden weltweit circa drei Viertel der Trinkwasserreserven (in manchen Gebieten sogar bis zu 90%) für die Bewässerung der Felder in der Landwirtschaft benötigt. Ein Großteil des Wassers kann dabei von den Pflanzen gar nicht verwertet werden, da es entweder schon zuvor verdunstet oder durch die nachlassende Speicherfähigkeit der Böden zu schnell unter den durchwurzelten Bereich absickert und mitsamt den Düngemitteln und anderen Chemikalien ins Grundwasser gelangt.

Durch die Pflanzenzucht in Aquaponik-Anlagen kann der Wasserverbrauch auf weniger als 10% verringert werden, da das Wasser ständig mit neuen Nährstoffen angereichert und ständig gereinigt wird. Außer dem Wasser, das von den Pflanzen aufgenommen wird oder an der Oberfläche der Becken verdunstet und somit ersetzt werden muss, muss im System nur ein minimaler Prozentsatz des Wasservolumens täglich ausgetauscht werden.¹³⁵

Des Weiteren beinhaltet das Wasser keine chemischen Zusätze und kann – im Gegensatz zur Hydrokultur – ohne Bedenken und ohne Aufbereitung wieder der Natur zurückgeführt werden ohne dabei Schaden anzurichten.

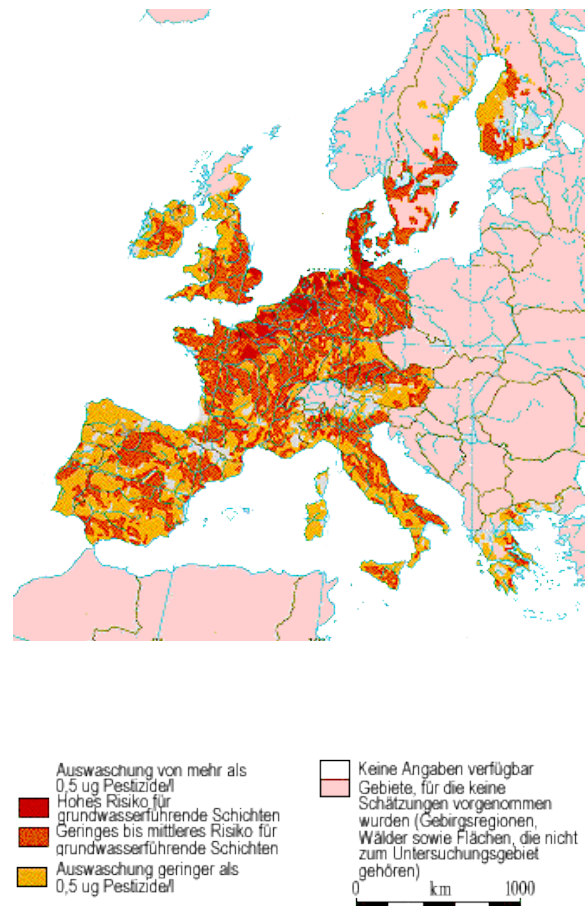


Abb. 95
Risiko der Verschmutzung des Grundwassers durch Pestizide

135 Vgl. Bernstein 2011, 22f.

3.4.6 Die Vorteile auf einen Blick

Standortunabhängig:

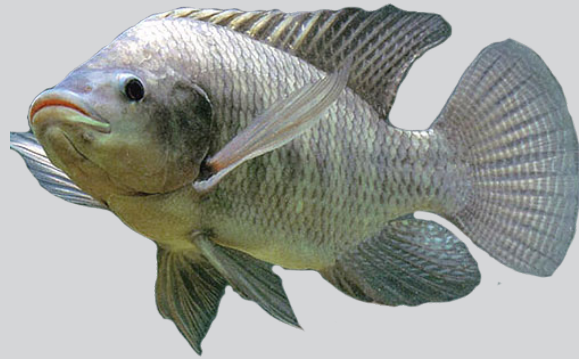
- *Erschließung neuer Flächen, die bis dato für die Landwirtschaft ungeeignet waren*
- *Sicherung der natürlichen Fisch- und Waldbestände*
- *Produktion von Nahrungsmittel am Ort des Verbrauches*
- *Verkürzung der Transportwege*

Bedingungslos biologischer Anbau:

- *Der Einsatz von Chemikalien jeglicher Art (Dünger, Herbizide, Pestizide, Medikamente) ist unmöglich, da sie dem System oder einem Teil davon schaden.*
- *Die Vorteile der Hydrokultur können zur Gänze ausgenutzt werden, ohne deren Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.*

Umweltfreundlich:

- *CO₂-neutral*
- *Unabhängig von fossilen Energieträgern, da keine landwirtschaftlichen Maschinen verwendet werden müssen*
- *Keine Düngemittel auf Erdöl-Basis*
- *Keine Belastung externer Ökosysteme*
- *Die Nutzung erneuerbarer Energien bietet sich an.*



Effizienter als die Landwirtschaft:

- *Höhere Erträge pro Quadratmeter und Jahr*
- *Ganzjährige Produktion in Gewächshäusern*
- *Hohe Betriebssicherheit, da unabhängig von extremen Wetterereignissen*
- *Keine umweltbedingten Verluste, da alles (Wasser, Nährstoffe usw.) im System verbleibt*

Verminderter Wasserverbrauch:

- *Mehr als 90% Wasserersparnis gegenüber traditionellen Anbaumethoden*
- *Geeignet für den Einsatz in wasserarmen Regionen*
- *Kein Bewässern und damit keine diffuse Umweltbelastung durch einsickernde Chemikalien in das Grundwasser*



4 Aquakultur in Österreich¹³⁶

4.1 Allgemeines

Die Aquakultur ist seit Jahrhunderten ein Bestandteil der österreichischen Tradition und ist in manchen Gebieten wie der Südsteiermark oder dem niederösterreichischen Waldviertel mit weitläufigen Teichen ein landschaftsprägender Faktor geworden. Die heimischen Fischereibetriebe setzten in ihrer Produktion anstatt auf Quantität vermehrt auf hohe Qualität, was wesentlich zur Etablierung des „Feinkostladens Österreich“ und diverser Genussregionen (Steirerfisch, Waldviertler Karpfen usw.) beigetragen hat.

Die Zahl der heimischen Fischzuchtbetriebe wird vor allem von kleinstrukturierten Familienbetrieben dominiert, die im landwirtschaftlichen Nebenerwerb durch die Aquakultur für eine Erweiterung des Angebots der eigenen Direktvermarktung sorgen. Ihre durchschnittliche jährliche Produktion beläuft sich auf circa 7000 kg Fisch pro Jahr und wurde in der Vergangenheit kaum erweitert, da die meisten Investitionen im Bereich der Qualitätssteigerung und des Ausbaus der Direktvermarktung getätigt wurden, wodurch eine ressourcenschonende und ausreichende Steigerung der Wertschöpfung erreicht werden konnte.

Durch das zunehmende Ernährungsbewusstsein und geschickter Vermarktung eines stetig wachsenden Angebots an Fertiggerichten im Fischsektor, konnte man in den letzten Jahren auch in Österreich einen beträchtlichen Zuwachs im Fischkonsum verzeichnen. Näher betrachtet bedeutet dies, dass in den Jahren zwischen 1988 und 2010 der Fischkonsum um 100% zugenommen hat und da die heimische Produktion in diesem Zeitraum nicht dermaßen gewachsen ist, musste der Großteil der steigenden Nachfrage durch Importe abgedeckt werden. So kommt es, dass hierzulande – global gesehen zwar noch immer unterdurchschnittlich, aber dennoch – sieben bis acht Kilogramm Fisch pro Person und Jahr verspeist werden.

Im Detail werden in Österreich jährlich aus der Forellenproduktion etwa 2200 t (v.a. Regenbogenforellen, Saiblinge, Bachforellen usw.), aus der Karpfenproduktion 750 t (v.a. Karpfen, Zander, Schleie usw.) und aus der Zucht aus Kreislaufanlagen 150 t Fisch (v.a. Afrikanischer Wels) gezüchtet. Das entspricht einem Selbstversorgungsgrad von nur 5%.

Die restlichen 95% müssen durch Importe abgedeckt werden. Aber auch

136 Vgl. Blaas 2012, 3-12.

die Fischbestände in den europäischen Meeren müssen dringend geschont werden, da sogar die Fangmengen in den letzten Jahren beständig rückläufig waren und man annimmt, dass 75% der europäischen Fischbestände bereits bedroht sind. Deshalb werden die Fische für unseren Gebrauch in großen Mengen aus asiatischen Aquakulturen eingeführt.

Global gesehen stammt bereits jeder zweite Speisefisch aus aquakultureller Züchtung. Europa hat in dieser Hinsicht großen Nachholbedarf, denn hier stammen nur 20% der Speisefische aus der Aquakultur. Dabei ist sie weltweit der am schnellsten wachsende Sektor der Lebensmittelproduktion und kann-

te laut einer Studie der FAO seit den 1970er Jahren die Erträge kontinuierlich um circa 8,8% pro Jahr steigern.

Als Reaktion auf diese Zahlen entwickelte die Europäische Kommission das Strategiepapier „Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Zukunft für die Aquakultur“, um die europäischen Fischproduzenten in ihrer Produktionssteigerung zu unterstützen und den Nachholbedarf gegenüber anderen Kontinenten wettzumachen.

Österreich hat auf diesen Impuls ebenso reagiert und sein eigenes Förderungsprogramm für die heimische Fischzucht entwickelt, auf das ich im Folgenden näher eingehen werde.

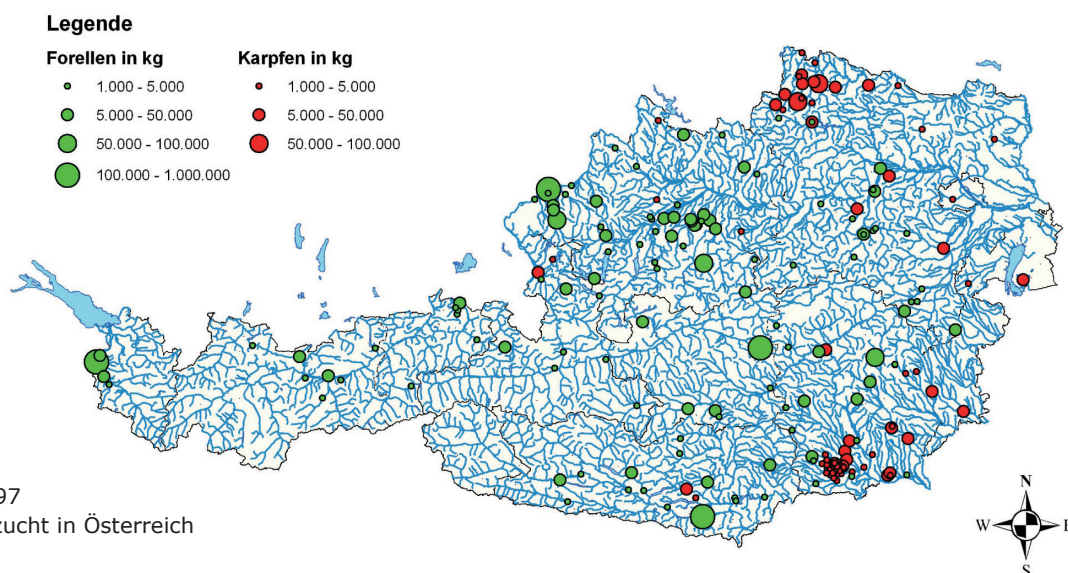


Abb. 97
Fischzucht in Österreich

4.2 Aquakultur 2020 – Österreichs Strategie zur Förderung der nationalen Fischproduktion

Das Förderungsprogramm „Aquakultur 2020“, dessen Ziel es ist, den österreichischen Selbstversorgungsgrad bei Süßwasserfischen von derzeit circa 34% bis zum Jahr 2020 auf 60% zu steigern, wurde kooperativ vom Lebensministerium, den Fischereiverbänden und dem Bundesamt für Wasserwirtschaft ausgearbeitet. Dadurch soll die Produktionsmenge aus den heimischen Aquakulturen von derzeit 2400 t auf 5500 t pro Jahr gesteigert werden.

In erster Linie soll dabei die Entstehung von Kompetenzzentren für die Ausbildung, Beratung und die wissenschaftliche Begleitung neu eingeführter Technologien entstehen, die in weiterer Folge den Betrieben z.B. bei der Schulung des Personals im Umgang mit Kreislaufanlagen, bei der Einführung neuer Fischarten in Kreislaufanlagen, bei der Erprobung nachhaltiger Futtermittel und bei der Entwicklung bzw. dem Ausbau neuer Vermarktungsstrategien (z.B. „Verkauf über die Angel“) unterstützend zur Seite stehen sollen.

Einer der Schwerpunkte liegt in der Entwicklung von Pilotbetrieben – darunter hauptsächlich Kreislaufanlagen bzw. Vollkreislaufanlagen und Aquaponik-Anlagen – deren Produktion durch finanzielle Unterstützung von derzeit

jährlich 150 t auf 500 t ausgebaut werden soll. Als Begründung für dieses Vorhaben dienen die Erfahrungen, laut denen diese Betriebe als durchaus umweltschonend zu bezeichnen sind, darüber hinaus die Möglichkeit bieten neue Fischarten zu züchten, die zur Zeit vorwiegend aus Asien importiert werden müssen und unter gewissen Voraussetzungen eine befruchtende Wirkung auf den ländlichen Raum ausüben können.

Durch den Ausbau der Zucht von nicht-heimischen Fischarten erhofft man sich unter anderem eine Senkung der Import-Raten, was sich wiederum positiv auf die CO₂-Bilanz auswirkt und setzt dabei auf die Möglichkeit verschiedene – bislang unbenutzte – Energiequellen, wie z.B. die Abwärme aus Biogasanlagen, nutzen zu können und die Nährstoffe aus den Vollkreislaufanlagen für die Aufzucht von diversen Gemüsesorten verwenden zu können.

Auf Grund der steigenden Import-Zahlen dieser Fischarten (z.B. Tilapia) geht man davon aus, dass ein weiterer Ausbau dieser Kreislaufanlagen in Österreich als sehr realistisch einzustufen ist und man rechnet mit guten Chancen, diese Produkte in der Direktvermarktung bzw. in der Qualitätsgastronomie wirkungsvoll platzieren zu können.

Entwurf

In den folgenden Kapiteln möchte ich nun die bisher gewonnenen Erkenntnisse in ein konkretes Projekt einfließen lassen und anhand eines Entwurfes unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten, Ressourcen und sozialen Strukturen exemplarisch darstellen, wie die grundlegenden Prinzipien einer nachhaltigen und schonenden Lebensmittelproduktion – hier in Form einer Aquaponik-Gärtnerei – an einem bestimmten Ort konzeptuell als auch formal umgesetzt werden können.



Abb. 98
Luftbild von Brückl

5 Der Standort

5.1 Die Marktgemeinde Brückl

Das Gemeindegebiet der 1963 zum Markt erhobenen Ortschaft Brückl erstreckt sich über rund 47 km² im Mündungsbereich der beiden Flüsse Görtscitz und Gurk und bildet demnach den südlichen Eingang zum Görtscitztal, das bereits seit der Antike bekannt war für den regen Erzabbau und dessen „Norisches Eisen“ auf der durch das Gemeindegebiet verlaufenden Römerstraße Richtung Süden transportiert wurde.

Die infrastrukturell günstige Lage, das Eisenerz und die Wasserkraft sorgten schon früh für die Ansiedlung der ersten eisenverarbeitenden Betriebe, deren Nachfolger seit der Industrialisierung den wirtschaftlichen Aufschwung der Ortschaft begünstigten und bis heute kontinuierlich das Gemeindeleben prägen. Trotzdem ist die Zahl der in der Industrie Beschäftigten rückläufig, während der Großteil der Bevölkerung im Dienstleistungs-Sektor Arbeit findet, was den Einfluss der beiden großen Fabriken merklich mindert.¹³⁷

Bis zur Jahrtausendwende konnte Brückl als letzte Gemeinde im Tal einen Bevölkerungszuwachs verzeichnen, dem daraufhin eine mehrjährige Abwanderung folgte. In letzter Zeit



Abb. 99
Position von Brückl in Österreich

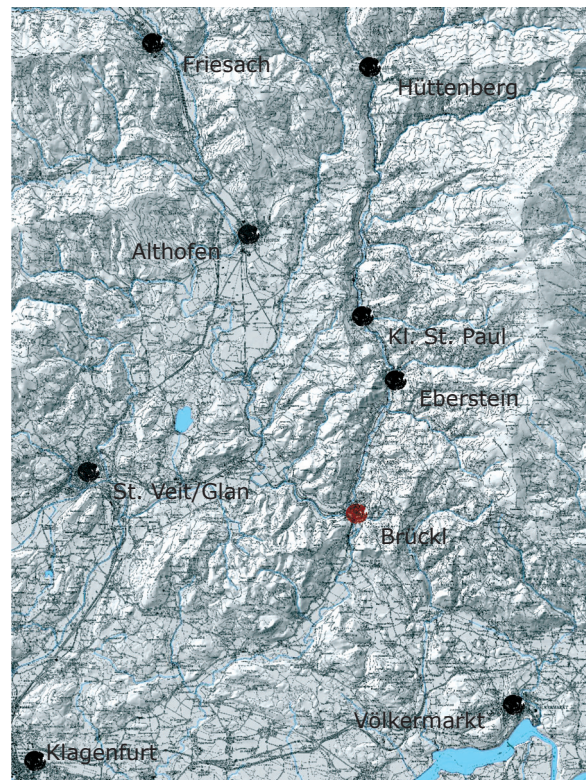


Abb. 100
Das Görtscitztal und seine Umgebung

137 Vgl. Felsner 2013, 7-12.



Abb. 101
Schwarzplan von Brückl

stagniert die Einwohnerzahl, da vor allem junge Familien aus den nördlichen Gemeinden im Görtschitztal sich in den freien Wohnungen im zentraler gelegenen Brückl (vorübergehend) niederlassen. Des Weiteren profitiert der Wirtschaftsstandort Brückl von den Pendlern, die das Gemeindegebiet täglich durchqueren und dabei die oft letzte Chance wahrnehmen, auf dem Heimweg ihre Einkäufe zu erledigen.

Es ist vor allem den kurzen Distanzen zu den Städten Klagenfurt (25km), St. Veit an der Glan (15km) und Völkermarkt (15km) zu verdanken, dass die Abwanderung in Brückl noch nicht so stark vorangeschritten ist, doch wird man sie in Zukunft nur vermindern können, wenn man den wirtschaftlichen Standort stärkt, in der Gemeinde Arbeitsplätze schafft und den Menschen die Möglichkeit bietet, sich zu verwirklichen.¹³⁸

Bevölkerungsentwicklung	1961	1971	1981	1991	2001	2011
Gemeinde (absolut)	2609	2898	3004	3059	3110	2871
Index (1961=100)	100	111	115	117	119	110
Bev.-Anteil Zentralraum	80,7	-	-	-	91,6	-
Bev.-Anteil Randgebiete	19,3	-	-	-	8,4	-
Bevölkerungsveränderung (10-Jahres-Bilanzen)						
Durch Geburtenbilanz	328	291	171	121	89	22
Durch Wanderungsbilanz	-198	-80	-65	-66	-38	-243
Bevölkerungsveränderung	130	210	106	55	51	-220
Geburtenrate/1000 Einw.	22,7	21	14,6	-	-	10,45
Sterbefälle/1000 Einw.	10	11	9	-	-	1,4
Geschlechterverhältnis (in Prozent der Gesamtbevölkerung)						
Männer	50,7	50,3	49,4	50,1	49,2	49,6
Frauen	49,3	49,7	50,6	49,9	50,8	50,4
Altersverteilung (in Prozent der Gesamtbevölkerung)						
Noch nicht erwerbsfähig	29,8	29,6	23,4	19,9	17,1	14,1
Erwerbsbevölkerung	60,9	60,5	63,2	61,6	61,8	66,8
Außer Erwerb stehende	9,6	9,9	13,4	18,5	21,1	19,1
Wirtschaftliche Zugehörigkeit						
Landwirtschaft	19,4	13,0	8,8	5,9	4,4	3,1
Industrie und Gewerbe	51,4	51,7	45,6	32,8	25,1	14,6
Dienstleistungen	7,7	18,8	27,8	32,3	41,4	30,1
Pensionisten u. nicht Erwerbsfähige	21,5	16,4	17,8	29,1	28,8	23,2
Mobilität						
In der Gemeinde wohnhafte Beschäftigte	1031	1100	1237	1190	1297	1346
Auspendler	140	341	579	688	895	950
Einpendler	148	185	265	256	312	350
Arbeitsbevölkerung in der Gemeinde beschäftigt	1039	944	923	758	714	746
Pendlerindex	100,8	85,5	74,6	63,7	55,1	55,5

Abb. 102
Demografische Daten

138 Vgl. Felsner 2013, 62f.



Abb. 103
Hauptplatz und Gemeindezentrum



Abb. 104
Filialkirche St. Lorenzen (927 n. Chr.)



