

Nachhaltige Architektur Unsere Zukunft



*REVITALISIERUNG EINES SELBSTVERSORGUNGSFÄHIGEN
STUDENTENWOHNHEIMES*



Masa Samec, BSc



Masa Samec, BSc

Nachhaltige Architektur - Unsere Zukunft

Revitalisierung eines selbstversorgungsfähigen Studentenwohnheimes

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof.Dipl.-Ing.Architekt, Andreas Lichtblau

Institut für Wohnbau

Nachhaltige Architektur Unsere Zukunft

REVITALISIERUNG EINES SELBSTVERSORGUNGSFÄHIGEN STUDENTENWOHNHEIMES

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin

Studienrichtung Architektur

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät für Architektur

Verfasserin
Masa Samec, BSc

Betreuer
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Architekt Andreas Lichtblau
Institut für Wohnbau

Graz, Mai 2016

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Ich möchte jedoch ausdrücklich festhalten, dass die bei Personen maskuline Form für beide Geschlechter zu verstehen ist.

EIDESSTÄTLICHE 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. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

AFFIDAVIT

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 indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis dissertation.

Date

Signature

9	Vorwort
10	1 Selbstversorgungsfähigkeit
78	2 Bauen im Bestand
100	3 Nachhaltigkeit
107	Fazit
110	4 Projekt
183	5 Anhang
184	Bibliographie
189	Bildverzeichnis

SELBSTVERSORGUNGSFÄHIGKEIT

in der Lage sein, seinen
Eigenbedarf
ohne Hilfe von außen zu
versorgen



GRÜNE ARCHITEKTUR

eine Architekturphilosophie,
die nachhaltige Energiequellen,
Energieeinsparung, Wiederverwendung
und Sicherheit von
Baumaterialien und Standortwahl
eines Gebäudes unter
Berücksichtigung ihrer
Auswirkungen auf die Umwelt einsetzt

Vorwort

Die Weltbevölkerung stieg in den letzten 60 Jahren rasant an und verdreifachte sich. Es wird vermutet, dass die Zahl der Menschen bis zum Jahr 2050 ca. 9,5 Milliarden erreichen wird. Diese Tatsache bringt zahlreiche Konsequenzen mit sich, wie zum Beispiel die Verknappung des Trinkwassers, die Verschlechterung der Luftqualität sowie der immer größere Bedarf an Nahrungsmitteln. Wenn Nahrungsmittel weiterhin nur auf Feldern produziert werden, erfordert das wiederum die Rodung von Wäldern, die wie man sagt, die Lungen der Städte sind. Die Luftqualität hat großen Einfluss auf unsere Gesundheit, besonders die der Kinder. Ebenso wird auch das Trinkwasser immer wertvoller. Deshalb müssen wir neue Möglichkeiten finden, um mit den Veränderungen nachhaltig umgehen zu können. Da die Weltbevölkerung steigt, werden konsequenterweise unter anderem immer mehr Wohnungen benötigt und die Städte werden sich an die Veränderungen anpassen müssen.¹

Viele europäische Städte haben eine lange Geschichte, und die Gebäude, die wir darin finden, stammen aus verschiedenen Epochen. Sie sind ein wichtiger Teil der Kultur und Identität der Städte, die wir nicht ganz einfach vergessen dürfen. Die alten Gebäude strahlen einen besonderen Charme aus. Anstatt diese abzureißen, ist es sinnvoller, eine gezielte Renovierung oder Revitalisierung durchzuführen. Dadurch erhalten wir nicht nur einen Teil unserer Geschichte, sondern verringern auch Kosten und graue Energie. Die ursprüngliche Nutzung der Gebäude wird oft verändert, da diese den heutigen Anforderungen der einzelnen Nutzungen nicht mehr genügen. Einer der wichtigen Gründe für Bauen im Bestand ist auch der Denkmalschutz.

Das Thema, mit dem ich mich in dieser Arbeit beschäftige, ist Bauen im Bestand in Verbindung mit Grünarchitektur und Selbstversorgungsfähigkeit des Studentenwohnheims.

1 | Trinkwasser

2 | Regenwasseresammlung

3 | Vertikale Landwirtschaft

4 | Aquaponik

5 | Erneuerbare Energie

6 | Bauen im Bestand

7 | Projekt

In meiner Heimatstadt Celje in Slowenien gibt es einen Gebäudekomplex, wo sich Gärtnerei und die Schule für Gartenbau und visuelle Kunst Celje (Mittel- und Hochberufsschule) befindet. Seit ich klein war, hat mich dieser Gebäudekomplex äußerst fasziniert. Darin befinden sich zwei Villen, die unter Denkmalschutz stehen, ein Wirtschaftsgebäude mit Atrium, Schule und mehrere andere kleinere Bauten und Gewächshäuser. Zu meiner Faszination des Komplexes trugen auch die alten Bäume bei, die einen Durchmesser von bis zu 2,7 m haben.

Die Schule besuchen viele Schüler, die von außerhalb der Stadt kommen. In Celje gibt es nur ein Studentenwohnheim für Schüler, welche alle Arten von Schulen besuchen.

¹ Vgl. planetearthherald.com/top-10-environmental-issues/

12	MENSCHEN UND IHRE UMWELT
18	TRINK-, REGEN- UND GRAUWASSER
19	TRINKWASSER
22	REGENWASSER
23	<i>Vorteile der Regenwassersammlung</i>
24	<i>Regenwassernutzung</i>
26	<i>Regenwassersammlung</i>
32	GRAUWASSER
32	<i>Grauwasservorteile</i>
34	<i>Grauwassernutzung</i>
36	<i>Klarwasseraufbereitung</i>
40	VERÄNDERUNGEN IN DER NAHRUNGSPRODUKTION
44	URBANE LANDWIRTSCHAFT
47	<i>Vorteile der urbanen Landwirtschaft</i>
51	<i>Beispiele verschiedener Formen der Gemeinschaftsgärten</i>
54	VERTIKALE LANDWIRTSCHAFT ODER „VERTICAL FARMING“
57	<i>Vorteile der vertikalen Landwirtschaft</i>
62	AQUAPONIK
70	PFLANZEN ALS LÖSUNG VIELERLEI PROBLEME
72	ENERGIE
72	ERNEUERBARE ENERGIE
73	<i>Solarenergie</i>
74	Photovoltaik-Systeme
76	Solarthermie

1 Selbstversorgungsfähigkeit

Menschen und ihre Umwelt

Auf unserem Planeten ist alles miteinander verbunden und befindet sich zugleich in einem immerwährenden Zyklus. Unsere Umwelt steht in unmittelbarer Verbindung mit der Gesellschaft und umgekehrt. Beide befinden sich in ständigem Wandel und sind voneinander abhängig. Durch die Veränderung der Umwelt wird auch die Gesellschaft beeinflusst. Besonders bedenklich erscheint der enorme Zuwachs der Weltbevölkerung, der hyperexponentiell verläuft. Das heißt, dass der Verdoppelungszeitraum immer kürzer wird und die Wachstumsrate zeitlich ansteigt.²

Die Weltbevölkerung ist über Jahrtausende langsam gewachsen, bis sie Anfang des 19. Jahrhunderts eine Milliarde erreichte. Danach verdoppelte sich diese innerhalb von 123 Jahren. Das Tempo steigerte sich und die nächste Verdoppelung erfolgte innerhalb von 47 Jahren, sodass im Jahr 1974 vier Milliarden erreicht waren. Wenn wir den Zeitraum zwischen den Jahren 1959 und 1999 betrachten, sehen wir, dass es wieder zur Verdoppelung der Bevölkerung kam. So gab es um die Jahrtausendwende schon um die sechs Milliarden Menschen. Nun vergrößert sich die Menschheit ca. alle 13 Jahre um eine zusätzliche Milliarde. Diese Wachstumsrate ist

² Vgl. u-helmich.de/bio/oek/oek02/demoek2.html

besorgniserregend. Wenn wir davon ausgehen, dass wir in den nächsten 35 Jahren einen weiteren Zuwachs von mehr als zwei Milliarden haben werden, ergeben sich also voraussichtlich 9,5 Milliarden Menschen bis zum Jahr 2050.³ Einigen Prognosen zufolge wird vermutet, dass das hyperexponentielle Bevölkerungswachstum langsam nachlassen wird, aber erst nach dem Jahre 2050.⁴

An diesem Punkt stellt man sich die Frage, was eigentlich an dem Zuwachs der Weltbevölkerung so besorgniserregend ist. Wieso sollte es zu Problemen kommen? Wie schon erwähnt, ist auf unserem Planeten alles miteinander verbunden und voneinander abhängig. Deshalb hat der Zuwachs der Weltbevölkerung großen Einfluss nicht nur auf die Gesellschaft sondern auch auf unsere Umwelt, die dadurch verändert und umgestaltet wird. Dabei denken wir an das Wachstum der Städte, die Nahrungs- und Energieproduktion und die Sicherstellung von genügend Trinkwasser. Nicht zu vernachlässigen ist die Luftqualität, die eine wichtige Rolle in unserem Leben spielt. Zugleich müssen wir aber sicherstellen, dass unsere Umwelt nicht zu sehr unter den Veränderungen leidet. Deshalb ist es von großer Bedeutung, sich neue

³ Vgl. u-helmich.de/bio/oek/oek02/demoek2.html und Vgl. planetearth-herald.com/top-10-environmental-issues/

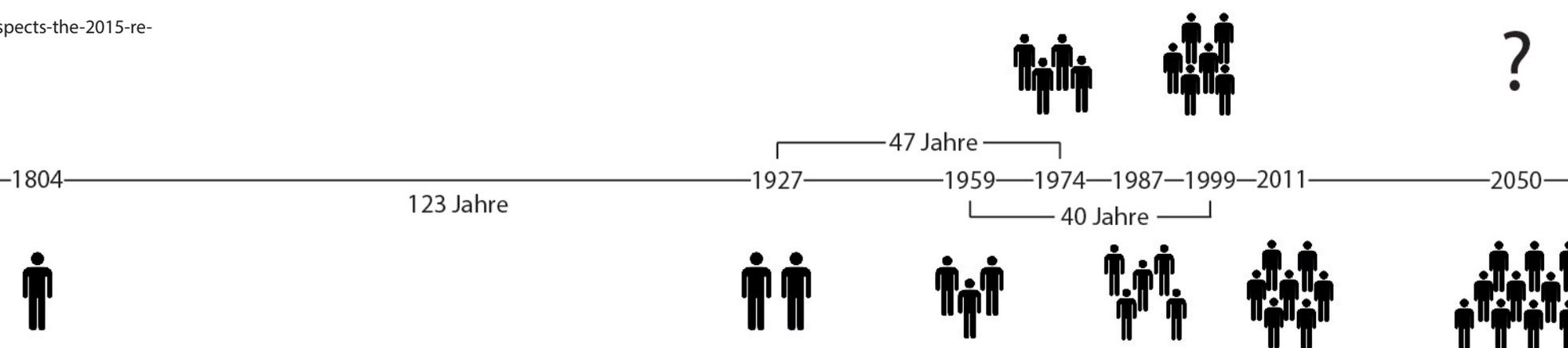
⁴ Vgl. theguardian.com/.../un-world-population-prospects-the-2015-revision-9-7-billion-2050-fertility

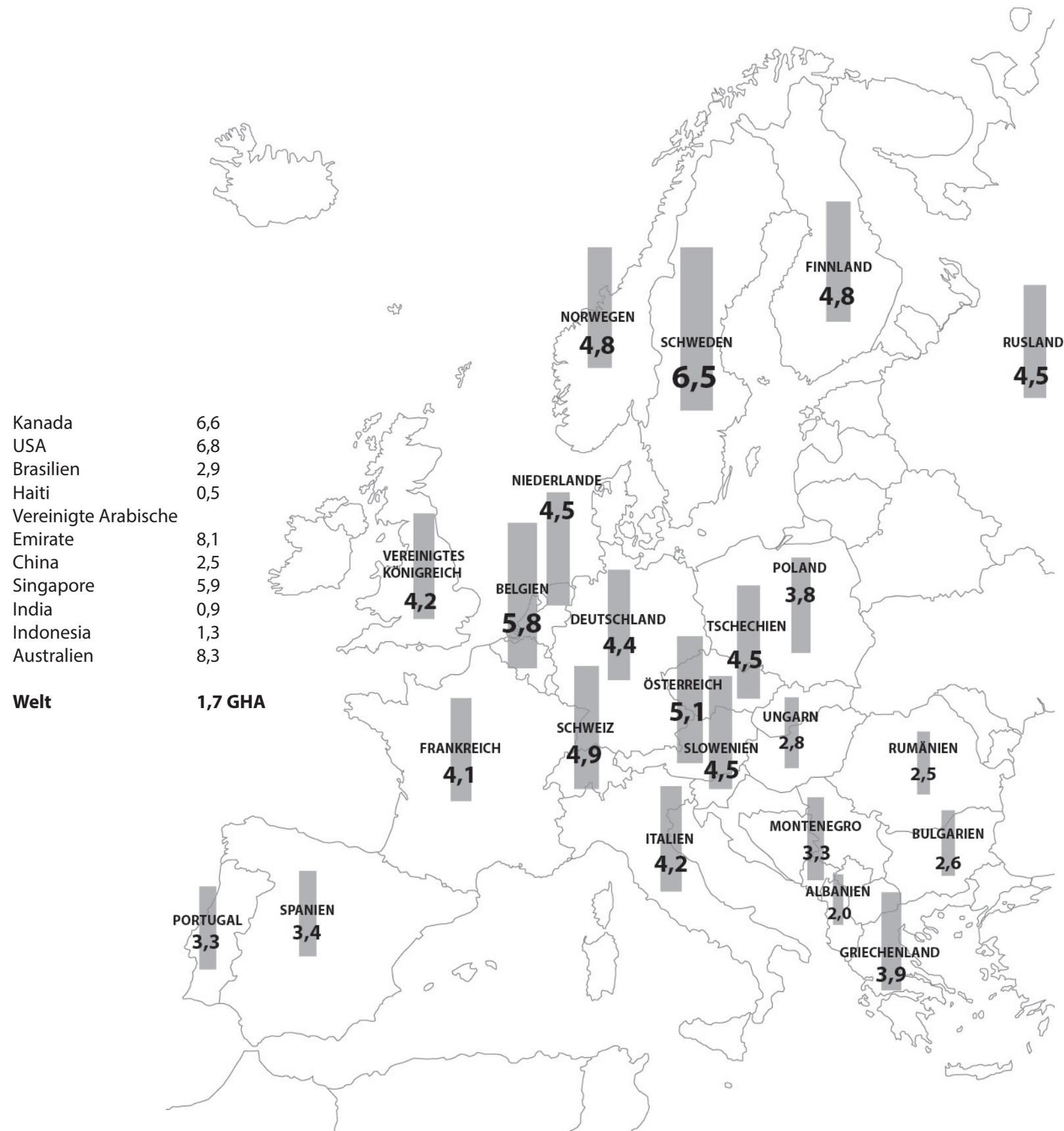
Lösungen für die Probleme zu überlegen. Jeder größere Eingriff in die Natur und allgemein in unsere Umwelt bringt eine ganze Kettenreaktion von ökologischen Störungen mit sich, die primär nicht vorgesehen waren. Eine davon ist der Klimawandel, der langsam unseren Planeten verändert. Der Klimawandel ist eines der großen Themen, mit der sich viele Spezialisten aus den verschiedensten Fachgebieten schon seit einigen Jahren intensiv befassen. Die Veränderungen, die durch den Klimawandel entstehen, sind gravierender Natur. Sie verändern unser aller Leben auf verschiedene Art und Weise. Diese Vorgänge können wir nicht mehr rückgängig machen, wir können aber versuchen, sie zu verringern und zu mildern, soweit dies möglich ist. Also liegt es wiederum an den Menschen, wie sie mit der neuen Situation der Umweltveränderung umgehen und inwieweit sie bereit sind, für ihre Umwelt ihre eingelaufenen Lebensstile anzupassen.

Die Anpassung ist von größter Notwendigkeit, da sich der Klimawandel und die Umweltveränderungen durch den Zuwachs der Weltbevölkerung nur noch verschlechtern werden, wenn nichts dagegen unternommen wird und wir weiter so leben wie bisher. Deshalb liegt es auch an den Archi-

tekten und der Architektur selber, den Menschen bei dieser Umstellung zu helfen, und zwar durch verschiedene nachhaltige Lösungen, die nicht nur in die Gebäude, sondern auch in die Städte und deren Umgebung integriert werden können. Das ist eine der schönen Seiten der Architektur, dass man das Leben der Menschen und der Gesellschaft mitgestalten und zugleich auch das Einwirken auf unsere Umwelt beeinflussen kann, je nach den geplanten Lösungen.

Zu überdenken ist auch der Lebensstil der Menschen, besonders der aus den sogenannten entwickelten Ländern. Jeder Mensch hinterlässt nämlich auf der Erde durch seinen Lebensstil einen sogenannten ökologischen Fußabdruck. Je nachdem, wie hoch der Lebensstil des Landes, dem entsprechend ist die Höhe des ökologischen Fußabdruckes. Jedes Land aber strebt in heutiger Zeit nach immer höherem Lebensstandard. Deshalb muss sich die Menschheit die Frage stellen, wie viel von der Natur und ihren Ressourcen wir nutzen und wie viel wir haben. Genau mit diesem Themenfeld beschäftigt sich der ökologische Fußabdruck bzw. die Spezialisten dieses Themas. Die daraus entstandenen Analysen „helfen Menschen persönliche und kollektive Entschei-





dungen zu treffen, die ein Leben innerhalb der ökologischen Grenzen unseres Planeten ermöglichen⁵. Da unsere Welt nun globalisiert ist, kann eigentlich als Folge des globalen Handels der ökologische Fußabdruck eines Landes aus Landflächen verschiedener Orte des Planeten zusammengesetzt sein.⁶

Als Definition kann man also sagen, dass der ökologische Fußabdruck eine Messgröße ist, „die aufzeigt, wie viel biologisch produktive Land- und Wasserflächen ein Individuum, eine Bevölkerung oder eine Aktivität benötigt, um alle konsumierten Ressourcen zu produzieren und die anfallenden Abfälle zu absorbieren“⁷. Dabei orientiert sich die Methode „an vorhandenen Technologien und Rohstoffmanagementverfahren“⁸. Ausgedrückt wird er in globalen Hektar.

Der ökologische Fußabdruck ist also „die umfassendste Messgröße für Nachhaltigkeit, die heute zur Verfügung steht“ und „weil die Resultate einfach kommuniziert werden können“ ist er „einer der weitverbreitetsten Indikatoren zur Nachhaltigkeit“⁹.

Um heute innerhalb des Rahmens der Möglichkeiten der Ressourcen unseres Planeten zu leben, müsste der weltweite ökologische Fußabdruck der verfügbaren Biokapazität pro Person auf unserem Planeten, der zur Zeit 1,7 GHA beträgt, entsprechen.¹⁰ Wie aus der Grafik aber erkennbar ist, wird dieser Wert in Europa überall überschritten, bis maximal 3,8 Mal.

⁵ footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/

⁶ Vgl. footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/glossary/

⁷ footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/glossary/

⁸ Ebda.

⁹ Vgl. footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/

¹⁰ Vgl. footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/

„Ecological balance is the stable but dynamic exchange between inhabitants of a network. Human beings are an integral part of ecosystems; any action by humans that affects ecosystems in turn affects humans“¹¹

(“Ökologisches Gleichgewicht ist der stabile aber dynamische Austausch zwischen den Bewohnern eines Netzwerks. Die Menschen sind ein integraler Bestandteil der Ökosysteme; jede Handlung des Menschen, die die Ökosysteme beeinflusst, wirkt sich wiederum auf den Menschen aus“)

¹¹ Kishnani 2012, 70.



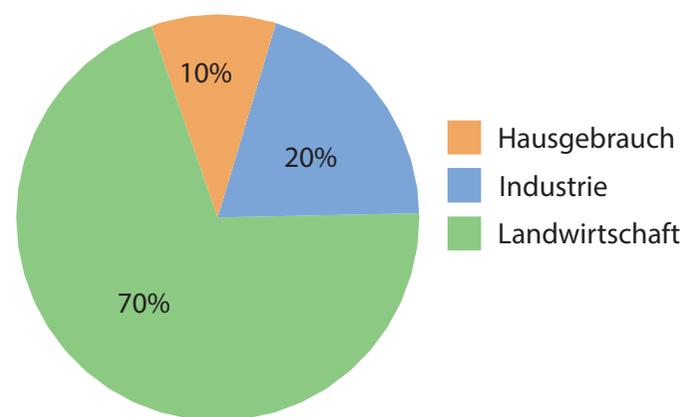
10 | Dr. Nirmal Kishnani

Zusammenfassend:

Unseren Planeten und damit unsere Umwelt plagen ständig die Konsequenzen unseres Tuns. Eine davon ist der ökologische Fußabdruck, den jeder Mensch durch seinen Lebensstil auf der Erde hinterlässt. Da der ökologische Fußabdruck europäischer Länder im Vergleich zur Welt viel größer ist, kann man also schließen, dass die meisten Länder nicht im Geringsten nachhaltig sind. Wir können uns folglich die Frage stellen, wie wir den ökologischen Fußabdruck verringern können. Die Verkleinerung des ökologischen Fußabdruckes bedeutet nicht, dass die Länder unterentwickelt sein sollten oder dass nur die technologische Entwicklung daran schuld ist. Es bedeutet auch nicht, dass wir unseren Lebensstil komplett aufgeben sollen, sondern nachhaltiger gestalten. Eine der Möglichkeiten ist die Selbstversorgung. Die Selbstversorgung ist ein breites Themenfeld, wobei die für uns wichtigen Parameter Wasser, Nahrungsmittel und Energie sind. Einige Gegenmaßnahmen zum ökologischen Fußabdruck sind schon eingeführt worden, wie das Recycling, da der Müll weltweit genauso zum Problem wird.

Trink-, Regen- und Grauwasser

Der weltweite Frischwasserverbrauch verdreifachte sich in den letzten 50 Jahren.¹² Nach Ansicht der Wissenschaftler stellt der steigende Wasserbedarf das dringendste und möglicherweise katastrophalste Umweltproblem weltweit dar. Der weltweit durchschnittliche Wasserverbrauch ist in Industrieländern größer als in weniger entwickelten und weniger dicht besiedelten Ländern. Nach dem Bericht der Vereinten Nationen sollen im Jahr 2006 die Vereinigten Staaten mehr als das 6-fache des Wasserverbrauchs Chinas, und wesentlich mehr als die meisten Länder der Welt verwendet haben. Im 20. Jahrhundert schien Wasser noch eine unbegrenzte Ressource zu sein, was sich mit der Zeit aber verändert hat. Süßwasser treibt industrielle Prozesse an und unterstützt die Landwirtschaft. Laut Umweltprogramm der Vereinten Nationen verbrauchen Gebäude ein Fünftel des weltweit verfügbaren Wassers.¹³ Die Wasserkosten sind in den letzten 20 Jahren um 350% angestiegen, also kann man davon ausgehen, dass sich die Kosten in der Zukunft nicht verringern werden, sondern eher weiter ansteigen.¹⁴



11 | Verwendungszwecke des Trinkwassers

* Diagram ist abhängig vom Entwicklungsgrad des Landes

¹² Vgl. worldometers.info/water/

¹³ Vgl. continuingeducation.bnpmmedia.com/harvesting_rain

¹⁴ Vgl. cistilnenaprave-dezevnica.si/dezevnica-2015.pdf

Trinkwasser

Trinkwasser ist eine der wichtigsten Komponenten für unser aller Überleben, deshalb müssen wir damit sparsam umgehen können. Es gibt nur eine gewisse Menge von Trinkwasser auf der Welt. Mit dem Wachstum der Weltbevölkerung könnten schon bald noch mehr Menschen von Trinkwassermangel betroffen sein es in bestimmten Regionen der Welt, wie z.B. Afrika, schon jetzt sind. Es ist prognostiziert, dass bis zum Jahr 2025 jeder Dritte von Mangel an Trinkwasser betroffen sein wird.¹⁵ Sollte eine umfassende Lösung nicht möglich sein, ist es von großer Bedeutung, dass wir das Trinkwasser nur für Trinken und Essenzubereitung verwenden, und nicht z.B. für die Toilettenspülung. Wir wissen ja, wie wertvoll unser Trinkwasser ist, und deshalb nicht verschwenderisch damit umgehen.

¹⁵ Vgl. planetearthherald.com/top-10-environmental-issues/

In unserem alltäglichen Leben verbrauchen wir viel Wasser, das aber nicht unbedingt trinkbar sein muss. Aus diesem Grund ist es von Vorteil, wenn wir auch andere Varianten in Betracht ziehen. Eine der Lösungen ist das Sammeln von Regenwasser, das für verschiedene Zwecke verwendet werden kann.

Das Leitungswasser hat in entwickelten Ländern fast immer Trinkwasserqualität. Es wird vom Trinken bis zum Waschen und sogar als Toilettenspülung verwendet, während in Entwicklungsländern sehr oft der Zugang zu Trinkwasser erschwert ist. Verschiedene Organisationen und Regierungen bemühen sich in diesen Ländern sowohl die Zugänglichkeit zu sauberem Wasser als auch die Sicherheit vor Verseuchung zu gewährleisten.



12 | Ungefiltertes Wasser

VS.



13 | Trinkwasserqualität

Als Trinkwasser wird das Süßwasser definiert „das einen bestimmten Reinheitsgrad aufweisen muss und zum menschlichen Genuss, also zum Trinken und Kochen geeignet ist“¹⁶.

Das einwandfreie Trinkwasser, wonach wir streben, darf keine Gesundheitsgefährdung für die Menschen darstellen, auch nach lebenslanger Verwendung nicht. Das heißt, dass es frei von Krankheits- und Infektionserregern, giftigen Chemikalien und radiologischen Gefahren sein muss und nur einen geringen Gehalt an gelösten Stoffen, mit Ausnahme der Wasserhärte, beinhalten darf.¹⁷ Das Trinkwasser sollte eine Mindestkonzentration an Mineralstoffen beinhalten, geschmacklich neutral schmecken und farb- und geruchlos sein.¹⁸

Trinkwasser in Europa wird aus Quellen, Oberflächenwasser und Brunnen gewonnen. Das Wasser kann auf direktem Wege entnommen werden, wird aber des Öfteren vor dem Gebrauch erst einer Filterung unterzogen. Unser Glaube, dass die natürlichen Wasserquellen immer den Qualitätsanforderungen des Trinkwassers entsprechen, ist irrig. Das entnommene Wasser ist oft lediglich Rohwasser, das erst durch unterschiedliche Verfahren zu Trinkwasser aufbereitet wird. Bei diesem Prozess wird das Trinkwasser von verschiedenen Stoffen, wie Schwebestoffen, Kohlendioxid, Eisen, Mangan und gelösten organischen Stoffen, befreit. Jeder dieser Stoffe wird auf die ihm angemessene Weise aus dem Wasser entfernt.¹⁹

„Grobe Partikel und Schwebstoffe werden herausgefiltert, schwere Partikel durch Sedimentation abgesetzt. Organische Verschmutzungen werden entweder durch Oxidation entfernt bzw. chemische verändert. Aktivkohlefilter werden zum Entfernen von Pestiziden und Chlorkohlenwasserstoffen verwendet. Unerwünschte Mengen an Eisen und Mangan werden durch die so genannte Ausflockung aus dem Trinkwasser entfernt.“²⁰

Alleinige Filterung des Wassers ist manchmal noch nicht genug. Um die Vermehrung von Krankheitserregern zu unterbinden, wird das Wasser, je nach Qualität, vor der Einspeisung in das Wassernetz noch zusätzlich desinfiziert. Die Desinfektion wird meist mit Chlor oder Chlordioxid oder gelegentlich auch mit UV-Bestrahlung durchgeführt. Die Wasserversorgung kann über Wasserverteilungssysteme – Leitungswasser – verlaufen, in seltenen Fällen aber auch durch Tankwagen oder mobile Gebinde.²¹

Zusammenfassend:

Wir alle wissen, wie bedeutend das Trinkwasser ist, deshalb ist dieses nur zum Trinken und zur Essenszubereitung zu verwenden und weniger für den industriellen Verbrauch oder andere Nutzungen, wofür auch Wasser niedriger Qualität verwendet werden kann. Es ist sinnvoll, für solche Anwendungen das Regenwasser oder das Grauwasser zu nutzen. In unseren geographischen Breiten denkt man nicht so häufig über die Verringerung der Trinkwasserkapazität nach, was aber wegen des Klimawandels und der zu erwartenden Überbevölkerung.

¹⁶ lebensmittellexikon.de/t0001130.php

¹⁷ Vgl. Ebda. und Vgl. who.int/topics/drinking_water/en/

¹⁸ Vgl. lebensmittellexikon.de/t0001130.php

¹⁹ Vgl. Ebda.

²⁰ Ebda.

²¹ Vgl. Ebda



Regenwasser

Regenwasser ist eine Wasserquelle, die innerhalb der Städte noch wenig ausgenutzt ist. Sie wird in vielen Metropolen der Welt zum ziemlichen Problem, weil es in solchen Städten sehr große versiegelte Flächen gibt, die kein Wasser aufnehmen, sondern es nur weiterleiten.

Die Systeme von Rohren, Kanälen, Auffangwannen und kommunalen Kläranlagen werden bei schweren Regenfällen oft überfordert. Resultierende Überschwemmungen können Rückschlag von Abwasser und Regenwasser in Häusern und Geschäften verursachen.²² Solche Fluten fordern auch Menschenleben.

Eine der Lösungen für dieses Problem ist die Regenwassersammlung, die mehr als nur eine Funktion hat. Regenwassersammlung ist nicht nur nachhaltig, sondern auch sehr ökonomisch. Sie kann auf den Dächern, durch die Fassaden oder am Boden vollzogen werden. Am häufigsten wird Regenwasser am Dach gesammelt. Als eine nachhaltige Lösung zur Wassersammlung werden die begrünten Fassaden, die nicht nur das Regenwasser sammeln sondern auch das Mikroklima um die begrünten Flächen herum ausbessern, angewandt. Die Grünfassaden nehmen das Wasser auf und verringern somit die Menge, die auf die Erdoberfläche fällt. Die begrünten Fassaden haben aber noch viele andere Vorteile. Die erwähnten Lösungen werden schon weltweit verwendet.