Abb. 105
Pfarrkirche Brückl (1521)



Abb. 106
Römerbrunnen-Denkmal



Abb. 107
Volksschule Brückl



Abb. 108
Römerstein im Pfarrhof



Abb. 109
Luftaufnahme Richtung Norden



Abb. 110
Kettenwerk Brückl



Abb. 111
Chlorfabrik Brückl

Johannes Pirka,
Landwirt

Als ich damals unseren Hof von meinen Eltern übernommen habe, stand ich vor einigen schwierigen Entscheidungen. Unser Wald und die paar Milchkühe, die wir hatten, konnten meine Familie auf lange Sicht nicht ernähren. Ich musste mich entscheiden, ob ich die Landwirtschaft nur noch als Nebenerwerbsbetrieb führe und mir anderswo einen Job suche, oder ob ich nochmals viel Geld aufnehme und den Hof modernisiere und vergrößere. Doch eigentlich war ich mit beiden Alternativen nicht wirklich glücklich. Ich wollte immer Land-

wirt sein und schon von meiner Kindheit an war klar, dass ich unseren Elternhof einmal weiterführen werde. Doch so einen hohen Kredit aufzunehmen, um in eine doch ungewisse Zukunft zu investieren war mir irgendwie zu riskant.

Ich war auch nicht alleine in dieser Situation. Viele meiner Freunde hatten die gleichen Schwierigkeiten, und von einem habe ich dann erfahren, dass die Firma Robitsch ortsansässige Landwirte unter Vertrag nimmt und von ihnen Obst und Gemüse zu fixen Preisen abnimmt.



Ich habe nach langen Überlegungen den Schritt gewagt und anfangs auf einigen Feldern die Produktion von Getreide und Mais auf Kartoffeln und diverse andere Wurzelgemüse umgestellt. Mittlerweile habe ich außerdem weitere Felder gepachtet und auf unseren Weiden wieder Obstbäume gepflanzt und beliefe fast ausschließlich die Firma Robitsch, die meine Produkte dann weiterverarbeitet.

Seit der Standort in Brückl um die Aquaponik-Gärtnerei erweitert wurde,

kommt außerdem noch hinzu, dass ich keine Kunstdünger mehr kaufen muss. Der Dünger, der als Endprodukt in der Biogasanlage entsteht, reicht gemeinsam mit der Gülle von meinen Kühen aus, um meine Felder biologisch mit Nährstoffen zu versorgen und mir gefällt die Idee, dass mein Gemüse – oder zumindest die Reste davon – schlussendlich wieder auf meinen Feldern landet, um im nächsten Jahr für eine reichhaltige Ernte zu sorgen.



Abb. 112
Markierung des Grundstücks

5.2 Das Grundstück

Das ca. 7550m² große Grundstück mit einer annähernd rechteckigen Form befindet sich in den südöstlichen Randgebieten der Ortschaft Brückl auf einer Seehöhe von exakt 500 m.ü.A. und neigt sich in Richtung Westen mit einem Höhenunterschied von drei bis vier Meter zum Gurk-Fluss. Es grenzt dabei an mehrere Einfamilienhäuser (die in den Jahren zwischen 1960 und 1980 errichtet wurden), landwirtschaftliche Nutzflächen, einen Sportplatz, das AUTARK-Integrationszentrum und die Gärtnerei Karpf.

Erschlossen wird der Bauplatz hauptsächlich von drei Straßen, die bereits heute feine Nuancen in der Benützung aufweisen. Diese Unterschiede sollen im Entwurf der Aquaponik-Gärtnerei berücksichtigt, beibehalten und verstärkt werden.

Die Schmieddorfer Straße im Nordosten verbindet den Ortskern mit dem Ortsteil Schmieddorf und der Sport- und Freizeitanlage. Durch ihr verhältnismäßig großes Einzugsgebiet ist sie die meistbefahrenste der drei Straßen und wird hauptsächlich von Anrainern und Besuchern der Freizeitanlage genutzt. Im Entwurf wird davon ausgegangen, dass sie die Hauptverbindung für jene Kunden sein wird, die im PKW zufahren.



Abb. 113
Bundesstraßen, Landesstraßen (rot)
Gemeindestraßen (gelb)



Abb. 114
Gebäude mit höherer Frequenz (rot)
Fließgewässer (blau)

Die Gartenstraße hingegen dient ausschließlich dem Anrainerverkehr weniger Wohnhäuser und stellt eine direkte Verbindung des Grundstückes mit dem Hauptplatz, der Volksschule, dem Kindergarten und der Musikschule dar. Der Entwurf nimmt darauf Rücksicht, dass die Aquaponik-Gärtnerei keine erhöhte Verkehrsintensität in der Gartenstraße verursacht, sie vor allem von zu Fuß gehenden Kunden aus dem Ortskern genutzt wird und das unmittelbare Gebiet um die Schulen keiner zusätzlichen Verkehrsbelastung ausgesetzt wird.

Der Uferweg entlang der Gurk erschließt nur wenige Wohnhäuser und dient als Zufahrt zur Gärtnerei Karpf, der Tennisplatz-Anlage und den darauffolgenden landwirtschaftlichen Flächen. Da er das Grundstück direkt mit der Bundesstraße verbindet (und somit der Ortskern nicht weiter belastet wird), durch kein dicht besiedeltes Wohngebiet führt und bereits in der Vergangenheit bevorzugt als Anfahrtsstraße für landwirtschaftliche Maschinen diente, soll er auch für den Lieferverkehr der Aquaponik-Gärtnerei herangezogen werden.



Abb. 115
Erschließung des Grundstücks



Abb. 116
Hochwasser-Gefahrenzonen



Solarpotenzial
Jahressummenwerte [kWh/m²]

□ bis 700	□ 1100 - 1300
□ 700 - 900	□ 1300 - 1500
□ 900 - 1100	□ > 1500

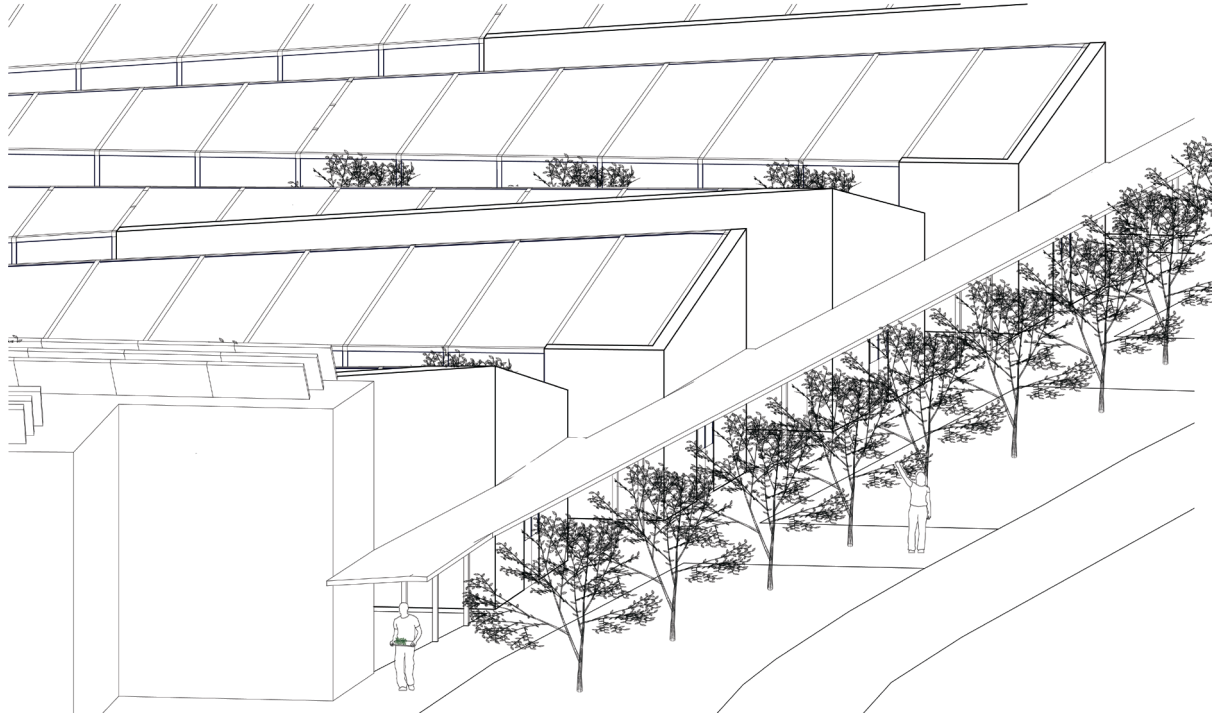
Abb. 117
Auszug aus dem Solarpotenzialkataster

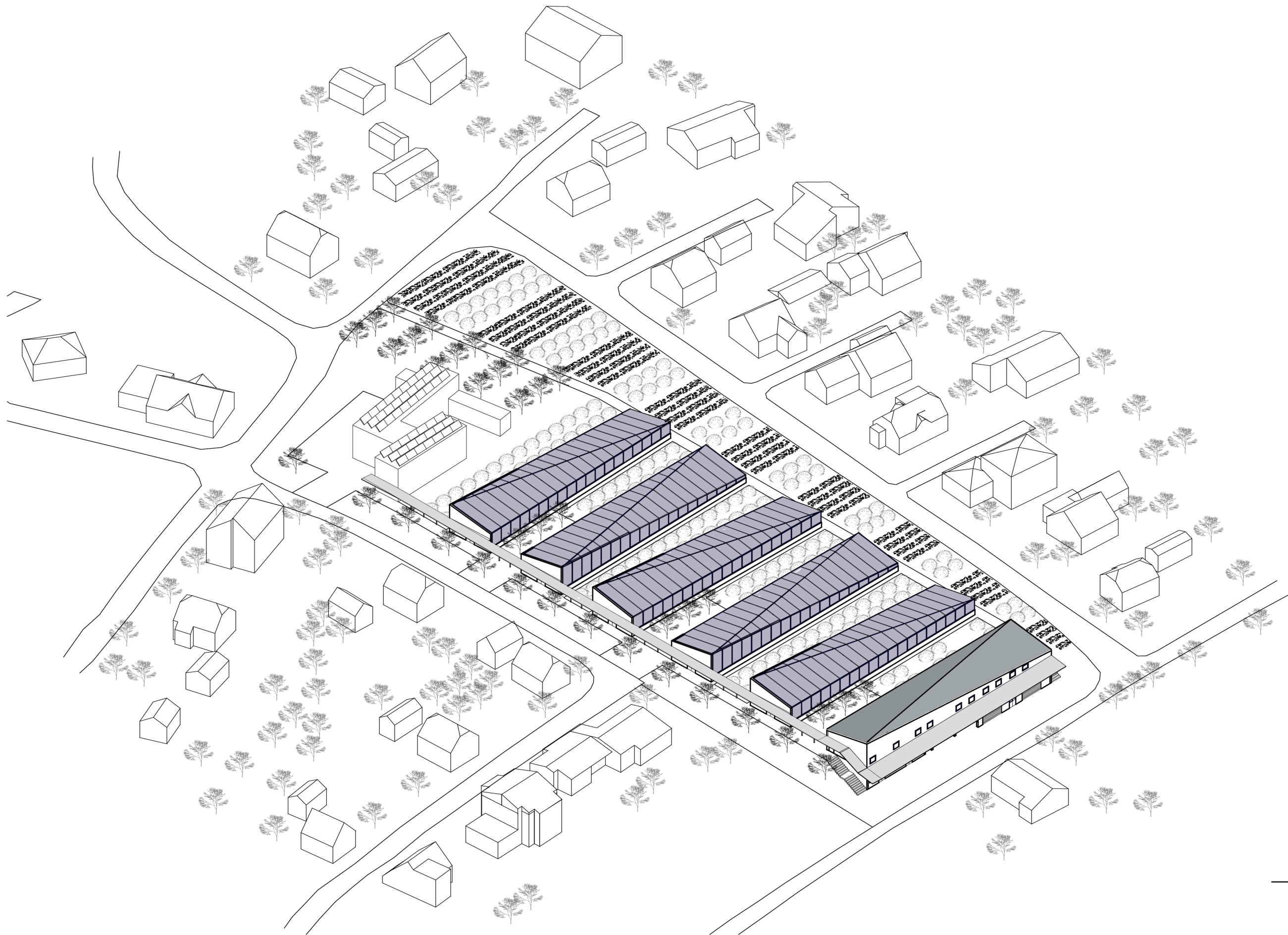
Das an das Grundstück angrenzende AUTARK-Integrationszentrum bietet sich an, um über mögliche gemeinsame Interessen nachzudenken und kann für beide Seite gewinnbringend in den Entwurf räumlich, konzeptuell und auch personell integriert werden.

Durch den in einiger Entfernung südlich vorbeifließenden Schmieddorfer Bach liegt das gesamte Gebiet in der gelben Hochwasser-gefährdeten Zone. Wie man aber erkennen kann, liegen die direkt an den Bach angrenzenden Häuser durch eine geringfügige Geländeenivellierung außerhalb der Gefahrenzone. Der Entwurf sollte diesen Umstand berücksichtigen und von vornherein dafür sorgen, dass im Bedarfsfall das Wasser straßenseitig zur Gurk abfließen kann.

Ein Auszug aus dem Solarpotenzialkataster zeigt, dass auf der gesamten Fläche der Parzelle mit einem jährlichen solaren Eintrag von 1100 bis 1300 kWh/m² zu rechnen ist, wobei sich diese Annahme auf das unbebaute Grundstück bezieht und man davon ausgehen kann, dass – ähnlich wie bei den angrenzenden Häusern – auf den höherliegenden Dachflächen jährliche solare Einstrahlungen von 1300 bis 1500 kWh/m² möglich sind.

6 Plandarstellungen und Raumprogramm





Schwarzplan

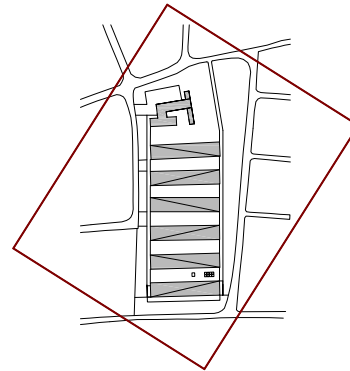


Lageplan
M 1:1000



Grundriss Erdgeschoss

M 1:500



Allgemein

Grundstücksgröße	~7550,00m²
Bebaute Fläche	2006,94m²
Bruttogeschossfläche	2782,53m²
Dichte	0,37

Außenbereich

m²

Fläche gesamt	5543,06
Obstwiese*	1448,94
*davon befestigte Terrasse	354,34
Beerenzucht	2846,22
Verkehrsflächen	1247,90

EG gesamt

m²

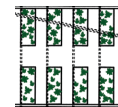
Fläche	2006,94
Fischzucht	210,10
Gemüsezeit	1073,22
Wasserlinsenzucht	96,25
Shop	106,95
Verwaltung/Verarbeitung	334,49
Schacht/Steuerung	23,50

m²

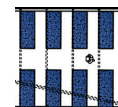
m³

Fischbecken	72,00	72,00
Gemüsebeete	424,80	127,44
Wasserlinsenzucht	96,25	86,63

Gemüsebeete



Fischbecken



Wasserlinsenzucht



Obstbäume



Beerensträucher



Beeren am Spalier



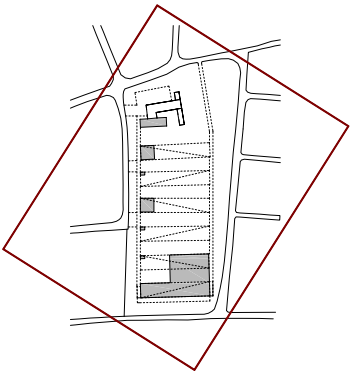


0 5 10 25



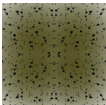
Grundriss Untergeschoss

M 1:500



UG gesamt	m²
Fläche	775,59
Lager	70,62
Verkehrsflächen	47,93
KFZ-Stellplätze	57,50
Biogasanlage	332,55
Technik (allg.)	127,16
Technik (Fischzucht)	108,04

Biologische Abfälle





0 5 10 25

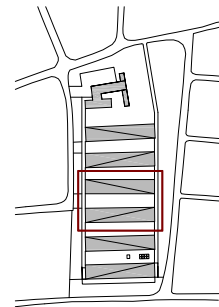
Grundriss Erdgeschoss Typ 1 (2x)

Fisch- und Gemüsezucht

M 1:200

Nr.		m ²
	Bebaute Fläche	334,49
1	Fischzucht	105,05
2	Gemüsezeit	170,94
3	Wasserlinsenzucht	19,25
4	Schacht	2,50
5	Steuerungsschrank	2,2
6	Stiege	1,9

	m ²	m ³
Fischbecken	36,00	36,00
Gemüsebeete	64,80	19,44
Wasserlinsenzucht	19,25	17,30



Grundriss Erdgeschoss Typ 2 (2x)

Gemüsezeit

M 1:200

Nr.		m ²
	Bebaute Fläche	334,49
1	Gemüsezeit	280,20
2	Wasserlinsenzucht	19,25
3	Schacht	2,50
4	Steuerungsschrank	2,20

	m ²	m ³
Gemüsebeete	115,20	34,56
Wasserlinsenzucht	19,25	17,30

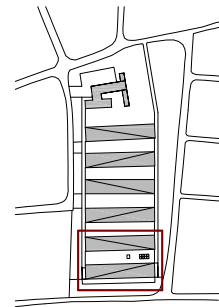


Grundriss Erdgeschoss Typ 3 (1x)

Shop und Gemüsezeit

M 1:200

Nr.		m ²
	Bebaute Fläche	334,49
1	Verkaufsraum	76,42
2	Theke/Bar	16,16
3	Küche	5,73
4	WC/Waschraum	6,53
5	Schacht	2,50
6	Steuerungsschrank	2,20
7	Gemüsezeit	170,94
8	Wasserlinsenzeit	19,25



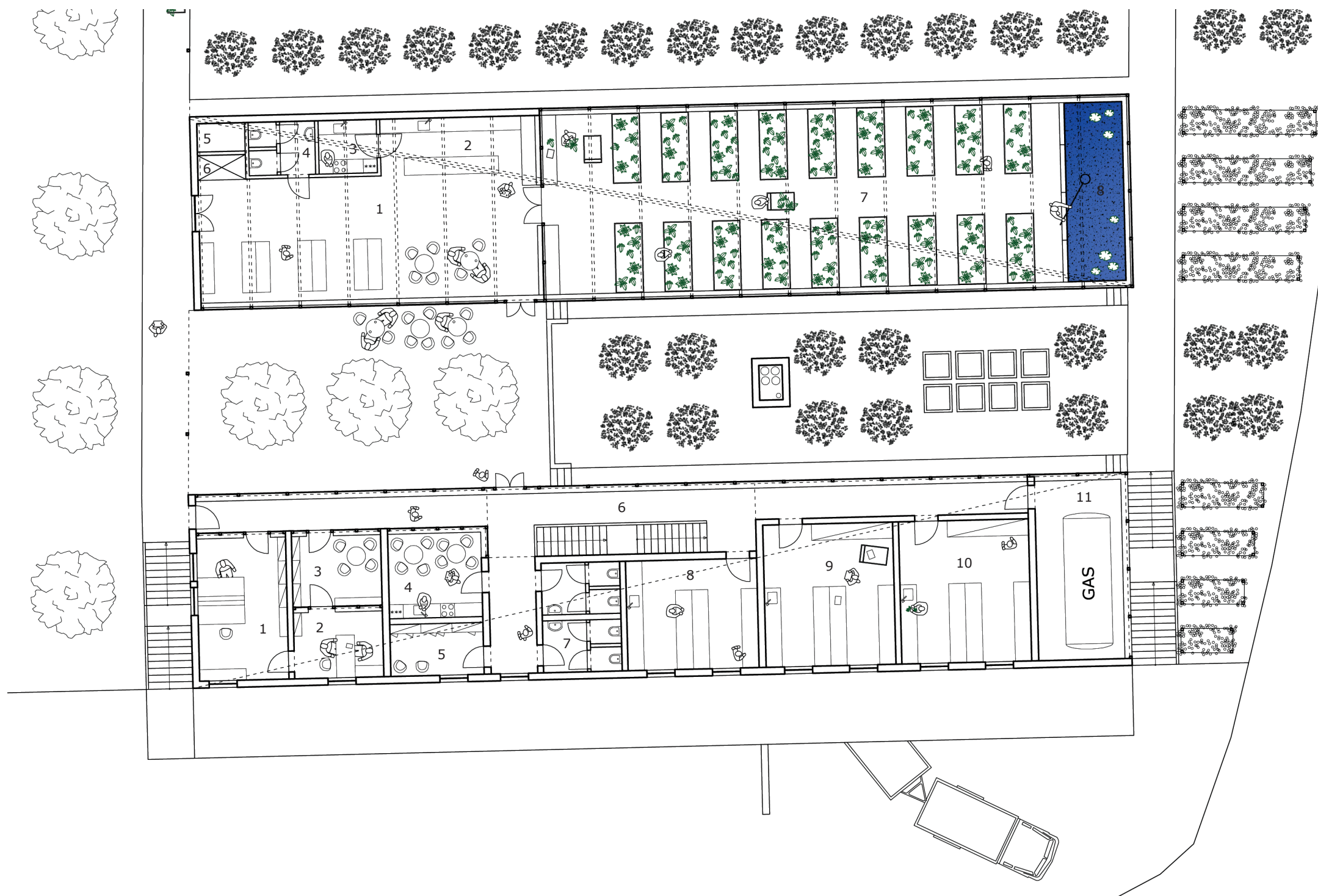
	m ²	m ³
Gemüsebeete	64,80	19,44
Wasserlinsenzeit	19,25	17,30

Grundriss Erdgeschoss Typ 4 (1x)

Verwaltungs- und Verarbeitungsgebäude

M 1:200

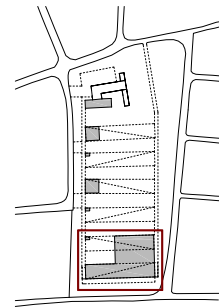
Nr.		m ²
	Bebaute Fläche	334,49
1	Büro 1	23,36
2	Büro 2	11,40
3	Besprechungsraum	12,18
4	Küche/Aufenthaltsr.	15,12
5	Garderobe	8,92
6	Verkehrsflächen	73,73
7	WC/Waschraum	15,07
8	Jungfischzeit	26,46
9	Jungpflanzenzeit	34,04
10	Verarbeitung	34,04
11	Gasspeicher	29,23

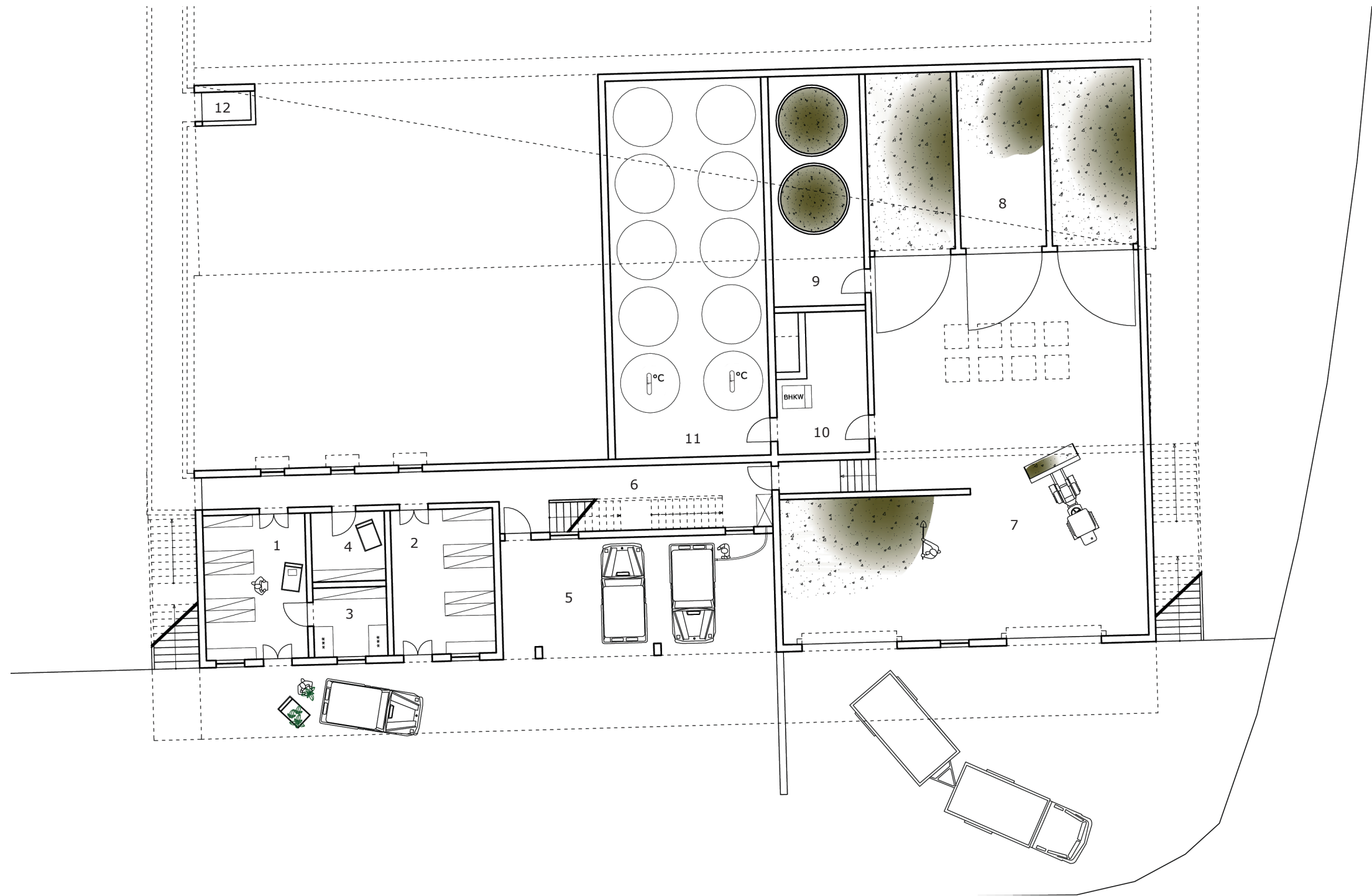


Grundriss Untergeschoss

Verwaltungs- und Verarbeitungsgebäude
M 1:200

Nr.		m ²
	Bebaute Fläche	704,89
1	Lager 1	26,23
2	Lager 2	26,23
3	Lager 3	9,08
4	Kühlraum	9,08
5	KFZ-Stellplätze	57,50
6	Verkehrsflächen	47,93
	Biogasanlage	
7	Lager/Laderaum	214,74
8	Fermenter 1,2,3	80,46
9	Nassfermentation	37,35
10	Blockheizkraftwerk/ Pumpenraum	22,95
11	Wärmespeicher	104,21
12	Schacht	2,50

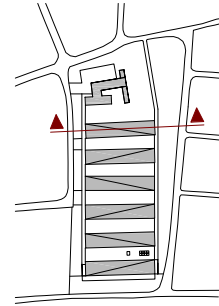




Schnitt AA

Fisch- und Gemüsezucht

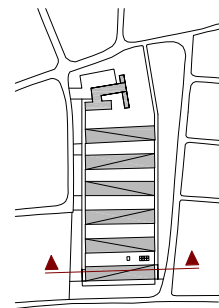
M 1:200

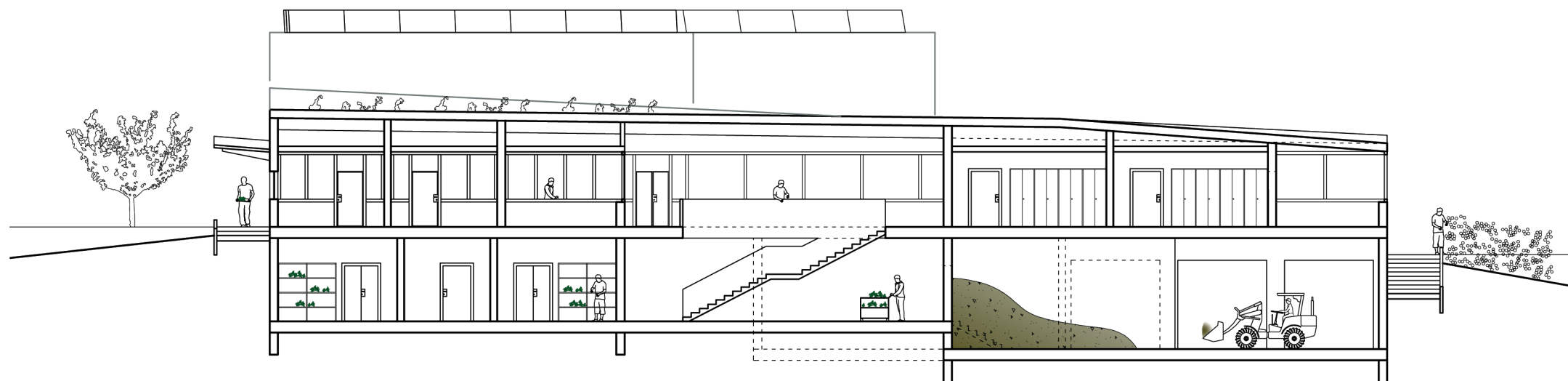
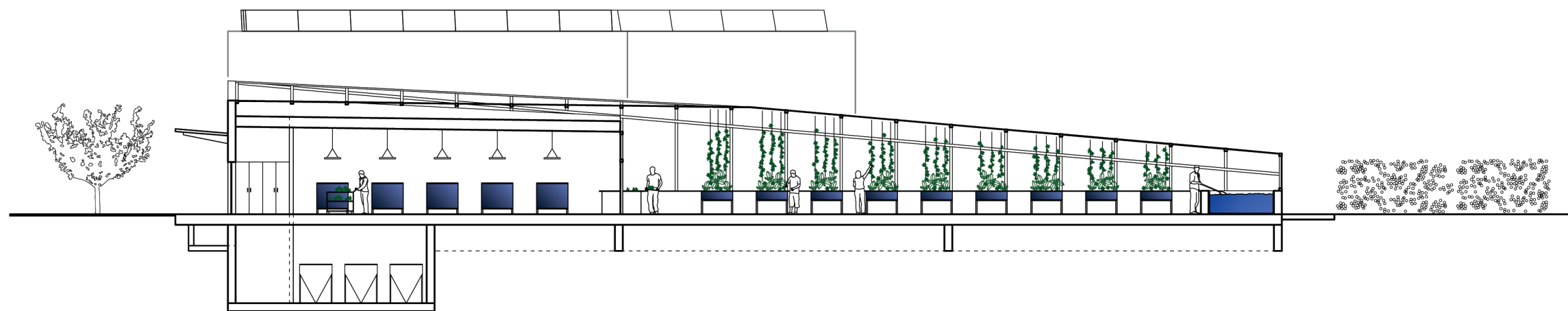


Schnitt BB

Verwaltungs- und Verarbeitungsgebäude

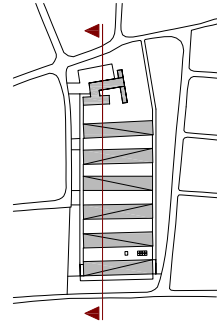
M 1:200





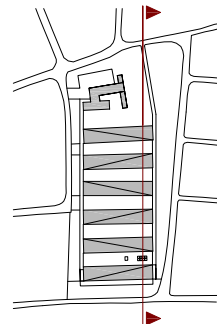
Schnitt CC

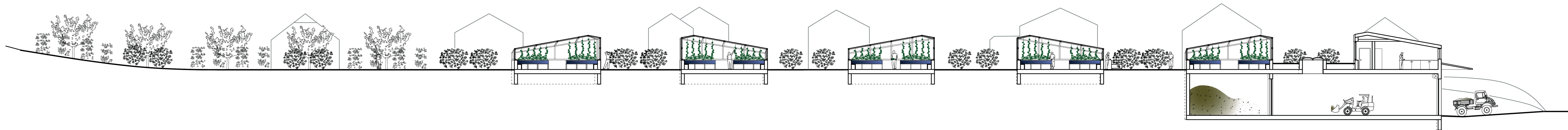
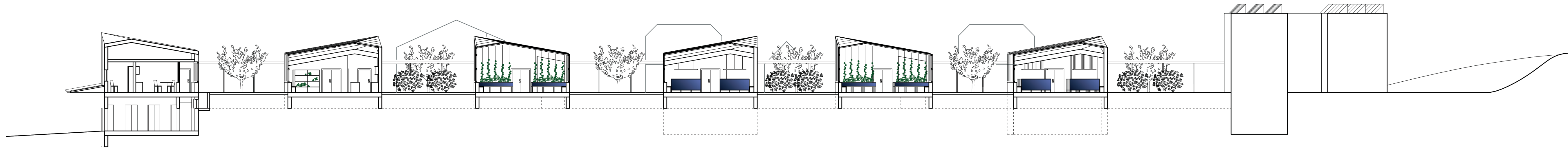
M 1:200



Schnitt DD

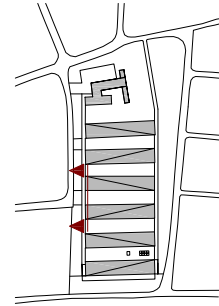
M 1:200





Schnitt EE

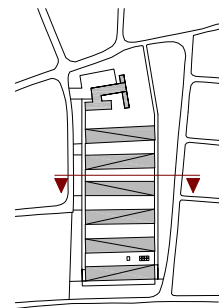
M 1:200

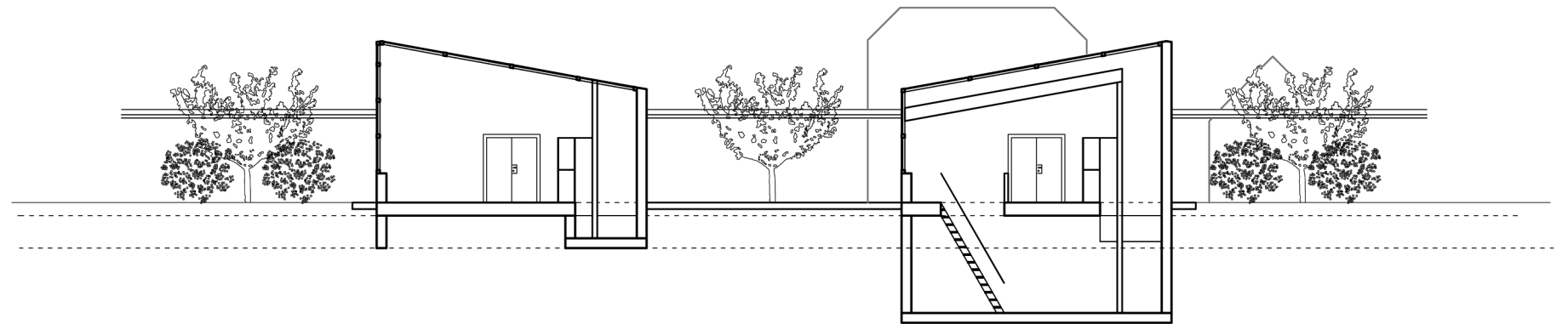


Ansicht

Nordostfassade Fisch- und Gemüsemarkt

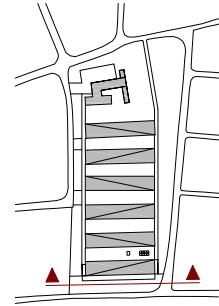
M 1:200





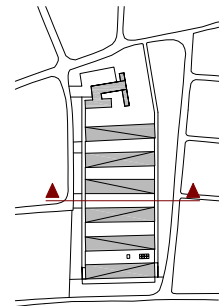
Ansicht

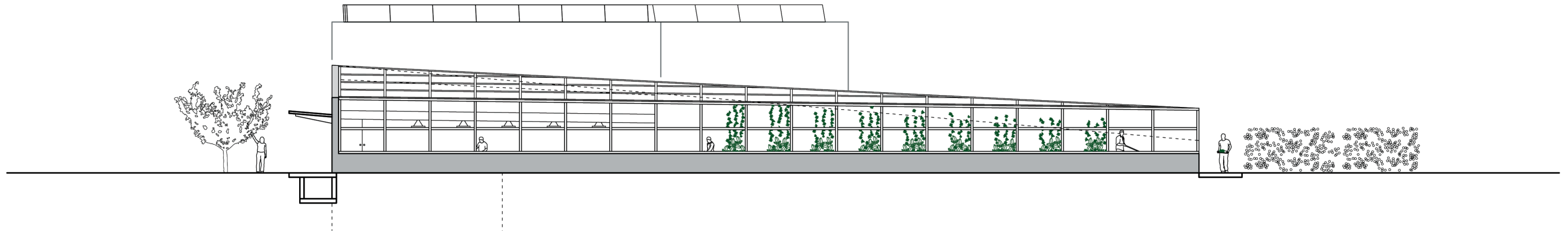
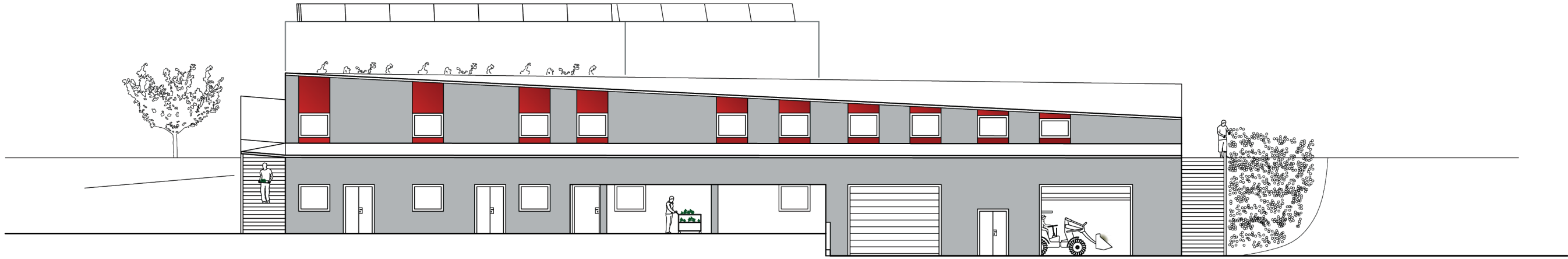
Südwestfassade Verwaltungs- und
Verarbeitungsgebäude
M 1:200



Ansicht

Südwestfassade Fisch- und Gemüsemarkt
M 1:200

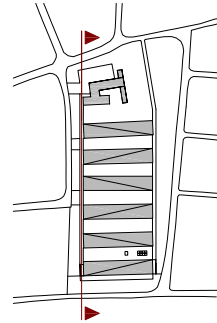




Ansicht

Nordwestfassade

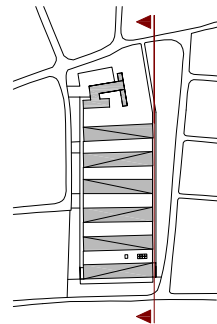
M 1:200

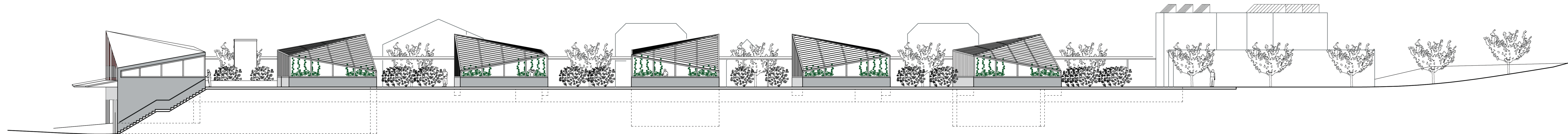
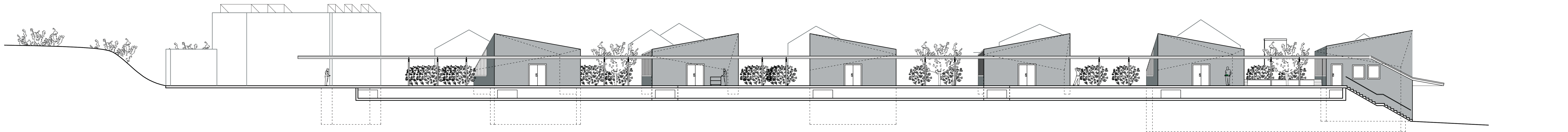


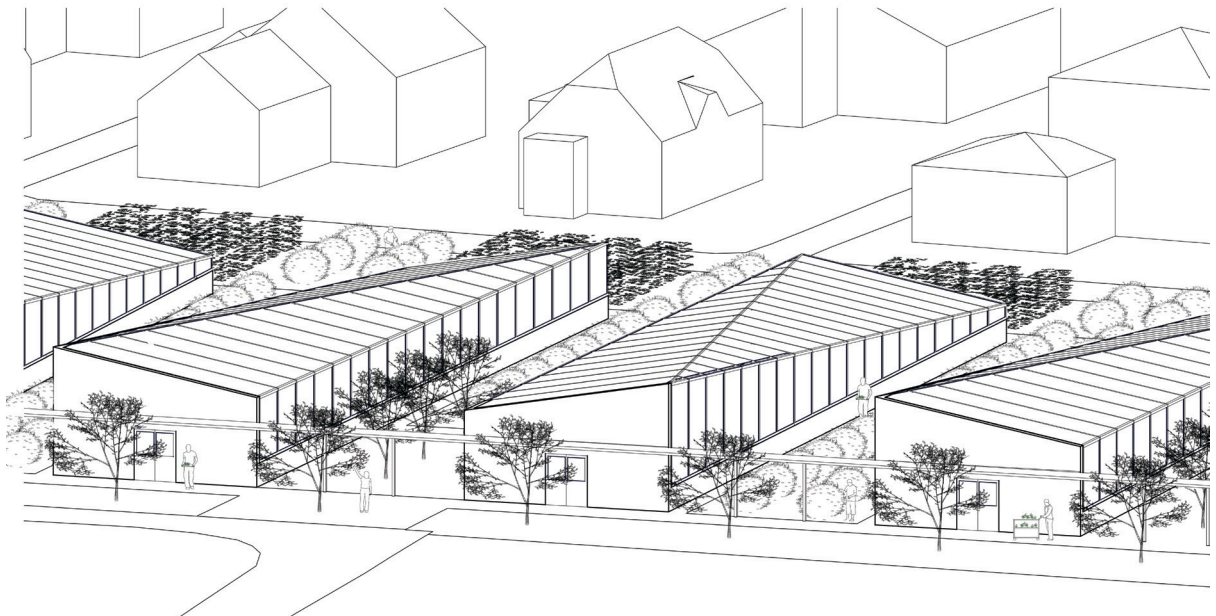
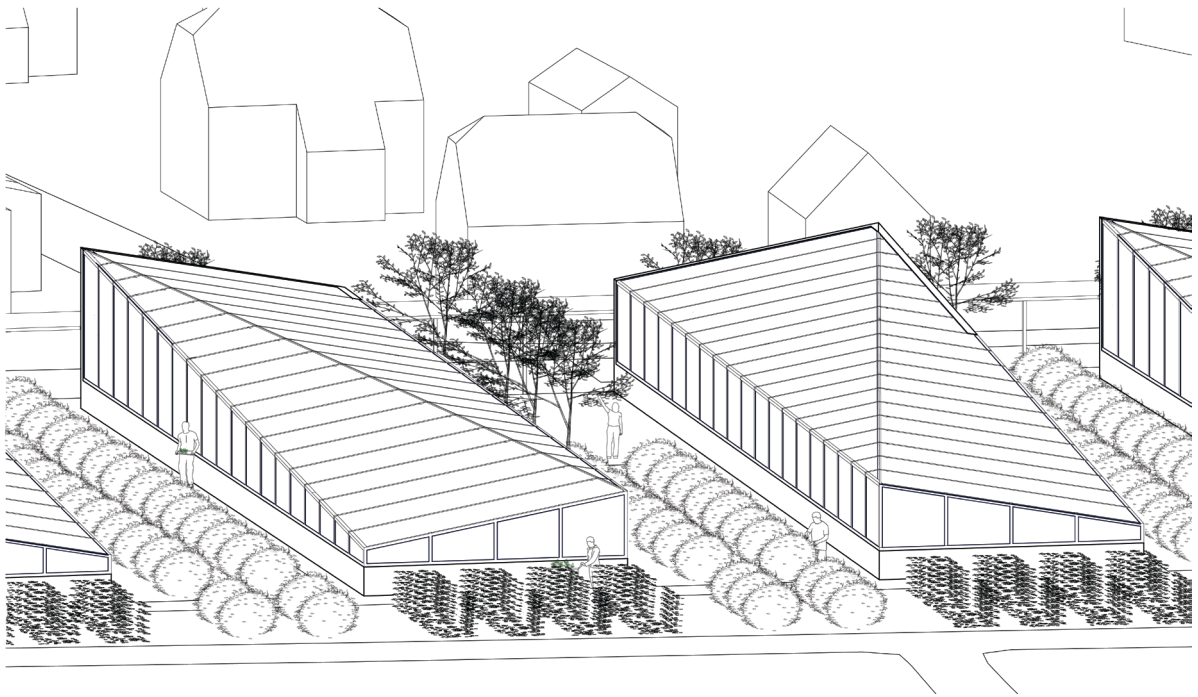
Ansicht