²² Vgl. continuingeducation.bnppmedia.com/harvesting_rain

Eine etwas andere Möglichkeit ist das Anlegen eines Regengartens. Dieser ist eine künstliche Vertiefung in der Landschaft, die Regenwasser sammelt und speichert, bevor es in die Erde einsickert.²³

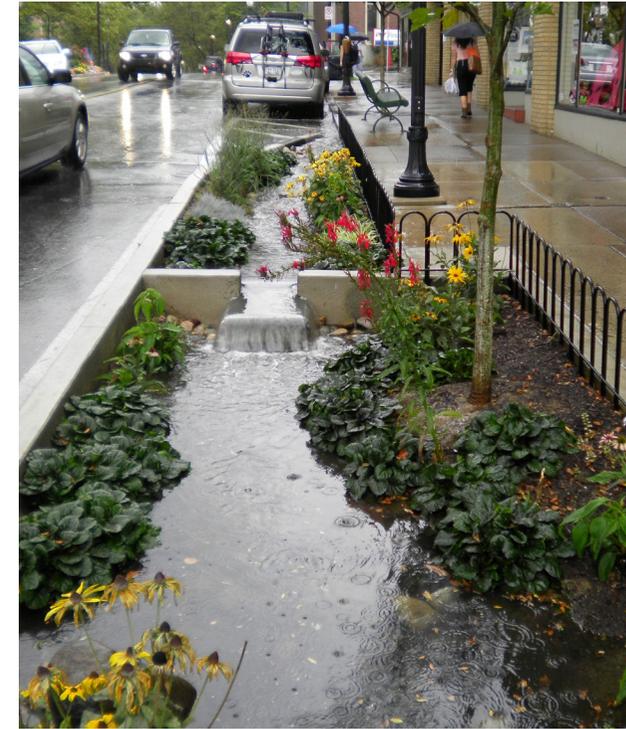
Der Regengarten ist also eine Methode zur Regenwassersammlung, die Überschwemmungen und Erosion verhindern kann. Gleichzeitig verringert er die Regenwasserprobleme zur Wasserversorgung durch Verlangsamung des Regenwasserabflusses und der Versickerung. Ein Regengarten ist kein Teich und ist meist mit einheimischen, widerstandsfähigen und attraktiven Pflanzen bepflanzt.²⁴

Regenwasser ist weder wiederaufbereitetes Wasser noch Grauwasser, sondern eine ergiebige Quelle frischen Wassers, die in der Regel unterbewertet und zu wenig genutzt wird. Die positive Seite ist, dass man das Regenwasser sammeln kann, ganz unabhängig davon, ob sich Gebäude in dichten Städten, Vorstädten oder ländlichen Umgebungen befinden. Regenwassersammlung kann eine erfolgreiche Strategie für die Erfüllung vieler »green building« Ziele sein.²⁵

²³ Vgl. rainwaterharvesting.tamu.edu/raingardens/

²⁴ Vgl. Ebda.

²⁵ Vgl. continuingeducation.bnppmedia.com/harvesting_rain



15 | Regengarten

Vorteile der Regenwassersammlung

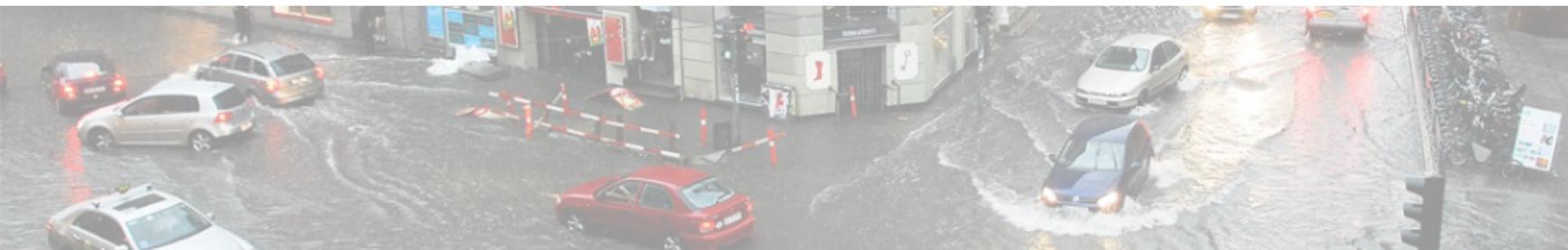
Durch Regenwassersammlung verringern wir den Verbrauch von Leitungswasser und die Wasserkosten.²⁶ Wenn das Regenwasser andernfalls in den Abwasserkanal eingeleitet wird, senken sich auch die Abwasserkosten.²⁷ Je nachdem, ob es sich beim Bauwerk um ein Wohngebäude oder um ein Gebäude mit öffentlichen oder gewerblichen Funktionen handelt, kann man unterschiedliche Mengen an Trinkwasser sparen. In Wohngebäuden kann der Trinkwasserbedarf bis zu 50% und bei Gebäuden gewerblicher und öffentlichen Funktionen bis zu 90% vermindert werden.²⁸ Gleichzeitig haben die Hausbesitzer und Unternehmen eine bessere Kontrolle über ihre Versorgung mit Wasser während der Regen- und Dürreperioden. Nicht zu vergessen ist die Verringerung der Energie, die für Wasserpumpen, Wasserbehandlung und Wasserverteilung verbraucht wird. Nach Untersuchungen von Sandia National Laboratory aus USA sind 80% der Wasserkosten eigentlich Energiekosten zur Bereitstellung von Wasser.²⁹

²⁶ Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf

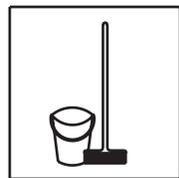
²⁷ Vgl. continuingeducation.bnppmedia.com/harvesting_rain

²⁸ Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf

²⁹ Vgl. continuingeducation.bnppmedia.com/harvesting_rain



14 | Überschwemmung in Kopenhagen



Regenwassernutzung

Regenwasser können wir im Innen- und Außenbereich nutzen. Im Innenbereich kann es für Toilettenspülung und Wäschewaschen verwendet werden und im Außenbereich zum Gießen des Gartens und Waschen der Autos. Es ist auch generell für die Hausreinigung (Fenster, Böden) geeignet. Toilettenspülung und Wäschewaschen verbrauchen im Haushalt das ganze Jahr über große Mengen an Wasser. In den warmen Monaten benötigt auch das Gießen des Gartens viel Wasser, je nach Größe des Gartens. Wenn man sich zur Nutzung des Regenwassers nur für das Gießen des Gartens entscheidet, wird aber während der feuchten Monate der Speicher schnell überfüllt werden. Durch Verwendung von Regenwasser für die vorher erwähnten Zwecke wird ein großer Beitrag zum Einsparen von Wasser und damit für den Umweltschutz geleistet.³⁰

Aufgrund der besonderen Beschaffenheit des Regenwassers ergeben sich noch weitere Vorteile. In der Toilette wird weniger Urinstein gebildet, in der Waschmaschine wird 50% weniger Waschmittel verbraucht und das Pflanzenwachstum bei der Gartenbewässerung gefördert.³¹ Das weiche Regenwasser beinhaltet keinen Kalk, als Folge hat es eine viel bessere Reinigungswirkung als das härtere Leitungswasser. Gerade die Wasserhärte verringert die Waschkraft von Waschmitteln durch geringere Schaumbildung. Deshalb wird bei härterem Wasser mehr Waschmittel verbraucht.³² Da das Wasser kalkfrei ist, verlängert sich die Lebensdauer der Waschmaschine und die Pflanzen können leichter die Mineralien aufnehmen. Die ökonomischen und ökologischen Gründe sind also weitreichender als zuerst gedacht.

30 Vgl. epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf

31 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf

32 Vgl. wvsb.at/wasserhaerte.htm

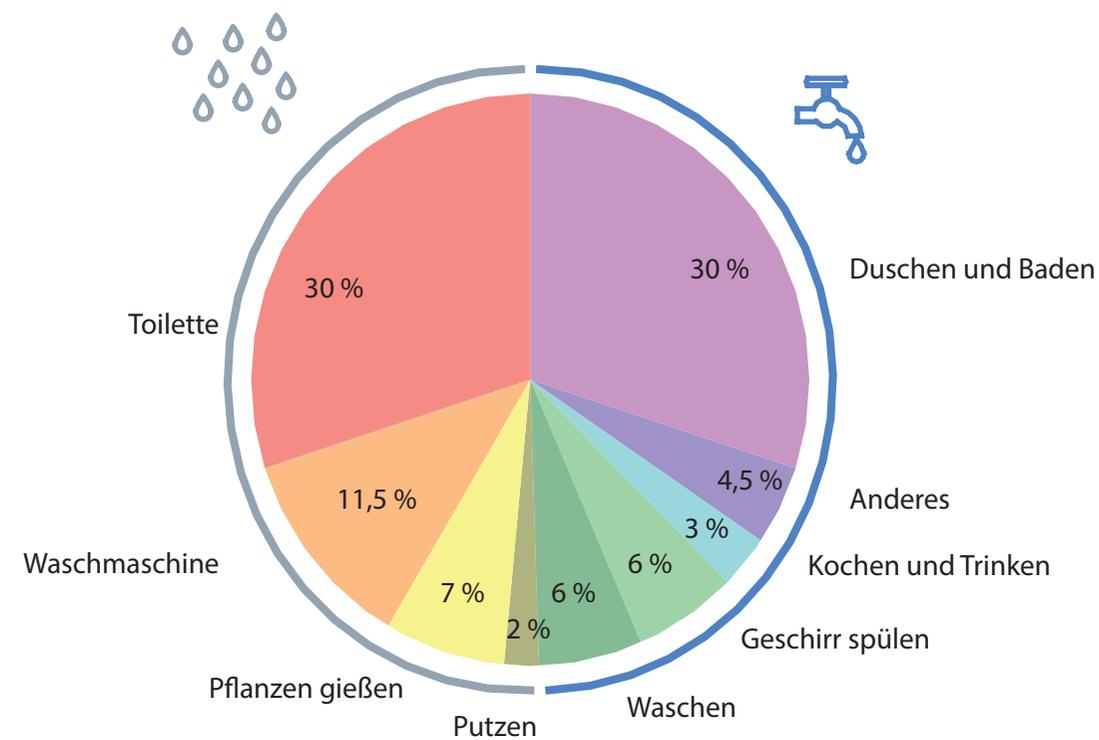
16 | Verwendungszweck des Regenwassers

Die Verwendung von Regenwasser in der Küche und im Bad ist allerdings nicht empfehlenswert, da die Wasserqualität des Regenwassers ist für das Kochen und die Hygiene nicht ausreichend. Deshalb ist Leitungswasser, das für den menschlichen Gebrauch aufbereitet ist für den Haushalt besser geeignet.³³ Um eine Kreuzkontamination zwischen Regenwasser und Trinkwasser zu vermeiden, müssen die Leitungen getrennt sein.³⁴ Der Verbrauch von Wasser in der Küche ist der niedrigste im ganzen Haushalt, also bedeutet die Regenwassernutzung für die vorher erwähnten Zwecke noch immer einen großen Gewinn für die Einsparung von Wasser.³⁵

33 Vgl. epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf

34 Vgl. continuingeducation.bnpmmedia.com/harvesting_rain

35 Vgl. epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf



17 | Verwendungszweck des Regen- und Trinkwassers im Haushalt

Regenwassersammlung

Vor der Entscheidung für die Integration der Regenwassersammlung im Gebäude muss man einige Fragen im Voraus klären. Wofür soll das Regenwasser verwendet werden? Wie viel Wasser kann gesammelt werden und wie viel Wasser wird zum Erreichen der gesetzten Ziele benötigt?

Ideal ist es, die Sammelanlage so auszulegen, dass das Volumen des aufgefangenen Wassers gleich oder größer als das Volumen des verwendeten Wassers ist. Die Kapazität der Regenwassersammlung ist abhängig von den natürlichen Gegebenheiten und dem Klima des Standortes. Von Bedeutung sind bei der Dimensionierung eines Speichertanks die jährliche Niederschlagsmenge sowie die monatliche Verteilung. Je größer die Abstände zwischen den Niederschlägen, desto größer muss das Speicherbecken sein. Beispielsweise genügen kleinere Lagertanks in Gebieten mit häufigem Niederschlag.³⁶

Um eine optimale Regenwassersammlung zu erzielen müssen bestimmte Fakten in Bezug auf die Dachfläche berücksichtigt werden. Zuerst benötigt man ca. 25 - 40 m² Dachfläche pro Person, um genügend Regenwasser zu sammeln. Von Bedeutung ist auch die Art des Daches. Wegen möglicher Humusablagerungen sind Satteldächer weitaus besser geeignet als Flachdächer. Wassersammlung ist zwar auch auf versiegelten Flächen wie Balkonen, Terrassen und versiegelten Hofflächen möglich. Sie ist aber wegen der Verschmutzungsgefahr nicht empfehlenswert. Wenn man sich doch für diese Variante entscheidet, ist die Verwendung besonderer Filter nötig. Ebenfalls von Bedeutung ist, dass das Material der Bedachung keine Schadstoffe absondert. Um Schmutz- und Verwitterungserscheinungen zu minimieren

³⁶ Vgl. continuingeducation.bnpmmedia.com/harvesting_rain

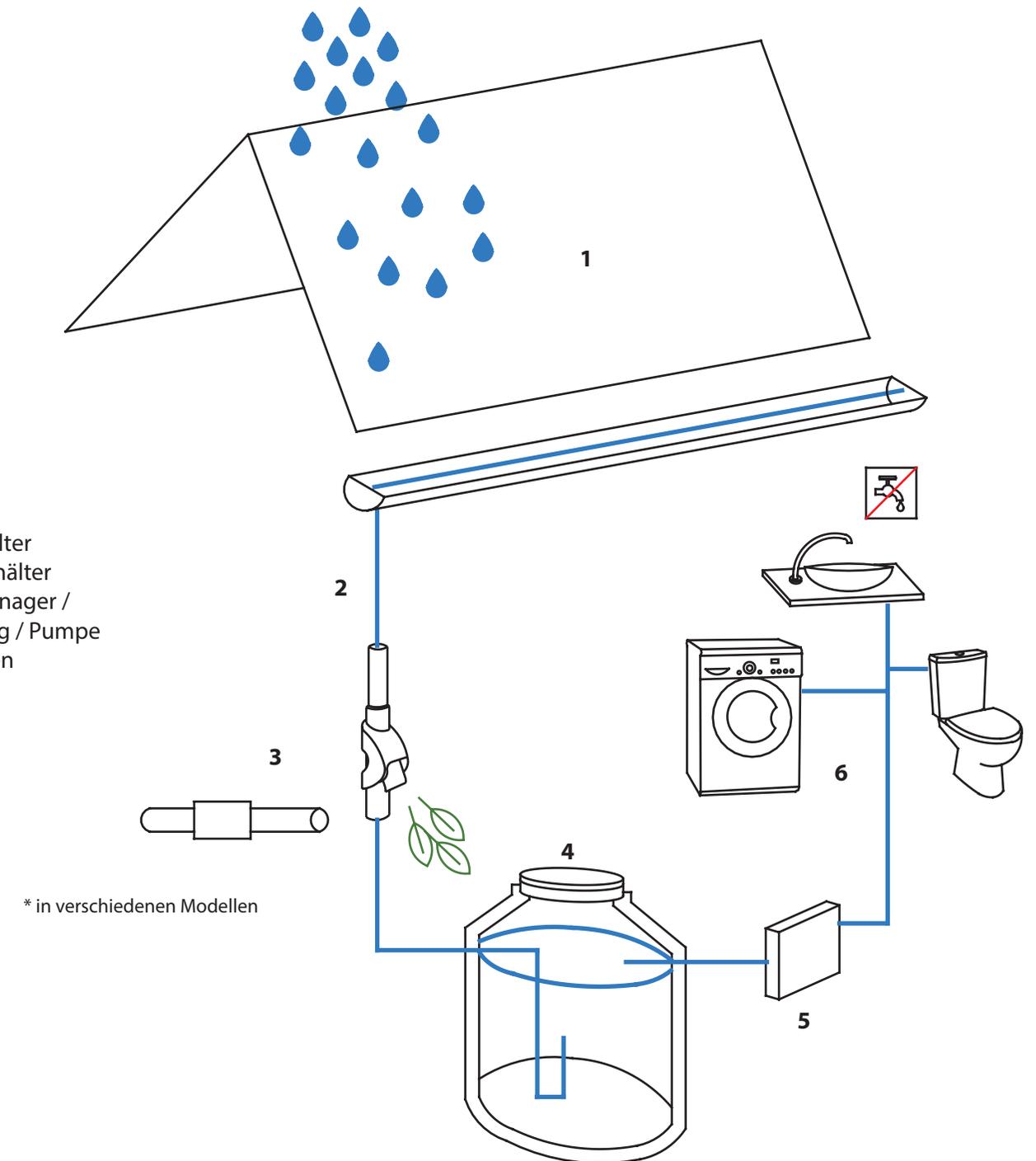
sind möglichst glatte Materialien zu empfehlen, wie Tonziegel, Betondachsteine und Schiefer, die diese Anforderungen erfüllen. Im Gegensatz dazu sind Bitumendächer, Metaldächer und Gründächer weniger geeignet, weil sie die Wasserqualität mindern können.³⁷

Regenwassersammlung kann je nach Budget und Verwendungsintentionen unterschiedlich komplex aufgebaut sein.³⁸ Unabhängig davon, ob man sich für ein ganz einfaches oder etwas komplexeres System der Wassersammlung entscheidet, ist es vernünftig ein paar einfache Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Diese Maßnahmen sollten das Eindringen von Schadstoffen in den Behälter und damit die Kontaminierung des Wassers verhindern. In den Wasserbehälter dürfen keine Blätter, Abfall oder Staubablagerungen vom Dach eindringen. Diese verursachen Verfärbungen des Wassers, schlechten Geruch und Wachstum von Mikroorganismen. Um Verunreinigungen vom Wasserbehälter zu verhindern, kann entweder die erste Flut umgelenkt oder ein Filter vor dem Wassertank eingesetzt werden. In den Behälter dürfen aber keine Tiere oder Insekten eindringen. Bei außenstehenden Behältern muss der Zugang für Kinder verhindert werden.³⁹

³⁷ Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf

³⁸ Vgl. continuingeducation.bnpmmedia.com/harvesting_rain

³⁹ Vgl. epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf



- 1 Hausdach
- 2 Fallrohr
- 3 Grob- und Feinfilter
- 4 Regenwasserbehälter
- 5 RegenwasserManager / Systemsteuerung / Pumpe
- 6 Verbrauchsstellen

Beim Wassersammlungssystem spielen Wartung und Inspektion der Bestandteile des Systems eine bedeutende Rolle. Das Dach und die Wasserrinnen müssen alle 6 Monate überprüft werden.⁴⁰ Regenwassertanks mit einem vorgeschalteten Filter, beruhigtem Zulauf und einem Überlaufsiphon sollten alle 5 bis 15 Jahre gereinigt werden. Die Vorgaben variieren je nach Hersteller. Am Boden bildet sich im Laufe der Zeit eine Sedimentschicht, die durch häufiges Reinigen zerstört würde, welche aber für die Wasserqualität wichtig ist. Die Filterreinigung hängt grundsätzlich vom Filtertyp und den örtlichen Gegebenheiten ab.⁴¹

Das Regenwasser benötigt keine zusätzliche Behandlung oder Desinfektion, wenn es nicht fürs Trinken oder Kochen verwendet wird.⁴² Um zusätzlich bessere Wasserqualität zu erzielen, ist das regelmäßige Überlaufen des Regenwassertanks über den Überlaufsiphon vorteilhaft. Auf diese Weise wird die Wasseroberfläche von schwimmenden Feinstaubpartikeln, wie Blütenpollen gereinigt.⁴³ Zusätzlich kann Sauerstoffzufuhr in den Wasserbehälter das Wasser immer frisch und klar halten.⁴⁴ Der Aufwand hängt davon ab wofür wir das Regenwasser verwenden möchten und mit welcher Wasserqualität wir uns zufrieden geben. An dieser Stelle muss betont werden, dass die Regenwasserqualität auch ohne zusätzliche Behandlung keine schlechte ist.

40 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf

41 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/FAQ_Regenwasser_01.pdf und cistilnenaprave-dezevnica.si/dezevnica-2015.pdf

42 Vgl. epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf

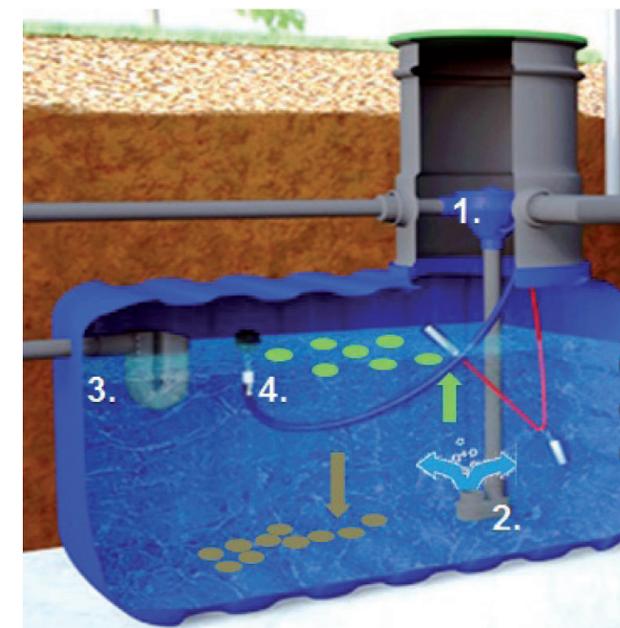
43 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/FAQ_Regenwasser_01.pdf

44 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf

Die Größe des Wasserbehälters soll ökonomisch ausgewählt werden, je nach den Bedürfnissen der Wassernutzung, der Größe des Daches und der Niederschlagsrate des Standortes.⁴⁵ Zudem muss man sich für die Positionierung des Wasserspeichers entscheiden. Dabei kann es, wie erwähnt, ein oberirdischer oder unterirdischer Wasserspeicher sein. Die idealere Variante ist ein unterirdischer Wassertank, der im Erdreich vor Licht und Wärme geschützt wird, was die Bildung von Algen und Mikroorganismen verhindert. Er ist auch vor Frost geschützt und muss im Winter nicht entleert werden. Die ganzjährige Wassertemperatur im Wassertank beträgt zwischen 6 und 8°C. Unter diesen Bedingungen wird eine konstante Wasserqualität sichergestellt. Diese Variante ist anzuwenden, wenn man das Regenwasser für die Toilettenspülung und die Waschmaschine verwenden möchte. Um eine gleichbleibende Wasserqualität beim oberirdischen Regenwassertank zu erzielen, muss man darauf achten, die Lichtundurchlässigkeit des Wasserspeichers zu garantieren und eine starke Wassererwärmung zu vermeiden. Im Winter muss der oberirdische Wasserspeicher immer entleert werden.⁴⁶

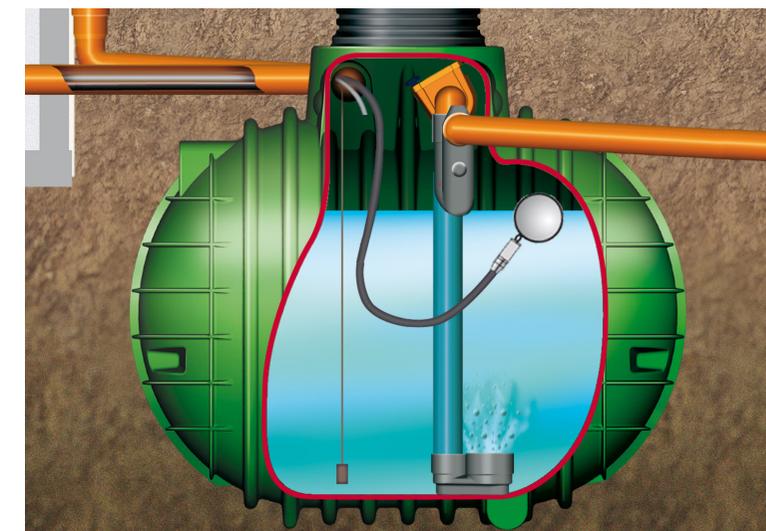
45 Vgl. epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf

46 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/FAQ_Regenwasser_01.pdf



19 | Reinigungsstufen

- 1 Filtersystem
- 2 Zulaufrohr für Zufuhr von Sauerstoff und gefiltertes Wasser
- 3 Überlaufsiphon
- 4 Schwimmende Entnahme des Wassers



20 | Wasserbehälter



vs.



21 | Regenwassersammlung auf dem Grundstück

Man benötigt bei dem Mischsystem noch eine »Manager-Komponente« im Haus, welche die Verteilung des Regenwassers im Gebäude regelt und für die Betriebssicherheit sorgt. Sie ist für das Befördern des Regenwassers zu Entnahmestellen, wie WC, Waschmaschine, Gartenbewässerung verantwortlich und gleichzeitig muss sie auch in der Lage sein, zwischen Leitungswasser bzw. Trinkwasser und Regenwasser zu wechseln wenn das Niveau des Regenwassers in der Wasserzisterne zu niedrig ist. Auf diese Weise ist die ständige Wasserversorgung im Haushalt gesichert. Zu beachten ist die Verlegung der Leitungen. Sie müssen aus korrosionsbeständigen Materialien sein, also Edelstahl oder Kunststoff, da der pH-Wert des Regenwassers nicht neutral ist.⁴⁷ Das Trinkwasser muss, wie schon erwähnt, vom Regenwasser getrennt sein und jeder Überfluss von Regenwasser muss in die Versickerungsanlage eingeleitet werden. Durch ständige Verwendung des Regenwassers wird der Wasserspiegel regelmäßig absinken und Platz für neu aufgefangenes Regenwasser bieten. Man muss bei den Behörden nachfragen ob es bestimmte Regelungen über die Wassersammlung gibt und diese beachten.⁴⁸

⁴⁷ Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf
⁴⁸ Vgl. epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf

22 | Regenwassersammlung auf dem Dach

Es gibt aber Abflussregenwasser das nicht auf dem Dach aufgefangen wird, sondern auf dem Grundstück. Dieses wird an der niedrigsten Stelle des Grundstücks gesammelt und für den Gebrauch zurückgepumpt. Abflussregenwasser sollte nur auf eigenem Grundstück gesammelt werden und nur auf Grundstücksteilen, die frei von Verschmutzungen, Chemikalien, Öl oder ähnlichen Substanzen sind. Die Wasserqualität des Abflussregenwassers ist niedriger als die des auf dem Dach gesammelten Regenwassers. Damit keine Risiken entstehen, ist es am besten, Abflussregenwasser nur für das Gießen der Pflanzen und die Toilettenspülung zu verwenden. Dieses Wasser darf auf keinen Fall zum Trinken oder Kochen verwendet werden. Deshalb ist es zweckmäßiger, das von der Dachfläche gesammelte Regenwasser und das von dem Grundstück gesammelte nicht zusammen in einem Behälter zu speichern, da sonst das Wasser kontaminiert und kaum genutzt werden kann.⁴⁹

⁴⁹ Vgl. Ebda.

Zusammenfassend:

Regenwasser hat viele Vorteile, die nicht nur aus ökonomischer Sicht empfehlenswert sind, sondern auch aus der Sicht der Nachhaltigkeit und damit der Verringerung des ökologischen Fußabdrucks. Leider denken wir viel zu wenig über unsere Umwelt nach. Mit der Zeit haben sich viele Systeme entwickelt, die miteinander kombinierbar sind und die Umwelt nur gering belasten. Es liegt also vor allem an den Architekten, umweltbewusst zu planen und solche Systeme in die Gebäude zu integrieren. Auch die Regierungen sind umweltbewusster geworden, da sie nun Subventionen jeglicher Art den Bauherren anbieten zur Integration des Regenwassers oder ähnlicher Systeme in Haushalte oder andere Gebäude.



Grauwasser

Eine weitere Form der Einsparung von Leitungswasser ist die Verwendung von Grauwasser und in weiterer Folge von Klarwasser.