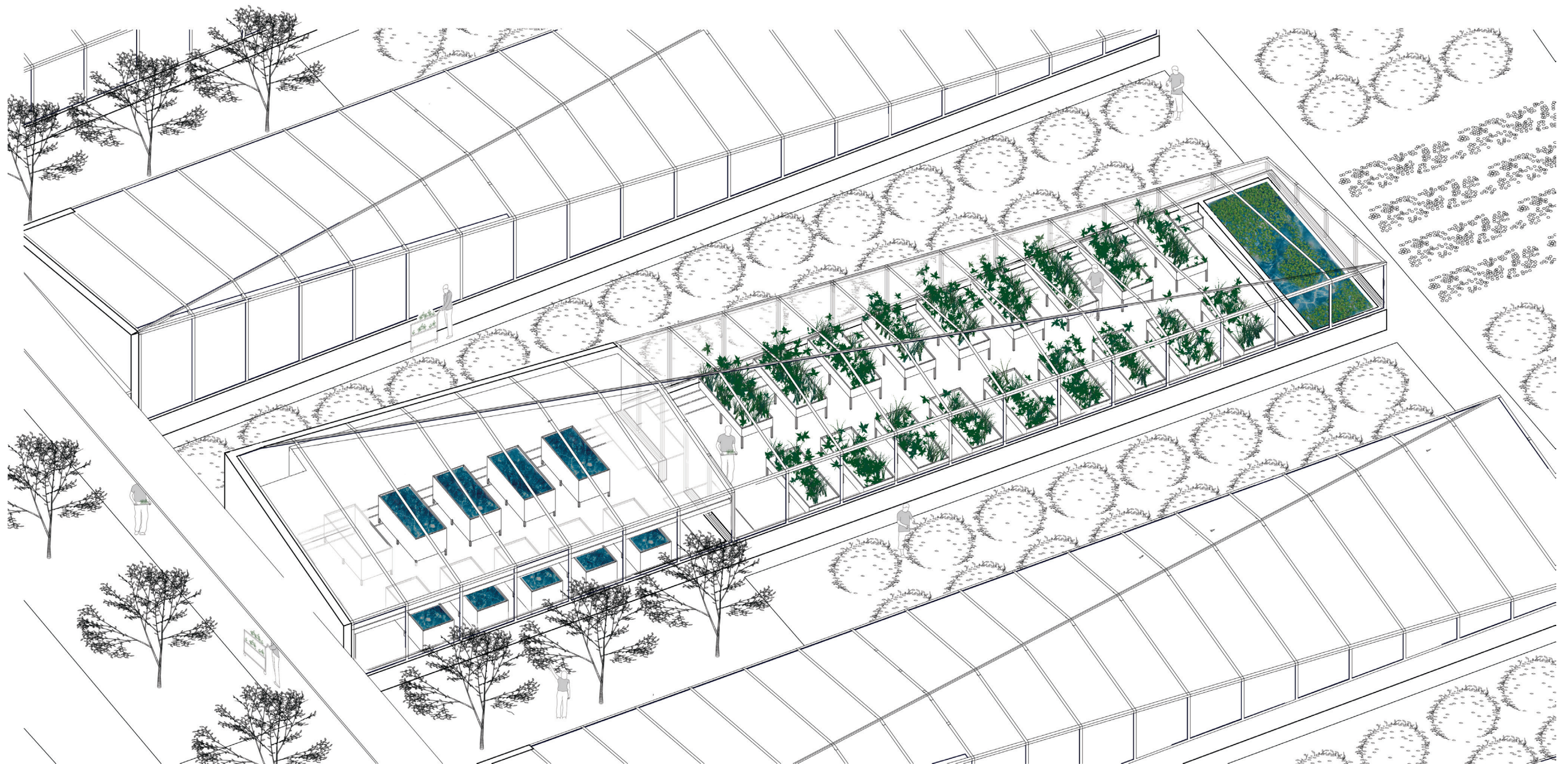
Südostfassade

M 1:200









ROBITSCH

OBST & GEMÜSE



FAX: 04214/ 34 30 - 21
Annahmeschluss 10:00

www.frischundgerne.at

Tel. - DW 20

Lieferung am darauffolgenden Werktag/ So für Mo

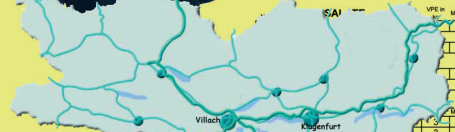
KARTOFFEL				VPE	in kg	MHD	Best.-menge
1	Kartoffel Roh	geschält		5	5	1	5
2	Kartoffel	gegart 3040		2,5	10		
3	Kartoffelscheiben	gegart 3mm		2,5	10		

Kartoffel geschnitten				VPE	in kg	MHD	Best.-menge
4	Kartoffel 1/4	roh		5	5		
5	Kartoffel Würfel	roh 10x10mm		5	5		

SALATE				VPE	in kg	MHD	Best.-menge
10	Chinakohl	geschnitten fein		2	4		
11	Endivien	geschnitten fein		1	4		
12	Eisberg	geschnitten grob		1	4		
13	Eisberg	ganze Blätter		1	4		
14	Radiochio	geschnitten grob		1	4		
15	Frisee	geschnitten grob		1	4		
16	Lollo Rosso	handgezugelt		1	4		
17	Lollo Biondo	handgezugelt		1	4		
18	Rucola	gewaschen		1	4		

WURZELWERK				VPE	in kg	MHD	Best.-menge
19	Zwiebel weiß	geschält		4	4		
20	Ringe	3mm		2	4		
21	gewürfelt	5x5mm		2	4		
22	Karotten	geschält		4	4		
23	Karotten	Julienne		2	4		
24	Karotten	gew. 5x5mm		2	4		
25	Karotten	Stab. 5mm		2	4		
26	Gelbe Rüben	geschält		4	4		
27	Gelbe Rüben	Julienne		2	4		
28	Gelbe Rüben	gew. 5x5mm		2	4		
29	Gelbe Rüben	Stab. 5mm		2	4		
30	Kn.-Sellerie	geschält		4	4		
31	Kn.-Sellerie	Julienne		2	4		
32	Kn.-Sellerie	gew. 5x5mm		2	4		
33	Kn.-Sellerie	Stab. 5mm		2	4		
34	Lauchstreifen	fein		2	4		

MISCHUNG				VPE	in kg	MHD	Best.-menge
35	Brunoisegemüse	5x5mm		1	4		
36	Karotte Kn.-Sellerie	Gelbe Lauch		1	4		
37	Julienne	gemüse		1	4		
38	Karotte Kn.-Sellerie	Gelbe Lauch		1	4		
39	Mirepoix	10x10mm		1	4		
40	Karotte Kn.-Sellerie	Gelbe Lauch		1	4		
41	Gemüsestäbchen - Mix			1	4		
42	Karotte Kn.-Sellerie	Gelbe Lauch		1	4		
43	Wok-Gemüse			2	4		
44	Karotte Zwiebel Gelbe Rüben	Waldbrand Paprika Bohnen Sprossen		2	4		

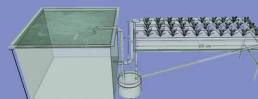
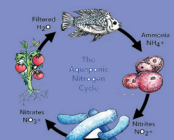


Gärtnerei

Karpf



Aquaponik



7 Entwurfsprinzipien

7.1 Nutzung bestehender Netzwerke und Infrastruktur

7.1.1 Zusammenführung der Gärtnerei Karpf mit dem Obst- und Gemüselieferanten Robitsch

Die positiven Impulse, die durch die Vernetzung von Betrieben (sog. Cluster) entstehen können, sind heute bereits hinlänglich bekannt. Das gemeinsame Nutzen und Teilen von Ressourcen, Know-how und Kontakten, sowie die Optimierung von Systemabläufen führt im Allgemeinen zu einer höheren Wertausschöpfung und stärkt die einzelnen Teilbetriebe in ihrem Umfeld, die dadurch aus ihrem Handeln einen höheren Wirkungsgrad erzielen.

Bekannte Beispiele solcher Netzwerke kennt man zur Genüge aus dem Tourismusbereich und aus der landwirtschaftlichen Vermarktung. Beispiele wie diverse Genussregionen (Genussregion Steiermark, Genussregion Oberösterreich usw.), die Norische Region, die Marktgemeinschaft Steirischer Wein, Gailtaler Speck, Steirerfisch, Kärntnermilch usw. sind fast jedem bekannt, haben sich in der Vergangenheit als durchaus erfolgreich erwiesen und konnten durch die gezielte Organisation von kulinarischen Events ihre mediale Präsenz und somit ihre Marke festigen.

In diesem Projekt sollen zwei ortsansässige Betriebe zur gemeinsamen Arbeit angeregt werden. Es handelt sich dabei um die ehemals florierende Gärtnerei Karpf, die – vor allem – über die räumlichen Ressourcen und reichliche Erfahrung im Umgang mit der Pflanzenzucht in Gewächshäusern verfügt und den Obst- und Gemüsehändler Robitsch, der die nötigen finanziellen Mittel zur Umsetzung des Projekts ergänzt und um einen großen Kundenstamm erweitert, der die nachfolgende erfolgreiche Vermarktung der erzeugten Waren garantiert.

Beide Betriebe können ohne Interessenskonflikte zusammenarbeiten, profitieren vom jeweils Anderen und können gemeinsam ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber ihrer Konkurrenz steigern, sichern dabei Arbeitsplätze in der Gemeinde und stärken durch die überregionale Präsenz der Firma Robitsch den Wirtschaftsstandort Brückl durch den Aufbau eines innovativen Musterbetriebes.

Anton Robitsch,

Besitzer der Firma Robitsch

Meine Firma feiert nun schon bald ihr 40-jähriges Bestandsjubiläum. Wenn ich zurückdenke, wie alles begann, dann bin ich sehr stolz auf unsere Firmengeschichte. Damals hatte ich nichts. Ich habe mir ein kleines Stück Land gepachtet und begonnen, darauf Gemüse anzubauen – die erste Zeit mit gemieteten Maschinen. Die Ernte habe ich dann mit meinem privaten PKW ausgeliefert.

Als die Nachfrage anstieg, habe ich viel investiert. Ich brauchte mehr Land, habe die ersten Lieferwägen gekauft und manche Bauern aus der Umgebung unter Vertrag genommen, damit sie für mich Obst und Gemüse anbauten. Das

Geschäft lief gut. Ich konnte meinen Kundenstamm erweitern und belieferte sogar Supermärkte. Hier in Brückl eröffnete ich ein eigenes Geschäft für Obst und Gemüse, das dann später von einer Supermarktkette übernommen wurde.

Um konkurrenzfähig zu bleiben, musste ich meine Produktion erweitern. Ich begann, in den Wintermonaten Gemüse zu importieren und verarbeitete einen Teil der Ernte zu Halbfertigprodukten für Großküchen. Zu diesem Zeitpunkt belieferte ich Betriebe in ganz Kärnten, Osttirol, Teilen der Steiermark und Salzburgs. Schon allein aus logistischen Gründen benötigte ich weitere Lager,



die sich in meinem Einzugsbereich verteilten. Ich habe demnach Zweigstellen meiner Firma in Bad Kleinkirchheim und in Lienz eröffnet. Der Hauptsitz ist und bleibt aber in Brückl, meiner Heimatgemeinde.

Der Umweltschutz war für mich schon immer wichtig. Mein Betrieb kann nur erfolgreich bleiben, wenn unsere Ökosysteme intakt bleiben und dafür muss man aktiv etwas unternehmen. Deshalb habe ich bereits im Jahr 2010 in ein Energieversorgungsprojekt inklusive Photovoltaikanlagen in Brückl investiert. Heute werden in der Gemeinde über 90 Objekte mit Hackschnitzel aus den umliegenden Wäldern zentral beheizt. Das bedeutet, dass jetzt 90 Öl- und Kohleöfen weniger in der Gemeinde die Luft verschmutzen. Das ist ein großer Erfolg und meine Kontakte zu den lokalen Landwirten haben uns bei der Verwirklichung des Projektes sehr geholfen.

Mein letztes großes Projekt – bevor ich die Firma schlussendlich übergebe – sollte eine starke Verbesserung unserer eigenen Ökobilanz mit sich bringen. Die winterlichen Importe waren mir schon länger ein Dorn im Auge und ich woll-

te einen Weg finden, anfänglich zumindest einen Teil der Importwaren hier bei uns in eigenen Gewächshäusern zu züchten.

Mit dem Konzept einer Aquaponik-Gärtnerei ließen sich die meisten Zielsetzungen über die Erwartungen verwirklichen. Der Fisch ist eine große Bereicherung meiner Produktpalette und wird entweder frisch oder als Fertigprodukt verkauft. Unsere eigenen biologischen Abfallprodukte werden in der Biogasanlage zu wertvoller Energie umgewandelt und beheizen unsere Glashäuser nachhaltig. Sogar ein Teil meiner Lieferwagen fährt jetzt mit dem Biogas als Treibstoff. Mit dem Dünger aus der Biogasanlage züchten wir in eigenen Becken das Fischfutter, somit können wir den Anteil an Fischmehl deutlich reduzieren. Die ganze Gärtnerei basiert nun auf geschlossenen Kreisläufen. Wo es möglich ist, wird wiederverwertet und nichts wird vergeudet.

Nicht zuletzt wurde das Projekt durch die Zusammenarbeit mit Frau Karpf und mit dem Autark-Integrationszentrum auch auf menschlicher Basis zu einem großen Erfolg.¹³⁹

139 Mögliche Stellungnahme von Herrn Robitsch.

Anna Karpf,

Besitzerin der ehem. Gärtnerei Karpf

Als ich damals meine Gärtnerei eröffnete und auch in den Jahren danach lief das Geschäft fast wie von selbst. Natürlich war es viel Arbeit, aber das hat mir nichts ausgemacht. Ich wollte ja Gärtnerin werden und die Arbeit hat mich erfüllt.

Das Leben hier im Ort war damals aber anders. Die meisten Leute sind nicht jeden Tag in die Stadt zur Arbeit gependelt und viele Familien hatten ihren eigenen Gemüsegarten. Das waren meine Kunden. Egal zu welchem Anlass, ich habe sie mit Blumen, Gestecken, aber auch mit Ziersträuchern und vor allem im Frühjahr mit Gemüsepflanzen versorgt und das alles habe ich selbst hier in der Gärtnerei gezüchtet.

Als dann aber die großen Baumärkte und Gartencenter an den Stadträndern eröffneten und viele meiner Kunden bereits einer Arbeit in der Stadt nachgingen, habe ich die Konkurrenz hart

zu spüren bekommen. Dazu kam, dass viele junge Familien gar keinen eigenen Gemüsegarten mehr anpflanzten und wenn doch, dann kauften sie ihre Pflanzen meist am Heimweg von der Arbeit schnell im Gartencenter ein.

Da war es dann nur noch eine Frage der Zeit bis ich meine Gärtnerei verkleinern musste. Ich hatte in den letzten Jahren überhaupt nur noch auf Bestellung für besondere Anlässe gearbeitet und das Geschäft war – außer an ein paar Tagen im Frühjahr, zum Valentinstag und zu Allerheiligen – die meiste Zeit geschlossen. Es war auch preislich für mich unmöglich, mit den großen Geschäften in der Stadt mithalten.

Den Grund, auf dem einst die Glashäuser standen, ließ ich zunächst einen befreundeten Landwirt abmähen, der das Heu für seine Kühe brauchte. Ich fand es aber immer schade, dass man nicht mehr daraus machen konnte.



Herr Robitsch ist eines Tages an mich herangetreten und hat mir angeboten, mir meinen Grund abzukaufen. Das wollte ich aber nicht. Nach langen Gesprächen und Verhandlungen ist dann aber in uns beiden die Idee herangereift, dass wir Geschäftspartner werden könnten. Ich stelle meinen Grund zur Verfügung und er die finanziellen Mittel, um das Projekt zu verwirklichen. Das neue Unternehmen profitiert von uns beiden. Meine langjährige Erfahrung als Gärtnerin in Gewächshauskultur war vor allem in der Anfangsphase wichtig, bis die neuen Mitarbeiter eingeschult waren und Herrn Robitschs langjähriger Kundenstamm war unser Garant dafür, dass wir unsere Ware auch verkaufen konnten.

Hinzu kam, dass mir das Konzept sehr gut gefallen hat. Ich habe als Gärtnerin sehr viel Zeit damit verbracht, mich um das richtige Erdreich meiner Pflanzen zu kümmern. Dass man die Pflanzen aber auch auf natürliche Art in Hydrokultur züchten kann – also ohne die künstlichen Nährlösungen –, hat mir sehr gefallen. Ich musste damals Dünger kaufen. In der neuen Anlage sorgen die Fische für den Dünger und die

Fische kann man dann obendrein noch verkaufen. Das bringt eine zusätzliche Sicherheit und spart Geld.

Am meisten sparen wir aber an den Heizkosten. Meine Glashäuser wurden damals noch mit Öl beheizt, das wäre für mich heute nicht mehr leistbar. Die neue Anlage wird gänzlich mit Sonnenenergie und mit dem Biogas aus der Biogasanlage beheizt. Dabei produzieren wir sogar noch unseren eigenen Strom. Ich bin sehr stolz darauf, dass unsere Aquaponik-Gärtnerei so effizient ist und keinerlei Schaden an der Umwelt anrichtet.

Der Standort war außerdem sehr gut für dieses Projekt. Es gab kaum Probleme mit den Anrainern, denn die meisten konnten sich noch an meine Gewächshäuser erinnern und wussten, dass es für sie keine Nachteile bringen würde.

Mittlerweile bin ich im Ruhestand, aber es vergeht kaum ein Tag, an dem ich nicht zumindest kurz in den Glashäusern bin und wenn man mich braucht, stehe ich noch immer mit Rat und Tat zur Seite.¹⁴⁰

140 Mögliche Stellungnahme von Frau Karpf.

7.1.2 Miteinbeziehung des AUTARK-Integrationszentrums in das Projektkonzept

Die direkte Nachbarschaft zum Autark-Integrationszentrum, einem Vorzeigeprojekt der Gemeinde, das im Jahr 2005 eröffnet wurde und seitdem Menschen mit körperlicher oder geistiger Benachteiligung auf ihrem Weg in die Arbeitswelt hilft und betreut, bietet sich auf mehreren Ebenen für eine stärkere Zusammenarbeit mit der Aquaponik-Gärtnerei an.

Das Leitbild des Autark-Vereins wird in der „Zeitschrift für Integration“ der Universität Klagenfurt wie folgt zusammengefasst:

„Im Wesentlichen geht es dabei um die Bewirtschaftung eines Seminarbetriebes, welches einerseits die Öffentlichkeit in die Organisation bringt und andererseits den Menschen mit Behinderung zum Kunden führt. Möglich wird dies durch ein marktorientiertes Dienstleistungskonzept, welches primär nach außen hin wirkt, um mit den Bürgern in Kontakt zu treten.“¹⁴¹

Der Seminarbetrieb ist dabei als langfristiges Leitprojekt gedacht, in dem die Personen in verschiedenen Tätigkeitsfeldern geschult werden und bietet zudem eine Plattform, um Kontakte

nach außen zu knüpfen, mit deren Hilfe andere – auch zeitlich begrenzte – Projekte verwirklicht werden können.

Die Dienste, die von den Mitarbeitern des Vereins angeboten werden, überschneiden sich auf vielfältige Weise mit den Tätigkeitsbereichen in der Aquaponik-Gärtnerei und eine Zusammenarbeit könnte auf Dauer zu einer Erweiterung des berufsbegleitenden Betreuungsangebots und der Ausbildungsmöglichkeiten führen.

Darüber hinaus können der Außenbereich der Gärtnerei – vor allem die Obstwiese neben dem Autark-Wohnhaus (die auch – ähnlich dem Innenhof des Wohngebäudes – den erwünschten Sichtschutz bietet) – von den betreuten Personen für diverse Freizeitaktivitäten genutzt werden, da es auf ihrem eigenen Grundstück keine großzügigen Freiflächen gibt und auf dem Flachdach des Wohnhauses Solarkollektoren installiert werden, die die Aquaponik-Gärtnerei mit zusätzlicher Wärmeenergie versorgen.

Durch die stärkere Vernetzung der beiden Betriebe untereinander und mit der Gemeinde, erfahren beide Betriebe positive Impulse und können vom jeweils anderen profitieren.

141 Karli 2005, 2.

7.1.3 Der Shop als Schnittstelle zwischen Produktion und Verbraucher

Der Schwerpunkt des Arbeitsfelds der Firma Robitsch liegt in der Produktion, der Verarbeitung, im Handel und in der Lieferung von Obst und Gemüse. Die unmittelbare Kundschaft des Betriebs sind vorwiegend Supermärkte und Großküchen, weshalb der direkte Kontakt zwischen Produzent und Endverbraucher erschwert wird.

Gerade in der heutigen Zeit, in der viele Personen durch die medial aufgezeigten Qualitätsmängel mancher Waren gegenüber großen Konzernen misstrauisch geworden sind, wollen aber mehr und mehr Konsumenten ihr Produkt bis zu seinem Ursprung zurückverfolgen können, um sich von seiner Qualität selbst zu überzeugen. Ich halte es deshalb für wichtig, den Shop als eine Schnittstelle einzurichten, die die Beziehung zwischen der Firma und ihrer Kundschaft fördert und als eine Art Plattform für deren Kommunikation dient. Im Zuge des offenen Austauschs sollen dabei auch die Funktionsweise des Aquaponik-Systems vermittelt, etwaige Bedenken oder Vorurteile abgebaut und eine hohe Akzeptanz der unkonventionellen Produktionsweise erreicht werden.

Viele landwirtschaftliche Betriebe verfolgen bereits mit ihren Hofläden, die

dem Shop der Aquaponik-Gärtnerei gewissermaßen als Vorbild dienen, ähnliche Ziele. Jedoch soll er, neben der Funktion als Verkaufsraum, auch anderwärtig genutzt werden können und die Erzeugung der Waren erlebbar machen.

Im Glashaus und in direkter Nähe zu den Pflanzen und den Fischen soll den Kunden auch die Möglichkeit zum Verweilen geboten werden, um die betriebseigenen Produkte zu verkosten und zu konsumieren. Der Shop fungiert also auch als eine Art Café oder Bistro und kann für Veranstaltungen oder als Seminarraum (z.B. für Kurse und Präsentationen rund um das Thema Aquaponik, für spezielle Kochkurse, Pflanzen- und Fischbörsen, Schulausflüge, Betriebsfeierlichkeiten usw.) genutzt werden.

Ähnlich den Hofläden, muss der Shop nicht ununterbrochen besetzt sein. Er soll im Bedarfsfall von den Angestellten mitbetreut werden und liegt deshalb in Blickbeziehung zum Verwaltungsgebäude und den Büros, in denen während der Öffnungszeiten ständig jemand anwesend ist.

Katrin Feichtinger,
Diplom-Pädagogin

Ganz zu Beginn haben wir eigentlich noch gar nichts mitbekommen. Man hat nur zwischendurch gemunkelt, dass die alte Gärtnerei am Nebengrundstück wieder aufgebaut werden sollte und dass deren Betreiber auf dem Flachdach unseres Autark-Wohnhauses Solarkollektoren installieren möchten, mit deren Energie sie dann ihre Glashäuser beheizen können. Das hat mich damals aber eher weniger interessiert.

Wissen Sie, ich mag meinen Beruf! Die Arbeit mit unseren jungen Erwachsenen ist sehr berührend und erfrischend und

ich stehe mit vollem Einsatz hinter unserem Verein. Hier in Brückl haben wir ein Wohnhaus mit mehreren betreuten Wohngemeinschaften und ein Seminarhaus, in dem jeder einen an seine Bedürfnisse angepassten Arbeitsplatz findet. Manchmal bieten wir eigene Workshops für Interessierte an, meistens aber werden die Räumlichkeiten für Seminare und andere Veranstaltungen gemietet. Es ist oft eine Freude mit anzusehen, mit welcher Begeisterung unsere Kollegen und Kolleginnen dann ans Werk gehen. Sei es in der Küche, im Service, in der Wäscherei oder in



den betreuten Werkstätten der Hausmeisterei. Darüber hinaus bieten wir auch mobile Dienstleistungen an, die von der Bevölkerung – vor allem von den Älteren – mittlerweile auch gerne in Anspruch genommen werden. Dazu zählen z.B. Rasenmähen oder Heckenschneiden und die Raumpflege allgemein.

Uns ist es vor allem wichtig, dass die geleistete Arbeit als sinnvoll empfunden wird und dass es für unsere Dienstleistungen eine konkrete Nachfrage gibt. Das steigert das Selbstwertgefühl fast wie von selbst und ist wahrscheinlich der beste Schritt in ein Leben mit größtmöglicher Eigenständigkeit.

Beim ersten Treffen mit Herrn Robitsch und seinen Mitarbeitern hat man uns das Projekt präsentiert um auf die Wichtigkeit der Solaranlage auf unserem Dach hinzuweisen. Aber auch wir hatten die Gelegenheit uns als Nachbarn kurz vorzustellen. Ich muss sagen, es hat nicht lange gedauert, da war uns allen bewusst, dass eine Zusammenarbeit mehr Potenzial hat, als nur die Solarkollektoren auf unserem Dach.

Heute arbeiten drei unserer Schützlinge das ganze Jahr über in der Gärtnerei

und je nach Jahreszeit werden unsere Kollegen von den mobilen Dienstleistungen gebucht, um beim Auspflanzen, Ernten, Rasenmähen, Heckenschneiden usw. zu helfen. Dadurch konnten auch wir von Autark unsere Dienste erweitern und zusätzliche Leute in unser Programm aufnehmen.

Außerdem erhalten wir jetzt täglich frisches und quasi „selbst angebautes“ Obst und Gemüse für die Küche und man konnte feststellen, dass das Kochen und Essen einen höheren Stellenwert bekommen hat. Es trifft auch bei uns zu, wenn man sagt: „Wer selbst erntet, isst bewusster“.

Nicht zuletzt hat das Arbeiten mit den Pflanzen und den Fischen für unsere Mitarbeiter auch einen hohen pädagogischen und therapeutischen Wert. Die Gruppe ist sich näher gekommen und kleine Konflikte werden schneller vergessen. Kein Wunder, wenn das Gemüse am Teller zuvor von so vielen „eigenen“ Händen bearbeitet wurde.

Alles in allem kann man sagen, dass sich unsere Zusammenarbeit mit der Gärtnerei durch und durch gelohnt hat, und zwar für beide Seiten.

Maria Wendenig,
Anrainerin

Früher war hier keine Wiese! Als die alte Gärtnerei noch bestand, war hier ein Beet nach dem anderen. Gemüsepflanzen, Blumen, Ziersträucher, alles ist hier gewachsen und im Frühling war die Gärtnerei ein Treffpunkt, wo die Leute ein- und ausgegangen sind.

Dann aber, als sie zusperren mussten, ist der Grund für kurze Zeit als Acker genutzt worden und danach ist buchstäblich darüber Gras gewachsen. Unten, direkt bei der Gärtnerei konnte man zusehen wie die Glashäuser verfielen und abgebaut wurden. Scha-

de eigentlich, aber es hat sich einfach nicht mehr rentiert.

Heute ist aber wieder alles anders. Zuerst hatten wir Bedenken wegen des Lärms, aber die Zufahrt für die Lieferwagen ist unten entlang der Gurk, dort stören sie niemanden. Dafür habe ich jetzt wieder die Möglichkeit, fast vor der Haustüre täglich frisches Gemüse im Laden zu kaufen. Meinen Gemüsegarten musste ich nämlich aufgeben. Ich bin einfach zu alt für die schwere Arbeit. Dort im Laden kann man aber zusehen wie sie das Gemüse frisch ern-



ten, bevor man es kauft. Ich muss auch nicht mehr weit fahren, um frische Beeren zu ernten. Die bekomme ich jetzt saisongerecht von den Sträuchern im Außenbereich der Anlage – entweder zum selber Ernten, oder verpackt einfach zum Mitnehmen.

Ich war schon neugierig, wie dieses Aquaponik-Gemüse schmeckt. Aber ich konnte keinen Unterschied feststellen. Dafür habe ich die Gewissheit, dass es keine künstlichen Nährstoffe enthält.

Den Fisch habe ich auch schon probiert. Ich hatte keine Ahnung wie man Tilapia zubereitet, aber die Firma Robitsch produziert daraus ja auch Fertiggerichte und die kann man im Laden direkt verkosten. Manchmal gehe ich zum Einkaufen in den Laden und treffe dort zufällig meine Freundinnen. Es ist schon vorgekommen, dass wir dann gleich zum Essen dortgeblieben sind. Zwischen den Pflanzen und den Fischen ist das schon eine außergewöhnliche Atmosphäre.

7.2 Nutzung der solaren Einstrahlung

7.2.1 Sonnenstandsanalyse

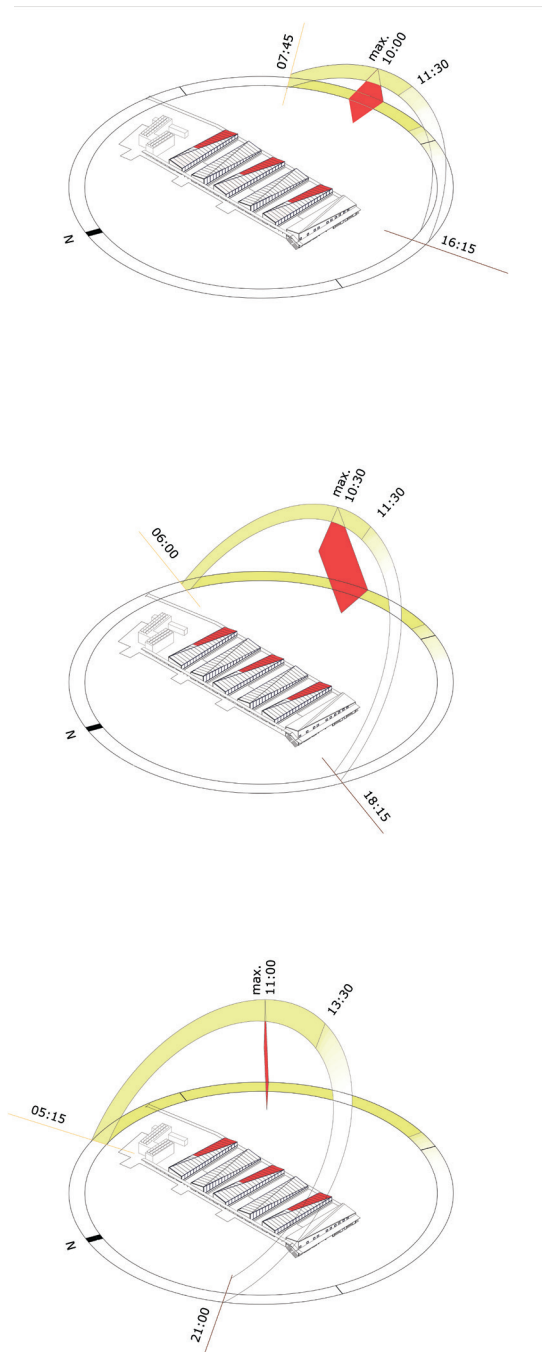
Neben der Solarfarm (Sonnenkollektoren am Flachdach des Autark-Integrationszentrums) sind auch die Glashäuser darauf optimiert, die Wärmeenergie aus der solaren Einstrahlung direkt bzw. indirekt (Solarkamin) bestens nutzen und speichern zu können.

Die Dachform und die Ausrichtung der Gebäude nehmen Bezug auf die tages- bzw. jahreszeitlichen Veränderungen des Sonnenstandes und sind konzipiert, vor allem in der Übergangszeit den höchsten Wirkungsgrad zu erreichen.

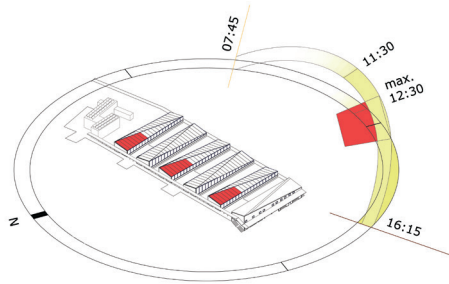
Das Ziel war es, die Glashäuser möglichst schnell nach Sonnenaufgang zu erwärmen und ab dem frühen Nachmittag die überschüssige Wärmeenergie – die in konventionellen Gewächshäusern meist abgeführt wird – über den Solarkamin abzutransportieren und einem Wärmespeicher als Reserve für die Nacht zuzuführen.

Diese Vorgänge werden von der Dachform und den daraus resultierenden Einstrahlungswinkeln der Sonne begünstigt, da sie für die notwendige Fokussierung eines Großteils der Energie entsprechend des Zwecks und der Tageszeit sorgt.

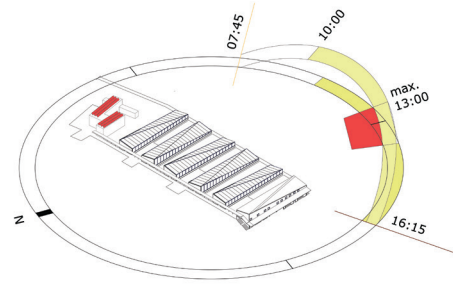
Glashaus



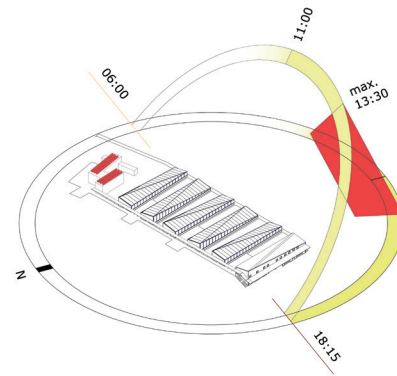
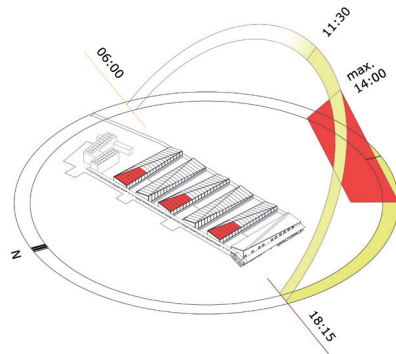
Solarkamin



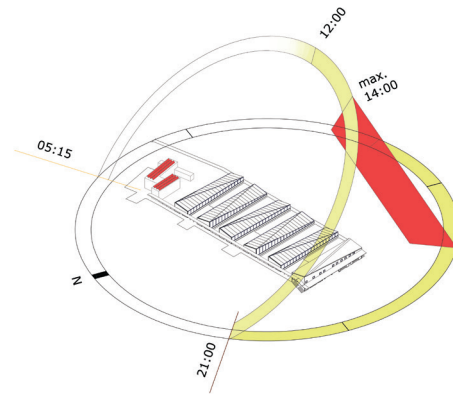
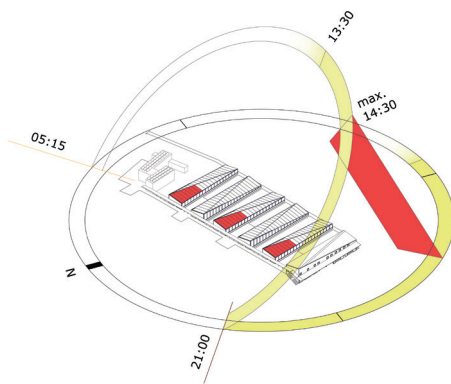
Autark-Solarfarm



21. Dezember



21. März/September



21. Juni

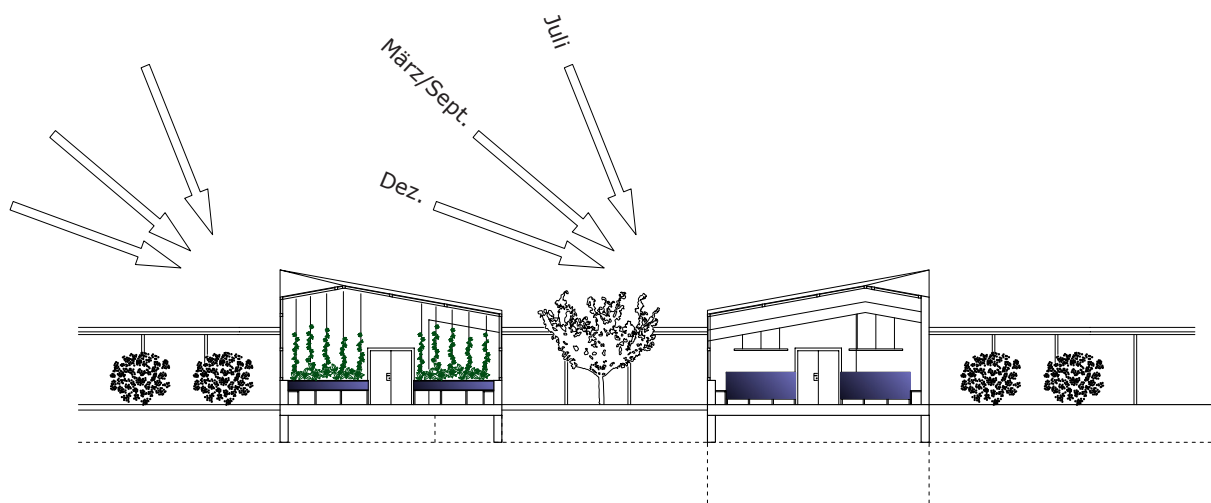


Abb. 119
Verschattung der Fischbecken mittels
Obstbäumen

7.2.2 Solarkamin, Luftkollektor

Begriffe

Das hier vorgestellte System ist eine Kombination aus einem Luftkollektor – also einem Sonnenkollektor, der Luft als Trägermaterial zum Energietransport verwendet – und einem Schacht, in dem – im Gegensatz zu einem Solarkamin, aber dennoch dessen Prinzipien folgend – die Luft mit Hilfe eines Wärmetauschers abgekühlt wird, wodurch eine Sogwirkung erzeugt und ein Luftkreislauf in Gang gebracht wird. Der Einfachheit halber wird dieses System nachfolgend als Solarkamin bezeichnet.

Allgemeines

In konventionellen Gewächshäusern (ohne Vorrichtung zur Wärmespeicherung) muss besonders in der Übergangszeit die Problematik beachtet werden, dass die noch relativ intensive solare Einstrahlung tagsüber den Innenraum des Glashauses bereits nach kurzer Zeit überhitzt und diese überschüssige Wärmeenergie zum Wohl der Pflanzen abgeführt werden muss. Bereits kurze Zeit nach Sonnenuntergang sinken die Temperaturen jedoch wieder so stark ab, dass es notwendig wird, das Gewächshaus zu beheizen.

Es ist also naheliegend, durch bestimmte bauliche oder technische Vorkehrungen die Amplitude der tageszeitlichen Temperaturschwankungen zu verkleinern bzw. die überschüssige Energie für

die Nacht zu bevorraten. Im einfachsten Fall wird dazu Masse in das Glashaus eingebracht, die direkt vor Ort als Wärmespeicher wirksam ist (z.B. Mauerwerk, Bodenplatten, Wasserbehälter usw.) oder von der warmen Abluft während des Tages durchströmt wird, um im Bedarfsfall ihre gespeicherte Energie an den Innenraum abzugeben (z.B. Steinschüttungen in Kombination mit dem Lüftungssystem).

Bereits diese einfachen Systeme verbessern die Ökobilanz eines Glashauses erheblich, haben jedoch den Nachteil, dass sie nur innerhalb gewisser Grenzen wirtschaftlich genutzt werden können und meist noch immer ein Großteil der vorhandenen Energie abgeführt werden muss. Die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme wird hauptsächlich von der notwendigen Größe des Wärmespeichers eingeschränkt, der nie zu seiner Höchsttemperatur beladen werden kann und deshalb verhältnismäßig groß bemessen sein muss, da die dafür benötigten hohen Temperaturen im Gewächshaus aufgrund der Pflanzen nicht erreicht werden können.

Um dieses Manko zu kompensieren, arbeiten höher technisierte Systeme mit Wärmetauschern und/oder Wärmepumpen und können damit zwar den Wirkungsgrad erhöhen, verbrauchen aber ihrerseits auch Energie im laufenden Betrieb.

Das System

Die Wirkungsweise des Solarkamins, die darauf abzielt, die ins Gewächshaus eingestrahlte Sonnenenergie mit möglichst wenigen Verlusten optimal nutzen zu können, ist hier in Kombination mit dem Aquaponik-System zu verstehen und auf dessen besonderen Bedürfnisse und Möglichkeiten abgestimmt.