Nach europäischer Norm wird Grauwasser als fäkalienfreies, gering verschmutztes Abwasser definiert, das bei Körperhygiene, also Dusche, Badewanne, Handwaschbecken und Waschmaschine anfällt. Davon ausgenommen ist das Küchenabwasser, das durch Fett und Speiseabfälle belastet ist.⁵⁰ Grauwasser wird durch Einsatz von Wasserrecycling-Systemen, wo das Wasser gesammelt und danach für die Neuverwendung aufbereitet wird, zu Betriebswasser.⁵¹ Weltweit gibt es aber zurzeit noch immer keine einheitliche Definition für Grauwasser.⁵²

Grauwasservorteile

Die Kosten für Wasser und Abwasser werden voraussichtlich in der Zukunft weiter ansteigen, weswegen es empfehlenswert ist, bei Neubauten oder Komplettanierungen von Gebäuden nachhaltige Systeme mit wirtschaftlicher Wassernutzung zu integrieren.⁵³ Eine Möglichkeit ist das vorher erwähnte Regenwassersammlungssystem, eine weitere ist ein Grauwasserverwendungssystem. Grauwasser kann genauso wie Regenwasser bei der Trinkwassereinsparung und der Verringerung der Wasserkosten helfen. Mit Grauwasserverwendung kann bis 50% der Trinkwassermenge und 50% der Kosten für Trink- und Abwasser gespart werden. Durch die Wiederverwendung des Wassers verringern sich auch die Abwassermengen und die dafür erforderlichen Kosten.⁵⁴

50 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf

51 Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Grauwasser

52 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf

53 Vgl. ewe.de/~/.../energiespartipps-regenwasser-grauwasser.pdf

54 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf

Grauwasser unterscheidet sich vom Regenwasser durch die Niederschlagsunabhängigkeit, da das Grauwasser tagtäglich entsprechend unserem Wasserverbrauch fast in gleichen Mengen anfällt, während das Regenwasser von natürlichen Bedingungen abhängig ist.⁵⁵ Wegen des relativ geringen Verschmutzungsgrades kann Grauwasser mit geringem Aufwand, aber sehr großem Nutzen, sowohl in privaten wie auch öffentlichen Gebäuden, wie Ein- und Mehrfamilienwohnhäusern, Hotels und Gaststätten, Alterswohnheimen, Studentenwohnheimen und Jugendherbergen, Sport- und Schulstätten, Industrie und Gewerbe verwendet werden. Grauwasser hat viel ökologisches und ökonomisches Potential das wir nur ausnutzen müssen.⁵⁶ Ein zusätzlicher Vorteil besteht in der Möglichkeit dem abfließenden Grauwasser die Wärme zu entziehen, welche durchschnittlich 30°C beträgt und diese für die Brauchwassererwärmung oder auch zur Heizungsunterstützung zu nutzen. Die Verwendung von Grau- und Regenwasser ist schonend für die Grundwasserressourcen, verringert den Einsatz von Chemikalien und Energie und entlastet nachhaltig die Klärwerke und Gewässer.⁵⁷

55 Vgl. ewe.de/~/.../energiespartipps-regenwasser-grauwasser.pdf

56 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf

57 Vgl. ewe.de/~/.../energiespartipps-regenwasser-grauwasser.pdf



Grauwassernutzung

Aus Grauwasser erzeugtes Klarwasser bzw. Betriebswasser ist hygienisch sauber. Es kann für die Gartenbewässerung, Hausreinigung und Toilettenspülung eingesetzt werden. Wenn die Wasserqualität hoch genug ist, besteht auch die Möglichkeit, es für die Waschmaschine zu verwenden. Außer im Haushalt kann es auch im Gewerbe als Betriebswasser für verschiedene Zwecke genutzt werden, solange das Wasser keine Trinkwasserqualität benötigt.⁵⁸ Das wiederverwendete Grauwasser muss geruch- und farblos sowie keimfrei sein, bei einer Trübung von nicht mehr als 2 NTU (Nephelometrische Trübungseinheiten). Die Keime werden aus dem Wasser mit UV-Desinfektion entfernt.⁵⁹ Nicht zu vernachlässigen ist die Qualität des Betriebswassers. Um eine hohe und konstante Wasserqualität zu gewährleisten, ist die Einhaltung von bestimmten technischen Mindeststandards unbedingt notwendig. Wenn diese nicht eingehalten werden, kommt es unter Umständen zu einer drastischen Qualitätsverschlechterung des Wassers, die man durch Geruchsentwicklung bemerkt.⁶⁰ Die geforderten Qualitäten des Betriebswassers sind in Österreich bis jetzt noch nicht festgelegt worden.⁶¹ Empfehlenswert ist es, sich bei den Behörden zu vergewissern, ob es Regelungen für den Gebrauch von Grauwasser gibt und ob man es verwenden darf. Im Gegensatz zur witterungsabhängigen Regenwassernutzung steht aufbereitetes Nutzwasser immer zur Verfügung.⁶²

Grauwasser muss genauso strikt vom Trinkwassernetz getrennt werden wie das Regenwasser. Beide Systeme benötigen separate Rohrleitungsnetze zusätzlich zum Trinkwasserrohrleitungsnetz damit es zu keiner Kontaminierung des Trinkwassers kommt. Eine Kombination mit einer Regenwasseranlage ist möglich.⁶³ Genauso wie bei dem Regenwassersammelsystem ist es auch bei dem Grauwassersystem möglich, im Falle zu geringer Betriebswasserkapazität vollautomatisch Trinkwasser in das System einzuspeisen.⁶⁴ Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage ist abhängig von der Größe, der Wassermenge und der Verwendung des Klarwassers. Wenn im Gebäude Zapfstellen von Grauwasser oder Regenwasser existieren, müssen sie entsprechend gekennzeichnet oder beschriftet sein, damit man weiß, dass es sich um kein Trinkwasser handelt.⁶⁵

In verschiedenen Teilen der Welt bevorzugen die Menschen unterschiedliche Klarwassernutzungen. In den USA ist es die Gartenbewässerung, in Japan und Europa vor allem innerhalb des Haushalts als Betriebswasser, wie für die Toilettenspülung, und in Deutschland versuchen es auch öffentliche Institutionen wie z.B. die Feuerwehr Hamburg zu verwenden.⁶⁶

58 Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Grauwasser

59 Vgl. aee.at/aee/index.php

60 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf

61 Vgl. aee.at/aee/index.php

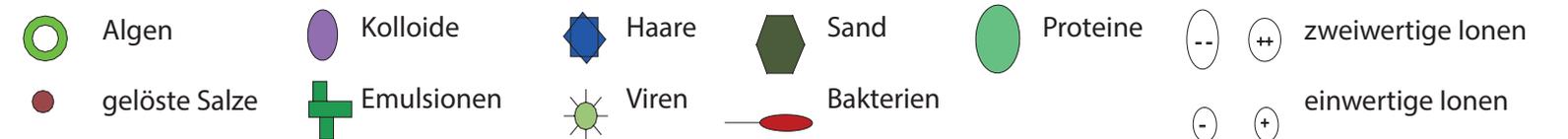
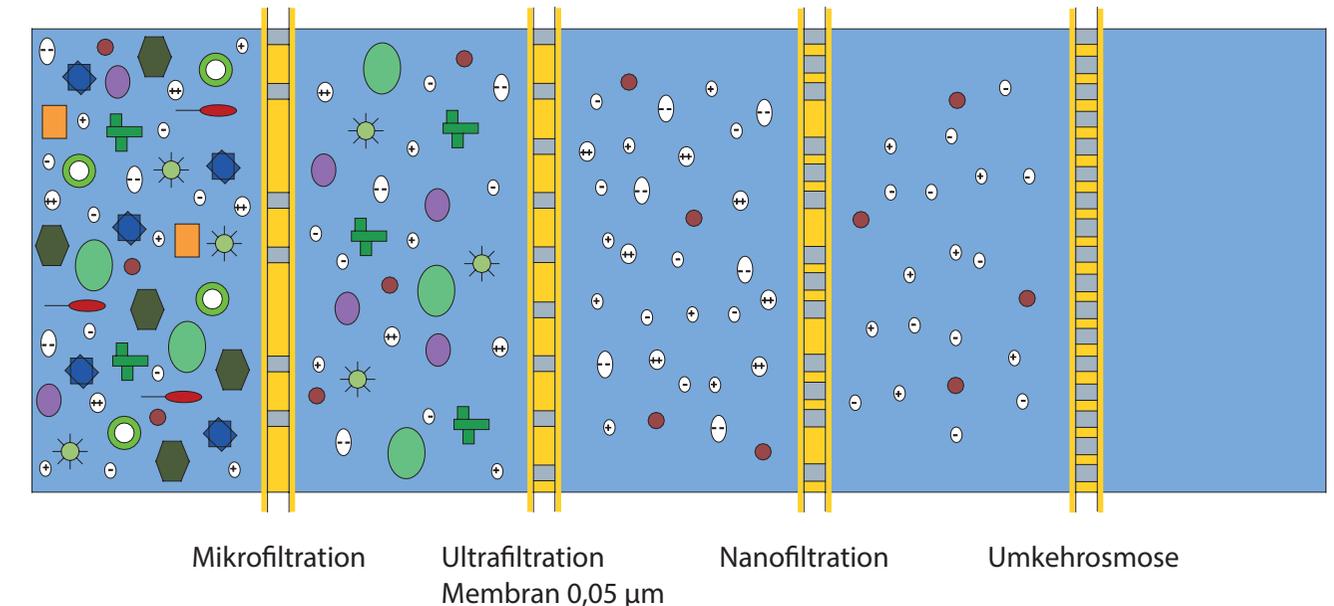
62 Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Grauwasser

63 Vgl. ewe.de/~/. .../energiespartipps-regenwasser-grauwasser.pdf

64 Vgl. ewu-aqua.de/.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf

65 Vgl. ewe.de/~/. .../energiespartipps-regenwasser-grauwasser.pdf

66 Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Grauwasser



25 | Phasen der Grauwasserfiltration

Klarwasseraufbereitung

Damit man Grauwasser verwenden kann, muss es unbedingt gereinigt werden. Dieser Vorgang geschieht mit Hilfe von speziellen Filtern und Kläranlagen, die das Wasser säubern. Es kann auf rein biologisch-mechanischem Wege geschehen, ohne Geruchsentwicklung und ohne Chemikalienverwendung. Auf diese Weise ist es umweltschonender.⁶⁷

Bei der Aufbereitung des Wassers kann man sich zwischen unterschiedlichen Technologien entscheiden, wie Direktverwender-Systeme, Rückhalte-Systeme, physikalische, chemische, biologische und bio-mechanische Systeme. Der Unterschied der Systeme liegt in ihrer Komplexität, Größe, Aufbereitungsleistung und Aufbereitungsqualität.⁶⁸ Nach durchgeführten Untersuchungen ergab sich als die beste Variante für Grauwasser-Recycling die Reinigungsleistung des Bio-Membranfilters.⁶⁹ Einer der Vorteile der erwähnten Technologie ist ein geringer Platzbedarf. Bei Schwankungen der Zulaufeigenschaften werden die relevanten Qualitätsparameter gewährleistet und damit die hygienischen Vorgaben der europäischen Richtlinie für Badegewässer eingehalten.

67 Vgl. ewe.de/~./.../energiespartipps-regenwasser-grauwasser.pdf
 68 Vgl. ewu-aqua.de/~./.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf
 69 Vgl. ewu-aqua.de/~./.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf und Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Grauwasser

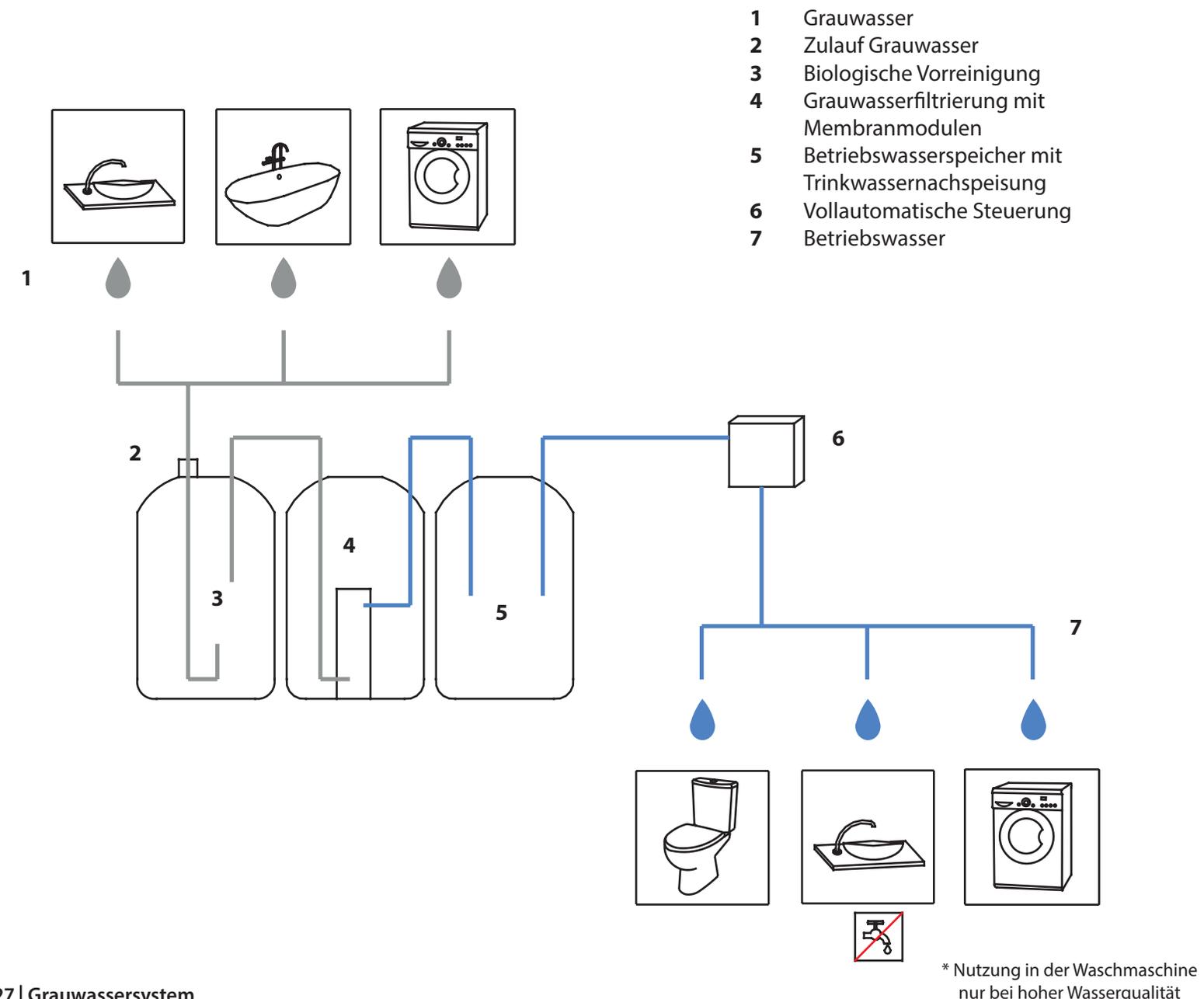


26 | Auf rein mechanisch-biologischem Weg gereinigtes Grauwasser, ohne chemische Zusätze

Die Grauwasserreinigung verläuft bei diesem System in zwei Stufen.⁷⁰ „In der 1. Stufe wird das Grauwasser durch natürliche Bakterien biologisch vorgereinigt und in der 2. Stufe durch die Membranfiltration (Porengröße 0,00005 mm) von den restlichen Schmutzpartikeln vollständig befreit.“⁷¹

In weiterer Folge wird das dadurch gewonnene Betriebswasser durch eine Druckerhöhung zu den Entnahmestellen befördert, wo es für Toiletten, Gartenbewässerung usw. genutzt werden kann. Um eine optimale Reinigung garantieren zu können werden alle Prozesse elektronisch überwacht. Die Wasserrecyclinganlagen mit den Wasserspeichern können im Gebäude oder im Erdreich positioniert werden. Die Speicherkapazität ist abhängig von der Art der Nutzung des Betriebswassers und der Kapazität des anfallenden Wassers. Je nach den Bedürfnissen der Verwender kann die Kapazität entsprechend angepasst werden.⁷²

70 Vgl. ewu-aqua.de/~./.../pdf/Grauwasserbroschuere_01.pdf
 71 Ebda.
 72 Vgl. Ebda.



27 | Grauwassersystem

Zusammenfassend:

Grauwasser und Regenwasser haben vieles gemeinsam, aber auch einige bedeutende Unterschiede. Sich nur für das eine zu entscheiden und das andere komplett zu vernachlässigen, wäre keine empfehlenswerte Idee. Regenwassersammlung kann Probleme lösen, die auf der Ebene der Stadt entstehen, indem eine bisher noch nicht genutzte Ressource beispielsweise für das Blumen gießen Verwendung findet. Bei Grauwasser ist es eher die Wasserverwendung innerhalb der Gebäude und Gärten und Verbrauch von schon verwendeter Ressource. Da die Möglichkeit besteht, die beiden Systeme zu vereinen bzw. zu kombinieren, können wir auf diese Weise noch viel mehr Trinkwasser sparen. Die Gesellschaft versucht langsam, die nachhaltigen Systeme als eine interessante Nische zu sehen und ermöglicht den Bewohnern und Unternehmen finanzielle Unterstützung, wenn sie sich für solche Varianten entscheiden.

Insgesamt gibt es viele Systeme, die zusätzlich zur Regenwassersammlung und Grauwassernutzung auf ganz natürliche Weise Wasser bzw. Abwasser reinigen, wobei sie Strom verwenden können oder auch nicht.

Ein solches System ist die Pflanzenkläranlage, die mit Hilfe von Schilfpflanzen und Mikroorganismen im Wurzelbereich der Pflanzen das Wasser über das ganze Jahr filtert. Das Abwasser wird zuerst einer mechanischen Vorreinigung unterzogen, der die Reinigung des Wassers durch die Pflanzen folgt.⁷³ Der Nachteil der Pflanzenkläranlage ist, dass man viel Platz braucht – mindestens 4 m² pro Einwohner.⁷⁴ Auf dieses System gehe ich aber in dieser Arbeit nicht näher ein.

⁷³ Vgl. [mangro.net/.../Verfahrenstechnik-von-Pflanzenklaeranlagen](#)

⁷⁴ Vgl. [mangro.net/.../Vor--und-Nachteile-von-Pflanzenklaeranlagen](#)

Veränderungen in der Nahrungsproduktion



29 | Dürrekatastrophen

Landwirtschaft war schon immer stark von Klima und Wetterbedingungen abhängig, da die Hauptfaktoren für das Pflanzenwachstum Sonneneinstrahlung, Temperatur und Niederschlag sind. Seit der industriellen Revolution haben die Menschen das Weltklima durch Abgabe hoher Mengen von Treibhausgasen in die Atmosphäre verändert, was unter anderem zu weltweit höheren Temperaturen und zum Klimawandel führte. Die Hauptursachen für die Zunahme der Treibhausgase in den letzten 250 Jahren sind neben der Landwirtschaft fossile Brennstoffe und die Landnutzung.⁷⁵ Die Landwirtschaft ist für schätzungsweise ein Drittel des Klimawandels verantwortlich, da sie ca. 30% der weltweiten Treibhausgasemissionen verursacht und gleichzeitig ein Drittel unseres Ökologischen Fußabdrucks ausmacht.⁷⁶

⁷⁵ Vgl. climate.org/topics/agriculture.html

⁷⁶ Vgl. going-green.info/.../KonsUmwelt/Bildungsmappe_II_Nahrungsmittelproduktion_und_verschwendung.pdf

Der Klimawandel ist heute eines der Hauptprobleme, welche der Landwirtschaft Probleme bereiten.⁷⁷ Die erheblichen Klimaauswirkungen wirken sich auf die landwirtschaftlichen Bedingungen, die Lebensmittelversorgung und die Ernährungssicherheit aus.⁷⁸ Leider sind die kritischen Schwellen schon überschritten worden.⁷⁹ Durch die Erderwärmung kommt es zu extremen Temperaturen, Fluten und Dürrekatastrophen, die in der Landwirtschaft zu Ernteausfällen führen.⁸⁰ Die höheren Temperaturen verursachen mittelbar die Ausbreitung von Schädlingen, und Herbizide verlieren ihre Effizienz. Also kommt es zu steigender Belastung durch Unkraut und Krankheiten sowie noch ein paar anderen klimaverändernden Problemen.⁸¹ Die Auswirkungen des Klimawandels können zusätzlich die Verschiebung der Klima- und Landwirtschaftszonen in Richtung der Pole, Änderung der Niederschlagsmuster, Produktionsmusteränderung durch höhere Temperaturen, Steigerung der Produktivität in der Landwirtschaft aufgrund erhöhtem CO₂ in der Atmosphäre aber auch die erhöhte Anfälligkeit der Landlosen und Armen verursachen.⁸² Ein weiteres Problem ist der Bedarf nach immer größeren Nahrungsmittelmengen. Dieser wächst mit dem Bevölkerungswachstum. Über dieses Thema sind schon viele Studien gemacht worden und die Prognosen besagen Unterschiedliches.

⁷⁷ Vgl. spiegel.de/.../welternaehrung-klimawandel-bedroht-die-globale-nahrungsproduktion-a-894254.html

⁷⁸ Vgl. climate.org/topics/agriculture.html

⁷⁹ Vgl. theguardian.com/.../climate-change-millions-starvation-scientists

⁸⁰ Vgl. spiegel.de/.../welternaehrung-klimawandel-bedroht-die-globale-nahrungsproduktion-a-894254.html

⁸¹ Vgl. theguardian.com/.../climate-change-millions-starvation-scientists

⁸² Vgl. climate.org/topics/agriculture.html

Nach der Prognose von Frank Rijsberman, CEO des CGIAR-Konsortiums (Consultative Group on International Agricultural Research) im Artikel der Zeitschrift »The Observer«, müsste sich die Nahrungsproduktion bis zum Jahr 2050 um 60% erhöhen, um die Bedürfnisse der Bevölkerung zu befriedigen. Diese Vorgabe zu erreichen wird sehr schwierig, auch durch Ernteausfälle, die immer häufiger auftreten. Die Gründe dafür sind starke Hitzewellen, Wirbelstürme und andere Wetterextreme, die in der vergangenen Zeit in den USA, Russland, Ukraine, Kanada und Australien der Nahrungsmittelproduktion viele Einbußen zfügten. Rijsberman ist der Meinung, dass das Problem nicht nur die produzierte Gesamtmenge betrifft, sondern vor allem die Verwundbarkeit jener Milliarde Menschen, die schon jetzt nichts zu essen haben. Diese Menschen wird der Klimawandel am stärksten treffen da sie kaum Möglichkeiten haben, sich an die neuen Bedingungen anzupassen. Die Unterernährung wird sich nach Meinung der Experten von jedem siebten auf jeden dritten ausbreiten und die Problemzonen werden sich besonders in Afrika, Teilen von Asien und den Entwicklungsländern befinden. Die Nachfrage nach Grundnahrungsmitteln wird ansteigen und, Prognosen zufolge, werden sich bis 2050 die Preise verdoppeln.⁸³

⁸³ Vgl. spiegel.de/.../welternaehrung-klimawandel-bedroht-die-globale-nahrungsproduktion-a-894254.html



30 | Rohdung der Wälder

Als Folge des Klimawandels wird sich die Art der Bewirtschaftung von Grund und Boden ändern müssen.⁸⁴ Nur zwei Grad Temperaturunterschied kann schon katastrophal für die globale Landwirtschaft sein. Viele Wissenschaftler und Experten ihrer Bereiche blicken mit Skepsis in die Zukunft, während andere wieder zuversichtlich sind, dass die heutigen Technologien schon in der Lage sind zehn Milliarden Menschen zu ernähren. Wir nutzen die Kapazität weltweit höchstens zu 20% aus. Es ist aber dennoch notwendig umweltfreundliche Methoden zu entwickeln und etwas gegen die gewaltige Lebensmittelverschwendung zu tun, die ein Drittel der Erzeugnisse - 1,3 Milliarden Tonnen im Jahr - darstellt.⁸⁵

⁸⁴ Vgl. theguardian.com/.../climate-change-millions-starvation-scientists

⁸⁵ Vgl. spiegel.de/.../welternaehrung-klimawandel-bedroht-die-globale-nahrungsproduktion-a-894254.html



31 | Viehzucht

Studien hat auch das WWF betrieben und ist zum Ergebnis gekommen, dass die Probleme selbst bei gleichbleibenden Ackerflächen zu bewältigen sind. Man müsste nur den Fleischkonsum drastisch einschränken. Für die Nahrungproduktion würde statistisch gesehen im Jahr 2050 jedem einzelnen eine Fläche von ca. 38 x 38 m zustehen, wenn sich die Weltbevölkerung auf die 9,5 Milliarden vergrößert und man der Umwelt und dem Klima zuliebe die Ackerflächen nicht ausweiten würde.⁸⁶ Die Nahrungsmittelauswahl und die Ernährung der Menschen verändern sich durch die Jahre und wenn wir uns die Nahrungproduktion auf so kleiner Fläche zum jetzigen Zeitpunkt nicht mal vorstellen können, könnte sich die Anpassung der Ernährung zukünftig erneut ändern und die Fläche würde dann genügen.⁸⁷

⁸⁶ Vgl. sueddeutsche.de/wissen/ernaehrung-in-der-zukunft-zehn-milliarden-kleine-farmen-1.2419527

⁸⁷ Vgl. going-green.info/.../KonsUmwelt/Bildungsmappe_II_Nahrungsmittelproduktion_und_verschwendung.pdf

Die Menschen haben schon in der Vergangenheit versucht die Ernteerträge wegen des Bevölkerungswachstums zu erhöhen, mit Hilfe technologischer Fortschritte. Nicht jede Methode der Bewirtschaftung ist auch umweltverträglich. Intensive Landwirtschaftsmethoden wirken sich nachteilig auf die Umwelt. Genauso nachteilig und umweltzerstörend ist die Entwaldung und Zerstörung natürlicher Ökosysteme, um Platz für zusätzliche Felder und Weiden zu machen, wodurch höhere CO₂-Emissionen entstehen. In die Atmosphäre werden Methanemissionen aus dem Reisanbau und der Darmgärung bei Rindern freigesetzt und Lachgasemissionen aus den Düngemittelanwendungen. Um diese Emissionen zu verringern, sollten wir keine Wälder mehr roden und die Viehzucht reduzieren. Durch die Verringerung der Viehzucht, verringern sich die 70% der landwirtschaftlich genutzten Fläche weltweit und damit die 30% der Landoberfläche der Erde, die dafür genutzt wird.⁸⁸

⁸⁸ Vgl. climate.org/topics/agriculture.html

Zusammenfassend:

Zusammenfassend könnte man also behaupten, dass die Nahrungproduktion auf die traditionelle Art und Weise, auf den Feldern zwar noch weiterhin möglich ist aber die Bedingungen dafür immer problematischer werden. Je nachdem, welche Prioritäten wir verfolgen werden sich unsere Handlungen auf die Umwelt noch weiter auswirken. Am besten wäre es, dass man sowohl auf die Umwelt Rücksicht nimmt, wie auch versucht die Effizienz der Landwirtschaft zu erhöhen. In den letzten Jahren hört man des Öfteren über die Einführung der urbanen Landwirtschaft.

Urbane Landwirtschaft

Städte wachsen, die Nahrungsnachfrage steigt an und die Ausweitung der Ackerflächen durch Rodung der Wälder und Zerstörung anderer Ökosysteme ist nicht empfehlenswert. Daraus ergibt sich, dass man landwirtschaftlich genutzte Flächen auch in die Städte und Stadtstrukturen integrieren sollte. Diese Nutzung kann in verschiedenen Formen erfolgen.

Die städtischen Gärten haben schon eine lange Geschichte und sind eigentlich keine neuen Erfindungen. Die Bürger besaßen die Gärten in der Stadt schon seit der Antike, die sich aber durch die Jahrhunderte verändert haben. Die erneute Einführung der Gärten und Äcker in die Weltmetropolen und andere Städte ist zum neuen Trend geworden. Es gibt verschiedene Motivationen, weshalb sich die Menschen für sie entscheiden.⁸⁹

Urbane Landwirtschaft ist ein Oberbegriff für verschiedene Arten der Lebensmittelproduktion im städtischen Raum und dessen unmittelbarer Umgebung.⁹⁰ Darunter werden auch ergänzende Tätigkeiten wie die Verarbeitung und Auslieferung der Nahrungsmittel verstanden.⁹¹

Die urbane Landwirtschaft befasst sich nicht nur mit unterschiedlichen Formen des Gartenbaus sondern auch mit der Tierhaltung. Die Tierhaltung kann im kleineren oder etwas größeren Maßstab erfolgen und dementsprechend in Stadtzentren oder etwas außerhalb der Stadtzentren stattfinden. Solange sich die Tierhaltung im urbanen Raum befindet sprechen wir über urbane Landwirtschaft. Diese kann also Geflügel, Hauskaninchen, urbane Imkerei oder Aquakultur/Aquaponik beinhalten, genauso wie auch Ziegen, Schafe, Schweine und Rinder.⁹²

Die urbanen Landwirtschaftsflächen können ebenso unterschiedlicher Größe und Positionierungen sein, also von Kleingärten bis Ackerbau und von Hausgärten bis Gärten auf Terrassen, Dächern, Wänden usw. Die urbane Landwirtschaft kann auf privatem, öffentlichem oder semi-öffentlichem Land, privat oder gemeinschaftlich betrieben werden und ist an keine sozioökonomischen Intentionen gebunden, im Sinne von Selbstversorgung, Marktproduktion oder sozialen Tausch.⁹³ Das heißt aber nicht, dass sie diese ausschließt. Im öffentlichen Raum sind die urbanen Gärten in Parks, Naturschutzgebieten, entlang der Straßen, Flüsse und Eisenbahnen und im semi-öffentlichen Raum in Innenhöfen, Schulhöfen, auf Krankenhausgelände usw. zu finden.⁹⁴ Es gibt sehr unterschiedliche Formen der urbanen Landwirtschaft.

⁸⁹ Vgl. reset.org/urban-gardening-eine-andere-welt-ist-pflanzbar

⁹⁰ Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft

⁹¹ Vgl. fiveboroughfarm.org/what-is-urban-agriculture/

⁹² Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft und

Vgl. ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why

⁹³ Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft

⁹⁴ Vgl. ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why



32 | Urbane Landwirtschaft

Das Interesse wird in allen Schichten der Gesellschaft geweckt. Am meisten beschäftigen sich mit der urbanen Landwirtschaft die Ärmere, die damit ihre Hungersnot stillen und manchmal noch etwas Zusätzliches verdienen. Die Reicherer sehen in der urbanen Landwirtschaft eine gute Investition für die Zukunft. Sie kann zur Selbstversorgung oder aus kommerziellen Gründen betrieben werden, also von Einzelpersonen oder Gruppen verschiedener Größe. Daraus entstehen Familienbetriebe, Genossenschaftsbetriebe und Handelsunternehmen in verschiedenen Maßstäben. Durch die Kommerzialisierung der Ernte entstehen neue Arbeitsstellen, die vor allem auf größeren Ackerflächen zu finden sind. Die urbanen Gärten dienen eher der Selbstversorgung. Genauso variierend wie die Größe der Landwirtschaftsflächen in der Stadt ist der technologische Grad der Betriebe, der voraussichtlich mit der Zeit ansteigen wird.⁹⁵

Die urbane Landwirtschaft ist eine bedeutende gesellschaftliche Komponente der Stadt, die man zuerst als solche vielleicht gar nicht erkennt. Sie wird zu einem gesellschaftlichen Ort der Begegnung, des Austauschs und der Recreation, ganz besonders die Gemeinschaftsgärten einer Nachbarschaft oder Gemeinschaft, wo man viel einfacher in Kontakt mit Menschen anderer Altersgruppen, Kulturen und Gesellschaftsschichten kommt.⁹⁶

95 Vgl. Ebda.

96 Vgl. reset.org/urban-gardening-eine-andere-welt-ist-pflanzbar



33 | Urbane Landwirtschaft

Das auffälligste Merkmal zwischen der städtischen Landwirtschaft und der Landwirtschaft am Land ist es, dass die urbane Landwirtschaft im städtisch ökonomischen und ökologischen System integriert ist und mit dem urbanen Ökosystem interagiert. In das ganze System werden verschiedene Komponenten der Stadt integriert, wie der Kompost aus organischen Abfällen der Stadtbewohner und die Regenwasserbewässerung.⁹⁷ Bei der urbanen Landwirtschaft ist besonders die Gemüse- und Obstzucht zu empfehlen, da sie kurze Produktionszyklen hat und die Pflanzen schon innerhalb von 60 Tagen, je nach der Sorte, geerntet werden können. Gartengrundstücke können bis zu 15-mal produktiver als ländliche Betriebe sein.⁹⁸

97 Vgl. ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why

98 Vgl. fao.org/urban-agriculture/en/

Vorteile der urbanen Landwirtschaft

Die Positionierung von Äckern und Gärten verschiedener Art in den Stadtzentren ist eine Lösung für viele Probleme. Durch die kurzen Wege der Nahrungsmittel zu den Verbrauchern verringern sich auf diese Weise die Mengen des CO₂ Ausstoßes, die Transportwege, die Stoffkreisläufe können so ökonomisch und auf lokaler Ebene vollzogen werden und die Lebensmittel sind lokaler Herkunft.⁹⁹ Die Ernte kann in lokalen Geschäften, auf lokalen Märkten, an Vermittler und Supermärkte verkauft werden. Da alle Produkte frisch verkauft oder zum Teil für den Eigenbedarf verarbeitet oder gekocht werden, benötigt man viel weniger oder fast keine Verpackung, was ökonomischer und umweltschonender ist.¹⁰⁰ Genauso wird an der Lagerung der Lebensmittel eingespart.¹⁰¹ Durch die schon erwähnten Vorteile ist auch die Verringerung der Lebensmittelverschwendung möglich.