Konstruktiv wird der Solarkamin vom darüberliegenden Glasdach und vom oberen Raumabschluss des Fischzucht-Bereiches gebildet, der gleichzeitig für die nötige Beschattung der Fischbecken sorgt und als Speichermasse auch noch nach Sonnenuntergang Wärme abgibt und den Lauf des Systems für eine gewisse Zeit aufrecht erhält.

Sobald das Gewächshaus durch die Sonnenenergie die für das Pflanzenwachstum optimale Temperatur erreicht hat, beginnt die Kondensationskühlung mit dem Abwasser aus der Aquaponik-Anlage (das im Becken der Wasserlinsenzucht zwischengespeichert wird) die Umgebungsluft durch den Entzug der Verdunstungsenergie zu kühlen. Dadurch steigen die Luftfeuchtigkeit und die in der Luft latent gespeicherte Energie, ohne die Umgebungstemperatur dabei erheblich zu erhöhen. In Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit können so 50-80% der eingestrahlten Energie durch die Verdunstung zwischengespeichert werden, wodurch die Wärmeverluste an den Außenraum durch die geringere Temperaturdifferenz reduziert werden.

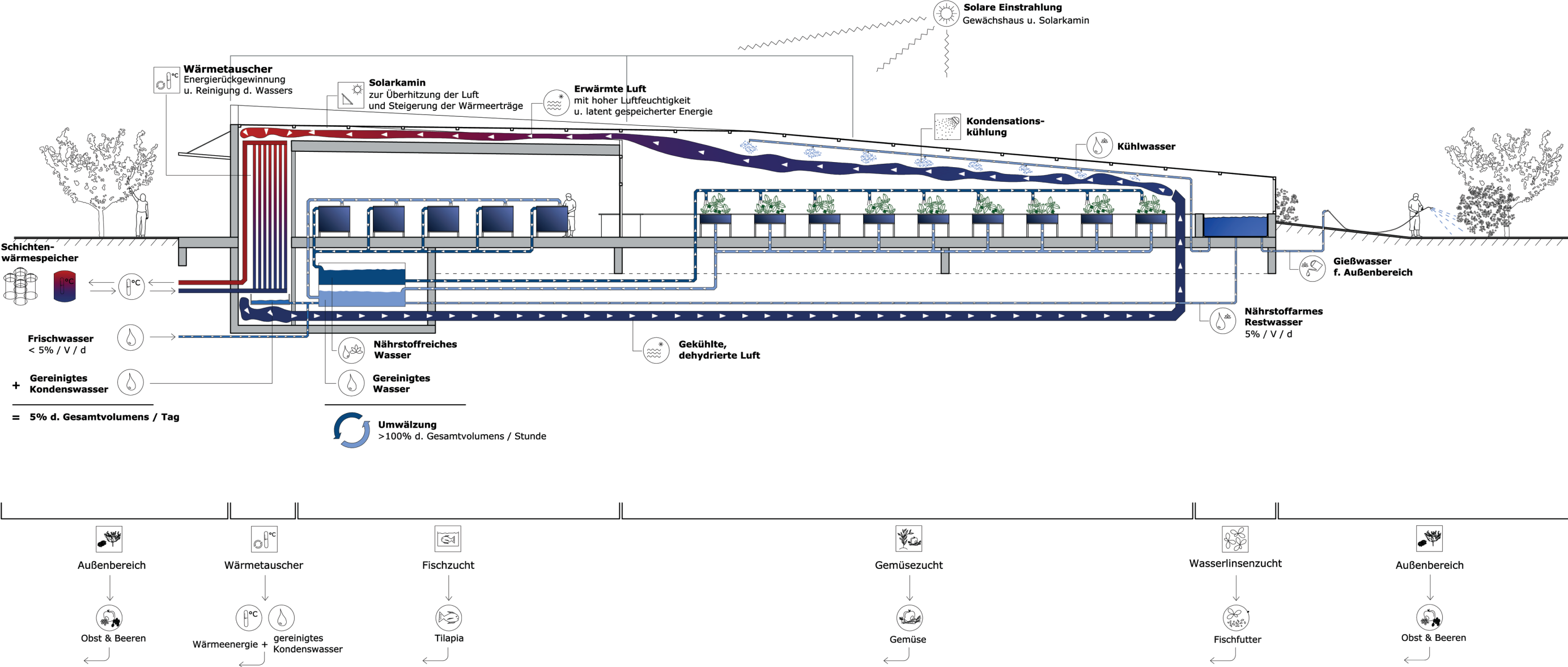
Durch die Erwärmung und Sättigung der Luft im Gewächshaus steigt diese nach oben und gelangt in den Solarkamin, wo sie weiterhin befeuchtet wird und während sie diesen durchströmt, bei optimalen Bedingungen auf bis zu 80°C erhitzt werden kann. Diese Maßnahme erhöht nicht nur den Wärmegewinn, sondern fördert auch das gesunde Raumklima, da die zirkulierende Luft im Solarkamin ab circa 60°C einen Sterilisationsprozess durchläuft, wobei Keime und Sporen abgetötet werden.

Am höchsten Punkt des Gebäudes befindet sich der Durchbruch in den Schacht, in dem die erhitzte Luft mit einem Wärmetauscher abgekühlt wird, nach unten fällt und eine Sogwirkung erzeugt. Durch die hohe Luftfeuchtigkeit kondensiert der Wasserdampf beim Abkühlen am Wärmetauscher, wodurch nicht nur die Wärmeenergie, sondern auch die latente Kondensationsenergie abgegeben wird und sich die Wärmeleitung wegen der feuchten Oberfläche des Wärmetauschers erheblich verbessert. Durch die im Wasserdampf gespeicherte Energie und den erhöhten Wärmeübergang verbessert sich der Wirkungsgrad dieses Systems gegenüber einem herkömmlichen Luft-Wasser-Wärmetauschers um den Faktor 400. Die abgekühlte Luft wird anschließend am unteren Ende des Gewächshauses dem Kreislauf wieder zugeführt und die aus dem System gewonnene Energie wird in einem Schichtenwärmespeicher für die Nacht bevorratet.

Das zur Kondensationskühlung verwendete Abwasser aus der Aquaponik-Anlage wird während dieses Prozesses durch die Kondensation gereinigt und kann anschließend wieder in die Fischbecken eingeleitet werden, wodurch die Frischwasserzufuhr verringert wird.

In der Nacht wird der Kreislauf dieses Systems zum Beheizen umgekehrt. Dann wirkt der Wärmetauscher als Heizkörper, erzeugt im Schacht einen Auftrieb und die erwärmte Luft strömt aus dem Solarkamin in das Gewächshaus.¹⁴²

142 Vgl. Buchholz 2002, 49-58 u. 67-72.



Tobias Landmann,
Mitarbeiter

Mein Beruf hier ist sehr vielseitig. Sicher, jeder hat so seine Präferenzen, aber wenn es darauf ankommt, verstehen wir uns als Team und dann packt jeder mit an – egal, worum es geht. Deshalb gefällt es mir hier auch so gut, denn jeder Tag bringt neue Aufgaben und es wird bestimmt nie langweilig.

Früher habe ich in der Gartenabteilung eines Baumarktes in Klagenfurt gearbeitet. Auch dort hat es mir eigentlich gefallen, aber der lange Weg zur Arbeit hat mir irgendwie zu schaffen gemacht. Hier im Tal ist die Auswahl an Jobs eher eingeschränkt, aber wegziehen war für

mich nie eine Alternative. Also pendelte ich jeden Tag in die Stadt und verbrachte dabei täglich fast eineinhalb Stunden im Auto.

Die Firma Robitsch habe ich vorher bereits gekannt. Ich bin ja jeden Tag daran vorbeigefahren. Aber richtig aufmerksam wurde ich erst, als ich das große Schild sah, auf dem sie ihre Betriebsvergrößerung ankündigten. Nach und nach habe ich dann mehr darüber erfahren – auch, weil ich selbst sehr interessiert war – und mir hat die Idee sehr gut gefallen. Fische und Gemüse gemeinsam in einer Symbiose zu züch-



ten, davon hatte ich vorher noch nie gehört, ich habe es mir aber spannend vorgestellt.

Irgendwann habe ich dann entschieden, mich dort zu bewerben und heute leite ich die Fisch- und Gemüsezuucht in den Glashäusern. Es macht mir Spaß, den Weg vom Samenkorn zum fertigen Gemüse zu beobachten und mitzuerleben wie auch im Winter hier die Pflanzen wie in einer Oase gedeihen. Am meisten Freude bereitet mir aber das Füttern der Fische. Zu Beginn war ich immer sehr nervös wenn der Tierarzt zur Kontrolle hier war oder wenn die Ergebnisse der Wasseruntersuchun-

gen aus dem Labor kamen, aber heute sehe ich meistens schon am Verhalten der Fische, ob alles in Ordnung ist, bevor das Labor die Werte schickt.

Auch mit meinen Kollegen verstehe ich mich sehr gut. Wir wissen, dass jede Aufgabe, sei es das Züchten der Jungfische oder der Jungpflanzen, der Wasserlinsen oder der Algen, die Arbeit in der Biogasanlage, die Gartenarbeit, aber auch das Ausliefern der Ware, der Verkauf im Laden, ja, jede Aufgabe ein wichtiger Beitrag für das Ganze ist. Genauso wie in der Aquaponik-Anlage an sich: Fällt ein Teil aus, wird das zum Problem für das ganze System.

7.3 Lineare Produktionswege werden zu Kreisläufen geschlossen



Abb. 120
100% biologisch abbaubare Teppiche

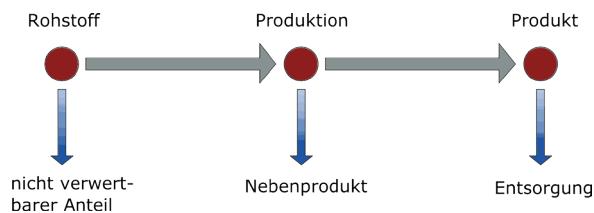


Abb. 121
Linearer Produktionsweg

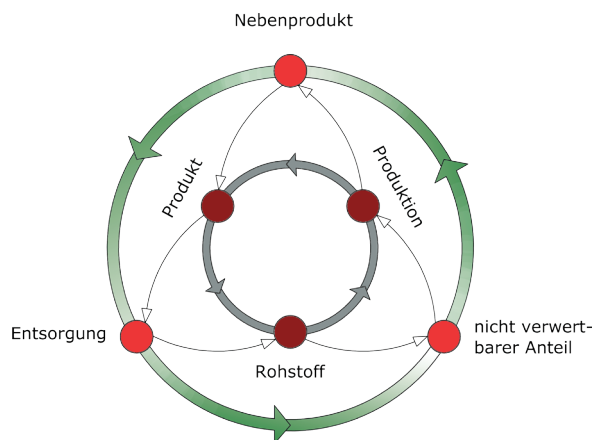


Abb. 122
Produktionskreislauf

7.3.1 Cradle to cradle

Michael Braungarts Cradle to Cradle-Prinzip (dt. von der Wiege zur Wiege) beschreibt ein neues Verständnis des Recycling-Gedankens und nimmt sich den ewigen Nährstoffkreislauf der Natur zum Vorbild.

Er weist darauf hin, dass die von uns betriebene Wiederverwertung eher einem Down-Cycling-Prozess gleichkommt, in dem recycelte Produkte entweder nicht mit der Qualität des ursprünglichen Ausgangsmaterials mithalten oder nur noch für mindere Zwecke benutzt werden können. Dadurch wird zwar die Nutzungsdauer eines Rohstoffes verlängert, jedoch bleibt die Problematik der Müllbeseitigung am Ende bestehen.

Das Cradle to Cradle-Prinzip schlägt hingegen vor, dass schon in der Entwicklungsphase eines Produkts dessen technische und biologische Wiederverwertbarkeit berücksichtigt werden muss, damit aus Abfall wieder ein hochwertiges Erzeugnis entstehen kann und Recycling nicht mehr mit Einschränkungen in Verbindung gebracht wird.

Als Vergleich aus der Natur wird hierfür der Kirschbaum angeführt, der im Frühjahr eine Fülle an Blüten hervorbringt, die nach Beendigung ihres Zwecks allesamt ohne Nebenprodukt dem natürlichen Nährstoffkreislauf rückgeführt werden.¹⁴³

143 Vgl. Braungart 2008.

7.3.2 Die Biogasanlage

Eine Biogasanlage dient dem anaeroben mikrobiellen Abbau von Biomasse. Durch den Sauerstoffabschluss können die verschiedenen Mikroorganismen nur einen geringen Teil der in der Biomasse enthaltenen Energie (Proteine, Kohlenhydrate, Fette usw.) verwerten und produzieren dabei Methan und Kohlendioxid quasi als Abfallprodukt.

Die in diesem Projekt eingeplante Biogasanlage ist speziell für die Vergärung nicht allzu großer Mengen biologischen Substrats konzipiert und verbindet die Vorteile der Trocken- und der Nassfermentation. Durch das zweistufige Verfahren wird der Gasertrag optimiert, der Eigenenergieverbrauch reduziert und der Arbeitsaufwand verringert.

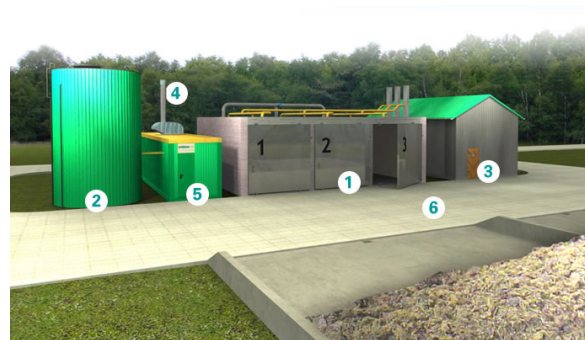
Wöchentlich muss nur ein Reaktor mit vorher unbehandeltem Substrat (biologische Abfälle) beladen werden. In der ersten Phase wird der anfänglich hohe Gasertrag der Trockenfermentation genutzt. Danach wird das Substrat durch ein spezielles Perkolationssystem ausgewaschen, um die organischen Substanzen als Flüssigkeit in den Nassfermenter zu leiten. Dort findet in einer zweiten Phase eine effiziente Nassvergärung mit hohem Methanausstoß statt. Durch die Zirkulation des Perkolats und speziell geformte Einströmdüsen ist der Nassfermenter selbstreinigend und kommt ohne Rührwerke aus.¹⁴⁴

¹⁴⁴ Vgl. Woryan, (Mai 2014).

7.3.3 Allgemeines

Die grundlegende Arbeitsweise des Aquaponik-Systems kann bereits als eine Annäherung an das Cradle to Cradle-Prinzip verstanden werden, da die bei der Lebensmittelerzeugung entstehenden Nebenprodukte eines Teilsystems (Nährsalze, gereinigtes Wasser) für die optimale Funktion des zweiten Teilsystems vorausgesetzt werden.

Da aber jede Aquaponik-Anlage Energie benötigt und Waren produziert, soll sie in diesem Kapitel ganzheitlich, in verschiedene Prozesse verflochten und unter Berücksichtigung der bestehenden Arbeitsabläufe der Firma Robitsch betrachtet werden, wobei der Cradle to Cradle-Gedanke in der Umsetzung leitführend ist und so gut als möglich angewendet werden soll.



- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1) Drei Trockenfermenter | 2) Nassfermenter |
| 3) Gasspeicher | 4) Blockheizkraftwerk |
| 5) Maschinencontainer | 6) Silo- und Mischplatte |

Abb. 123

Beispielhafte Darstellung einer Biogasanlage mit Trocken- und Nassfermentation

7.3.4 Das System

Die Firma Robitsch bezieht ihre Waren derzeit zu circa 35% aus der Eigenproduktion. Der Rest wird von regionalen Landwirten (circa 45%) und durch Importe (circa 20%) abgedeckt. Durch die Aquaponik-Gärtnerei und die dadurch ermöglichte ganzjährige Produktion sollte eine Reduzierung der Importe um circa 10% ermöglicht werden und ein zusätzliches Warenangebot geschaffen werden.

Die Erzeugnisse bleiben entweder unbehandelt oder werden zu Halbfertigprodukten (Geschnittene Gemüse-mischungen, Pommes Frites usw.) bzw. Fertigprodukten (tiefgekühlte Fertigerichte) weiterverarbeitet und direkt im betriebseigenen Shop verkauft oder an Großkunden – zu denen sich Supermarktketten, Hotelanlagen, Krankenhäuser und andere Großküchen zählen – ausgeliefert.

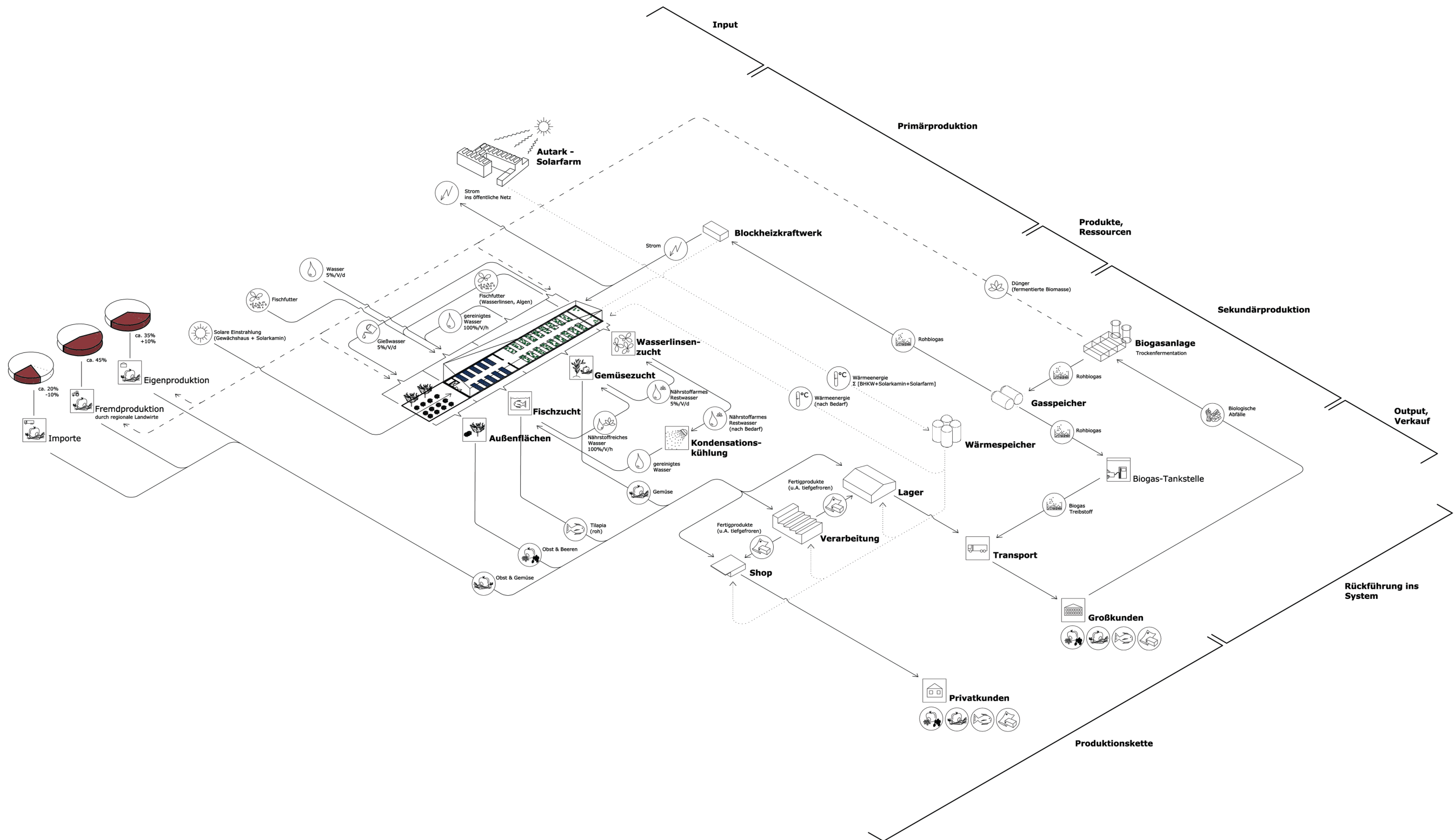
Der dort entstehende biologische Abfall wird gesammelt, von den Lieferwägen der Firma Robitsch wieder mitgenommen und in der Biogasanlage zu Biogas vergoren, das neben seinem Einsatz im Blockheizkraftwerk auch als Treibstoff für die Lieferwägen herangezogen wird.

Der bei der Fermentation entstehende Gärrest, der sich noch immer durch einen hohen Nährstoffgehalt auszeichnet, kann bedenkenlos als biologischer Dünger auf den eigenen Feldern verwendet oder an umliegende Landwirte zur Düngung verkauft werden.

Durch die Verbrennung des Gases im Blockheizkraftwerk entstehen elektrischer Strom, der vor Ort verbraucht oder ins öffentliche Netz eingespeist wird und Wärmeenergie, die zur Beheizung der Gebäude verwendet wird, wenn die solaren Einträge dafür nicht ausreichen. Im Sommer wird das Gas im Gasspeicher bevorratet und hauptsächlich im Transport verbraucht.

Im Wärmespeicher wird die Energie von den verschiedenen Produzenten (Solarfarm, Solarkamin, Blockheizkraftwerk) zwischengespeichert und bei Bedarf an die Gebäude abgegeben.