Die Pflanzen haben wie schon erwähnt ihre eigenen Vorteile, die sich positiv auf unsere unmittelbare Umgebung auswirken.¹⁰² Sie sorgen für die Verbesserung des städtischen Mikroklimas und leisten einen Beitrag zum Erhalt der Sortenvielfalt und Biodiversität.¹⁰³ Ein weiterer Vorteil ist die Verringerung der Flutgefahr durch die Aufnahme größerer Mengen an Regenwasser. Nicht zu vernachlässigen sind auch die Verringerung städtischer Temperaturen, Wiederverwendung von organischen Abfällen die in Kompost umgewandelt werden, die Methanemissionen aus Deponien werden reduziert und der Energieverbrauch in der Düngemittelproduktion verringert. Durch die Verwendung des Komposts benötigt man weniger chemische Düngemittel.¹⁰⁴

99 Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft

100 Vgl. ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why

101 Vgl. fao.org/urban-agriculture/en/

102 Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft

103 Vgl. reset.org/urban-gardening-eine-andere-welt-ist-pflanzbar

104 Vgl. ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why



34 | Biodiversität

Die urbane Landwirtschaft führt oft das Grün in die Stadt zurück. Dabei werden auch unbebaute Grundstücke und Baulücken dafür verwendet. Durch die Begrünung der Stadt auf die eine oder andere Art wird die Lebensqualität der Bewohner und das Gesamtbild der Nachbarschaft steigen. Die Haushalte sparen mit der Eigenproduktion der Nahrungsmittel und die Ernährung der ärmeren Bevölkerung, die einige Lebensmittel selber produziert, verbessert sich auf diese Weise.¹⁰⁵ Sie hilft zur nachhaltigen Stadtentwicklung und weckt das Interesse für nachhaltige Lebensstile.¹⁰⁶

105 Vgl. Ebda.

106 Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft



35 | Ernte bei urbaner Landwirtschaft

Mit dieser erneuten Einführung der Landwirtschaft in die Städte wird das städtische Umweltmanagement verbessert. Die Vorteile sind sehr vielfältig. Sie kann auch eine pädagogische Funktion haben im Bezug auf die Ökologie, Nahrungsmittelproduktion usw.¹⁰⁷ Obwohl die Vorteile sehr weitreichend sind besteht bei der Einbindung der Landwirtschaft in die Stadt leider das Risiko der Schadstoffbelastung bei städtisch geernteten Nahrungsmitteln.¹⁰⁸ Das Problem liegt an der Luftqualität der Städte. Mit Hilfe verschiedener Maßnahmen lässt sich langsam auch diese verbessern, so dass das Risiko mit der Zeit nicht mehr bestehen wird. Es besteht zusätzlich noch das Risiko des Anbaus auf kontaminiertem Land, daher erfordert die Aufbereitung der verwendeten Flächen das Wissen um die möglichen Probleme und wenn möglich entsprechende Bodenuntersuchungen.¹⁰⁹

Die urbane Landwirtschaft ist schon in vielen Teilen der Welt etabliert und ihre Bedeutung wird zunehmend von internationalen Organisationen wie UN-Habitat und der FAO (World Food and Agriculture Organisation) anerkannt. Technologien wie Hydrokultur, Organoponik, Tropfbewässerung, Nullbodenbearbeitung usw. werden schon für einen großen Teil der Lebensmittelerzeugung eingesetzt.¹¹⁰

¹⁰⁷ Vgl. ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why
¹⁰⁸ Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft
¹⁰⁹ Vgl. fao.org/urban-agriculture/en/

¹¹⁰ Vgl. ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why

Zusammenfassend:

Urbane Landwirtschaft bringt mit sich viele Vorteile aber eröffnet auch ein Paar Fragen. Man kann sich nur schwer vorstellen, dass man sich nur mit Hilfe eines kleinen Gemüsegartens durch das Jahr ernähren kann. Dabei spielen besonders die natürlichen Gegebenheiten eine bedeutende Rolle. Die Ernte in wärmeren Ländern ist dem entsprechend größer als diejenige aus kälteren Regionen der Welt. Nun, unser Gemüsegarten auf der Terrasse ist sicherlich nicht ausreichend für unsere ganzjährige Selbstversorgung und auch nicht unbedingt die effizienteste Form der Nahrungsmittelproduktion. Es kann aber sicherlich eine finanzielle Erleichterung bedeuten zu den schon erwähnten Vorteilen der urbanen Landwirtschaft, wobei nicht zu vergessen, die Verringerung des ökologischen Fußabdruckes ist.



Beispiele verschiedener Formen der Gemeinschaftsgärten

Es gibt sehr viele unterschiedliche Gruppen, die urbane Gärten betreiben können. Je nach dem was für eine Art der Gruppe sie betreibt unterscheiden sich die Gärten untereinander.

Gemeinschaftsgärten - „ein Oberbegriff für kollektiv betriebene Gärten, die sich meistens in der Stadt befinden. Die Flächen dieser Gärten werden hauptsächlich als Gruppe genutzt, teilweise sind die Gärten öffentlich zugänglich. In Gemeinschaftsgärten sind NachbarInnen, politische Gruppen, Kirchen, Schulen etc. aktiv.“¹¹²

Interkulturelle Gärten - „Gemeinschaftsgärten, in denen Menschen verschiedener Herkunft Obst und Gemüse anbauen. Sie bieten Bildungsangebote, fördern einen internationalen Austausch, sind therapeutische Stätten und Zufluchtsorte.“¹¹³

¹¹² reset.org/knowledge/urban-gardening-eine-andere-welt-ist-pflanzbar
¹¹³ Ebda.



41 | Nachbarschaftsgärten



„Urban farming ist ein moderner Aspekt der alten Idee der Subsistenzwirtschaft.“¹¹¹

¹¹¹ de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft



36 | Bewässerung

37 | Hydroponik

38 | Gemeinschaftsgärten

39 | Vertikale Landwirtschaft
in Schulen

40 | Organoponik



42 | Interkulturelle Gärten

Nachbarschaftsgärten - „von einer Anwohnergemeinschaft betrieben und befinden sich in Höfen, vor oder zwischen den Häusern“¹¹⁴

City Farms und Kinderbauernhöfe - „eine Mischform. Hier werden Nutztiere gehalten (Pferde, Schafe, Ziegen, Hühner etc.) und meistens noch ein Garten betrieben. Angesprochen werden damit vor allem Kinder mit Mitmach-Angeboten wie Reiten, Gärtnern und klassischen Hofarbeiten.“¹¹⁵

Guerilla Gardening - „die subversive Variante der Stadtbe-grünung. Als Form des politischen Protests sind die Guerilla-Gärtner kreativ und mit geringer Ausstattung unterwegs, um in das Stadtbild einzugreifen. Der Begriff geht auf die New Yorker Künstler- und Aktivistengruppe Green Guerrillas green-guerrillas.org zurück.“¹¹⁶



43 | Guerilla Gardening

Zusammenfassend:

Wie erwähnt gibt es zahlreiche Varianten von urbaner Landwirtschaft. Man stellt sich also die Frage, ob die Nahrungsmittel essbar sind wenn sie innerhalb der Städte mit schlechter Luftqualität wachsen. Einige Arten der urbanen Landwirtschaft sind für das Wachstum der Nahrungsmittel innerhalb der Städte nicht besonders empfehlenswert, wie das Guerilla Gardening, da diese auf den Bürgersteigen zu finden sind, im der Nähe der Autoabgase. Je nach der Positionierung der Gärten und der Luftqualität der Städte ist der Empfehlungsgrad unterschiedlich. Als gegen Argument für die Guerilla Gärten kann man sagen, dass wenn die Pflanzen nicht als Ernte gedacht sind, haben diese einen positiven Einfluss auf die Luftqualität. Pflanzen haben aber wie schon mehrmals erwähnt die Vorteilhafte Eigenschaft die Luftqualität und das Mikroklima ihrer Umgebung auszubessern, was für uns erneut einen Pluspunkt bedeutet auch wenn man als Resultat nicht die köstlichsten Nahrungsmittel erhält, gewinnt man bessere Luftqualität. Um bei der urbanen Landwirtschaft im Gebiet schwerkontaminierter Luftqualität auf der sicheren Seite zu sein, wie der Fall in manchen chinesischen Städten ist, ist die beste Lösung die Anwendung der vertikalen Landwirtschaft, das in letzter Zeit in aller Munde ist.

114 Ebda.

115 Ebda.

116 Ebda.

Vertikale Landwirtschaft oder »vertical farming«

Die Landwirtschaft kann nicht nur wie gut bekannt in der Horizontalen betrieben werden, sondern auch in der Vertikalen. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen werden dabei in die Gebäude integriert. Landwirtschaft in Innenräumen ist kein neues Konzept per se, da die gewächshausbasierte Landwirtschaft uns zum Teil schon seit langer Zeit ernährt.¹¹⁷ Die für »vertical farming« genutzten Gebäude können schon bestehende oder neugebaute Bauwerke sein, mehrstöckige Gebäude oder Hochhäuser in denen die Nahrungsmittel produziert werden. Solche Bauwerke werden »Farmscrapers« genannt.¹¹⁸

¹¹⁷ Vgl. verticalfarm.com/

¹¹⁸ Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Vertical_Farming



Vertical Farming ist „eine Sonderform der urbanen Landwirtschaft“¹¹⁹, „ein landwirtschaftliches Konzept, bei dem die Produktion in Hochhäusern (vertikal) stattfindet, um urbanen Raum nachhaltig landwirtschaftlich zu nutzen. Der Anbau von pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen kann damit in den Städten direkt erfolgen“.¹²⁰ „Basierend auf Kreislaufwirtschaft und Hydrokulturen unter Gewächshausbedingungen sollen in Gebäudekomplexen auf mehreren übereinander gelagerten Ebenen ganzjährig Früchte, Gemüse, essbare Speisepilze und Algen erzeugt werden.“¹²¹

Die vertikale Landwirtschaft findet aber manchmal nicht nur in Hochhäusern statt, sondern in verschiedenen Arten von Gebäuden. Der bedeutendste Faktor dieser Art der Landwirtschaft ist die Erhöhung der Grundfläche, um möglichst große Menge zu produzieren. Die Effizienz der Produktionsfläche ist unterschiedlich, je nach dem System das wir anwenden. Es kann in der Vertikalen oder in der Horizontalen wachsen. Die Effizienz der Aufstockung und die Effizienz der Vertikalen sind verschieden. Es gibt verschieden Faktoren und Systeme die bei der vertikalen Landwirtschaft zu berücksichtigen sind.

¹¹⁹ wikipedia.org/wiki/Vertical_Farming

¹²⁰ pflanzenforschung.de/de/themen/lexikon/vertical-farming

¹²¹ de.wikipedia.org/wiki/Vertical_Farming

44 | Vertikale Landwirtschaft in der horizontalen Aufstockung

Die vertikale Landwirtschaft wird des Öfteren auf hydroponische Art betrieben, aber nicht immer. Hydroponisch betriebene Landwirtschaft funktioniert auf der Grundlage des Wassers und der Zufuhr der Nährstoffe der Pflanzen, die sie benötigen. Jede Pflanze bekommt genau jene Nährstoffe die sie braucht. Bei diesem System wachsen die Pflanzen also ohne Erde. Der ganze Prozess wird normalerweise computer-gesteuert, von der Raumtemperatur, Beleuchtung, Düngung und Bewässerung bis Rückgewinnung des Wassers. UV-Licht und Filtersysteme schließen die Notwendigkeit von Herbiziden und Pestiziden aus und die LEDs geben den Pflanzen das benötigte Sonnenlicht. Manchmal wird die Beleuchtung entsprechend der Wachstumsphase in der sich die Pflanze befinden variiert. Das Wasser zur Bewässerung wird nach Bewässerung wieder eingefangen, aufbereitet und gereinigt. Beim »vertical farming« wird 90% weniger Wasser als bei herkömmlicher Feldlandwirtschaft verwendet, da das Wasser effizienter angewendet wird und nur so viel verbraucht wird, wie die Pflanzen wirklich benötigen. Die Wurzeln nehmen die Nährstoffe also aus dem Wasser auf, wo sie eingetaucht sind oder davon beträufelt werden. Die Nährstoffe können der Pflanze auch durch ein poröses Material zugefügt werden.¹²²

¹²² Vgl. microbe.tv/urbanag/

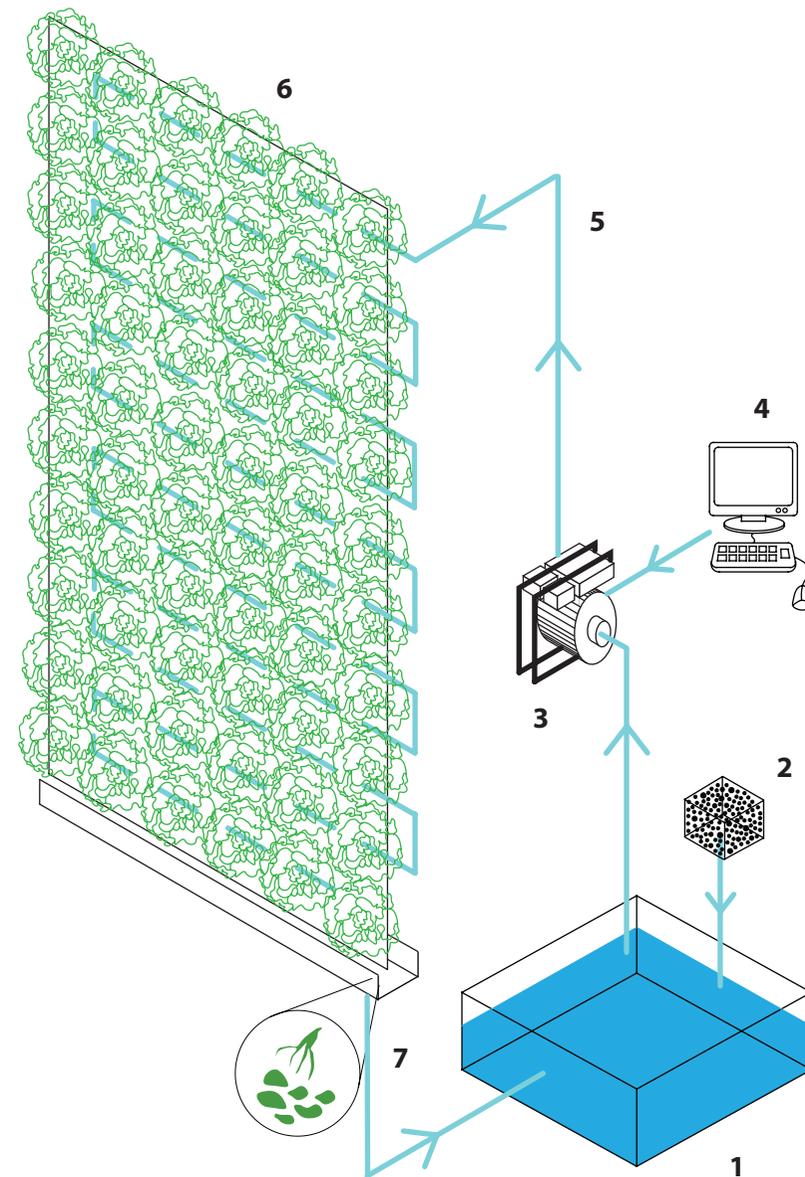
45 | Vertikale Landwirtschaft in der vertikalen Aufstockung

Bei der vertikalen Landwirtschaft können die Pflanzen noch immer in der Erde wachsen, wenn man sich für solches System entscheidet. Als Düngemittel kann in solchen Fällen der Kompost verwendet werden, der durch die organischen Abfälle aus dem Haushalt entsteht.¹²³ Es gibt sogar Aeroponiks - das ist eine innovative Art der Hydrokultur-Technologie, die Pflanzen in einem Nebel wachsen lässt. Der Aeroponik-Nebel versorgt am effizientesten die Wurzeln mit Nährstoffen, Feuchtigkeit und Sauerstoff. Dadurch erhöht sich die Wachstumsrate und es entsteht mehr Biomasse als bei anderen Wachstumsansätzen. Bei dieser Art der Essensproduktion wird sogar 95% weniger Wasser als bei der herkömmlichen Landwirtschaft verwendet. Die Technologie verwendet Stoff als Grundlage, wobei die Wurzeln durch den Stoff durchdringen und von dem nahrhaften Nebel umhüllt sind. Die Beleuchtung erfolgt erneut durch LEDs.¹²⁴

¹²³ Vgl. encyclopedia.com/topic/Food_Production.aspx

¹²⁴ Vgl. aerofarms.com/why/technology/





- 1 Sammelbecken
- 2 Nährstoffe
- 3 Pumpe
- 4 Computersteuerung
- 5 Nährlösung für Pflanzenfassade
- 6 Vertikale Landwirtschaftsfläche
- 7 Rücklauf

Vorteile der vertikalen Landwirtschaft

Man kann die vertikale Landwirtschaft als eine der Lösungen für die ansteigende Nahrungsmittelnachfrage und den Klimawandel verstehen. Die vertikale Landwirtschaft ermöglicht die Lebensmittelproduktion und kontinuierliches, jahreszeitenunabhängiges Wachstum der Pflanzen in gesicherter Umgebung, ohne Ernteauffälle wegen schlechter Wetterbedingungen, wie Überschwemmungen, Dürren, Wirbelstürme usw.¹²⁵ Die Pflanzen können auf diese Weise schnell, zuverlässig und effizient wachsen. Die Pflanzen sind in der Lage in künstlich errichteter Umwelt zu wachsen, sogar in Wachstumskammern im All, solange ihre Lebensbedingungen befriedigt sind. Man kann also problemlos die Lebensmittel im Innenraum unter künstlicher Beleuchtung wachsen lassen.¹²⁶ Dafür werden oft verlassene oder leer stehende Immobilien verwendet, die so wiederbelebt werden. Aus der Aufstockung der Produktionsfläche ergibt sich, dass durch vertikale Landwirtschaft viel weniger Fläche zur Nahrungsmittelproduktion verbraucht wird als bei der traditionellen Art der Landwirtschaft.¹²⁷

¹²⁵ Vgl. verticalfarm.com/

¹²⁶ Vgl. encyclopedia.com/topic/Food_Production.aspx

¹²⁷ Vgl. verticalfarm.com/

Bei der Nahrungsmittelproduktion strebt man nach Erzeugung von nahrhaftem und gesundem Essen für die Verbraucher.¹²⁸ Dieses Ziel ist einfacher zu erreichen, wenn das Essen keine langen Transportwege hinter sich bringen muss um zum Konsumenten zu gelangen. Das frische Gemüse und Obst schmeckt am besten frisch, kurz nach der Ernte. Diese Möglichkeit bietet uns das »vertical farming«. Die langen Transportwege verursachen Verderb vieler Nahrungsmittel, so dass sie zu entsorgen sind. Man kann also behaupten, dass durch die Einführung der vertikalen Landwirtschaft in die Städte sich die Lebensmittelverschwendung erheblich reduziert. Die Frische der Nahrungsmittel wird nicht mehr jahreszeitenabhängig, wie bis jetzt, da das ganze Jahr über geerntet werden kann.¹²⁹ Die Ernte braucht auch nicht mehr gelagert werden, wodurch man an Kosten spart und Frische der Lebensmittel gewinnt. Zu berücksichtigen ist dass sich durch die Kreislaufwirtschaft auch der Treibhauseffekt durch atmosphärischen Kohlenwasserstoff verringert.¹³⁰ Der Einsatz fossiler Brennstoffe bei Landmaschinen und Transport wird reduziert.¹³¹

¹²⁸ Vgl. encyclopedia.com/topic/Food_Production.aspx

¹²⁹ Vgl. verticalfarm.com/

¹³⁰ Vgl. de.wikipedia.org/wiki/Vertical_Farming

¹³¹ Vgl. verticalfarm.com/

Intakte Ökosysteme können durch das Prinzip der Vernachlässigung der bisher intensiv genutzten Landwirtschaftsflächen wiederhergestellt werden. Auf diese Weise können schrittweise viele geschädigte Ökosysteme der Welt wieder instandgesetzt werden, wie neue Bewaldung mit Laubwäldern, die eine bedeutende Rolle bei der Kohlenstoffbindung spielen und beim Klimawandel helfen könnten. Ein weiterer Vorteil der vertikalen Landwirtschaft ist die Schaffung einer nachhaltigen städtischen Umwelt, die gute Gesundheit ermöglicht für alle die sich entscheiden dort zu leben. Sie gibt auch neue Beschäftigungsmöglichkeiten, weniger verlassene Grundstücke und Gebäude, saubere Luft, sichere Verwendung von kommunalem Abwasser und ein reichhaltiges Angebot an sauberem Trinkwasser.¹³² Viele sind sogar davon überzeugt, dass frisch geerntetes Gemüse und Obst Fast Food ersetzen könnten, wenn es in Kindergärten, Schulen, Firmen usw. zur Verfügung steht und man die Gelegenheit hat, daraus eine Mahlzeit gekocht zu bekommen oder einfach das Geerntete vor Ort zu essen. Oft kann man schon nach dem Geschmack zwischen dem frisch geernteten und der über längere Zeit gelagerter oder transportierter Ernte unterscheiden.¹³³

Es gibt sehr viele Vorteile, aber im Falle der Verwendung künstlicher Beleuchtung auch den Nachteil, dass dadurch sehr viel Energie verbraucht wird und damit höhere Energiekosten entstehen.¹³⁴ Trotzdem kann man behaupten, dass vertikale Landwirtschaft in den urbanen Zentren ein großes Potenzial hat das unbedingt auszunutzen ist.

¹³² Vgl. Ebda.

¹³³ Vgl. microbe.tv/urbanag/

¹³⁴ Vgl. encyclopedia.com/topic/Food_Production.aspx



47 | Vertikale Landwirtschaft für Weltall



48 | Hydroponik-System



49 | Sky Green

An dem Punkt stellt man sich die Frage, wie kostspielig solche Projekte sein können, bzw. wie teuer die daraus geernteten Nahrungsmittel werden. Solche Daten lassen sich nicht verallgemeinern, da dabei viele Faktoren eine Rolle spielen und projektspezifisch sind. Man hat sehr viele Möglichkeiten zwischen der Aufstellung der Module, der Art der Systeme die angewendet werden, dem Ort wo man es aufbaut und der Größe der Anlage. Genauso ist bei der Berechnung das Alter des Bauwerkes, wo die Nahrungsmittelproduktion stattfinden wird zu beachten. Zur Kostenverringerung tragen auch die gestalterischen Maßnahmen bei und die natürliche Beleuchtung, die die Energiekosten verringern kann. Man sieht also, dass bei einem solchen Prozess sehr viele Variablen einbezogen werden müssen. Bei einem der Projekte, der »Sky Green« vertikalen Farm in Singapur sollten die Kosten des Gemüses laut des Berichts von »Eco Watch«, um die \$6,5 per Kilo Gemüse¹³⁵ sein, während die Produktionskosten in der DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) vertikalen Farm € 12¹³⁶ betragen. Der Rahmen variiert also um fast 100%.

¹³⁵ Vgl. ecowatch.com/2015/09/11/sky-greens-vertical-farm/

¹³⁶ Vgl. heise.de/tp/artikel/44/44771/1.html

Zur Realisierung solcher Konzepte im großen Stil kommt es mit Hilfe staatlich geförderter wirtschaftlicher Anreize für den Privatsektor, sowie mit Hilfe von Universitäten und der lokalen Regierung bei der Entwicklung neuer Konzepte. Sie kann auch unabhängig von wirtschaftlichen Subventionen und Unterstützung von außen durchgeführt werden, wenn das Interesse vorhanden ist. Nach Prognosen wäre es möglich bis zum Jahre 2030 60% der Menschen durch urbane Landwirtschaft zu ernähren, wenn einige ökonomische Bedingungen erreicht würden und wenn das umfassende Forschungsprogramm realisiert würde. Forschungen werden immer weiter betrieben in verschiedenen Bereichen der Biologie, Architektur, Stadtplanung und Design genauso wie der öffentlichen Gesundheit, der Abfallwirtschaft und Physik.¹³⁷

Die vertikale Landwirtschaft hat aber auch eine bedeutende Erzieherische- und Bildungsnote. Ein tolles Beispiel dafür die »Green Bronx Machine«, Mittelschule, wo die Schüler in letzten paar Jahren schon über 12 tonen Gemüse geerntet haben. Die Anwesenheit beim Unterricht hat sich von 43 auf 93% erhöht und die Schüler haben gelernt sich gesünder zu Ernähren, was von großer Bedeutung war. Wegen schlechter Ernährung gab es erschreckende Prognosen, dass die Schüler nicht in der Lage sein werden in der Zukunft die Lebensdauer der Eltern zu erreichen. Nun hat sich durch den Gartenbau vieles geändert. Dieser Beispiel erstreckt sich über das Schülergelände aus und ist ein bedeutender Beitrag zu der ganzen Nachbarschaft. Die überschüssige Ernte wird verkauft.¹³⁸

¹³⁷ Vgl. verticalfarm.com/

¹³⁸ Vgl. Sušnik 2016, 3.

In der Tabelle sind ersichtlich die Erntemengen im Vergleich zwischen verschiedenen Systemen. Daraus kann man auch die Effizienz der jeweiligen Systeme entnehmen, entsprechend verschiedenen Gemüse und Obstsorten. Das Effizienteste ist also das Aeroponik System. Im Vergleich dazu ist die Effizienz des Hydroponik Systems etwas geringer. Am wenigstens Effizient ist das normale Organoponik System oder vereinfacht gesagt die traditionale Landwirtschaft. Als

Beispiel kann man die Ernte von Erdbeeren erwähnen, die in Vergleich zur traditionellen Landwirtschaft beim hydroponischen System einen 24,8 - also fast 25-fachen Ertrag mit sich bringt. Der Ertrag ist aber noch höher bei Verwendung des aeroponischen Systems, wo der Faktor das 39,6 – also fast 40-fache des organoponischen Systems beträgt. Die Unterschiede sind gewiss enorm, deshalb wäre es schade sie nicht auszunutzen.

	Organoponic System (kg/m ² /Jahr) *traditionelle Landwirtschaft	Hydroponic System (kg/m ² /Jahr)	Zunehmender Faktor im Vergleich zu Organoponic	Aeroponic System (kg/m ² /Jahr)	Zunehmender Faktor im Vergleich zu Organoponic
	5,34	27,375	5,1	43,8	8,2
	2,11	33,58	15,9	53,7	25,5
	2,55	38,325	15,0	61,3	24,0
	22,75	63,51	2,8	101,6	4,5
	6,8	54,385	8,0	87,0	12,8
	1,15	28,47	24,8	45,6	39,6
	0,56	4,38	7,8	7,0	12,5
	5,43	27,74	5,1	44,4	8,2
	2,14	47,815	22,3	76,5	35,7
	1,57	26,645	17,0	42,6	27,2

Zusammenfassend:

Die vertikale Landwirtschaft hat zusätzlich zu den Vorteilen der urbanen Landwirtschaft noch die Vorteile, die bei der urbanen Landwirtschaft als Nachteile betrachtet worden sind. Vertikale Landwirtschaft ist also eine effizientere, ausgebesserte Version der urbanen Landwirtschaft in kontrolliertem Klima. Bei dem Bau einer vertikalen Farm stehen uns zahlreiche Möglichkeiten zur Verfügung zwischen denen man sich entscheiden kann und wovon auch die Kosten abhängig sind. Die Bedeutung der vertikalen Landwirtschaft erstreckt sich weit über die einfachen Grenzen der Nahrungsmittelproduktion aus und trägt mit sich auch eine bedeutende soziale Komponente der Gesellschaft.

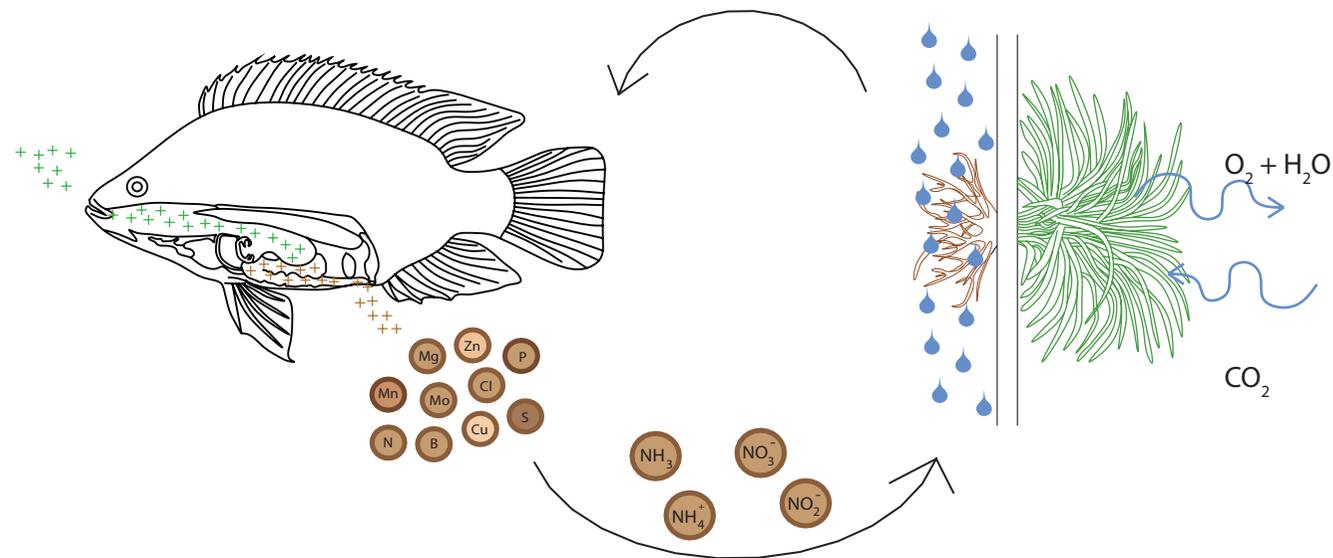
Aquaponik

Urbane Landwirtschaft beschäftigt sich nicht nur mit Wachstum der Pflanzen sondern auch mit der Tierhaltung innerhalb des urbanen Raums. Die Tierhaltung betrifft in diesem Fall auch die Fischzucht, die innerhalb von Gebäuden problemlos betrieben werden kann. Als Kombination passt sie sehr gut mit dem Hydroponik-System zusammen.

Aquaponik ist also ein symbiotisches System das die Aqua- und Hydrokultur miteinander verbindet und dabei Pflanzen (Gemüse, Obst) und Fische produziert.¹³⁹ Der Prozess verläuft in einem geschlossenem System und das Wasser fließt im ständigem Kreislauf vom Fischtank zu den Behältern mit den Pflanzen und wieder zurück. Wie man sich vorstellen kann, werden bei diesem System keinerlei Chemikalien oder Dünger zur Produktion verwendet, also ist das daraus produzierte Gemüse, Obst und natürlicherweise auch die Fische 100% Bio.¹⁴⁰

¹³⁹ Vgl. agintec.de/aquaponic.aspx und Vgl. aquaponik-aquaponics.at/DE/

¹⁴⁰ Vgl. aquaponik-aquaponics.at/DE/



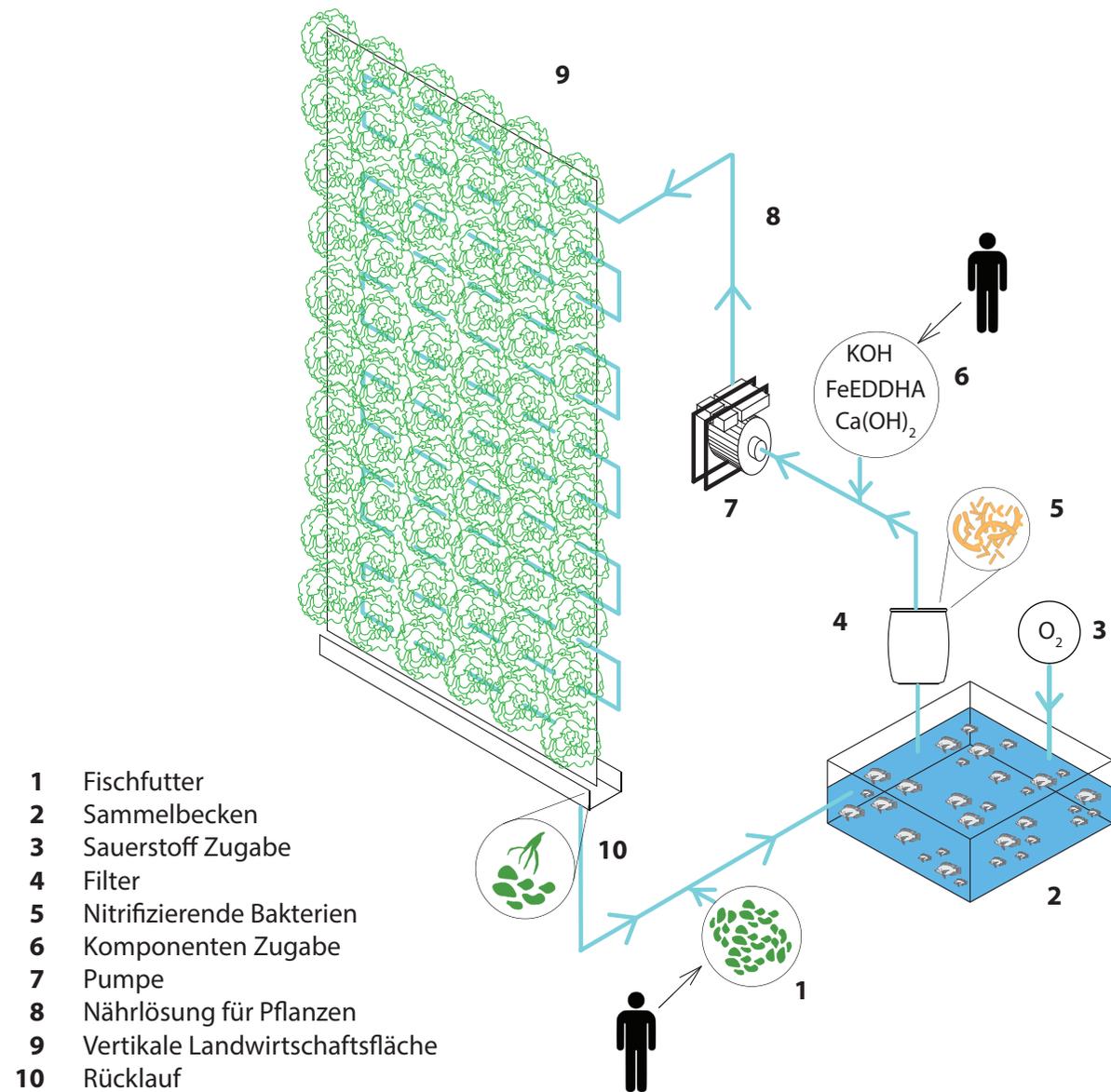
Die Wasser- und Nährstoffkreisläufe beginnen im Fischbecken, das groß genug sein muss um den Fischen genügend Platz zum Leben und Gedeihen zu bieten. Die Fische werden natürlicherweise gefüttert. Das Futter nehmen sie auf und verdauen es. Zum Teil behalten die Fische das Futter in sich um zu wachsen und zum Teil scheiden sie es in Form des ammoniakhaltigen Fischkots wieder aus. Im Wasser kommt es zur Reaktion des Ammoniaks zu Ammonium (NH_4^+). In weiterer Folge wird das ammoniumhaltige Wasser aus dem Becken zuerst mit Hilfe eines Grobfilters von größeren Schwerebetheilen wie Schlamm und Algen befreit, und danach wird das grob gereinigte Wasser durch einen weiteren Filter geleitet. In dem zweiten Filter befinden sich nitrifizierende Bakterien, die Ammonium (NH_4^+) zu Nitrit und das Nitrit (NO_2^-) zu Nitrat (NO_3^-) umwandeln. Die Voraussetzung für die Durchführung des Prozesses ist nur genügender Sauerstoffgehalt im Wasser. Der erwähnte Vorgang ist sehr bedeutend, da das Nitrat eine Form des Stickstoffs ist und dieser der Hauptnährstoff der Pflanzen. Das nährstoffreiche Wasser wird im nächsten Schritt den Pflanzenwurzeln zugeleitet, die das Nitrat gut aufnehmen können. Pflanzen nehmen Stickstoff in relativ großen Mengen auf, deshalb beinhaltet das zurücklaufende Wasser nur noch eine geringe Menge des Nitrats. Wenn das Wasser von Pflanzenwurzeln zum Fischbecken zurückfließt schließt sich der Kreislauf.¹⁴¹ Zu den Fischen fließt nun gesäubertes Wasser zurück, da die Pflanzen die meisten Nährstoffe aus dem Wasser entnommen hatten. Das Wasser beinhaltet nun anstatt der Nährstoffe für die Pflanzen die abgetrennten oder abgestorbenen Teile der Wurzeln, die von den Fischen aufgenommen werden können. Auf diese Weise ernähren die Fische die Pflanzen und umgekehrt.

¹⁴¹ Vgl. aquaponics-deutschland.de/



52, 53 | Aquaponik





Das Wasser ist für das Aquaponik-System von großer Bedeutung, deshalb muss die Qualität des Wassers vor dem Einspeisen in das System überprüft werden.¹⁴² Das Wasser wird meistens nur nachgefüllt, wenn es verdunstet. Manche empfehlen das Wasser einmal pro Jahr zu wechseln, während andere wiederum der Meinung sind, dass es nicht notwendig ist. Bis das System eingefahren ist sollten die Menge von Ammonium, Nitrit, Nitrat und pH regelmäßig kontrolliert werden. Von großer Bedeutung ist der pH des Wassers. Man muss Gleichgewicht zwischen dem Bedarf des pH-Werts der Pflanzen und Mikroben bewahren, dass beide gut funktionieren können. Während die Pflanzen leicht sauren pH bevorzugen, mögen die Mikroben genau das Gegenteil, also etwa um 7,5. Die meisten Systeme funktionieren am besten beim pH zwischen 6,8 und 7,2. Der pH-Wert fällt mit der Zeit durch das ausgeatmete und produzierte CO₂ und die entstandene Kohlensäure (H₂CO₃). Der pH des Wassers kann sich durch Zugabe von KOH und Ca(OH)₂ verändern.¹⁴³

Aquakultur mit Abwasser versorgt in der Regel die Pflanzen mit 10 der 13 erforderlichen Pflanzennährstoffe in ausreichender Menge. Zu ergänzen sind nur Kalzium (Ca), Kalium (K) und Eisen (Fe). Kalzium und Kalium wird durch Zugabe von Calciumhydroxid (Ca(OH)₂) und Kaliumhydroxid (KOH) ergänzt. Eisen wird in Form von Eisenchelate zugefügt.¹⁴⁴ Als Eisenchelate kann Fe-DTPA verwendet werden der wasserlöslich und stabil bis pH 7,5 ist. Die bessere Variante ist Fe-EDDHA das genauso wasserlöslich ist aber stabil bis pH 10.

¹⁴² Vgl. extension.iastate.edu/.../Aquaponic_System_Design_and_Management.pdf

¹⁴³ Vgl. ag.arizona.edu/.../PLANT_presentation_short_course.pdf

¹⁴⁴ Vgl. uvi.edu/.../Aquaculture/Tilapia_and_Basil.pdf

Die Fische, Pflanzen und Bakterien in Aquaponik-Systeme erfordern ein angemessenes Niveau an gelöstem Sauerstoff für maximale Gesundheit und Wachstum, deshalb muss das Wasser den Wert am gelösten Sauerstoff über 5 mg/l behalten.¹⁴⁵

Fische benötigen 1-2 % ihres eigenen Gewichts an Futter pro Tag, was heißt das ein Fisch der ein halbes Kilo wiegt 5-10 g Futter pro Tag braucht. Fische brauchen aber auch genügend Platz zu schwimmen, also kann man nach der Faustformel berechnen, dass die Fische bis 5 cm mindestens 1 Liter Wasser pro cm Fisch brauchen. Weiter geht, dass Fische bis 10 cm mindestens 2 Liter Wasser je cm Fisch brauchen usw.¹⁴⁶ Damit verringert man die Überfüllung des Fischbeckens und die entstehende Kapazität an Ammonium, Nitrit und Nitrat bleibt in Grenzen, sonst muss man dem Fischtank täglich größere Mengen Frischwassers dazu füllen.

¹⁴⁵ Vgl. extension.iastate.edu/.../Aquaponic_System_Design_and_Management.pdf

¹⁴⁶ Vgl. play-with-water.ch/d4/documents/doc_10.pdf

In Aquaponik kann man verschiedene Fischarten züchten. Weltweit die verbreitetste Sorte ist die Tilapia aus Familie der Buntbarsche. Diese Fischart stellt geringe Ansprüche an die Futterqualität, ist nicht anfällig gegenüber Schwankungen der Haltungsbedingungen, wie Temperatur, Nährstoffgehalt im Wasser usw. und die Fische wachsen sehr schnell. Das ist bei der Fischzucht im Innenraum und Gewächshäusern von Bedeutung, da die Temperaturschwankungen manchmal sehr groß werden können, besonders in Gewächshäusern, wo bei intensiver Sonneneinstrahlung Temperaturen sogar 30 °C erreichen können. Um die Fischzucht davor zu schützen kann man zwar eine Klimatisierung verwenden, diese ist aber sehr kostenaufwendig und nicht besonders nachhaltig.¹⁴⁷ Dabei ist zu beachten, dass alle Fische die in einem Becken gemeinsam gehalten werden in etwa die gleichen Ansprüche an ihre Lebensbedingungen haben, was die Wasserqualität, Temperatur, den pH-Wert und die Gesamthärte betrifft.¹⁴⁸ Zusätzlich zur Tilapia werden im Aquaponik-System auch Süßwasserfische, wie der Afrikanische Raubwels (*Clarias gariepinus*) und verschiedene Karpfenarten (Karpfen *Cyprinus carpio* oder die in Asien beliebte Catlabarbe *Catla catla*) erfolgreich aufgezogen. In manchen Teilen der Welt mit Kaltwasser-Aquaponik kann man sogar Forellen in Skandinavien und Zander auf den Azoren züchten.¹⁴⁹ Bei Aquaponik können sowohl Fische zum Essen wie auch Zierfische verwendet werden. Fischarten die auch verwendet werden sind Kanalwels, Forellenbarsch, Regenbogenforelle, Zierkarpfen, Goldfisch, Asian Seebarsch (Barramundi) und Murray Dorsch.¹⁵⁰



55 | Pureline



56 | Silver perch

Aquaponik ist ein sehr nachhaltiges, gesundes und ökologisches System, das in verschiedenen Varianten eingesetzt werden kann. Grundsätzlich sind den Variationen des Aquaponiks kaum Grenzen gesetzt.¹⁵¹ Die Positionierung der Fischbecken und Pflanzen ist öfters von der Größe der Anlage und des Systems abhängig. Die Pflanzen können sich direkt über dem Fischtank befinden, was öfters bei kleineren Anlagen oder Kompaktsystemen der Fall ist. Die größeren Anlagen sind eher ebenerdig, da die Schwerkraft den Prozesskreisläufen durch Verringerung der Transportenergie oder des Pumpens hilft.¹⁵² Es ist ein sehr vorteilhaftes System, das uns nicht nur mit Obst und Gemüse versorgt, sondern auch Fisch, was den Speiseplan aufwertet. Bei diesem System hat man auch ganz wenig täglich zu tun, was uns viel Zeit spart.

¹⁵¹ Vgl. aquaponics-deutschland.de/

¹⁵² Vgl. agintec.de/aquaponic.aspx

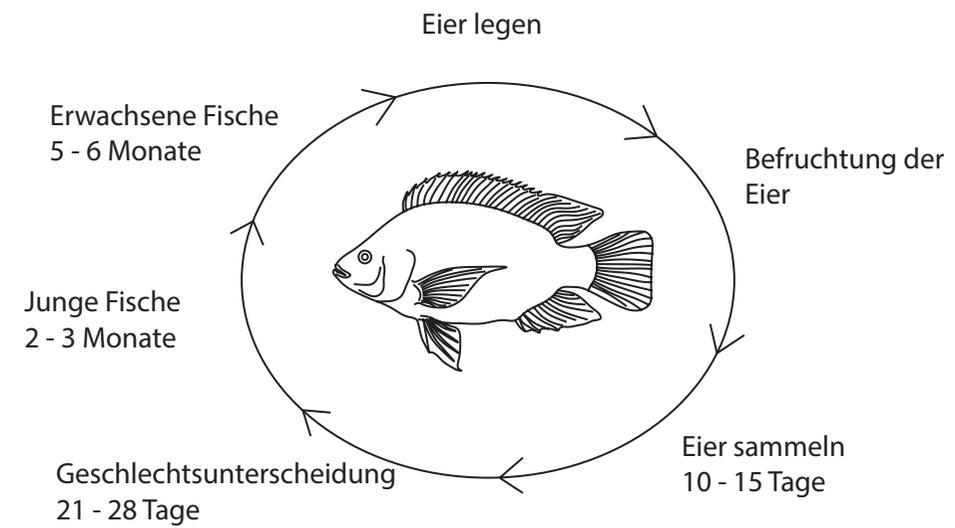
Genau wie bei den anderen Systemen, fragt man sich auch bei diesem, über die Kosten. Die Fische aus solchen System kosten zwischen € 8 – 10, was aber im Rahmen der Normalpreise für die Fische ist bzw. sogar günstiger. Wenn man über die Errichtungskosten von Hydroponik oder Aquaponik hört sind die Preise dafür manchmal sehr hoch, obwohl man dabei berücksichtigen muss für was eine Menschenmenge es bestimmt ist. Nach Berechnungen aus der Kostenanalyse des Aquaponik Systems geht hervor, dass sich die Kosten innerhalb von 2-3 Jahren¹⁵³ amortisieren, was unglaublich schnell ist. Da viele andere Systeme den Amortisierungszeitraum von mehreren Jahren betragen. Also ist das erwähnte Aquaponik auch aus ökonomischer Sicht sehr effizient.

¹⁵³ Vgl. backyardaquaponics.com/Travis/CostBenefitAnalysisofAquaponicSystems.pdf



57 | Asischer Seebarsch - Barramundi

¹⁴⁷ Vgl. aquakulturinfo.de/index.php/Aquaponik.html
¹⁴⁸ Vgl. play-with-water.ch/d4/documents/doc_10.pdf
¹⁴⁹ Vgl. aquakulturinfo.de/index.php/Aquaponik.html
¹⁵⁰ Vgl. 2.ca.uky.edu/wkrec/454fs.PDF



Zusammenfassend:

Aquaponik ist dem Hydroponik System sehr ähnlich, mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu Gemüse und Obst auch noch Fische produziert werden. Die Pflanzen bilden so mit den Fischen ein symbiotisches, geschlossenes System. Hydroponisches System ist öfters Bio, während das Aquaponik immer 100% Bio ist, da sich im Kreislauf Fische befinden.

Pflanzen als Lösung von vielerlei Problemen

Die Pflanzen sind von enormer Bedeutung für unser aller Überleben. Sie umgeben uns in verschiedenen Formen, als Teil unserer Ernährung oder als mitwirkende Kraft zur Produktion des Sauerstoffs. Das Spektrum ihres Ein- und Mitwirkens ist wirklich sehr groß. Sie ermöglichen uns eine gute Lebensqualität auch in Städten, die manchmal mit anderen Worten ein »Betonschungel« sind. In solchen Städten wirken die Grünflächen wie Oasen in einer Wüste aus Beton. Schattenspendende Bäume sind in den Städten wie ein Filter, der die von Staub, Feinstaub und anderen Partikeln belastete Luft filtert. Durch die Bindung von Feinstaubpartikel steigt die Luftqualität an, da die Feinstaubpartikel negative Auswirkungen auf unsere Gesundheit haben.

Die Pflanzen haben vielerlei positive Effekte auf unsere Umgebung und unser aller Befinden. Sie helfen der Verbesserung des Mikroklimas durch Abgabe der Luftfeuchtigkeit in ihrer Umgebung.

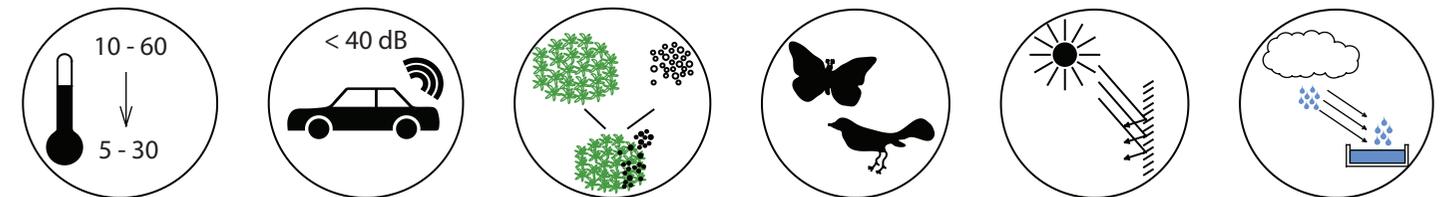
„Die erhöhte Luftfeuchtigkeit hat eine Verbesserung der Behaglichkeit für die StadtbewohnerInnen zur Folge. Gleichzeitig sinkt auch die Umgebungstemperatur, da der Verdunstungsprozess der Umgebung Wärme, also Energie, entzieht. Die Belastung des Körpers durch Hitze sinkt und damit steigt der sogenannte thermische Komfort.“¹⁵⁴

Das kann also eine Gegenmaßnahme gegen den in Städten entstehende Hitzeinsel-Effekt sein, der vor allem in großen Metropolen der Welt entsteht.

Einer ihrer Vorteile ist die schon erwähnte Fähigkeit des Rückhaltevermögens von Regenwasser. Damit kann das Problem der Überflutungen der Stadtzentren wegen großer versiegelter Flächen und anderen Gründe gelöst werden. Genauso kann das Regenwasser so gesammelt und filtriert werden, da es Systeme von Wasserkläranlagen gibt, die hauptsächlich nur Pflanzen für diese Aufgabe nutzen. Verschiedene Pflanzen haben ja verschiedene Fähigkeiten. Solche Systeme werden schon in verschiedenen Teilen der Welt angewandt.

Die Pflanzen können aber nicht nur für die Umwelt vorteilhaft sein, sondern auch für die Gebäude selber. Dieser Vorteil wird vor allem sichtbar durch die Fassadenbegrünungen. Die Pflanzen werden zu einer Schutzschicht, die sowohl als Windschutz wie auch als Dämmschicht dienen kann, was wiederum zu Energieeinsparung führt. In lauter Umgebung kann es als Maßnahme zur Schallabsorption eingesetzt werden und nicht zu vergessen ist sie ein Schutz vor Graffiti, die des Öfteren das Fassadenbild zerstören. Diese Maßnahme bedeutet nun eine optische Aufwertung des städtischen Raums. Die vertikalen Grünfassaden sind auch aus ökologischer Sicht ein wichtiger Teil, der die Biodiversität wieder in die Stadt einführt und als Lebensraum für Vögel, Insekten etc. dient.

Die Einbindung der Pflanzen in die Stadtstrukturen hat sehr positiven Einfluss auf das geistige Wohlbefinden der Menschen. Aus der psychologischen Sicht ist eine begrünte Umgebung stressmindernd, was in der heutigen Zeit, wo der Stress unser ständiger Begleiter ist auch von großer gesundheitlicher Bedeutung. Sie bedeutet sowohl einen Ort der Entspannung, wie auch einen der Bewegung. Deshalb ist es empfehlenswert, das Grün in die Stadt mehr einzubinden. Wenn möglich, ist die Einbindung der Begrünung in die Gebäude, also in die Innenräume auch keine schlechte Idee. Das kann auch in Form der vertikalen Landwirtschaft oder von Aquaponik in Innenräumen sein und der urbanen Landwirtschaft im Außenraum. Durch das positive Befinden, das die Pflanzen ausstrahlen, haben solche Orte eine soziale Note. Es entwickeln sich Orte der Begegnung, des Austauschs, der Rekreation etc. Wir können also die Pflanzen als eine Lösung für vielerlei Probleme, die die Städte und Gebäude plagen und die Menschen belasten, ansehen.



154 <http://www.gruenstadtklima.at/mikro.htm>



Energie

Energie ist eine der grundlegenden Notwendigkeiten unseres Lebens. Heute verwenden wir große Mengen an Energie für verschiedenste Tätigkeiten, wie Wärmen, Kühlen, Kochen, Beleuchten etc. Durch die Verbesserung des Lebensstandards ist der Energieverbrauch angestiegen. Energie stammt aus verschiedenen Quellen. Derzeit hängt der globale Energieverbrauch stark von fossilen Brennstoffen wie Öl, Kohle und Erdgas ab, die als nicht-erneuerbare Energien bezeichnet werden, da sie nicht ersetzt werden können. Die wachsende Nachfrage nach Energie aus fossilen Brennstoffen ist eine ernste ökologische und gesundheitliche Problematik, da der Energieverbrauch und die Produktion zu über 88% der Treibhausgasemissionen beitragen. Die pragmatischen Veränderungen im Energiesektor und die neuen Technologien haben das Potenzial, die Emissionen deutlich zu reduzieren.¹⁵⁵ Die Verwendung erneuerbarer Energie schließt aber die Notwendigkeit der Verringerung des Energieverbrauchs nicht aus. Die Energieeinsparung kann oft durch bauliche Maßnahmen erzielt werden, wie durch Wärmedämmung, Verbesserung oder Austausch der Heizungsanlage sowie Veränderung des Nutzungsverhaltens. Vorteilhaft ist auch die Steigerung der Energieeffizienz, um den Nutzern der Räume bei niedrigstem Energiebedarf die beste Raumklimaqualität zu bieten.¹⁵⁶

¹⁵⁵ Vgl. climate.org/topics/clean-energy/index.html
¹⁵⁶ Vgl. Streck 2011, 5-7.

Erneuerbare Energie

In den letzten Jahrzehnten haben sich Technologien entwickelt, die die natürlichen Ressourcen nutzen, wie die Sonne, den Wind, die Erde und sogar das Meer, um Energie zu produzieren. Die daraus entstandene Energie wird als erneuerbare Energie bezeichnet, da diese Quellen nicht beschränkt sind und auf unbestimmte Zeit verwendet werden können. Das ist auch der große Unterschied zu den fossilen Brennstoffen, die zeitlich begrenzt sind und einmal zu Ende gehen. Die erneuerbare wird oftmals auch als grüne Energie bezeichnet. Das Konzept dieser Energieform umfasst Praktiken, Richtlinien und Technologien, die Energie zu geringsten finanziellen, ökologischen und sozialen Kosten produzieren. Wenn diese Kosten bei der Berechnung der Lebenszykluskosten für fossile Energieträger berücksichtigt werden, erweisen sich die nachhaltigen Energieoptionen als ein noch überzeugenderes Argument für die langfristigen strategischen Anwendungen. Es gibt mehrere Arten von erneuerbarer Energie, wie Biomasse, Brennstoffzellen, geothermische Wasserkraft, Solar, Wind.¹⁵⁷

¹⁵⁷ Vgl. climate.org/topics/clean-energy/renewable-alternative-energy.html

Solarenergie

Die Sonne ist eine starke Energiequelle, die uns das Leben auf unserem Planeten ermöglicht und mit Energie in zwei Formen, als Licht und als Wärme, versorgt. Es entwickelten sich Technologien wie Photovoltaik (PV) und Solarthermie, die in der Lage sind, die Sonnenenergie auszunutzen und sie umzuwandeln. Solarenergie ist eine reichliche und erneuerbare Ressource, die keine Treibhausgase freisetzt, also äußerst ökologisch und klimawandelndernd wirkt. Die jährliche Menge an Sonnenlicht, das die Erdoberfläche trifft, kann bis ca. 1000-mal die Energie erzeugen, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe produziert wird. Mit Solarenergie können wir sowohl unser Wasser in Gebäuden erwärmen als auch den Strom für unser alltägliches Leben produzieren. Seit vielen Jahren haben die Menschen die Sonnenenergie ausgenutzt, um ihre Häuser zu erhellen und zu erwärmen.¹⁵⁸ Dieses wurde durch entsprechende gestalterische Maßnahmen erreicht.

¹⁵⁸ climate.org/topics/clean-energy/solar.html



61 | Produktion von erneuerbarer Energie - Wind und Solar

Photovoltaik-Systeme

„Photovoltaik erzeugt elektrischen Strom aus Tageslicht am Gebäude. Die solare Einstrahlung kann dazu beitragen, einen autonomen oder sogar netzunabhängigen Betrieb des Gebäudes zu ermöglichen.“¹⁵⁹

„Solarmodule bestehen aus einzelnen Solarzellen. Diese setzen durch das auftreffende Sonnenlicht Elektroden frei, wodurch Gleichstrom entsteht. Dieser Vorgang ist seit dem Ende des 19. Jahrhunderts bekannt und wird als Photovoltaik bezeichnet. Um eine höhere Leistung zu erhalten und die verfügbare Fläche besser nutzen zu können, werden mehrere Solarmodule zusammenschaltet.“¹⁶⁰

Um die Photovoltaik-Module effizient zu nutzen, ist bei der Planung jegliche Verschattung oder Teilverschattung einzelner Module zu vermeiden, soweit das möglich ist. Die Module können nicht nur in die Dachfläche integriert werden, sondern auch in die Fassade, also in die Vertikale. Die Photovoltaik-Module können als Standardprodukte platziert oder in die Bauprodukte integriert werden, in Form von Photovoltaik-Dachziegel oder Photovoltaik-Dachfenster. Erwähnte Photovoltaik-Elemente sind verschiedenster Art und können zusätzlich als gestalterische Maßnahmen des Gebäudes dienen, in Form von Sonnen-, Sicht- oder Witterungsschutz, oder in solche Elemente integriert werden. Eine Neigung der Photovoltaik-Module von mindestens 3-5 Grad hilft der Selbstreinigung derselben. Diese Selbstreinigung kann zusätzlich zur Effizienz der Elemente beisteuern, da sich die Effizienz durch Verunreinigung der Oberfläche verringert.¹⁶¹

¹⁵⁹ Hegger, Manfred und Johannes/Fafflok, Caroline (Hg.) 2013, 160.

¹⁶⁰ Hegger, Manfred und Johannes/Fafflok, Caroline (Hg.) 2013, 164.

¹⁶¹ Vgl. Hegger, Manfred und Johannes/Fafflok, Caroline (Hg.) 2013, 164-

Die Effizienz der Photovoltaik-Anlagen kann also auf Grund von unterschiedlichen Faktoren variieren, wie auch durch verschiedene Hersteller. Wissenschaftler versuchen noch immer, die Effizienz der Photovoltaik zu erhöhen und neue Varianten zu entwickeln. Die Nachfrage nach Photovoltaik wächst weltweit und wird zum Trend. Diese Technologie birgt allerdings auch Nachteile in sich. Ohne Energiespeicher können Photovoltaik-Anlagen keine Dauerleistung erbringen und die Effizienz der Anwendung ist geografisch abhängig. Die Solarenergie ist am größten während des Tages, wenn der Energiebedarf am höchsten ist.¹⁶²

Eine Photovoltaik- (PV) oder Solarstromanlage besteht aus mehreren Photovoltaikzellen. Eine individuelle PV-Zelle ist in der Regel klein und produziert typischerweise etwa 1 oder 2 Watt Leistung. Um die Leistungsabgabe der PV-Zellen zu steigern, werden diese miteinander in größere Einheiten verbunden, die Module bilden. Diese Module können erneut miteinander zusammengeschlossen werden und noch größere Einheiten oder Arrays bilden, was zu größerer Leistung führt. Auf diese Weise kann ein PV-System gebaut werden, das kleinere und größere Leistung erbringen kann. Das System bilden nicht nur die PV-Zellen und Module, sondern auch die unterstützende Konstruktion. Die PV-Anlagen können zusätzlich Batterien beinhalten. Die Gesamtheit aller Komponenten schafft eine PV-Anlage.¹⁶³

¹⁶⁵.