Das täglich aus dem Aquaponik-Kreislauf abfallende Abwasser (circa 5% des Gesamtvolumens), das noch immer reich an Nährstoffen ist, wird der Wasserlinsen- und Algenzucht zugeführt, wo es von den genügsamen Wasserpflanzen durch den Entzug der Nährsalze weiterhin gereinigt wird und später als Gießwasser im Außenbereich Verwendung findet oder in der Kondensationskühlung dahingehend gereinigt wird, dass es in den Kreislauf und in die Fischzucht zurückgeführt werden kann. Die dabei gewonnenen Wasserlinsen und Algen können (getrocknet oder frisch) an die Fische verfüttert werden und das konventionelle Fischfutter (vgl. Fischmehl) bis zu einem gewissen Prozentsatz ersetzen, was einerseits die Ökobilanz der Fischzucht weiter verbessert und andererseits die Betriebskosten senkt.



Sebastian Erlacher,
Chefkoch, Hotel Seeblick

Ich arbeite jetzt schon seit mehr als fünf Jahren als Koch hier im Hotel und solange ich mich erinnern kann, hat uns die Firma Robitsch mit Obst und Gemüse beliefert. Wir bemühen uns sehr, unseren Gästen ein reichhaltiges Angebot verschiedener Menüs von höchster Qualität bieten zu können. Die besten Zutaten sind uns dafür gerade gut genug. Herr Robitsch hat uns mit seiner Ware noch nie enttäuscht.

Als er dann eines Tages kam und mir von seiner Betriebsvergrößerung er-

zählte und dass ich in Zukunft auch im Winter regional produziertes Gemüse von ihm erhalten könne, war ich schon sehr begeistert. Er erzählte mir auch, dass er von nun an sogar Fisch produzieren werde – Tilapia – und wollte wissen, ob ich mir vorstellen könne, diesen in Zukunft auch bei ihm zu bestellen.

Ich hatte anfangs meine Zweifel, ob Tilapia der richtige Fisch für meine Küche sei, habe mir aber probenhalber eine Lieferung bestellt, weil ich ihm aufgrund



unserer langjährigen Zusammenarbeit vertraut habe.

Heute kann ich sagen, dass es sich durchwegs als erfolgreich erwiesen hat. Ich wurde durch die „fremde“ Zutat inspiriert, einige neue Gerichte auszutesten, die von den Gästen allesamt gut angenommen wurden. Sehr hoch gewürdigt wurde auch, dass sogar die exotische Tilapia aus regionaler Produktion stammt und nachhaltig gezüchtet wird. Die anfänglichen Zweifel

konnten sich nicht bestätigen, denn die Tilapia von Herrn Robitsch ist mit der oft schlammig schmeckenden Importware nicht zu vergleichen!

Außerdem finde ich es toll, dass die Firma Robitsch uns seit Neuestem nicht nur beliefert, sondern unseren Biomüll auch selbst wieder mitnimmt, um in ihrer eigenen Biogasanlage daraus Energie für die Gewächshäuser zu gewinnen. So schließt sich der Kreis.

Quellen

8 Quellenverzeichnis

8.1 Literaturliste

Bernstein, Sylvia: *Aquaponic Gardening. A Step-By-Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together*, Canada 2012

Blaas, Konrad, DI Dr./Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hg.): *Aquakultur 2020 – Österreichs Strategie zur Förderung der nationalen Fische-reiproduktion*, Wien 2012

Braungart, Michael/McDonough William: *Einfach intelligent produzieren. Cradle to cradle: Die Natur zeigt, wie wir die Dinge besser machen können*. Berlin 2009

Buchholz, Martin: *Energiegewinnung, Wasseraufbereitung und Verwertung von Biomasse in Gewächshaus-Gebäude-Modulen*, Diss., Berlin 2002

Despommier, Dickson, Dr.: *The Vertical Farm. Feeding the World in the 21st Century*, New York 2011

Diamond, Jared: *Collapse. How Societies Choose to Fail or Succeed*, New York 2005

Felsner, Barbara/Zeloth, Thomas: *50 Jahre Marktgemeinde Brückl. Festschrift*, Klagenfurt am Wörthersee 2013

Friedman, Thomas: *Hot, Flat, and Crowded. Why The World Needs A Green Revolution – and How We Can Renew Our Global Future*. New York 2008

Haider, Gerhard: *Nutzfische halten. Eine Anleitung zur Teichwirtschaft*, Stuttgart 1986

Karli, Doris: *Integration und Selbstbestimmung: Ziele der „AutArKademie“ Brückl*, in: *Zeitschrift für Integration* (2005), H. 7, 2

McWilliams, James E.: *Just Food: Where Locavores Get it Wrong*, New York, 2009

Resh, Howard M.: *Hydroponic Food Production. A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. New York 2013

WWF, World Wildlife Fund (Hg.): *Living Planet Report 2008*, Gland 2008

8.2 Internetquellen

AGINTEC, (o.J.): *Fischzucht-Kreislaufanlagen*, Online unter: <http://www.agintec.de/fischzucht.aspx>, (Stand: Nov. 2013)

Arancon, Norman/Edwards, Clive/Dick, Richard/Dick, Linda, (2007): *Vermicompost Tea Production and Plant Growth Impacts*, Online unter: http://growingsolutions.com/shop/images/bc0711_51.pdf, (Stand: Sep.2013)

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei, FISA (Forschungsinformationssystem Agrar/Ernährung, (2012): *Verbundprojekt: Einsatz von Ölpresskuchen für die Herstellung qualitativ hochwertiger Futtermittel zur nachhaltigen Fischeaufzucht*, Online unter: http://www.fisaonline.de/index.php?act=projects&p_id=6212&lang=dt, (Stand: Okt. 2013)

Börner, Vinzent: *Die ewige Sehnsucht nach der Idylle*, in: Zeit Online, 14.6.2012, Online unter: <http://www.zeit.de/2012/24/N-Power-to-the-Bauer>, (Stand: Nov. 2013)

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, (o. J.): *Die Landwirtschaft ist das Rückgrat der Gesellschaft*, Online unter: <http://www.lebensministerium.at/land.html>, (Stand: Sep. 2013)

Charisius, Hanno: *Soja für Seezungen, Raps für den Lachs*, in: Süddeutsche.de, (18.3.2013), Online unter: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/ueberfischung-der-meere-soja-fuer-seezungen-raps-fuer-den-lachs-1.1627015>, (Stand: April, 2013)

Diver, Steve, (ATTRA, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas), (2002): *Root Zone Heating for Greenhouse Crops*. Online unter: <http://www.mnproject.org/resourcecenter/Utilizing%20Root%20Zone%20Heating.pdf> (Stand: Okt. 2013)

ECOFILMS Australia, (2011): *DIY High Protein Fish Food from Algae*, Online unter: <http://www.ecofilms.com.au/diy-high-protein-fish-food-from-algae/>, (Stand: Okt. 2013)

Hotes, Stefan/Universität Giessen (2014): *Ökosystemdienstleistungen*, Online unter: <http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/Inst/tsz/tieroekologie/jaguar/hintergrund/oekosystemdienstleistungen>, (Stand: Feb. 2014)

Janssen, Wilhelm, (o.J.): *James Cook zeigte sich 1774 wenig begeistert von der Osterinsel*, Online unter: <http://www.osterinsel.de/11-james-cook.htm>, (Stand: Sep. 2013)

Langthaler, Ernst, (2012): *Agrarland Niederösterreich zwischen „Bauernbefreiung“ und „Globalisierungsfalle“*, Online unter: <http://www.univie.ac.at/ruralhistory/RHWP7.pdf>, (Stand: Nov. 2013)

Mermaid-Aquaculture, (o.J.): *Die Produktionsbecken*, Online unter: <http://www.mermaid-aquaculture.de/level1-produktionsbecken.php>, (Stand: Okt. 2013)

Mexiko Lexikon, (o.J.): *Chinampa*, Online unter: <http://www.mexiko-lexikon.de/mexiko/index.php?title=Chinampa>, (Stand: Jun. 2013)

National Geographic Deutschland, (27.3.2012): *Venedig sinkt*, Online unter: <http://www.nationalgeographic.de/aktuelles/venedig-sinkt>, (Stand: Sep. 2013)

New Seasons Market, (2014): *Our Story*, (Online unter: <http://www.newseasonsmarket.com/our-story/welcome>, (Stand: Feb. 2014)

Nizza, Mike: *Oxford's Word of the Year, and Runners-Up*, in: The New York Times (13. 11. 2007), Online unter: http://thelede.blogs.nytimes.com/2007/11/13/oxfords-word-of-the-year-and-runners-up/?_r=0, (Stand: Okt. 2013)

N.N., (o.J.): *Chile*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Chile>, (Stand: Mai 2013)

N.N., (o.J.): *Eiszeitalter, Das aktuelle Eiszeitalter*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Eiszeitalter#Das_aktuelle_Eiszeitalter, (Stand: Okt. 2013)

N.N., (o.J.): *Globale Erwärmung, Prognostizierte Erwärmung*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Globale_Erw%C3%A4rmung#Prognostizierte_Erw.C3.A4rmung, (Stand: Okt. 2013)

N.N., (o.J.): *Haber-Bosch-Verfahren*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Haber-Bosch-Verfahren>, (Stand: Feb. 2014)

N.N., (o.J.): *Holzkohle*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Holzkohle>, (Stand: Okt. 2013)

N.N., (o.J.): *Hydrokultur*, in: Alles über Hydrokultur, Online unter: <http://hydrokultur-info.de/hydrokultur>, (Stand: Mai 2013)

N.N., (o.J.): *Hydrozyklon*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrozyklon>, (Stand: Okt. 2013)

N.N., (o.J.): *Landwirtschaft/Ländervergleich/Deutschland*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Landwirtschaft#Deutschland>, (Stand: Nov. 2013)

N.N., (o.J.): *Nonpoint source pollution*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: http://en.wikipedia.org/wiki/Nonpoint_source_pollution, (Stand: Feb. 2014)

N.N., (o.J.): *Ökologischer Fußabdruck*, in: Wikipedia, die freie Enzyklopedie, Online unter: http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Fu%C3%9Fabdruck, (Stand: Sep. 2013)

Owen, James: *Farming Claims Almost Half Earth's Land, New Maps Show*, in: National Geographic News (9.12.2005), Online unter: http://news.nationalgeographic.com/news/2005/12/1209_051209_crops_map.html, (Stand: Okt.2013)

Salmon Farm Science, (4.3.2012): *Efficient use of limited resources*, Online unter: <http://salmonfarmscience.com/2012/03/04/efficient-use-of-limited-resources/>, (Stand: Nov. 2013)

Savidov, Nick, Ph D., (2004): *Evaluation and Development of Aquaponics Production and Product Market Capabilities in Alberta*, Online unter: <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/enviro/aquaculture/acrdp-pcrda/projects/reports-rapports/ca/CA-04-01-001.pdf> (Stand: Okt. 2013)

Schindler, Andreas, (31.1.2013): *Warum wir Erdöl essen*, Online unter: <http://fm4.orf.at/stories/1711950/>, (Stand: Okt. 2013)

Schweizer Radio und Fernsehen, (8.4.2008): *Pangasius: Billig-Fisch mit Nachgeschmack*, Online unter: <http://www.srf.ch/konsum/themen/konsum/pangasius-billig-fisch-mit-nachgeschmack>, (Stand: Nov. 2013)

Seidler, Christoph: *Neue Uno-Prognose: Weltbevölkerung wächst schneller als erwartet*, in: Spiegel Online. (13.06.2013), Online unter: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/neue-prognose-weltbevoelkerung-waechst-schneller-als-erwartet-a-905630.html>, (Stand: Sep. 2013)

Siffert, Josef, Dr./Landwirtschaftskammer Österreich (2013): *Wlodowski: Leistungen der Landwirtschaft dienen gesamter Gesell-*

schaft, Online unter: <http://www.lko.at/?+Wlodowski++Leistungen+der+Landwirtschaft+dien+gesamter+Gesellschaft+&id=2500%2C1780684%2C%2C%2Cc2V0PTM%3D>, (Stand: Sep. 2013)

Slow Food International, (o.J.): *About us*, Online unter: http://www.slowfood.com/international/1/about-us?-session=query_session:4D7784531b0792A265Ls847AC2D5, (Stand: Nov. 2013)

Smith, Gar, (2010): *A Harvest of Heat: Agribusiness and Climate Change*, Online unter: <http://www.ifg.org/pdf/AgriBiz&Climate4-8.pdf>, (5.10.2013)

Springer, Axel: *Lebensmittel mit stärkstem Preisanstieg seit 2008*, in: Die Welt (13.8.2013), Online unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/article118961054/Lebensmittel-mit-staerks-tem-Preisanstieg-seit-2008.html>, (Stand: Sep. 2013)

St-Charles, Aragon/Japan Aquaponics (o.J.): *DIY Aquaponics Guide for Growbed Media*, Online unter: <http://www.japan-aquaponics.com/growbed-media-guide.html>, (Stand: Okt. 2013)

The Aquaponic Gardening Community, (2010): *Charcoal as a media*, Online unter: <http://community.theaquaponicsource.com/forum/topics/charcoal-as-a-media>, (Stand Okt. 2013)

The Aquaponic Source, (10.9.2012): *Why Aquaponic Sump Tanks?*, Online unter: <http://theaquaponicsource.com/2012/09/10/why-aquaponic-sump-tanks/>, (Stand: Okt. 2013)

The World Fish Center, Flyer 1956, (2009): *Producing tilapia feed locally: A low-cost option for small-scale farmers*, Online unter: http://www.worldfishcenter.org/resource_centre/WF_2462.pdf, (Stand: Mai 2013)

University of Michigan, (2006): *Human Appropriation of the World's Fresh Water Supply*, Online unter: http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/freshwater_supply/freshwater.html, (Stand: Okt. 2013)

University of New England Armidale, Centre for Duckweed Research & Development, (1995): *Duckweed – a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish*. Online unter: <http://www.lrrd.org/lrrd7/1/3.htm>, (Stand: Sep. 2013)

UN News Center, (2009): *Majority of world population face water shortages unless action taken, warns Migiro*, Online unter: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=29796&Cr=water&Cr1=agriculture#.Unu2NieaaYQ>, (Stand: Nov. 2013)

Urban Garden Magazine, (19.1.2011): *Aquaponics Explained: Plant Nutrient Management in Aquaponics*, Online unter: <http://urbangardenmagazine.com/2011/01/plant-nutrient-management-in-an-aquaponics-system/>, (Stand: Nov. 2013)

US Environmental Protection Agency, (2005): *Protecting Water Quality from Agricultural Runoff*, Online unter: http://www.epa.gov/owow/nps/Ag_Runoff_Fact_Sheet.pdf, (Stand: Nov. 2013)

Winiwarter, Verena (2003-2006): *Zwischen Himmel und Erde. Umwelthistorische Aspekte landwirtschaftlicher Kalender*, Online unter: http://vgs.univie.ac.at/_TCgi/Images/vgs/20050603132206_QS17Winiwarter.pdf, (Stand: Nov. 2013)

Worms, Kally/University of Wisconsin-Eau Claire (2004): *Groundwater Drawdown*, in: *Water is Life*, Online unter: <http://academic.evergreen.edu/g/grossmaz/WORMKA/>, (Stand: Okt. 2013)

Woryan, Raba, (2014): *Enbea Bots. Biogas-Kleinanlagen*, Online unter: <http://www.enbea.de/anlagenaufbau.php>, (Stand: Mai 2014)

8.3 Filmverzeichnis

Lambrecht, Oda/Ackermann, Lutz: *Kleine Bauern – Große Bosse*. D 2013; NDR, 21.10.2013

Murray, Rupert: *The End of the Line*. GB 2009 (DVD: Cinedigm Entertainment, 2009)

8.4 Abbildungsverzeichnis

Abb. 01;

Weizenfeld, Georg Gerster.

http://www.fotoclubstgallen.ch/Images/Ausstellung%20Schmid/3_Georg_Gerster_04.jpg

(11.02.2014)

*Seite 14

Abb. 02;

Nahrungsmittelproduktion eines Landwirtin, Vergleich: 1900 - 1950 - 2000.

Eigengrafik.

*Seite 16

Abb. 03;

Kontrast der Wahrnehmung zw. Medien und Realität.

Eigengrafik.

*Seite 17

Abb. 04;

Feierlicher Almagtrieb im Gegensatz zur Kuh als Teil der Maschinerie.

Collage mit mehreren Bildquellen.

<http://www.berchtesgadener-land.com/medien/almabtrieb.jpg>

http://www.ekosem-agrar.de/level9_cms/images_user/Hintergrundbilder/melkkarussell.jpg

(11.02.2014)

*Seite 18

Abb. 05;

El Ejido, Mar del Plástico, Gewächshäuser in Südspanien.

Collage mit mehreren Bildquellen.

<http://treze.es/estaticos/2013/02/EIEjido.jpg>

http://esx.ch/images/content/news/El-Ejido_Landschaft_unter_Plastik-2.jpg

(12.02.2014)

*Seite 20

Abb. 06;

Landwirtschaftliche Maschinen beim Ernten bzw. bei der Schädlingsbekämpfung.

Collage mit mehreren Bildquellen.

http://diepresse.com/images/uploads/7/d/b/1398747/THEMENBILDARCHIV-BILD_1367839035122768.jpg

<http://heplerphoto.com/wordpress/wp-content/uploads/JD-harvest-Wheat.jpg>

(12.02.2014)

*Seite 24

Abb. 07;

Modifikation des Mais durch künstliche Selektion.

<http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/wp-content/blogs.dir/28/files/2012/06/i-f01ba48a8d-ca8b7b84dd183207b52e4a-Teosinte.jpg>

(21.02.2014)

*Seite 28

Abb. 08;

Weltkarte: Ökologischer Fußabdruck, 1961.

WWF, World Wildlife Fund (Hg.): Living Planet Report 2008, Gland 2008 (Seite 3)

*Seite 30

Abb. 09;

Weltkarte: Ökologischer Fußabdruck, 2005.

WWF, World Wildlife Fund (Hg.): Living Planet Report 2008, Gland 2008 (Seite 3)

*Seite 30

Abb. 10;

Anteil verschiedener Komponenten des ökologischen Fußabdrucks.

WWF, World Wildlife Fund (Hg.): Living Planet Report 2008, Gland 2008 (Seite 15)

*Seite 30

Abb. 11;

Anteil der verschiedenen Nationen am ökologischen Fußabdruck.

WWF, World Wildlife Fund (Hg.): Living Planet Report 2008, Gland 2008 (Seite 15)

*Seite 30

Abb. 12;

Prognostizierte Klimaerwärmung bis 2100.

<http://www.ipcc.ch/graphics/ar4-wg1/jpg/fig-10-8.jpg>

(18.02.2014)

*Seite 33

Abb. 13;

Gefährdete Küstenlinien.

Despommier, Dickson, Dr.: The Vertical Farm. Feeding the World in the 21st Century, New York 2011 (Seite 76)

*Seite 36

Abb. 14;

Weltkarte zur Wasserversorgung.

<http://images.derstandard.at/20080321/wasserk700.jpg>

(19.02.2014)

*Seite 37

Abb. 15;

Wasserverbrauch zur Produktion von 1kg Lebensmittel.

http://www.biokontakte.com/wp-content/gallery/klimakiller-fleischkonsum/wasserverbrauch_nahrungsmitteln_unesco_ihe_instforwatereducation.jpg

(19.02.2014)

*Seite 37

Abb. 16;

Veränderung des Landschaftsbildes durch Karussellbewässerung (USA).

http://3.bp.blogspot.com/_9a8-sPrQ2g/T_AND-JdMwII/AAAAAAAAAMw/mzNaPRKsBS0/s1600/Crop_circles_along_the_Columbia,_Washington,_USA.jpg

(20.02.2014)

*Seite 38

Abb. 17;

Wegen Trockenheit aufgebrochener Lehmbo-den.

<http://www.ingenieur.de/var/storage/images/media/ingenieur.de/images/eigenbilder/zim-plant-technology-durstige-pflanzen-schicken-sms-3358216/503206-2-ger-DE/ZIM-Plant-Technology-Durstige-Pflanzen-schicken-eine-SMS-3358216.jpg>

(20.02.2014)

*Seite 38

Abb. 18;

Osterinsel: Lage, Schrift und Impressionen. Collage mit mehreren Bildquellen.

<http://ais.badische-zeitung.de/piece/00/9a/b5/8a/10139018.jpg>

<http://www.juliakroehn.at/CarlaFederico/Osterinsel1.jpg>

<http://www.obib.de/Schriften/AlteSchriften/Osterinsel/Holztafel.jpg>

(19.02.2014)

*Seite 42

Abb. 19;

Moai-Statuen auf rekonstruierter Kultplattform.

<http://blurppy.files.wordpress.com/2011/11/1moai-easter-island.jpg>

(21.02.2014)

*Seite 46

Abb. 20;

Skizze eines steinernen Hühnerstalls.

<http://www.spirasolaris.ca/eastI8b2.gif>

(19.02.2014)

*Seite 46

Abb. 21;

Bevölkerungsentwicklung auf der Osterinsel.

<http://www.mnforsustain.org/images/punctuation%20easter%20isle%20diag%2010.jpg>

(19.02.2014)

*Seite 46

Abb. 22;

Aquaponik: Kombination von Fisch- und Gemüse-
sezucht.

Collage mit mehreren Bildquellen.