¹⁶² Vgl. climate.org/topics/clean-energy/solar.html

¹⁶³ Vgl. <http://energy.gov/eere/energybasics/articles/photovoltaic-system-basics>

Man fragt sich, ob Photovoltaikanlagen wirklich so effizient sind bzw. ob sie während ihrer Produktion mehr Energie verbrauchen als sie während ihrer ganzen Lebensdauer produzieren. Aus dem Bericht von Dr. Harry Wirth geht folgendes hervor:

„Die Energierücklaufzeit für Solaranlagen hängt von Technologie und Anlagenstandort ab. Sie beträgt bei 1055 kWh/m² globaler horizontaler Jahreseinstrahlung (mittlerer Wert für Deutschland) ca. 2 Jahre [EPIA]. Die Lebensdauer von Solarmodulen liegt im Bereich von 20-30 Jahren. Das heißt, dass eine heute hergestellte Solaranlage während ihrer Lebensdauer mindestens 10-mal mehr Energie erzeugt als zu ihrer Herstellung benötigt wurde. Dieser Wert wird sich in der Zukunft durch energieoptimierte Herstellungsverfahren noch verbessern. Windkraftanlagen weisen noch kürzere Energierücklaufzeiten auf, sie liegen gewöhnlich bei 2-7 Monaten.“¹⁶⁴

Man sieht also, wie effizient Photovoltaik von Anfang an ist. Die Effizienz der Solarmodule beginnt sich nach 20 bis 25 Jahren zu verringern. Die ursprüngliche Leistung verringert sich nun auf 80%. Manche schätzen die Lebensdauer einer Photovoltaikanlage auf bis zu 40 Jahre. Durch die Weiterentwicklung der Technologien werden sich auch Lebensdauer und Effizienz der Photovoltaikanlagen verlängern und vergrößern.¹⁶⁵

¹⁶⁴ ise.fraunhofer.de/de/.../studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf

¹⁶⁵ Vgl. wiin-energie.de/kritik-an-photovoltaik/



62 | Photovoltaikanlage



63 | Photovoltaikmodule

Solarthermie

„Solarthermie ermöglicht die Erzeugung von Wärme zum Heizen, Kühlen sowie zur Brauchwassererwärmung. Die solare Einstrahlung wird über Flach- oder Röhren-Kollektoren eingefangen. Diese geben die Wärme mittels eines Übertragungsmediums an einen Warmwasserspeicher ab. Von dort können die verschiedenen Verbraucher die gespeicherte Wärme abrufen. Thermische Solarkollektoren nutzen das gesamte Spektrum des Sonnenlichts und haben einen Wirkungsgrad von 60 – 80% bei der Umwandlung solarer Einstrahlung in Wärme.“¹⁶⁶

¹⁶⁶ Hegger, Manfred und Johannes/Fafflok, Caroline (Hg.) 2013, 160.



64 | Flachkollektoren

Zusätzlich zu den Flachkollektoren mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 50 bis 85% und den Vakuum-Röhrenkollektoren mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von maximal 90% gibt es noch Schwimmbadkollektoren mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von maximal 85%. Zu erwähnen ist ein Mischsystem, das die elektrische und thermische Energieerzeugung verbindet. Dieses System ist eine Kombination von Flachkollektoren und einer Abdeckung aus Photovoltaik. Sein durchschnittlicher Wirkungsgrad beträgt maximal 82%. Die Effizienzgrade unterschiedlicher Arten von Kollektoren sind verschieden.¹⁶⁷

Die Positionierung der Kollektoren kann genauso wie bei der Photovoltaik in der Fassadenebene, Dachebene oder als Sonnenschutz geschehen. Von der Positionierung der Kollektoren ist auch die Effizienz der Solarthermie abhängig. Es ist empfehlenswert, die Kollektoren senkrecht in die Fassade zu integrieren, da der Winkel der Sonneneinstrahlung im Winter niedriger ist und der Wärmebedarf größer. Im Sommer ist der Einstrahlwinkel also flacher auf die vertikale Fläche der Kollektoren, wenn man weniger Wärme benötigt. Der Einsatz der Solarthermie in Mitteleuropa wird heiß diskutiert, da manche die Wirtschaftlichkeit und Sinn dieser Art von Wasssererzeugung hinterfragen. Wenn man die Solarthermie ausschließlich für Warmwassererzeugung nutzt, liegt die Einsparung der Brennstoffe bei 60%. Wenn sie sowohl für die Warmwassererzeugung wie auch Heizungsunterstützung verwendet wird, liegt die Einsparung bei 35%. Die Brennstoffeinsparung und Effizienz sind erneut von vielen Faktoren abhängig. Dazu kann man auch den gestalterischen Aspekt eines Gebäudes zählen, der die Eigenschaften der Elemente bestmöglich ausnutzt.¹⁶⁸

¹⁶⁷ Vgl. Hegger, Manfred und Johannes/Fafflok, Caroline (Hg.) 2013, 167.

¹⁶⁸ Vgl. Hegger, Manfred und Johannes/Fafflok, Caroline (Hg.) 2013, 166.

Zusammenfassend:

Mit Hilfe alternativer Energiequellen lässt sich der CO₂ Gehalt und die Treibhausgasemissionen in unserer Atmosphäre verringern, was eine geringere Belastung für unsere Umwelt bedeutet. Die Quellen der erneuerbaren Energie gehen niemals aus. Mit Hilfe der Entwicklung immer neuer Technologien werden die Werkzeuge der Energieträger immer effizienter. In dieser Arbeit bin ich allerdings nur geringfügig auf das Themenfeld der Energie eingegangen.

80	<i>GESCHICHTLICHER VERLAUF</i>
85	<i>WIESO BAUEN IM BESTAND?</i>
86	<i>GERECHTE RENOVIERUNG</i>
90	<i>UMNUTZUNG ODER RE-USE ARCHITECTURE</i>
93	<i>REVITALISIERUNG</i>
94	<i>DENKMALPFLEGE</i>
95	<i>ENERGIESANIERUNGSMASSNAHMEN</i>
98	<i>ERNEUERUNGSPLANUNGEN</i>

2 Bauen im Bestand

Geschichtlicher Verlauf

Bauen im Bestand ist kein neues Genre der Architektur. Man kann eher sagen, dass es so alt ist wie das Bauen selbst. Die Menschen haben die Tendenz zum Wandel, was sich quer durch die Geschichte gezeigt hat. Viele Kulturen und Gesellschaften haben ihren Höhepunkt erreicht und danach, aus verschiedenen Gründen, auch ihren Niedergang. Das Einzige, was davon geblieben ist, sind Gebäude, die wie Denkmäler unserer Geschichte sind. Die Kulturen haben öfters die alten Gebäude oder Tempel ihrer Vorgänger übernommen und sie an ihre eigenen Bedürfnisse angepasst. Je nach Kultur oder Religion haben sie ihr Aussehen verändert und für ihren Geschmack überkommene Symbolik entfernt. Die Standorte sind aber gleich geblieben. Besonders sichtbar ist dies im Falle von Kultstätten, Tempeln und Kirchen, die auf spirituellen »hot spots« errichtet wurden. Man sieht dieses aber auch bei Gebäuden, die anderen Funktionen gedient haben. Wohnhäuser werden zu Cafés, Burgen zu Museen, Lagerhäuser zu Restaurants.¹⁶⁹

¹⁶⁹ Vgl. Powell 1999, 9.

Umnutzungen wurden schon in der Vergangenheit sehr unterschiedlich durchgeführt. Manchmal hatte man die bestehenden Bauten derartig verändert oder in die Stadtstruktur integriert, dass man sie nach Jahrhunderten neu entdecken musste, und ganz ohne Rücksicht auf ihren Charakter oder ihren geschichtlichen Wert. Das ist sehr schade, da man mit einer richtigen Renovierung beides erhalten hätte können. Die Gesetzgebung begann sich im 19. Jahrhundert für die Denkmalpflege zu interessieren, um unter anderem zu versuchen, die Fehler der Vergangenheit nicht zu wiederholen. Während das Interesse in Frankreich staatlicher Natur war, war es später in England hauptsächlich Privatinitiative. William Morris gründete die »Society for the Protection of Ancient Buildings« (SPAB), die geholfen hat, dass die Behörden die Rechte der Eigentümer einschränken konnten. In den Vereinigten Staaten hatte sich diese Intention erst im 20. Jahrhundert ausgebreitet, aber auch nicht in alle Staaten gleichmäßig. Es gibt heute noch Unterschiede.¹⁷⁰

¹⁷⁰ Vgl. Powell 1999, 9.



Die staatliche Denkmalpflege hat sich im deutschsprachigen Raum in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts etabliert.¹⁷¹ Man muss aber betonen, dass in Europa und USA nicht alle Architekten von der neuen Entwicklung begeistert waren, wie Mies van der Rohe, Le Corbusier oder Wright. Bei den Kongressen »Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (CIAM)« unter der Führung von Le Corbusier und Sigfried Giedion wollte man sogar einen Teil des Pariser Zentrums abreißen, um Platz für Neubau, bzw. die neue städtebauliche Idee von Le Corbusier zu schaffen. Die Moderne war nicht am Bauen im Bestand interessiert, eher an einer neuen Organisation der Städte und Gebäude. Glücklicherweise wurde diese Idee stark kritisiert, da etliche soziale Wohnbauprojekte gescheitert sind, wofür die destruktive Vorgehensweise der Stadtplaner verantwortlich gemacht wurde. Daraus entstand eine Gegenbewegung. Wie Kenneth Powell erklärt, war Jane Jacobs in Ihrem Buch »Death and Life of Great American Cities« der Meinung, dass jede Stadt mehr als nur ein paar alte »Museumsstücke« von Gebäuden braucht, also eher Altbauten jeglicher Art, und dass die organischen Qualitäten der Städte in die Planung wieder integriert werden sollten.¹⁷²

Nach dem zweiten Weltkrieg versuchte man, einige Gebäude zu erhalten und sie zu erneuern, aber das waren meist nur Sakral- und Repräsentativbauten. Wegen zu geringer architektonischer Wertschätzung sind jedoch viele Fabrikbauten und Gebäude mit einer ganz bestimmten Funktion, wie Silos, Wassertürme, Stellwerke, abgerissen worden.¹⁷³

¹⁷¹ Vgl. Jäger 2010, 7.

¹⁷² Vgl. Powell 1999, 9.

¹⁷³ Vgl. Jäger 2010, 8.

In den 70er Jahren gab es die ökologische Bewegung, die den Abriss alter Gebäude als Verschwendung ansah. Zuerst haben sich die Architekten für deren Erhaltung eingesetzt, später auch die Politik. Aber erst als sich die öffentliche Meinung zu Gunsten der Konservierung gewendet hatte, kam es zur Rettung bedeutender Bauten aus der Architekturgeschichte. Man muss allerdings anmerken, dass einige der Architekten Bedenken hinsichtlich Denkmalpflege hatten und, wie John Summerson, sich vor den neuen Einschränkungen, die die Denkmalpflege auferlegte, fürchteten.¹⁷⁴

¹⁷⁴ Vgl. Powell 1999, 9-10.



In den USA kam es nach dem Jahre 1976 zur positiven Wende für die Denkmalpflege. Auffällige Gebäude wurden renoviert anstatt abgerissen. Das Problem dabei war allerdings, dass man die alten Elemente der Gebäude, wie Fenster und Türen, durch neue ersetzte, womit die europäischen Denkmalpfleger nicht einverstanden waren. Zu der neuen Entwicklung kam es vor allem wegen großer Staatszuschüsse für denkmalpflegerische Maßnahmen, die sich unter dem damaligen Präsidenten Jimmy Carter verzehnfachten. Zum Einsatz kam auch die »Denkmalkommission«, die in vielen Großstädten tätig war. In den 70er und frühen 80er Jahren hat sich die vorher erwähnte architektonische Wertschätzung gegenüber alten Bauten jeglicher Art radikal geändert. Nun wurden auch die umfunktionierten Fabriken zu beliebten touristischen Attraktionen und die zuvor unbekannteren Bauten zu wichtigen Sehenswürdigkeiten.¹⁷⁵ Dies passierte nicht nur in Amerika, sondern auch in Europa. Ende der 70er Jahre war das »industrielle Erbe Englands« durch die neue »Recyclingrevolution«, die sich von Amerika aus ausbreitete, bedroht. Einst wertlose Immobilien wurden zu profitablen Anlagen und in den späten 80er Jahren wurde das ökonomische Potential »gesunder Altbauten« anerkannt.¹⁷⁶

Man sollte in einer schwierigen Situation jedenfalls immer ein neues Potential sehen, was einigen der Architekten gelungen ist. Das Ziel hat sich durch die Jahrzehnte ebenfalls geändert. Es betrifft nicht mehr nur das »Retten« der Gebäude, sondern es geht darum, diese zu transformieren. Die Architekten haben gelernt, mit den Gegebenheiten zu arbeiten, ihre Inspirationen aus der Vergangenheit zu schöpfen und sie auf moderne Bautypen anzuwenden. Aus alten Strukturen sollen neue Formen entstehen.

¹⁷⁵ Vgl. Powell 1999, 12.

¹⁷⁶ Vgl. Powell 1999, 13.

„Ich glaube an Denkmalpflege und an das Lernen aus der Geschichte“, erklärt Richard Rogers 1990. „Doch wer die Vergangenheit lediglich kopiert, verletzt ihre Integrität!“¹⁷⁷

¹⁷⁷ Vgl. Powell 1999, 18.



67 | Richard Rogers

Es gibt einige Architekten und Architekturbüros, denen genau dieses gelungen ist. Einer der Pioniere war Carlo Scarpa, der mit seinem schöpferischen Umgang gezeigt hat, wie man eine »richtige« Renovierung vollzieht. Als Paradebeispiel ist dabei der Umbau des mittelalterlichen Castelvecchio in Verona zu erwähnen. Architekten und Architekturbüros, die Powell in seinem Buch »Bauen im Bestand« erwähnt, sind auch Norman Foster, Frank Gehry, Herzog & de Meuron, Bernard Tschumi, Enric Miralles und Eric Owen Moss.¹⁷⁸ In Mitteleuropa finden heute wieder etwa zwei Drittel der Bautätigkeit im Bestand statt.¹⁷⁹

¹⁷⁸ Vgl. Powell 1999, 9-18.

¹⁷⁹ Vgl. Jäger 2010, 7.

**„Bauten verkörpern die Ideologie der Kulturen,
die sie geformt haben.“ – Powell**

Wieso bauen im Bestand?

Zur Umnutzung, Renovierung, Revitalisierung kommt es aus unterschiedlichen Gründen. Einer davon ist das Interesse am Schutz historischer Bauten – Denkmalpflege, obwohl einige Gebäude schon vor der modernen Denkmalpflege als unantastbar galten, wie zum Beispiel Geburtshäuser berühmter Persönlichkeiten, Wirkungsstätten Heiliger und ähnliche, mit religiöser oder politischer Symbolik aufgeladene Orte. Eine fast vergessene Ursache ist die Symbolpolitik. Der häufigste und älteste Grund ist aber der ökonomische Zwang, der schon in der Vergangenheit eine große Rolle gespielt hat. Da der ökonomische Aspekt ein wichtiger Teil unseres Lebens ist, stellt sich jeder wenigstens ein Mal im Leben die Frage, ob er ein Haus haben will oder sich überhaupt eines leisten kann.¹⁸⁰ Besonders für die jüngere Generation ist es öfters kostengünstiger, einfach in älteren Bauten zu wohnen, wo die Preise niedriger sind. Man darf aber auch den Wert der Bauplätze nicht vergessen, nicht nur aus ökonomischer Sicht, sondern vor allem, weil es immer weniger Bauland gibt und in Zukunft durch die steigende Bevölkerung auch nicht geben wird. In Altbauten zu wohnen, bringt einige Vorzüge mit sich. Meistens sind diese in Zentren der Städte und bieten deren Bewohner wiederum neue Vorteile. In der Stadt hat man die Nähe von Kindergärten, Schulen, Geschäften, Krankenhäusern sowie kulturellen, sportlichen und Freizeiteinrichtungen. Man hat besseren Anschluss an das öffentliche Verkehrsnetz und damit auch die soziale Einbindung in die Stadt. Das soziale Netzwerk der Nachbarschaft ist schon eingerichtet. Es entsteht ein soziales Gefüge aus verschiedenen Sozial-, Kultur- und Altersgruppen, die für ein interessantes Miteinander sorgen. Die Gebäude haben je nach Bauart unterschiedliche Lebensdauer. Mit der Zeit werden sie sanierungsbedürftig, und da sich mit der Zeit auch die Gesellschaft ändert und das Alter der Menschen steigt,

¹⁸⁰ Vgl. Jäger 2010, 7.



68 | Altstadt Maribor

müssen sich die Gebäude den Bedürfnissen der Menschen entsprechend anpassen - alters- oder behindertengerechtes Wohnen. Eine nicht zu vernachlässigende Komponente des Wohnens in der Stadt ist das Grünland, das in die Stadt integriert werden muss und sich in Form von Parks und Gärten präsent macht, oder, wenn die Geografie der Stadt es erlaubt, auch in der Form von Stadtwald. Viele Altbauten haben diese Komponente in ihrem Komplex schon integriert, um das Wohlbefinden derer Einwohner zu ermöglichen. Nicht zu vergessen ist aber auch der ökologische Grund, der Verringerung grauer Energie, die durch den Abriss und den Neubau enorm ansteigt. Ebenso verringert sich der Verbrauch von Materialien und anderer Ressourcen. Deshalb kann man sagen, dass das Bauen im Bestand sehr nachhaltig ist.

Gerechte Renovierung

Man stellt sich des Öfteren die Frage, was eigentlich eine richtige Renovierung ist und wie man bei der Renovierung eines alten Bauwerks vorgehen soll. Die Architekten werden entweder gelobt oder kritisiert, je nach ihrem Zugang dem historischen Monument gegenüber und je nachdem, ob und wie weit sie den Charakter des Gebäudes verändern. In Großbritannien gibt es zwei moderne Theorien zur Erhaltung alter Bauten, nämlich die von Ruskin und Morris, die die alten Gebäude wegen der Spuren, die die Menschen im Lauf der Zeit hinterlassen hatten, geschätzt haben. Wie Powell es beschreibt, widersetzten sich beide jeder »Restaurierung«, die vielleicht zur »Purifizierung« der Bauten geführt hätte. Beide haben sich zwar mit der Tatsache, dass sich die Gesellschaft mit der Zeit verändert und dieser Änderung auch die Gebäude folgen sollten, abgefunden, aber nicht damit, dass die alten Gebäude imitiert werden. Imitationen alter Kulturen, wie die der Antike, sind besonders auffallend in den Vereinigten Staaten, wo man zum Beispiel an sehr vielen, besonders öf-

fentlichen, aber auch manchen privaten Gebäuden antike Säulen betrachten kann. Ruskin und Morris haben es nicht als ein Kompliment oder Zeichen der Bewunderung angesehen, sondern als Beleidigung gegenüber dem Baumeister und Architekten. Beide haben die »Restauratoren«, die mit neuen Materialien und Techniken im alten Geiste restauriert haben, verachtet. Sie haben die Meinung vertreten, dass die Architekten ihrer eigenen Zeit entsprechend bauen sollten und nicht die alten Meister imitierend, deren Bauten aus der Vergangenheit wir bewundern. Diese Imitation nannten sie eine »falsche« Restaurierung. Morris zog die Kreativität vor und wollte lieber aus alten Gegebenheiten einen »ehrlichen« modernen Bau errichten. Wie Powell schon erkannt hat, geht die heutige Tendenz der Umnutzung auch auf Ideen dieser Pioniere der modernen Denkmalpflege zurück.¹⁸¹ Wir dürfen dabei aber nicht vergessen, dass die Umnutzung etwas anderes ist als Sanierung und Restaurierung. Die Umnutzung ermöglicht eine Transformation des Gebäudes.¹⁸²

¹⁸¹ Vgl. Powell 1999, 10.

¹⁸² Vgl. Powell 1999, 13.



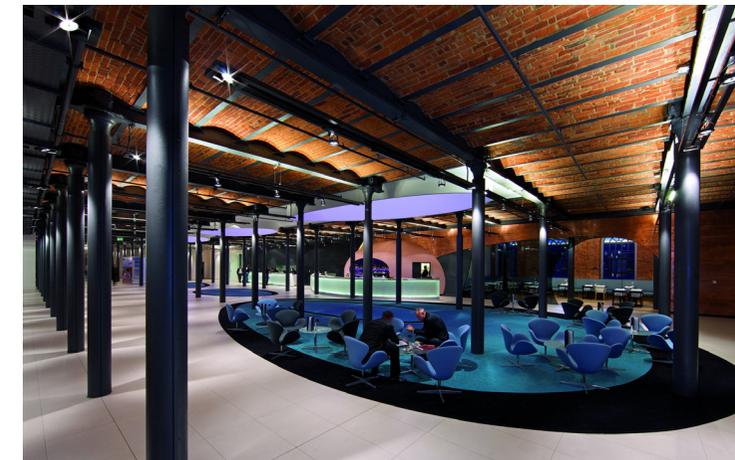
69 | Castelvecchio Museum, Verona
Carlo Scarpa

Der schon erwähnte Pionier Carlo Scarpa hat sich die meiste Zeit mit Erweiterungen der alten Bauten beschäftigt und seine Inspiration in europäischen historischen Städten gesucht. Trotzdem hat er im Stil der Gegenwart entworfen und wollte nicht die Meister imitieren. „Sein Werk war ein ständiger Dialog mit der Geschichte, vor allem im Museumsbau“ erklärt Powell.¹⁸³ Scarpa zeigt durch seine Projekte, wie dieser Dialog zwischen alt und neu aussehen soll und verwendet dabei konträre Materialien und elegante Kombinationen, wie Sichtbeton, Kupferleisten mit Ziegel, Marmor, Terrazzo, Eichenbalken und anderes.¹⁸⁴

Der Zugang verschiedener Architekten zum Bauen im Bestand variiert. Parallelen zu Scarpas Ideen fanden sich auch außerhalb der Grenzen Italiens, wie in dem Werk des deutschen Architekten Hans Döllgast. Dieser legt keinen Wert auf die Rekonstruktion der zerstörten historischen Strukturen zugunsten eines »ehrlichen« Wiederaufbaus, was er

¹⁸³ Vgl. Powell 1999, 11.

¹⁸⁴ Vgl. Jäger 2010, 9.



70 | Andel's Lodz, Lodz
Jestico + Whiles

beim Wiederaufbau deutscher Städte nach den Kriegszerstörungen praktizierte. Er ließ die Gebäude die Narben der Geschichte mit Stolz tragen und versuchte, diese nicht zu verbergen. Mit der Verbindung von Alt und Neu durch Verwendung von »traditionellen« und modernen Materialien entwickelten sich oft dramatische Innenräume, wie bei Scarpa. Den »ehrlichen« Wiederaufbau, der Gegenwart entsprechend, unternahm bei einem ihrer Projekte auch Architektin Barbara Jakubeit. Ihr Zugang dazu war allerdings etwas anders. Das Äußere wurde wiederhergestellt und das Innere an die Bedürfnisse der heutigen Zeit angepasst. In etwas anderer Form des Kontrasts zwischen Alt und Neu ging auch Karl-josef Schattner vor, um den Kontrast hervorzuheben.¹⁸⁵

Es passiert des Öfteren, dass die Grenze zwischen Bestand und Ergänzung nicht mehr ganz klar ist, wegen der neuen Interpretation.

Ende des 20. Jahrhunderts wurde die Schule des »Umbaus« gegründet, „auf der disziplinierten Einführung neuer Elemente, die zu einer raffinierten Gesamtästhetik sublimiert werden“.¹⁸⁶ Paradebeispiele sind die Projekte von Herzog & de Meuron, Yves Lion und Stanton Williams. Wegweisend im Umgang mit Kontrasten war auch das Wiener Büro Coop Himmelblau.¹⁸⁷

¹⁸⁵ Vgl. Powell 1999, 12.

¹⁸⁶ Powell 1999, 18.

¹⁸⁷ Vgl. Powell 1999, 18.

„Wir sollten nicht in einer strahlenden neuen Zukunft leben, aber auch nicht in bequemer Nachahmung der Vergangenheit Zuflucht suchen. Wir müssen in einer Gegenwart leben, die sich stetig entwickelt, motiviert durch die Möglichkeit von Veränderungen, aber eingegrenzt durch die Last von Erinnerung und Erfahrung.“¹⁸⁸

David Chipperfield

¹⁸⁸ Powell 1999, 18.



71 | David Chipperfield

Durch jeden Umbau oder Renovierung entsteht eine neue Interpretation des Gebäudes, die in den meisten Fällen von einem anderen Architekten und in einer anderen Bauepoche gemacht wird als das Original-Gebäude. Je nach Umgang mit dem Charakter des Gebäudes ist es immer möglich, den Geist des Ortes beizubehalten, auch wenn er selber keine bedeutende Geschichte geschrieben hat. Viele entscheiden sich, Teile der Altgebäude in die Umbauten einzubeziehen, auch wenn die Denkmalpflege nicht involviert ist, weil sie der Meinung sind, dass das Gebäude dadurch vielfach profitieren kann, durch die funktionalen Stärken und die Ausstrahlung.¹⁸⁹

Wir dürfen aber nicht vergessen, dass jeder Eingriff in die Bausubstanz gut überlegt sein muss. Da die Kriterien der Denkmalbehörden nur den »historischen Zeugniswert« eines Objekts berücksichtigen, kann jeder Architekt für sich selber beurteilen, welchen Wert und welches Potential das Gebäude seiner Ansicht nach hat. Die denkmalpflegerischen Einschränkungen können auch als »planerische Orientierungshilfe« dienen. Man muss aber einräumen, dass es nicht so leicht ist, Renovierungen durchzuführen.¹⁹⁰

Eine der bedeutenden Aufgaben der Denkmalpflege ist es, „Architekten und Bauherren ein verlässliches Instrumentarium zum Umgang mit historisch wertvollen Bauten und Ensembles bereitzustellen.“¹⁹¹

¹⁸⁹ Vgl. Jäger 2010, 9.

¹⁹⁰ Vgl. Jäger 2010, 8.

¹⁹¹ Jäger 2010, 8.

Umnutzung oder Re-Use Architecture

Zur Umnutzung von Gebäuden kommt es schon seit Jahrhunderten. Dabei ist von Bedeutung, dass die Zyklen der Umnutzungen immer kürzer werden und dass die Gebäude heute nicht nur langfristige Nutzungen beherbergen, sondern immer öfter auch temporäre.¹⁹² Da die Umnutzungszyklen immer kürzer werden, gibt es Bedenken, dass die Bauten des 20. Jahrhunderts umgebaut werden, noch bevor sie unter Denkmalschutz kommen könnten. Auf diese Weise verliert man langsam die Monumente dieser Epoche. Um dieses zu verhindern, sollte man schon bei der Planung und Errichtung neuer Gebäude nachhaltige Siedlungsentwicklung im Sinne haben und die späteren Umnutzungen berücksichtigen. Dabei ist auch die Auswahl von Konstruktionstyp und verwendetem Material von Bedeutung. Wenn das Gebäude auf Veränderungen flexibel reagiert, kann es nach dem ersten Lebenszyklus neu verwendet werden und möglichst geschlossene Stoffkreisläufe gewährleisten.¹⁹³ Durch die nachhaltige Natur des Umbaus werden Material, Flächen und Energie verringert. Es ist ein Beitrag zu besserer Auslastung der Infrastruktur.¹⁹⁴

¹⁹² Vgl. Jessen/Schneider 2003, 12.

¹⁹³ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 13.

¹⁹⁴ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 12.



Die temporären Nutzungen können öfters öffentlichen oder kulturellen Charakter haben und an Orten realisiert werden, die einzigartige Raumerfahrungen und Interpretationen bieten. Solche Orte sind Objekte, die in der Vergangenheit ganz spezielle Funktionen beherbergt hatten, wie Kraftwerke, Kaufhäuser, Bahnhöfe und Laborgebäude.¹⁹⁵ An ungewohnten Orten wird aber auch mit der Wohnfunktion experimentiert.¹⁹⁶ Zu den schon erwähnten Gründen, aus denen man sich für Bauen im Bestand entscheidet, muss es zusätzlich ein passendes funktionales Konzept geben, das man sich für eine Umnutzung des Gebäudes entscheidet. Nicht jedes Objekt ist geeignet für eine neue Nutzung. Wenn das Objekt zu spezifisch ist, wie z.B. bei Bunkern, ist es sehr schwierig, eine neue Funktion zu finden, und der Abriss ist nicht unbedingt kostengünstig.¹⁹⁷

Bei der Umnutzung eines Objekts gibt es gleichzeitig viele Komponenten, die man beachten soll und manchmal muss. Deshalb wird das Umfunktionieren zu einer gestalterischen Herausforderung mit verschiedenen historischen Ebenen.¹⁹⁸ Die Strategien dabei können sehr unterschiedlich sein. Wie schon erwähnt, kann Alt und Neu in Bezug gesetzt werden, dabei soll das Alte aber nicht ganz umgeformt werden, sondern eher der neuen Interpretation überlassen werden.¹⁹⁹ Eine andere Möglichkeit ist es, dem historischen Bild des Gebäudes hohe kulturelle Zeugniswerte zuzusprechen, durch kleinstmögliche Eingriffe in die Substanz. Dieser

¹⁹⁵ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 12-14.

¹⁹⁶ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 16.

¹⁹⁷ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 16.

¹⁹⁸ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 16-17.

¹⁹⁹ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 18-19.

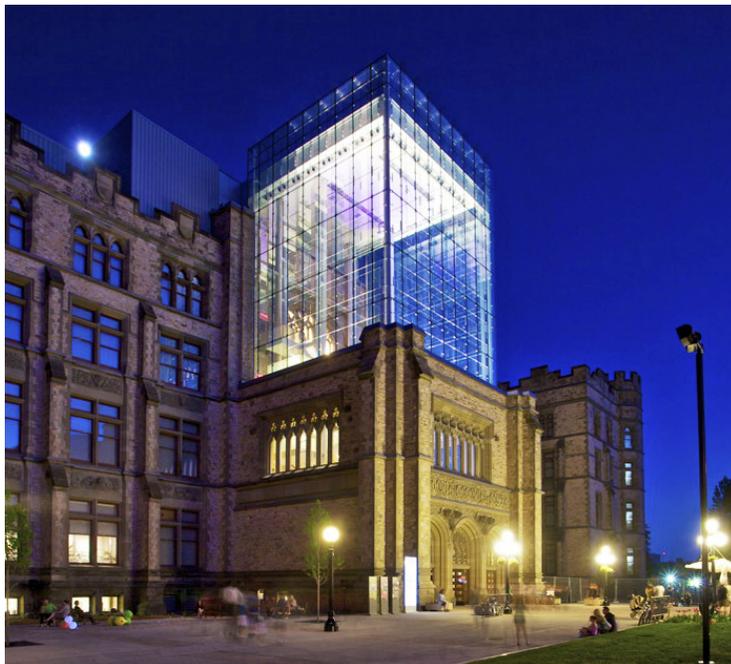
Zugang gründet im Denkmalschutz und hat das Konservieren des Objekts als Priorität. Eine andere Variante kann das äußere Erscheinungsbild zur »Visitenkarte« werden lassen, und die Entkoppelung von Innen- und Außenraum zur Überraschung für den Besucher. Eine weitere Strategie erlaubt das »Perfektionieren« des Bestands, sodass dieser »echter« ausschauen kann als er ursprünglich war. Mit einer solchen Strategie wären aber die Pioniere, die sich für das »echte Restaurieren« eingesetzt haben, nicht einverstanden.²⁰⁰ Nicht zuletzt kann man auch den fließenden Übergang von Bestand und Zubau anstreben. Das fertige Objekt wird komplett transformiert, die ursprüngliche Identität bleibt aber immer noch erkennbar. Auf diese Weise kommt es zu keiner Konkurrenz zwischen dem Bestand und dem Zubau. Schade ist nur, wenn bei dieser Maßnahme die ganze Hülle abgerissen wird und nur die Tragstruktur bestehen bleibt, was eine der Möglichkeiten ist. Dann weiß man nicht, ob es sich dabei um eine Umnutzung bzw. Bauen im Bestand oder um einen Neubau handelt.²⁰¹ Man kann sich aber die Frage stellen, ob es eigentlich unbedingt notwendig ist, auf ersten Blick zu erkennen, worum es sich dabei handelt. Vielleicht ist es je nach Projekt zu entscheiden, je nachdem, wie weitreichend die Schäden sind, oder eher nach dem individuellen Zugang des jeweiligen Architekten und seiner Interpretation des Objekts.

²⁰⁰ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 17-18.

²⁰¹ Vgl. Jessen/Schneider 2003, 19-20.

Das gestalterische Spektrum von Bauen im Bestand ist jedenfalls weitreichend und es gibt auch der Kreativität ihren Spielraum. Aus dem Geflecht von materiellen, zeitlichen und inhaltlichen Ebenen entsteht ein sehr vielschichtiges und mehrdeutiges Gebäude mit gewisser Tiefe, die bei einem Neubau selten entsteht. Diese Tatsache liegt wahrscheinlich daran, dass man viel mehr zu interpretieren hat und nicht zu erfinden. Der Hybrid entsteht durch die Hand mehrerer Architekten oder Meister durch mehrere Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte.²⁰²

²⁰² Vgl. Jessen/Schneider 2003, 20.



Altbauwohnungen werden, wie schon erwähnt, nicht selten auch von älteren Menschen bewohnt, die meistens so lange wie möglich in ihrer vertrauten Umgebung und den dortigen Räumlichkeiten wohnen möchten. Dies wird aber oft problematisch, weil die Gebäude nicht behinderten- und seniorengerecht angepasst sind. Wenn die Gebäude aber einer Sanierung oder einer energetischen Optimierung unterzogen werden, ist es sinnvoll, gleichzeitig etwaige Unzulänglichkeiten für die alternde Gesellschaft abzuschaffen. Eine Optimierung des Gebäudes bedeutet jedoch nicht zugleich eine Modernisierung. Um die Gebäude einer Erneuerung zu unterziehen, müssen die Bauwerke zuerst eine ausreichende Objekt- und Standortqualität besitzen. Bei der Erneuerung und Optimierung muss unbedingt der städtebauliche Kontext berücksichtigt werden. Da jede Anpassung der Gebäude hinsichtlich der zukünftigen Nutzung gut durchdacht sein sollte, sind in diesem Kontext auch die Nutzeransprüche enthalten, die nicht nur die Bauwerke betreffen, sondern auch ihre Umgebung, also eine funktionierende Stadtstruktur. Eine bedeutende Rolle spielen dabei Kriterien der Nachhaltigkeit, die kostengünstige, umweltgerechte und sozial verträgliche bauliche Maßnahmen fordern, die aber die architektonische Qualität nicht vernachlässigen. Optimierungsbereiche beim Bauen im Bestand sind: allgemeine Planungsgrundsätze, Wohnqualität, ökologische Qualität und wirtschaftliche Qualität.²⁰³

²⁰³ Vgl. Streck 2011, 5-7.

73 | Canadian Museum of Nature, Ottawa
KPMB Architects

Revitalisierung

Revitalisierung ist ein bedeutender Teil des Bauens im Bestand, den man öfters mit der Denkmalpflege in Verbindung bringt. Die Aufgabe der Revitalisierung ist „die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes durch Altlastbeurteilung und entsprechende Sanierungs- und Sicherheitskonzepte“.²⁰⁴ Großer Wert wird auch auf das Bewahren der historisch-baulichen Umwelt gelegt. Dabei wird die alte Tradition durch die Verwendung alter Handwerkstechniken und Materialien weitergeführt, was bei der originalgetreuen Reparatur bzw. Erneuerung von großer Bedeutung ist. So können alle Elemente eines Bauwerkes, im Besonderen alle konstruktiven Teile wie Steinmauern, Vollziegelmauern, Gewölbe, Holzdecken aller Art, Dachstühle, Dachdeckungen, Fußböden, Putze, Tore, Gitter und markante Ausstattungselemente wieder ihren ursprünglichen Glanz zurückerlangen.²⁰⁵ Bei einem solchen Vorgehen versucht man, niemanden zu täuschen, sondern nur das Alte zu erhalten. Unmittelbar mit der Erhaltung des Bauwerks konserviert man aber auch die alten Handwerkstechniken, die heutzutage schnell in Vergessenheit geraten können, da sich der heutige Zugang von dem früheren etwas unterscheidet.

Wie man sich vorstellen kann, befasst sich die Revitalisierung meist mit einzelnen Gebäuden oder kleineren Gebäudegruppen, da die Arbeit dabei sehr detailorientiert ist. Diese Bauwerke befinden sich öfters an der Schwelle zum Abriss, wo man sich dann doch für eine Sanierung entscheidet und ihnen wieder neues Leben einhaucht. Bei diesem Vorgang wird manchmal die Revitalisierung mit einer Umnutzung des Gebäudes kombiniert, um das Bauwerk nachhaltig weiter nutzen zu können. Die Sanierung kann aber je nach Zustand des Gebäudes entweder eine oberflächliche »Pinsel-

²⁰⁴ Rathmanner 2011, 16.

²⁰⁵ Vgl. Rathmanner 2011, 16.



74 | Hof Alpenjuwel, Nauders
Karl Stecher

sanierung« oder eine umfassende Revitalisierung sein. Die sogenannte »Pinselsanierung« beschränkt sich nur darauf, die offenkundigen Schönheitsmängel zu beseitigen, während die Grundsubstanz des Bauwerks unangetastet bleibt. Im Gegensatz dazu setzt die umfassende Revitalisierung wesentlich breiter an.²⁰⁶

Man spricht von einem historisch bedeutenden Objekt oder einer erhaltenswürdigen Bausubstanz, wenn bestimmte Kriterien erfüllt sind. Das Objekt steht entweder unter Denkmalschutz oder ist Teil eines historischen Ensembles. Es hat eine besondere kunsthistorische oder baukulturelle Bedeutung bzw. ist eines der letzten erhaltenen Beispiele eines Typus.²⁰⁷

²⁰⁶ Vgl. Rathmanner 2011, 16.

²⁰⁷ Vgl. Rathmanner 2011, 17.

Denkmalpflege

Denkmalpflege und, später, Denkmalschutz spielen in der Geschichte des Bauens im Bestand eine bedeutende Rolle. Gleichzeitig sind sie auch einer der wichtigen Gründe, warum man sich für Bauen im Bestand entscheidet.

„Grundlage für die Denkmalpflege bildet die Charta von Venedig von 1964. Darin wurden verbindliche Grundlagen für den Umgang mit historischer Bausubstanz festgelegt, die auch heute noch aktuell sind. Der Denkmalbegriff umfasst demnach sowohl das einzelne Denkmal als auch ein Denkmalgebiet, das von einer ihm eigentümlichen Zivilisation Zeugnis ablegt, eine bezeichnende Entwicklung erkennen lässt oder mit einem historischen Ereignis in Zusammenhang steht. Er bezieht sich nicht nur auf große künstlerische Schöpfungen, sondern auch auf bescheidene Werke, die im Lauf der Zeit eine kulturelle Bedeutung bekommen haben.“²⁰⁸

Denkmalpflege will das ursprüngliche Erscheinungsbild und die Ausstattung der Baudenkmäler erhalten, da ihr Ziel der Schutz, die Pflege und die Erfassung der erhaltenswerten Gebäude ist. Dieses Ziel wird öfters zum Problem für die Nutzer. Um Baudenkmäler langfristig zu erhalten, sollten sie sinnvoll genutzt werden. Sie sinnvoll zu nutzen, wird aber manchmal schwierig, wenn die Wohnbedingungen nicht verbessert werden oder wirtschaftliche Nutzungen nicht eingeführt werden können. Da den Eigentümern der Gebäude durch Denkmalschutz die Freiheit zum selbstständigen Entscheiden über ihr Eigentum genommen wurde, sind sie verpflichtet, sich mit der Denkmalschutzbehörde bei jeder baulichen Maßnahme abzustimmen. Diese Tatsache engt die Eigentümer ein, und es kann problematisch für behinderten-

²⁰⁸ Streck 2011, 34.



gerechtes oder altersgerechtes Wohnen sein. Es ist aber nicht alles so unmöglich, wie es vielleicht auf den ersten Blick erscheint. Im Falle, dass man das Denkmal wegen bestimmter Gründe verändern will, ist die Veränderung genehmigungspflichtig. Um zu einem positiven Ergebnis zu kommen, ist eine frühzeitige Kooperation mit den Denkmalschutzbehörden sehr empfehlenswert. Damit spart man sich viel Zeit und Energie. Der ganze Planungsprozess wird auf diese Weise viel effizienter.²⁰⁹

Es liegt am Architekten, durch gestalterische Varianten das Erwünschte zu erzielen, ohne das Erscheinungsbild des Baudenkmals zu verändern oder zu gefährden. Der Schwierigkeitsgrad hängt aber wieder vom Gebäude selbst ab, aus welcher Epoche es stammt oder welche Veränderungen notwendig sind, um es nachhaltig und effizient weiter oder wieder zu nutzen. Es gibt wie immer aber auch noch den subjektiven Faktor der Denkmalbehörden, ob sie eine Veränderung genehmigen oder nicht, je nach ihrer eigenen Interpretation des historischen Wertes des Gebäudes.

²⁰⁹ Vgl. Streck 2011, 34-35.

Energetische Sanierungsmaßnahmen



76 | Deutsches Historisches Museum, Berlin
I.M. Pei

Beim Bauen im Bestand haben wir drei Möglichkeiten, mit denen sich der Energiebedarf verringern lässt. Zuerst denkt man normalerweise an die Altbausanierung. Von Bedeutung sind aber auch ein energetisch günstigerer Ersatzbau und Erschließung der Baulücke. Unter dem Begriff »Baulücke« verstehen wir nicht nur unbebaute Grundstücke, sondern auch Grundstücke, die schon bebaut sind, auf denen aber Bauwerke stehen, die niedriger als ihre Nachbargebäude sind. Da die Baulücken also nicht unbedingt bis zum Erdboden durchgehen müssen, bedeutet dies auch, dass der Bau niedriger Bauwerke zwischen zwei höheren eine Ener-

gieverschwendung hinsichtlich Heizwärmebedarfs ist. Aus einer Faustformel können wir schließen, dass die Energieverschwendung einer Baulücke dem Energiebedarf von so vielen Wohnungen entspricht, wie es Geschoße der Nachbargebäude gibt. Die Beseitigung von Baulücken wird aber oft durch den Wunsch nach Vernetzung von Grünflächen in Höfen und anderen Baulücken verhindert.²¹⁰ Dieser Wunsch ist zwar nachvollziehbar, aber auch auf andere Art lösbar. Die Erschließung kann im Erdgeschoßbereich stattfinden und in den oberen Geschoßen wird die Baulücke geschlossen.

²¹⁰ Vgl. Moewes 2003, 25.

Durch diesen Bauvorgang, Schließung der Baulücke, wird Landschaft gespart, und zusätzlich ist es die zweiteffektivste Bestandssanierung nach der Dämmung der Gebäude. Diese Methode wird sowohl bei den historischen Blockbebauungen verwendet wie auch in der modernen Nachkriegsarchitektur. Die letztere ist auch schon ein wenig sanierungsbedürftig, besonders hinsichtlich der Energieeffizienz. Einige nennen die Bauten, die dabei entstanden sind, »Verlustflächenmonumente«, weil diese den Höhepunkt der Verlustflächenproduktion markieren. Durch die Funktionstrennung hatte jede Funktion ein eigenständiges Gebäude, wobei viele mit Flachdächern versehen waren, die sich zusätzlich energieverschwendend auswirkten. Diese unverwendeten Dachflächen könnten aber weiter als Baugrundstücke genutzt werden. Die Bauwerke haben neue Materialien verwendet, wobei die großen Glasflächen nicht besonders energieeffizient waren.²¹¹ Sowohl die Baulückenschließung wie Dachbebauungen sind Bestandssanierungen durch Neubauten. Im Gegensatz dazu gibt es die schon erwähnte reine energetische Altbausanie- rung. Maßnahmen, die bei der energetischen Altbausanie- rung unternommen werden können, sind Dämmung (Außenwände, Fenster, Dach), Warmwassererzeugung durch Kollektoren, Hofüberglasungen, passive Solar- nutzung und Stromerzeugung durch Photovoltaik. Das Dämmen von Altbauten ist immer etwas problematisch. Aus bauphysikalischer Sicht gehört die Dämmung stets nach außen. Es ergibt sich aber ein Problem, wenn da- durch der Charakter und die Ästhetik historischer Fas- saden zerstört werden. Besonders problematisch ist es bei Gründerzeitbauten, Arbeiterwohnungsbau und Klinkerfassaden. Die Lösung ist die Entwicklung neuer



77 | Dämmen der Fassade



78 | Dämmen von Innenräumen

²¹¹ Vgl. Moewes 2003, 26.

Materialien. Leider kann man allerdings die Altbau- ten meist nicht völlig abdichten. Bei der Auswahl der Dämmmaterialien muss man mit Bedacht vorgehen, da einige von ihnen hervorragende Lebensbedingungen für allerlei Nagetiere bieten. Die Hofüberglasung als zweite Maßnahme wird meist unterschätzt, kann aber ca. 20% der Heizkosten einsparen, durch Vermeidung von Transmissionsverlusten bei günstiger Hofgröße. Die Überglasungen selbst können auch variieren; so etwa sind sie im Sommer zu öffnen und im Winter mit temporärem Wärmeschutz versehen, der in der Dun- kelheit geschlossen werden kann. Dieser kann in Form von hochdämmenden Klapp- oder Schiebeläden sein oder anderen Elementen. Da es im Winter schnell dun- kel wird, gibt es weniger Sonnenstunden pro Tag. Archi- tektur im Bestand muss zusätzlich zum ästhetischen Integrationsproblem immer stärker auch den ökologi- schen Stadtumbau begreifen. Ziel eines solchen ökologi- schen Stadtumbaus ist nicht nur, passiv Heizenergie einzusparen, sondern aktiv Solarenergie zu produzie- ren, vor allem Solarstrom und Warmwasser. Wenn man das bestehende Potential der Gebäude in der Stadt ausnutzen wollte, würde man alle Dächer und Südfas- saden als Solarflächen begreifen. Die Altbaufassaden können durch Integration neuer Solarwetterhaut einen Hightech-Charakter bekommen und nicht nur als Trä- gerfläche für Solar- und Photovoltaik-Module verstan- den werden. Auf diese Weise sind Altbauten von neuen kaum noch zu unterscheiden.²¹²

²¹² Vgl. Moewes 2003, 27.



79 | Integration der PV-Module in Dachziegel

Erneuerungsplanung

Erneuerungsplanung unterscheidet sich von der Neubauplanung in bestimmten Aspekten. Was den Umfang der baulichen Maßnahmen betrifft, ist der Gestaltungsspielraum bei Erneuerungsplanung sehr viel größer als bei Neubauten. Die Erneuerungsplanung kann je nach verfügbarem Budget in der Größe variieren. Es ist empfehlenswert, bei Renovierungen bestimmte Maßnahmen einzubeziehen, die in absehbarer Zeit zu erzielbaren Einsparungen, wie bei Heiz- oder Wasserkosten, führen. Ist das Budget groß genug und das Interesse für eine umfassende Renovierung vorhanden, ist der Gestaltungsspielraum größer. Die Erneuerungsplanung basiert auf vorhandenen Gebäuden, was zu zusätzlichen Randbedingungen führt, die berücksichtigt werden sollten. Der größte Unterschied ist die ausführliche Ermittlung der Grundlagen des schon bestehenden Bauwerks und damit eine größere Zahl von Beteiligten beim Planungsprozess. Viele Altbauten stehen unter Bestands- oder Denkmalschutz. Dies kann die Planungsmöglichkeiten einerseits einschränken und andererseits erleichtern. Dadurch werden manchmal Nutzungen oder bauliche Lösungen möglich, die man normalerweise bei einem reinen Neubau nicht ausführen könnte oder genehmigt bekommen würde. Bevor man mit der Planung anfängt, muss zuerst eine Bauzustandsanalyse gemacht worden sein, also die Erfassung des Bauzustandes, danach Schadensursachenermittlung und Bewertung des

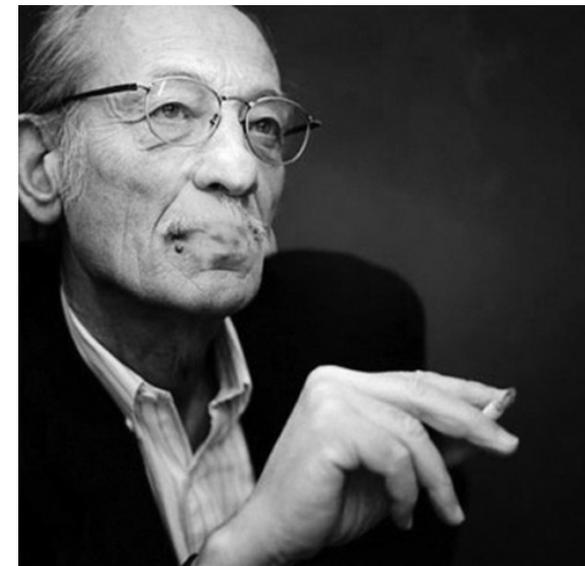
Bauzustandes. Anschließend können die nötigen bautechnischen Maßnahmen festgelegt werden. Die Erneuerungsplanung ist komplex. Der Planer muss nicht nur die aktuellen bauphysikalischen und bauordnungsrechtlichen Anforderungen, wie Raumklima, Wärme-, Schall- und Brandschutz, Raumaufteilung und Gestaltung berücksichtigen, sondern auch die gegebenen historischen Bau- und Konstruktionsweisen und ihren Erhaltungszustand. Je nachdem, ob die Gebäude bewohnt sind oder nicht, muss auch geklärt werden, ob die Bewohner während der Renovierung ausziehen müssen. Entsprechend werden Maßnahmen getroffen und bei der Entwurfsplanung berücksichtigt. Dies führt zu hohen Anforderungen an den funktionalen Ablauf der Arbeiten. Nach dem erarbeiteten Konzept für die baulichen Maßnahmen und eingeholten bauordnungsrechtlichen und manchmal denkmalpflegerischen Zustimmungen, wird die Ausführungsplanung für projekttechnische Lösungen erarbeitet. Die Ausführungsplanung sollte möglichst genau sein. Leider kommt es aber bei der Erneuerungsplanung oft zu dem Problem, dass man bestimmte Parameter erst an der Baustelle sieht und nachträglich in die Pläne übernehmen muss. Material, Konstruktion, Gestalt und Fertigungsart sind jedoch vorgegeben und es ist empfehlenswert, sich an diesen zu orientieren.²¹³

²¹³ Vgl. Streck 2011, 29-30.

**„Jeder Eingriff bedingt eine Zerstörung.
Zerstöre mit Verstand.“²¹⁴**

Luigi Snozzi

²¹⁴ Breitling, Stefanie/Cramer, Johannes (Hg.) 2007, 29.



3 Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit

„Nachhaltigkeit ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcennutzung, bei dem die Bewahrung der wesentlichen Eigenschaften, der Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit des jeweiligen Systems im Vordergrund steht.“²¹⁵

Primär kommt der Begriff der »Nachhaltigkeit« aus der Forstwirtschaft und hat eine lange Geschichte. Das erste Mal ist er nachweislich im Jahr 1144 verwendet worden, bei der Erstellung einer neuen Forstordnung des elsässischen Klosters Mauermünster.²¹⁶ Seine ursprüngliche Bedeutung war, dass „nicht mehr Holz eingeschlagen werden darf, als jeweils nachwächst“²¹⁷. Erst ein paar Jahrhunderte später, im Jahre 1713, ist die erste wissenschaftliche Grundlage für die Nachhaltigkeit entstanden, *Sylvicultura Oeconomica* - Die Naturgemäße Anweisung zur Wilden Baumzucht, des sächsischen Berghauptmanns Hans Carl von Carlowitz.²¹⁸ Sein Interesse an der Nachhaltigkeit war rein wirtschaftlicher Natur. Er sah sie als ein „Prinzip zur dauerhaften Sicherung kontinuierlicher Holzlieferungen für die darauf angewiesenen Montanbetriebe [...] Ziel war es, die Waldfläche konstant zu halten“²¹⁹. „Er forderte, dass, eine kontinuierliche nachhaltige Nutzung eine unentbehrliche Sache ist.“²²⁰

Im Lauf der Jahre hat sich eine Menge an weiteren Definitionen des Begriffs »Nachhaltigkeit« angesammelt.

Die Brundtland-Kommission der Vereinten Nationen beschreibt die Nachhaltigkeit als „eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen“²²¹.

Nachhaltigkeit ist komplex und kann mehrdimensional betrachtet werden – ökologisch, ökonomisch, sozial. Sie ist ein Leitbild, das nicht gemessen werden kann. Seinen Erfüllungsgrad kann man nur mit Hilfe von Indikatoren abbilden, wie ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit.²²²

Nachhaltige Entwicklung wird als eine Entwicklung definiert, die die Grundbedürfnisse der Armen weltweit befriedigt und die begrenzten Naturressourcen in einer Weise nutzt, dass diese für die zukünftige Generationen nicht ausgehen und sie die zukünftige Generationen auch verwenden werden können (Generationengerechtigkeit). Die nachhaltige Entwicklung umfasst, wie erwähnt, verschiedene Dimensionen - die ökologische, die ökonomische und die soziale Dimension.²²³

Die Nachhaltigkeit umfasst jeden Bereich des gesellschaftlichen Lebens und Handelns und jede Ressource unseres Planeten. Genau mit diesem Thema beschäftigen sich die nationalen Nachhaltigkeitsstrategien. Dabei ist eine langfristige tragfähige Entwicklung von Bedeutung, die Themen wie Klimaschutz und Energieeffizienz, Flächenverbrauch oder Artensterben nicht vernachlässigen darf.²²⁴

Bauen im Bestand ist, wie schon erwähnt, in mehreren Dimensionen nachhaltig. Für die ökologische Nachhaltigkeit ist bedeutend, dass eine Objektnutzung über einen längeren Zeitraum problemlos ihren Zweck erfüllen kann. Gleichzeitig bedeutet es die Einsparung von Rohstoffen und Energie.²²⁵ Genauer betrachtet kann man sagen, dass es dabei nicht einfach nur um die Nutzung des Objekts für längere Zeit geht, sondern um die Möglichkeit, die normale Zeitdauer der Nutzung zu maximieren. Der Aufwand, der für die Errichtung, den Betrieb und den Abriss des Bauwerks nötig ist, verringert sich, wenn das Gebäude nur renoviert oder revitalisiert wird und weiter genutzt werden kann. Damit wird auch die graue Energie verringert. Die Nachhaltigkeit ist eigentlich sehr wirtschaftlich.

Im ökonomischen Sinne betrachtet man die Kosten des Gebäudes, was seine Lebensdauer betrifft und über diese hinaus. Der Lebenszyklus beginnt mit der Objektentwicklung, geht in die Objektnutzung über und endet mit der Beseitigung des Objekts.²²⁶ Durch die ständige Pflege des Bauwerks kann die Lebensdauer verlängert werden, was im Gesamtbild eine Verringerung der Kosten bedeutet. (Durch) Über die Jahre werden die Konstruktion und die Schwachpunkte der Gebäude überprüft und ausgebessert oder erneuert. Dadurch verringert sich die Notwendigkeit zum Abriss. Zusätzlich kann man in bestimmten Arten von Bauwerken mit den Raumqualitäten und Atmosphären experimentieren, die man durch Neubau meistens nicht erleben könnte. Dies kann man aber schon zur sozialen Nachhaltigkeit zählen. Sie ist Teil der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, die sich mit der Lebensqualität auseinandersetzt und variiert, abhängig vom jeweiligen Staat.²²⁷ Die Lebensqualität betrifft die Lebensstile der Bewohner und die Wohnqualität, im großen Maßstab die Wirkungsgefüge zwischen Gebäuden und der Gesellschaft im Ganzen, und im kleineren Maßstab die Wirkungsgefüge auf der Ebene einzelner individueller Nutzer. Das Bauwerk muss man immer über seinen gesamten Lebenszyklus betrachten.²²⁸ Die Wohnqualität wird bestimmt durch verschiedene Einflussfaktoren. Diese sind die vorhandenen Bewohner, soziale Qualität, Grundrissorganisation, Nutzerbedarf, Wohnumfeld, Nutzerverhalten.²²⁹

215 de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit

216 Vgl. Rathmanner 2011, 15.

217 Rathmanner 2011, 15.

218 Vgl. Streck 2011, 10.

219 Streck 2011, 10.

220 Rathmanner 2011, 15.

221 Rathmanner 2011, 15.

222 Vgl. Rathmanner 2011, 15.

223 Vgl. Streck 2011, 9.

224 Vgl. Streck 2011, 12.

225 Vgl. Jäger 2010, 9.

226 Vgl. Racthmann 2011, 15-16.

227 Vgl. Racthmann 2011, 16.

228 Vgl. Streck 2011, 83.

229 Vgl. Streck 2011, 84.

Der soziale Aspekt der Nachhaltigkeit ist von größter Bedeutung und muss in der Planungsphase genau berücksichtigt werden. Wichtig ist, dass sich die Nutzer im Gebäude, in dem sie wohnen oder arbeiten, behaglich fühlen, sind sie doch auch dafür mehr oder weniger mitverantwortlich. Von Bedeutung sind zusätzlich Eigenschaften wie die Größe, äußere Gestaltung des Gebäudes und die Mieterschaft. Je lieber die Nutzer das Gebäude haben, desto besser pflegen sie es. Konsequenterweise »lebt« das Gebäude länger und der Immobilienwert verringert sich nicht. Vorteilhaft ist es, vor der Planung zu recherchieren, welche Art von Bauwerk in eine bestimmte Nachbarschaft passt, was von der Gebäudetypenmischung abhängig ist.²³⁰

Nachhaltigkeit finden wir, wie erwähnt, in verschiedenen Bereichen unseres Lebens, also auch im Bereich der Ernährung. Die Ernährung betrifft nicht nur die ökologische, ökonomische und soziale Dimension, sondern auch die gesundheitliche. Bei der nachhaltigen Ernährung gilt es, bestimmte Grundsätze zu verfolgen. Bevorzugt werden pflanzliche Lebensmittel, die regional, ökologisch und saisonal erzeugt werden und nur in geringem Ausmaß verarbeitet sind. Die Verpackung der Produkte sollte umweltverträglich sein und fair gehandelt. Auch aus solchen Nahrungsmitteln kann man genussvolle und bekömmliche Speisen zubereiten.²³¹

²³⁰ Vgl. Streck 2011, 98-99.

²³¹ Vgl. brot-fuer-die-welt.de/.../Arbeitsheft_Niemand_isst_fuer_sich_allein.pdf

Bei der ökologischen Dimension wird großer Wert auf die Umweltverträglichkeit der Lebensmittel gelegt. Das heißt, man verzichtet auf den Einsatz von Gentechnik oder Pestiziden und minimiert Abfall sowie Schadstoffbelastung von Luft, Wasser und Böden. Bei der Tierhaltung muss diese artgerecht sein und Überfischung vermieden werden, wofür das Aquaponik-System eine Lösung darstellt. Die Umweltbelastung der Ernährung durchläuft den ganzen Lebenszyklus der Lebensmittel, genauso wie es beim Lebenszyklus der Bauwerke der Fall ist. Es fängt mit der Erzeugung an und endet mit der Entsorgung organischer Abfälle.²³²

Die soziale Nachhaltigkeit der Ernährung ist eng mit anderen Dimensionen verbunden, da der zusätzliche Faktor der Mensch ist. Der Fokus der sozialen Nachhaltigkeit liegt in der Lebens- und Arbeitsqualität der Menschen, die die Nahrungsmittel erzeugen, und dem für die geleistete Arbeit entsprechenden Lohn. Oft hört man schreckliche Geschichten über Arbeiter, die in schlechten Arbeits- und Lebensbedingungen arbeiten müssen und nur sehr wenig oder keinen Lohn für ihre geleistete Arbeit bekommen. Das hängt in gewisser Weise auch mit dem ökonomischen Aspekt zusammen, da viele Menschen nur auf ihren eigenen Profit schauen. Die Wirtschaftlichkeit zeigt sich durch die nachhaltige Nahrungsmittelproduktion. Je mehr Pestizide man verbraucht, desto mehr Schaden fügt man der Umwelt zu, obwohl es kurzfristig manchmal wirtschaftli-

²³² Vgl. brot-fuer-die-welt.de/.../Arbeitsheft_Niemand_isst_fuer_sich_allein.pdf

chen Gewinn bringen kann. Die Kosten, die man betrachten muss, ziehen sich über den ganzen Lebenszyklus der Nahrungsmittel, die wir einnehmen. Damit in unmittelbarer Verbindung steht auch der ökologische Fußabdruck, der größer wird, wenn Produkte weltweit exportiert werden, im eigenen Staat aber die Menschen hungern.²³³

Was die Lebensmittel betrifft, ist es wichtig, dass sie gesund sind und dass wir durch sie diejenigen Nährstoffe bekommen, die unser Körper braucht. Damit beschäftigt sich die gesundheitliche Nachhaltigkeit. Die Art der Ernährung hat sich im Lauf der Jahrhunderte geändert und es ist erwiesen, dass eine schlechte Ernährung zu verschiedenen Krankheiten führen kann. Je nachdem, wo wir uns befinden, gibt es unterschiedliche Probleme, die mit der Ernährung zusammenhängen, sei es die Unterernährung in Entwicklungsländern bis zu Gesundheitsproblemen aufgrund von Bewegungsarmut, Fehlernährung und Stress. Deshalb ist es sehr wichtig, was und wie wir essen und trinken.²³⁴

²³³ Vgl. brot-fuer-die-welt.de/.../Arbeitsheft_Niemand_isst_fuer_sich_allein.pdf

²³⁴ Vgl. brot-fuer-die-welt.de/.../Arbeitsheft_Niemand_isst_fuer_sich_allein.pdf

Zusammenfassend:

Die Nachhaltigkeit ist in jedem Gebiet unseres Lebens anzutreffen, was von uns allerdings nur selten bedacht wird.