<http://bilder3.n-tv.de/img/incoming/>

origs7083346/817273379-w1000-h960-tilapia6.jpg

http://abnehmen.myline24.de/sites/default/files/styles/large/public/iStock_000006592492Small.jpg

<http://basilikum.bilderu.de/bilder/basilikum-c-0.jpg>

http://www.garten-schlueter.de/images/popup_images/ampel-klettererdbeere-hummi.jpg

<http://www.spiceboxx.de/out/pictures/master/product/1/1000003-1-spiceboxx-frische-kraeuter-schnittlauch.jpg>

(04.03.2014)

*Seite 48

Abb. 23;

Schema des Aquaponik-Kreislaufes.

<http://1.bp.blogspot.com/-E5Q1r5kYRE8/T-u7uCKFq-II/AAAAAAAAAgU/WL7gLrBAeAA/s1600/cycle.jpg>

(04.03.2014)

*Seite 50

Abb. 24;

Schnitt durch ein Chinampa.

<http://www.oocities.org/hectorh83/chinampa.gif>

(04.03.2014)

*Seite 50

Abb. 25;

Mexikanische Chinampas.

<http://blog.tepapa.govt.nz/wp-content/uploads/2013/09/Aztec-Blog-1.png>

(04.03.2014)

*Seite 50

Abb. 26;

Tomatenanbau im Gewächshaus.

<https://www.uni-muenster.de/imperia/md/images/niederlanden/naturundumwelt/big/gewaechshaus.jpg>

(04.03.2014)

*Seite 53

Abb. 27;

Vergleich des Pflanzenwachstums in Hydrokultur bzw. im Erdreich.

http://www.hydroponics101.com/graphics/hydroponics/pictures/what_is_hydro.gif

(04.03.2014)

*Seite 53

Abb. 28;

Schematische Darstellung einer Topfpflanzen in Hydrokultur.

<http://www.blumenstrauss.at/images/hydro02.jpg>

(04.03.2014)

*Seite 53

Abb. 29;

Periodensystem der Elemente.

http://www.grund-wissen.de/_images/periodensystem-mit-elektronenkonfiguration.png

(04.03.2014)

*Seite 54

Abb. 30;

Aquakultur mit Netzgehegen in Asien.

http://www.br.de/themen/ratgeber/inhalt/ernaehrung/fische120~_v-image853_-7ce44e292721619ab-1c1077f6f262a89f55266d7.jpg?version=09608

(05.03.2014)

*Seite 57

Abb. 31;

Schema eines durchströmten Teiches.

<http://www.nzdl.org/gsd/collect/fnl2.2/archives/HASH01ae/fccf05c2.dir/f35p134a.gif>

<http://do.nw.schule.de/ge-scharnhorst/Naturschutz/biotopbild/Teich1.jpg>

(05.03.2014)

*Seite 57

Abb. 32;

Teichmönch (Abflussvorrichtung).

http://www.wwa-an.bayern.de/wasser_erleben/lehrpfade/freilandmuseum/stationen/pic/bw22a_gr.jpg

(05.03.2014)

*Seite 57

Abb. 33;

Biologische Prozesse im Ökosystem Stillwasserteich.

http://94.247.146.63/bglh/vomleben2/kap7/118-1_Oekosystem_See.jpg

(05.03.2014)

*Seite 58

Abb. 34;

Schematische Darstellung einer Kreislaufanlage.

<http://www.akvagroup.com/products/land-based-aquaculture/recirculation-systems>

<http://www.akvagroup.com/products/land-based-aquaculture/recirculation-systems>

(05.03.2014)

*Seite 59

Abb. 35;

Statistischer Mengenvergleich zw. Aquakultur und Wildfang (1950-2010).

<http://www.intechopen.com/source/html/46194/media/fig1.png>

(05.03.2014)

*Seite 60

Abb. 36;

Statistik der gezüchteten Arten in Aquakultur.

<http://www.intechopen.com/source/html/46194/media/fig1.png>

(05.03.2014)

*Seite 60

Abb. 37;

Fisch- bzw. Tierarten, die sich für die Zucht in Kreislaufanlagen bewehrt haben.

<http://www.akvagroup.com/Products/Land%20based%20aquaculture/Recirculation%20systems/species.jpg>

(05.03.2014)

*Seite 60

Abb. 38;

Indoor-fish-farming mit Kreislaufanlagen.

<http://www.akvagroup.com/products/land-based-aquaculture/recirculation-systems>

(05.03.2014)

*Seite 61

Abb. 39;

Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Aquaponik-Systems mit Medium-Kultur und Durchlaufauflösungskultur.

<http://www.aquaponik-eigenbau.de/wp-content/uploads/aquaponik-650.png>

(06.03.2014)

*Seite 62

Abb. 40;

Schnitt durch ein Langstrombecken.

<http://www.mermaid-aquaculture.de/level1-produktionsbecken.php>

(05.03.2014)

*Seite 64

Abb. 41;

Optimale Raumnutzung.

<http://www.mermaid-aquaculture.de/pics/next-level-21.jpg>

(06.03.2014)

*Seite 65

Abb. 42;

Langstrombecken.

http://www.carp-feed.cz/uploads/katalog/kategorie/images/aufzuchtbecken_de_154.jpg

(06.03.2014)

*Seite 65

Abb. 43;

Grow bed für Medium-Kultur.

http://rapidplas.com.au/site_files/products/large/GrowbedFrame3.JPG

(06.03.2014)

*Seite 65

Abb. 44;

Tabelle: Pflanzsubstrat.

<http://de.aquaponics.wikia.com/wiki/Substrat>

(06.03.2014)

*Seite 68

Abb. 45;

Blähton.

[http://i.ebayimg.com/00/s/NDI1WDU2Ng==/z/JxQAAOxycmBSsG-c/\\$_72.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/NDI1WDU2Ng==/z/JxQAAOxycmBSsG-c/$_72.JPG)

(06.03.2014)

*Seite 68

Abb. 46;

Steinwolle.

http://isofloc.ch/assets/Produkte/Steinwolle-Feingranulat/_resampled/croppedimage1000360-Steinwolle-Header.jpg

(06.03.2014)

*Seite 68

Abb. 47;

Perlit.

<http://www.merakname.com/depo/perlit-nedir.jpg>

(06.03.2014)

*Seite 68

Abb. 48;

Kokosfaser.

http://www.terrastika-express.com/media/catalog/product/shared/coco_husk_loose.jpg

(06.03.2014)

*Seite 68

Abb. 49;

Vermiculit.

http://www.wolff-mueller.de/assets/files/Baustoffe_Rohstoffe/header_vermiculite.jpg

(06.03.2014)

*Seite 68

Abb. 50;

Kies.

http://www.schuttkarl.de/uploaded_files/baustoffe/Kies%20-05-02.jpg

(06.03.2014)

*Seite 68

Abb. 51;

Zyklonfilter.

http://www.jains.com/irrigation/filtration%20equipments/images/hydrocyclone_filter.jpg

(06.03.2014)

*Seite 69

Abb. 52;

Funktionsweise des Aotosiphons.

<http://shelf3d.com/lyrvCqv5V0#Best%20bell%20siphon%20ever%20explained>

(06.03.2014)

*Seite 71

Abb. 53;

Futtermittelverwertung für tierische Produkte.

<http://salmonfarmscience.files.wordpress.com/2012/03/fcrs1.png>

(06.03.2014)

*Seite 72

Abb. 54;

Tilapia.

<http://opinionkenya.com/products/1350635536-tilapia.jpg>

(06.03.2014)

*Seite 74

Abb. 55;

Zander.

<http://txi.beepworld.de/files/Kderfischbilder/barsch3.jpg>

(06.03.2014)

*Seite 74

Abb. 56;

Pacu.

<http://www.tier-fotos.eu/1024/schwarzer-scheibensalmmler-auch-schwarzer-pacu-5907.jpg>

(06.03.2014)

*Seite 74

Abb. 57;

Afrikanischer Wels.

http://www.fischgrosshandel-ahlen.de/images/fisch_big/silurus_glanis_el.jpg

(06.03.2014)

*Seite 75

Abb. 58;

Forelle.

<http://www.lebensmittellexikon.de/bilder/europaeische-forelle.jpg>

(06.03.2014)

*Seite 75

Abb. 59;

Koi.

<http://thumbs.dreamstime.com/x/weies-karpfen-koi-auf-schwarzem-hintergrund-12087777.jpg>

(06.03.2014)

*Seite 75

Abb. 60;

Bananenertrag im Aquaponik-Beet.

<http://www.aquaponiclynx.com/WordPress/wp-content/uploads/2010/11/300-gallon-pre-upgrade.jpg>
(07.03.2014)

*Seite 77

Abb. 61;

Tomatenenertrag aus einem Aquaponik-System.

http://api.ning.com/files/OKg91OcDfNw1BxB1aD*u-0UYMj5o7S9wNe2Snbv6*0fFhSfeEd75gjQ8WWRa4Nj3dkv1V2fQpydrh26ytdwIXuwhiQmC7SPHY/003.JPG?width=737&height=552
(07.03.2014)

*Seite 77

Abb. 62;

Salat-Türme in Durchlauflösungs-Kultur.

<http://www.aquaponik-aquaponics.at/DE/images/winter%20garden%20glass%20house%201%20031%20-%20Copy.JPG>
(07.03.2014)

*Seite 77

Abb. 63;

Roter Kompostierwurm.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Lumbricus_rubellus_HC1.jpg
(07.03.2014)

*Seite 79

Abb. 64;

Vereinfachte Darstellung der Nitrifikation.

<http://www.drta-archiv.de/Wasserchemie/Schadstoffabbau/images/stickstoffkreislauf.gif>
(07.03.2014)

*Seite 81

Abb. 65;

Ammonium- bzw. Ammoniakquote in Abhängigkeit des pH-Wertes.

<http://www.zoo-hoefler.de/Chemie/images/nh2.gif>
(07.03.2014)

*Seite 81

Abb. 66;

Sauerstoffsättigung des Wassers in Abhängigkeit der Temperatur.

<http://www.killikeller.de/media/images/o22.gif>
(07.03.2014)

*Seite 81

Abb. 67;

pH-Wert-Skala.

http://www.elysionwasser.ch/images/grafik_ph-wert.jpg
(07.03.2014)

*Seite 83

Abb. 68;

Prozentuale Verwendung von Fischmehl.

http://worldoceanreview.com/wp-content/uploads/2013/02/wor2_k4b-s90_4-8_fischmehl.jpg
(07.03.2014)

*Seite 84

Abb. 69;

Fischmehl in Pulverform.

http://www.futtermittel-rath.de/shop/bilder/1_1243446809.jpg
(07.03.2014)

*Seite 84

Abb. 70;

Fischmehl-Pellets.

http://www.landhandel-alte-molkerei.de/fischfutter_fs_40_8_ex.gif
(07.03.2014)

*Seite 84

Abb. 71;

Wasserlinsen.

<http://zimmerpflanzen.ws/wp-content/uploads/2011/04/lemna-minor.jpg>
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/LemnaMinor.jpg>
(07.03.2014)

*Seite 85

Abb. 72;

Grünalgen.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Alge_D%C3%BCne2.jpg

http://www.planet-wissen.de/natur_technik/pflanzen/algen/pics/alge_gruen_imago_g.jpg
(07.03.2014)

*Seite 85

Abb. 73;

Oben: Mehlwurmzucht

<http://www.kakerlakenparade.de/tenebriomolitor-grosspics/tm-08.jpg>
(10.03.2014)

Unten: Mückenlarven im Wasser.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c/Culex_sp_larvae.png
(10.03.2014)

*Seite 86

Abb. 74;

Oben: Fütterung von Welsen mit Küchenabfällen.

<http://img81.imageshack.us/img81/8786/pict5650oa6.jpg>
(10.03.2014)

Unten: Küchenabfälle.

<http://images.fotocommunity.de/bilder/sonstiges/naturkunst/kuechen-abfall-gemaelde-ecfd99d6-b001-4156-bffe-9a5ff2c6e86e.jpg>
(10.03.2014)

*Seite 86

Abb. 75;

Oben: Trockenblut.

<http://www.ua.all.biz/img/ua/catalog/3049783.jpeg>
(10.03.2014)

Unten: Trockenblut in Pelletsform.

<http://www.rettungshunde-klingsenthal.de/uploads/trockenfutter-hundefutter.jpg>
(10.03.2014)

*Seite 87

Abb. 76;

Oben: Ölpresskuchen (Flocken).

http://www.florapower.net/tl_files/fotos/Oelsaaten/Jatropha/Jatropha_Presskuchen_ohne%20Schale.jpg
(10.03.2014)

Unten: Ölpresskuchen (Pellets).

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/LeinPresskuchen-CBIO.jpg>
(10.03.2014)

*Seite 87

Abb. 77;

Bepflanztes Grow-bed im Ebbe-und-Flut-System.

http://4.bp.blogspot.com/-7N4mdB8jTYg/TI79Jf-Syu9I/AAAAAAAAABFM/162vl_pyW0E/s1600/3x5_aquaponics%2B070.jpg
(10.03.2014)

*Seite 89

Abb. 78;

Medium-Kultur mit herausnehmbaren Töpfen.

<http://tomsgarden.tomanita.com/HPIM0587.jpg>
(10.03.2014)

*Seite 89

Abb. 79;

Ebbe-und-Flut-System kombiniert mit Durchlauf-Lösungskultur.

<http://i.imgur.com/52ViR.jpg>
(10.03.2014)

*Seite 89

Abb. 80;

Wurzelbildung in der statischen Lösungskultur.

http://4.bp.blogspot.com/-ZF1aZTI3KJE/Tg01h_TD-qI/AAAAAAAC1E/btfbcuvBNNE/s1600/DSC04692.JPG
(10.03.2014)

*Seite 90

Abb. 81;

Einfaches Abernten der ausgewachsenen Pflanzen.

<http://people.morrisville.edu/~ballarbd/Images/CE-Araft.JPG>
(10.03.2014)

*Seite 90

Abb. 82;

Kommerzielle Produktionssysteme.
<http://aquaponichowto.com/wp-content/uploads/2014/01/diy-commercial-aquaponics-2.jpg>
(10.03.2014)
*Seite 90

Abb. 83;

Schematische Darstellung der Durchlauf-Lösungskultur.
http://1.bp.blogspot.com/_53S5rOazWZE/TDk_hX-gT7I/AAAAAAAAAB5Y/EVTaAC41n9o/s1600/Nutrient-FilmTechnique-WallUnit%281%29.jpg
(10.03.2014)
*Seite 91

Abb. 84;

Spiralförmige Salat-Türme.
http://farm4.staticflickr.com/3273/2554465655_0606358b06_o.jpg
(10.03.2014)
*Seite 91

Abb. 85;

Kommerzielle Produktionssysteme.
http://farm1.staticflickr.com/191/513081730_fe17c4e9f6_o.jpg
(10.03.2014)
*Seite 91

Abb. 86;

Funktionsskizze eines Aeroponic-Systems.
<http://www.simplyhydro.com/images/content/aeroponic.gif>
(10.03.2014)
*Seite 92

Abb. 87;

Vertikale Landwirtschaft in Form eines Karussells.
<http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2012/01/verticrop-farming-vancouver-lead-537x387.jpg>
(10.03.2014)
*Seite 93

Abb. 88;

Statisches System der vertikalen Landwirtschaft.
<http://coasthydroponics.files.wordpress.com/2011/09/hydroponics2.jpg>
(10.03.2014)
*Seite 93

Abb 89;

Statistik zur Überfischung der Meere.
http://www.abendblatt.de/multimedia/archiv/00775/fisch1_grafik_HA_Po_775660b.jpg
(11.03.2014)
*Seite 94

Abb. 90;

Ausbreitung der Fischfang-Gebiete von 1960-2005.
<http://www.openpr.de/news/602446/Ueberfischung-im-Netz-ixtract-realisiert-interaktive-Grafik-fuer-den-WWF.html>
(11.03.2014)
*Seite 95

Abb. 91;

Aquaponik am Dach eines Pariser Restaurants.
http://www.takepart.com/sites/default/files/styles/tp_content_wide/public/RooftopGardenParis_640.jpg
(11.03.2014)
*Seite 96

Abb. 92;

Dachgarten in Los Angeles.
<http://tobeinspad.files.wordpress.com/2013/02/playarooftopgarden-e13448896133331.jpg>
(11.03.2014)
*Seite 96

Abb. 93;

Gemüseproduktion am Dach eines Supermarktes.
<http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2011/01/bfs-ed02-537x354.jpg>
(11.03.2014)
*Seite 97

Abb. 94;

(Urban Farmers-) Aquaponik in Basel.
http://euro26.ch/wp-content/uploads/2014/01/urban_farmers_1.jpg
(11.03.2014)
*Seite 97

Abb. 95;

Risiko der Verschmutzung des Grundwassers durch Pestizide.
http://www2.eea.europa.eu/de/publications/92-827-5263-1-sum/m3_2_2de.gif
(11.03.2014)
*Seite 99

Abb. 96;

Bettelnder Karpfen.
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Bettelnder_Karpfen.JPG
(11.03.2014)
*Seite 102

Abb. 97;

Fischzucht in Österreich.
Blaas, Konrad, DI Dr./Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hg): Aquakultur 2020 – Österreichs Strategie zur Förderung der nationalen Fischereiproduktion, Wien 2012. (Seite 6)
*Seite 104

Abb. 98;

Luftbild von Brückl.
Aus: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)
*Seite 108

Abb. 99;

Position von Brückl in Österreich.
Grundlage: http://www.weltkarte.com/uploads/pics/karte_bundeslaender_oesterreich.png
(27.03.2014)
*Seite 109

Abb. 100;

Das Görtscitztal und seine Umgebung.
Aus: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)
*Seite 109

Abb. 101;

Schwarzplan von Brückl.
Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)
*Seite 110

Abb. 102;

Demographische Daten.
Felsner, Barbara/Zeloth, Thomas: 50 Jahre Marktgemeinde Brückl. Festschrift, Klagenfurt am Wörthersee 2013 (Seite 63, 64)
*Seite 111

Abb. 103;

Hauptplatz und Gemeindezentrum.
http://static3.kleinezeitung.at/system/galleries_520x335/upload/3/4/7/3400423/brueckl050913.jpg
(27.03.2014)
*Seite 112

Abb. 104;

Filialkirche St. Lorenzen (927 n. Chr.).
http://www.kleindenkmaeler.at/thumbs/thumb_/images/objektbilder/73fab21831ce0a5d79d547b1ea2a48fb.JPG&w=550&h=280&far=1&q=90&bg=cdbcdb
(27.03.2014)
*Seite 112

Abb. 105;

Pfarrkirche Brückl (1521).
<http://static1.bergfex.at/images/downsized/e41/f8e6665687ca4e41.jpg>
(27.03.2014)
*Seite 112

Abb. 106;

Römerbrunnen-Denkmal.

http://www.kleindenkmale.at/thumbs/thumb_/images/objektbilder/24156281d75ca1e4e9a3a49dd804bc51.jpg&w=550&h=280&far=1&q=90&bg=cdbcbb
(27.03.2014)

*Seite 112

Abb. 107;

Volksschule Brückl.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Brueckl_Franz-Oman-Platz_6_Volksschule_10092012_205.jpg
(27.03.2014)

*Seite 112

Abb. 108;

Römerstein im Pfarrhof.

http://www.kleindenkmale.at/thumbs/thumb_/images/objektbilder/1b263d6a08ecc466ecf58f7b6c14be0b.jpg&w=550&h=280&far=1&q=90&bg=cdbcbb
(27.03.2014)

*Seite 112

Abb. 109;

Luftaufnahme Richtung Norden.

http://www.brueckl.gv.at/grafiken/Brueckl_Luftbild.jpg
(27.03.2014)

*Seite 113

Abb. 110;

Kettenwerk Brückl.

Eigenaufnahme
(04.05.2014)

*Seite 113

Abb. 111;

Chlorfabrik Brückl.

Eigenaufnahme
(04.05.2014)

*Seite 113

Abb. 112;

Markierung des Grundstücks.

Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)

*Seite 116

Abb. 113;

Bundesstraßen, Landesstraßen (rot) Gemeindestraßen (gelb).

Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)

*Seite 117

Abb. 114;

Gebäude mit höherer Frequenz (rot) Fließgewässer (blau).

Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)

*Seite 117

Abb. 115;

Erschließung des Grundstücks.

Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)

*Seite 118

Abb. 116;

Hochwasser-Gefahrenzone.

Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)

*Seite 119

Abb. 117;

Auszug aus dem Solarpotenzialkataster:
Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten
(27.03.2014)
*Seite 119

Abb. 118;

Lokalisierung der Betriebe.
Collage mit mehreren Bildquellen:
Grundlage: Kärnten Atlas, http://gis.ktn.gv.at/atlas/%28S%28qnnenwyaekahxpui1ilpjngo%29%29/init.aspx?karte=atlas_basiskarten (27.03.2014)
*Seite 146

Abb. 119;

Verschattung der Fischbecken mittels Obstbäume.
Eigengrafik.
(14.04.2014)
*Seite 160

Abb. 120;

100% biologisch abbaubare Teppiche.
http://media.cyperior-store.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/b/_/b_es_555_4862.jpg
(06.05.2014)
*Seite 166

Abb. 121;

Linearer Produktionsweg.
Eigengrafik.
(15.04.2014)
*Seite 166

Abb. 122;

Produktionskreislauf.
Eigengrafik.
(15.04.2014)
*Seite 166

Abb. 123;

Beispielhafte Darstellung einer Biogasanlage mit Trocken- und Naßfermentation.
<http://www.enbea.de/anlagenaufbau.php>
(07.05.2014)
*Seite 167

Sämtliche nicht genannten Abbildungen stammen vom Autor.