Fazit

Fazit

Die Rohstoffe und Nahrungsmittel, die wir tagtäglich verbrauchen, gibt es leider nicht in unbegrenzten Mengen, die jedermann für unbestimmte Zeit versorgen können, zudem auch nicht bei der ansteigenden Zahl der Weltbevölkerung. Deshalb überlegt man sich verschiedene Varianten, um die Nahrungsmittel in genügender Menge zu gewährleisten oder die Rohstoffe aus anderen Quellen zu verwenden, wie das Regenwasser, oder anstatt der nun verwendeten Rohstoffe andere zu nutzen, um die gleichen Ziele zu befriedigen wie bei erneuerbaren Energien. Der Hintergedanke, der dabei eine wichtige Rolle spielt, ist einerseits die Notwendigkeit für die Selbsterhaltung und andererseits der Wunsch nach Erhaltung unseres Planeten. Viele dieser Varianten sind nachhaltig oder streben danach. Das bedeutet aber leider nicht immer, auch effizient zu sein.

Mit nachhaltigen Systemen kann das Wasser auf verschiedene Weisen gespart und erneut verwendet werden. Eine noch wenig ausgenutzte Quelle ist das Regenwasser, das mit seinen vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten den Verbrauch von Leitungswasser verringern kann. Da das Regenwasser aufgrund natürlicher Gegebenheiten nicht immer genügt, kann in weiterer Folge für gewisse Nutzungen auch das Grauwasser bzw. das daraus filtrierte Klarwasser verwendet werden. Durch die Integration erwähnter Systeme verringern sich sowohl die Wasserkosten wie der ökologische Fußabdruck der entwickelten Länder, welcher in diesen ohnehin am höchsten ist.

Um den ökologischen Fußabdruck zu verringern und genügende Mengen an Nahrungsmitteln zu produzieren, ist es ratsam, unsere Strategie der Landwirtschaft zu überdenken und diese erneut in die Städte einzubinden. Urbane Landwirtschaft gibt es in verschiedenen Formen und Größen. Sie beschert uns eine breite Palette von Vorteilen und eröffnet neues Potenzial zur Wiederverwendung von Bauwerken jeglicher Art. Die Einbindung der Landwirtschaft in die Städte und sogar innerhalb der Gebäude wird auch »vertical farming« genannt, das neue gestalterische Möglichkeiten mit sich bringt. Eine sehr effiziente Form der urbanen Landwirtschaft ist Aquaponik, womit man nicht nur Pflanzen, sondern sogar Fische »produzieren« kann und dabei 100% bio ist.

Viele Beispiele um den ganzen Globus zeigen Fortschritte auf dem Gebiet der Integration erwähnter Systeme in die Städte, Gebäude, sogar Schulen. Die urbane und weiters die vertikale Landwirtschaft werden zum Trend. Einige der beschriebenen Systeme verlangen anfangs eine etwas größere Investition, die sich aber innerhalb von einigen Jahren zurückzahlt und dann Gewinn erbringt. Entsprechend der Effizienz der Systeme zeigt sich, wie schnell man die Investition zurückgewinnt.

In Verbindung mit Energie wird oft Effizienz erwähnt. Anstelle der fossilen Brennstoffe wird zur Energieerzeugung nach und nach erneuerbare Energie verwendet, die weniger umweltbelastend ist und deren Energiequellen niemals ausgehen. Das Themenfeld der erneuerbaren Energie hat in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit gewonnen, wobei sich dieses Fachgebiet mit Hilfe neuester Technologien immer weiter entwickelt.

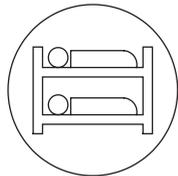
112	<i>SIMBOLLISTE</i>
114	<i>KONZEPT</i>
116	<i>LAGE</i>
134	<i>NAHRUNGSMITTELPRODUKTION</i>
137	<i>TIERE UND IHRE PRODUKTE</i>
138	<i>NAHRUNGSPRODUKTION UND PROJEKT</i>
140	<i>VILLA 1</i>
152	<i>VILLA 2</i>
166	<i>WIRTSCHAFTSGEBÄUDE 3</i>
182	<i>FAZIT</i>

4 Projekt

Simbolliste



Café



Wohnheim



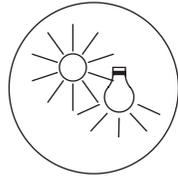
Ausstellungsraum



Schule



Park

Nat. & künst.
Beleuchtung

Minze



Erdbeeren



Gartensalat



Erbsen



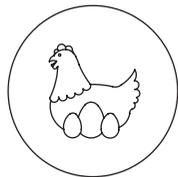
Karotten



Tomaten



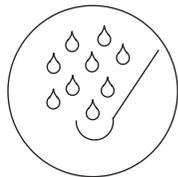
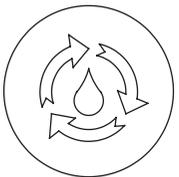
Ziegen



Henne



Imkerei

Regenwasser-
sammlungGrauwasser-
recyclingAnbau von
Blumen

Bohnen



Paprika



Kartoffel



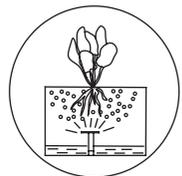
Radieschen



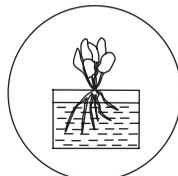
Kohl



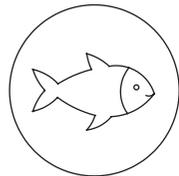
Spinat



Aeroponik



Hydroponik



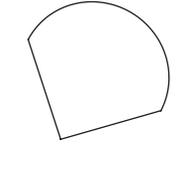
Aquaponik



Blumenladen



Verkaufsmöglichkeit



Bildrichtung



Gurken



Petersilie



Basilikum

Konzept

In meiner Heimatstadt Celje in Slowenien gibt es einen Gebäudekomplex, wo sich die Gärtnerei und die Schule für Gartenbau und visuelle Kunst (Mittel- und Hochberufsschule) befinden. Seit ich klein war, hat mich dieser Gebäudekomplex äußerst fasziniert. Darin befinden sich zwei Villen, die unter Denkmalschutz stehen, ein Wirtschaftsgebäude mit Atrium, eine Schule und mehrere andere kleinere Bauten und Gewächshäuser. Zu meiner Faszination des Komplexes trugen auch die alten Bäume bei, die einen Durchmesser von bis zu 2,7 m haben.

Die Schule wird von vielen Schülern besucht, die von außerhalb der Stadt kommen und die in einem Schülerwohnheim wohnen müssen. Es entstand die Idee, in dem Gebäudekomplex ein selbstversorgungsfähiges Schüler- und Studentenwohnheim zu errichten und zugleich die alten Gebäude zu renovieren und ihnen erneut zu ihrem ursprünglichen Glanz zu verhelfen. Da zwei der Gebäude unter Denkmalschutz stehen, sind nur geringe Veränderungen vorgenommen worden. In alle drei Bauwerke ist die vertikale Landwirtschaft integriert worden, genauso wie in einige der anderen Bauwerke im erwähnten Gebäudekomplex.

Die Selbstversorgung ist für 200 Schüler und Lehrende vorgesehen, wobei das Geerntete auch für das Essen in der Schule genügen sollte. Da während des Jahres mehr Nahrungsmittel geerntet und produziert werden als die Schüler benötigen, wird der Rest verkauft. Mit dem Profit werden die restlichen Nahrungsmittel gekauft, die am Gelände nicht produziert werden. Die Schüler werden auch in die Pflege der Nahrungsmittel einbezogen, was einen zusätzlichen Bildungseffekt haben soll.

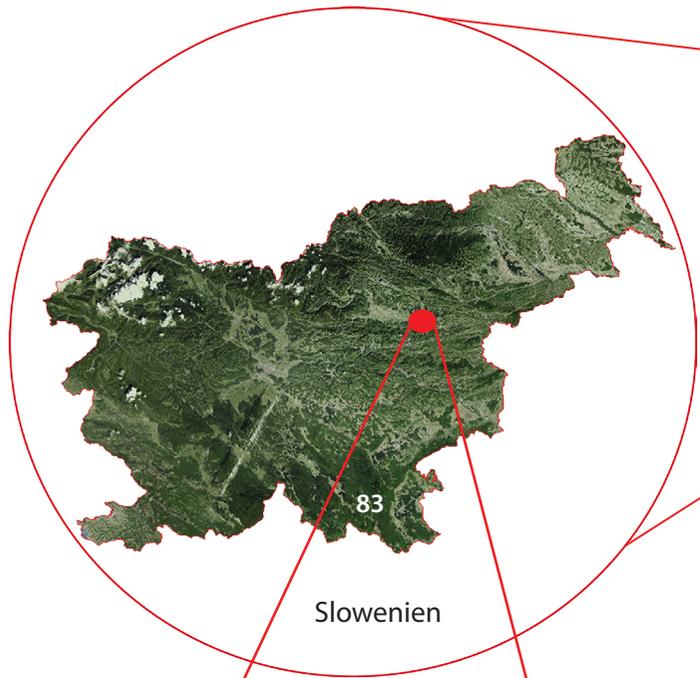
Im historischen Archiv Celje habe ich die Pläne aus dem Jahr 1936 bekommen, die eine große Hilfe bei der Rekonstruktion der Gebäude waren.

Nach den alten Plänen sah die Fassade der kleineren Villa etwas anders als heute aus. Ich habe mich entschieden, den alten Plänen nachzukommen und die Fassade in ihren ursprünglichen Zustand zurück zu verwandeln. Das Innere des Gebäudes ist durch die vernachlässigte Denkmalpflege zum Teil zerstört worden. Die ursprünglichen Funktionen ließen sich nicht herausfinden; man kann nur vermuten, dass das Haus als Wohnbereich für das Dienstpersonal verwendet worden war.

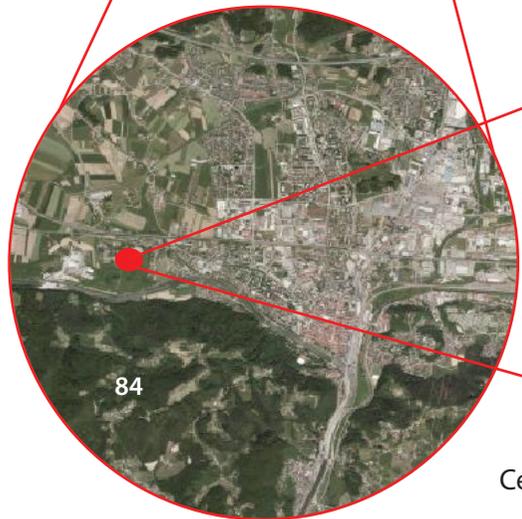
Die größere Villa diente vermutlich genauso als Wohnraum, allerdings den Herrschaften. Die ursprüngliche Funktion des später verwendeten Wirtschaftsgebäudes ließ sich nicht genau bestimmen. Die Räume dieses Bauwerks könnten als Armenhaus genutzt worden sein.

Die kleinere Villa wird nun die Funktion eines Cafés mit Ausstellungsräumen für die Schüler erhalten, die größere Villa wird zum Studentenwohnheim, und das Wirtschaftsgebäude mit Atrium zum Schülerwohnheim. Jedes der Gebäude wird auch in der Lage sein, zusätzliche Probleme zu bewältigen, wie die Regenwassersammlung, Energieerzeugung, Grauwasser- bzw. Klarwasserverwendung und Nahrungsmittelproduktion.

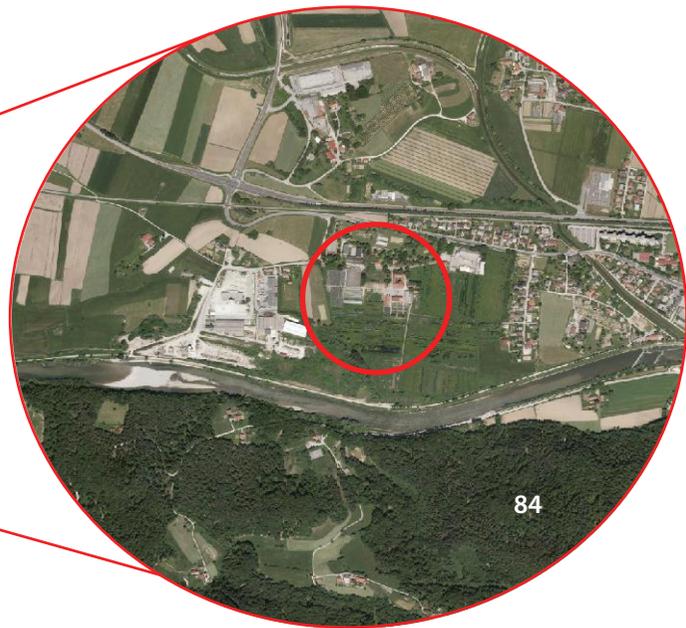
Lage



Europa



Celje

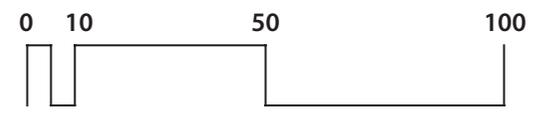


Medlog





- ① | Villa
- ② | Villa
- ③ | Wirtschaftsgebäude
- ④ | Henne- und Ziegenzucht
- ⑤ | Wintergärten für Anbau von Blumen zum Verkauf
- ① | Wirtschaftsgebäude
- ② | Villa 1
- ③ | Villa 2
- ④ | Schule
- ⑤ | Wintergärten
- ⑥ | Wirtschaftsgebäude Westseite
- ⑦ | Platanenbaum mit Durchmesser 1,8 m
- ⑧ | Platanenbaum mit Durchmesser 2,5 m
- ⑨ | Blumenladen
- ⑩ | Wirtschaftsgebäude Westseite
- ⑪ | Wintergärten
- ⑫ | Wirtschaftsgebäude Ostseite
- ⑬ | Scheune
- ⑭ | Weg zur Hauptstrasse



85 | Lageplan





1 86 | Wirtschaftsgebäude



2 87 | Villa 1



3 88 | Villa 2



4 89 | Schule



5 90 | Wintergärten



6 91 | Wirtschaftsgebäude Westseite



7 92 | Platanenbaum mit Durchmesser 1,8 m



8 93 | Platanenbaum mit Durchmesser 2,5 m



9 94 | Blumenladen



10 95 | Wirtschaftsgebäude Westseite



11 96 | Wintergärten



12 97 | Wirtschaftsgebäude Ostseite



Nahrungsmittelproduktion

	(kcal/Person/Tag)	(m ² /Person)
Tierische Produkte	1.139	1.296
Aufputschmittel	31	136
Alkoholgetränke	201	79
Pflanzliches Öl & Ölernte	480	259
Zucker & Zuckerernte	441	19
Gemüse	91	58
Obst	102	69
Gewürze	6	10
Hülsenfrüchte	12	6
Knollpflanzen	127	17
Getreide	862	240
Summe	3.492	2.189

* in West Europa 2007

100 | Kalorientabelle, die eine Person pro Tag in Europa aufnimmt und die dazu entsprechende Fächengröße, um die Nahrungsmittel zu produzieren

	Wachstumsperiode (Tag/Jahr)	Pflanzenhöhe (m)	Wurzeltiefe (m)	Gesamtpflanzen- höhe(m)	Pflanzenfläche (m x m)	Photoperiode (Stunden/Tag)
	75	0,25	0,3	0,55	0,2	16
	25	0,2	0,3	0,5	0,2	16
	132	0,65	0,4	1,05	0,3	12
	85	0,4	0,2	0,6	0,21	12
	85	0,4	0,2	0,6	0,3	12
	85	0,55	0,2	0,75	0,46	12
	75	0,25	0,15	0,4	0,51	12
	85	0,35	0,15	0,5	0,38	16
	28	0,25	0,15	0,4	0,21	16
	30	0,25	0,15	0,4	0,31	16

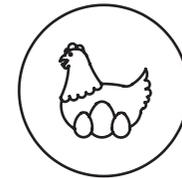
101 | Maße zum Anbau von einigen Nahrungsmitteln bei vertikalen Landwirtschaft

	Gartensalat	Karotte	Tomaten	Spargel	Zucchini	Paprika	Radieschen	Spinat	Kohl	Gurke	Broccoli	Blumenkohl	Mais	Kartoffel	Erdbeeren	Blaubeeren	Brombeeren	Himbeeren	Apfel	Aprikose	Zitrone	Orange	Dill	Knoblauch	Minze	Oregano	Petersilie	Rosmarin	Thymian	Schnittlauch	Basilikum	Zwibel	Erbsen	Bohnen		
Gartensalat																																				
Karotte																																				
Tomaten																																				
Spargel																																				
Zucchini																																				
Paprika																																				
Radieschen																																				
Spinat																																				
Kohl																																				
Gurke																																				
Broccoli																																				
Blumenkohl																																				
Mais																																				
Kartoffel																																				
Erdbeeren																																				
Blaubeeren																																				
Brombeeren																																				
Himbeeren																																				
Apfel																																				
Aprikose																																				
Zitrone																																				
Orange																																				
Dill																																				
Knoblauch																																				
Minze																																				
Oregano																																				
Petersilie																																				
Rosmarin																																				
Thymian																																				
Schnittlauch																																				
Basilikum																																				
Zwibel																																				
Erbsen																																				
Bohnen																																				

■ gute Nachbarschaft
■ schlechte Nachbarschaft

Tiere und ihre Produkte

Entsprechend dem Tierschutz benötigen Tiere jeglicher Art genügend Lebensraum.



Henne

6 Stk. pro m² bei über 2 kg Lebendgewicht pro Legehenne
 7 Stk. pro m² bei unter 2 kg Lebendgewicht pro Legehenne

Weisse Legehenne: 326 weisse Eier pro Jahr

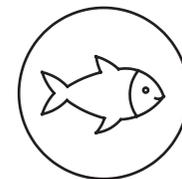
Bei Auslauf der Henne braucht man bei verwendung des Drei-Weid-System 2-3 m² pro Legehenne um die grüne Fläche zu erhalten und dem Gras Zeit zur Regeneration zu geben.



Ziegen

Ziegen ohne Hörner 2 m² pro Tier
 Ziegen mit Hörnern 2,5 m² pro Tier

Ziegenmilch 3 - 3,5 l pro Tag von 1er Ziege



Fisch

1 l Wasser pro cm Fisch für Fische bis 5 cm
 2 l Wasser pro cm Fisch für Fische bis 10 cm usw.

Nahrungsproduktion und Projekt

Benötigte Produktionsmenge (kg - Kilogramm, l - Liter, St - Stück) - Menge an Nahrungsmitteln, die zur Ernährung von 200 Personen benötigt wird

Produktionsmenge (kg - Kilogramm, l - Liter, St - Stück) - Menge an Nahrungsmitteln, die bei dem Projekt produziert werden

Benötigte Fläche - Level m² - Fläche, die zur Produktion von Nahrungsmitteln beim Projekt benötigt wäre, wenn man sich gegen die vertikale Landwirtschaft entscheidet

Verbrauchte Fläche - VF angepasst m² - Fläche, die zur Produktion von Nahrungsmitteln beim Projekt verwendet wird und jeweils dem System das dabei verwendet wird angepasst (Sky Green, Singapore oder Vertical Harvest, Wyoming, USA)

Petersilie wird im Wirtschaftsgebäude produziert, die genauen Ertragsdaten für Aeroponik-System sind unbekannt

Es besteht die Möglichkeit die Ertragsdaten für verschiedene Gewürze durch Selbstproduktion im Projekt zu erkunden.

☉ Verkaufsmöglichkeit - Produziert wird mehr als es verbraucht wird

STATISTIK

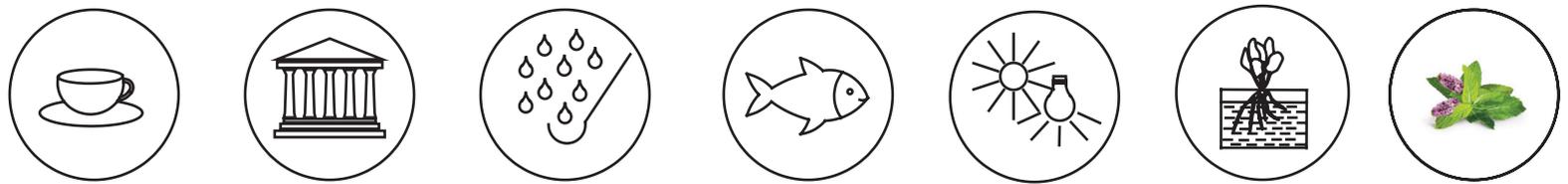
PROJEKT DATEN

	Nahrungsmittel Kcal pro 100g	Verwendete System	Benötigte Menge kg/Person/Jahr	Produktionsmenge pro System kg/m ² /Jahr	Benötigte Produktionsmenge kg (St, l)	Produktionsmenge kg	Benötigte Fläche - 1 Level m ²	Verbrauchte Fläche - VF angepasst m ²	
Gemüse									
Gartensalat	15	aeronic	8,1	76,5	1620	3729,375	48,75	8,45	☉
Karotte	36	aeronic	9	43,8	1800	2306,07	52,65	13,65	☉
Tomaten	17	aeronic	27,7	101,6	5540	7132,32	70,2	16,9	☉
Spargel	18	-	0,6	-	120	-	-	-	
Paprika	21	aeronic	5	87	1000	768,69	17,55	5,2	
Radischen	16	aeronic	0,3	53,7	60	314,145	5,85	1,95	☉
Spinat	23	aeronic	1	42,6	200	2076,75	48,75	8,45	☉
Kohl	25	aeronic	4,1	44,4	820	1558,44	35,1	5,2	☉
Gurke	15	aeronic	4,5	250	900	3125	12,5	-	☉
Blumenkohl	25	aeronic	1,1	-	220	-	-	-	
Mais	108	-	13,8	-	2760	-	-	-	
Kartoffel	86	aeronic	49,4	61,3	9880	12431,64	202,8	67,6	☉
Obst									
Erdbeeren	32	aeronic	4,7	45,6	940	2223	48,75	8,45	☉
Apfel	52	-	18,6	-	3720	-	-	-	
Aprikose	48	-	2,8	-	560	-	-	-	
Zitrone	29	-	3	-	600	-	-	-	
Orange	47	-	5,2	-	1040	-	-	-	
Gewürze									
Dill	43	-	-	-	-	-	-	-	
Knoblauch	149	-	-	-	-	-	-	-	
Minze	285	hydroponic	-	14	-	157,5	11,25	6,25	
Oregano	306	-	-	-	-	-	-	-	
Petersilie	36	aeronic	-	-	-	-	48,75	8,45	
Rosmarin	331	-	-	-	-	-	-	-	
Thymian	101	-	-	-	-	-	-	-	
Schnittlauch	30	-	-	-	-	-	-	-	
Basilikum	23	aeronic	-	50	-	2437,5	48,75	8,45	
Zwibel	347	-	9,3	-	1860	-	-	-	
Hülsenfrüchte									
Erbsen	84	aeronic	1,1	7	220	262,5	37,5	18,5	☉
Grüne Bohnen	35	aeronic	-	7	-	262,5	37,5	18,5	
Tierische Produkte									
Ei	161	-	234	326 (St)	46800 (St)	46944 (St)	24 innen	144 Tiere	☉
Milch	61	-	79,6	3 (l/Tag)	15920 (l)	16425 (l)	37,5	15 Tiere	☉
Tilapia (Fisch)	96	-	7,7	250 Tiere	1540	284887,5	457,82	113955 Tiere	☉
Honig	287	-	1,2	-	240	-	-	-	

Villa 1



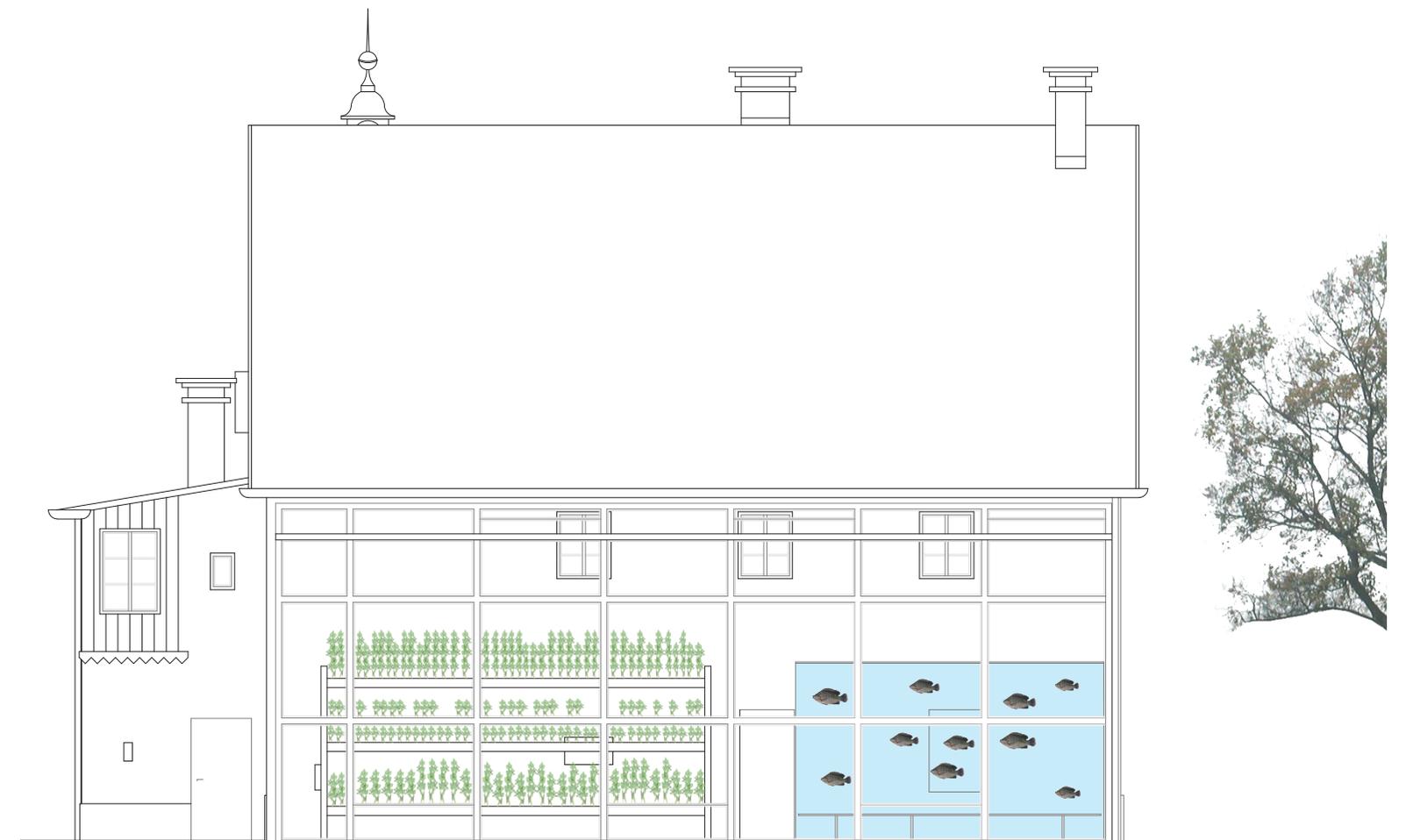
104 | Ansicht Süd-West



105 | Ansicht Süd



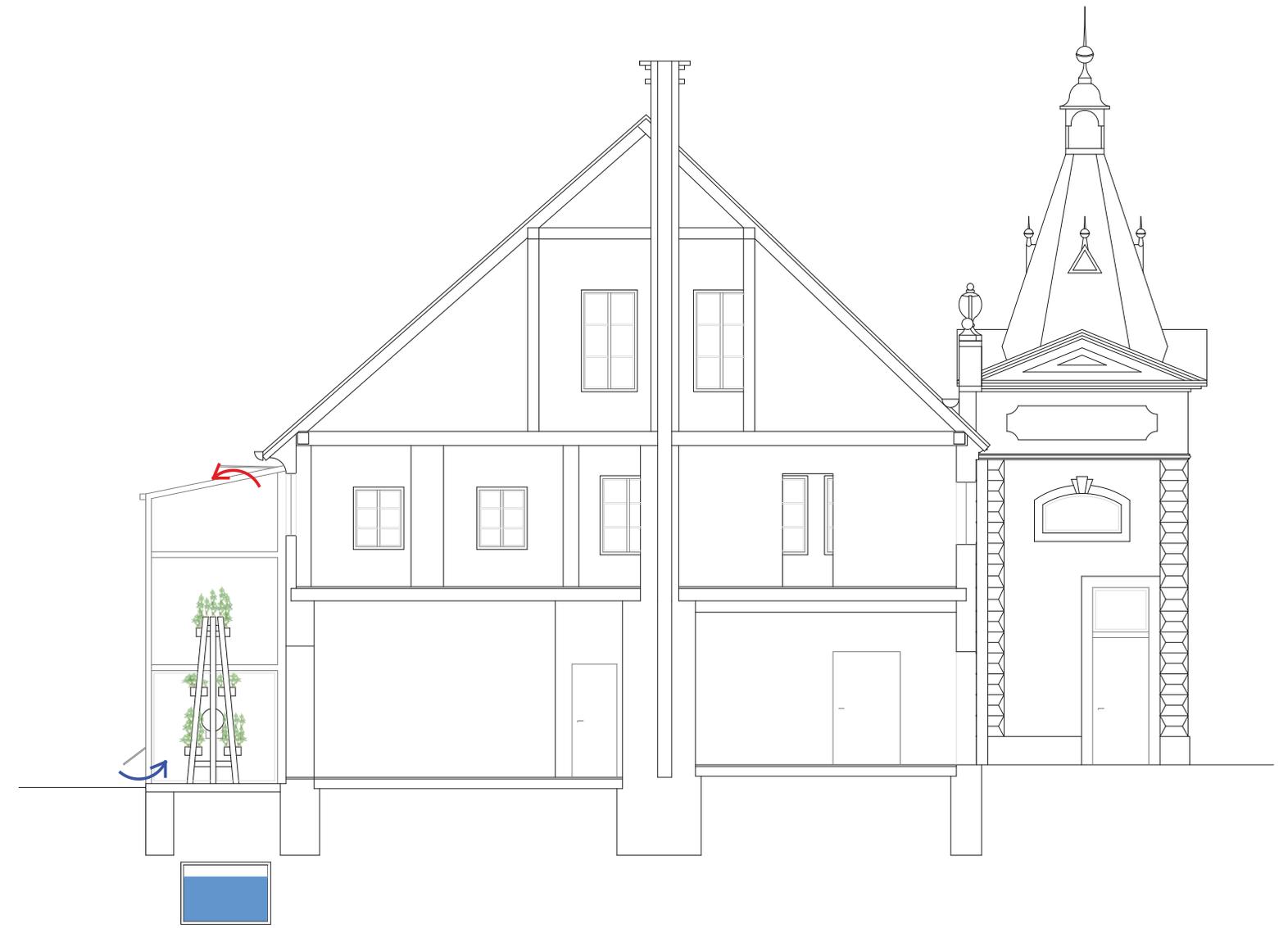
106 | Ansicht Ost



107 | Ansicht Nord



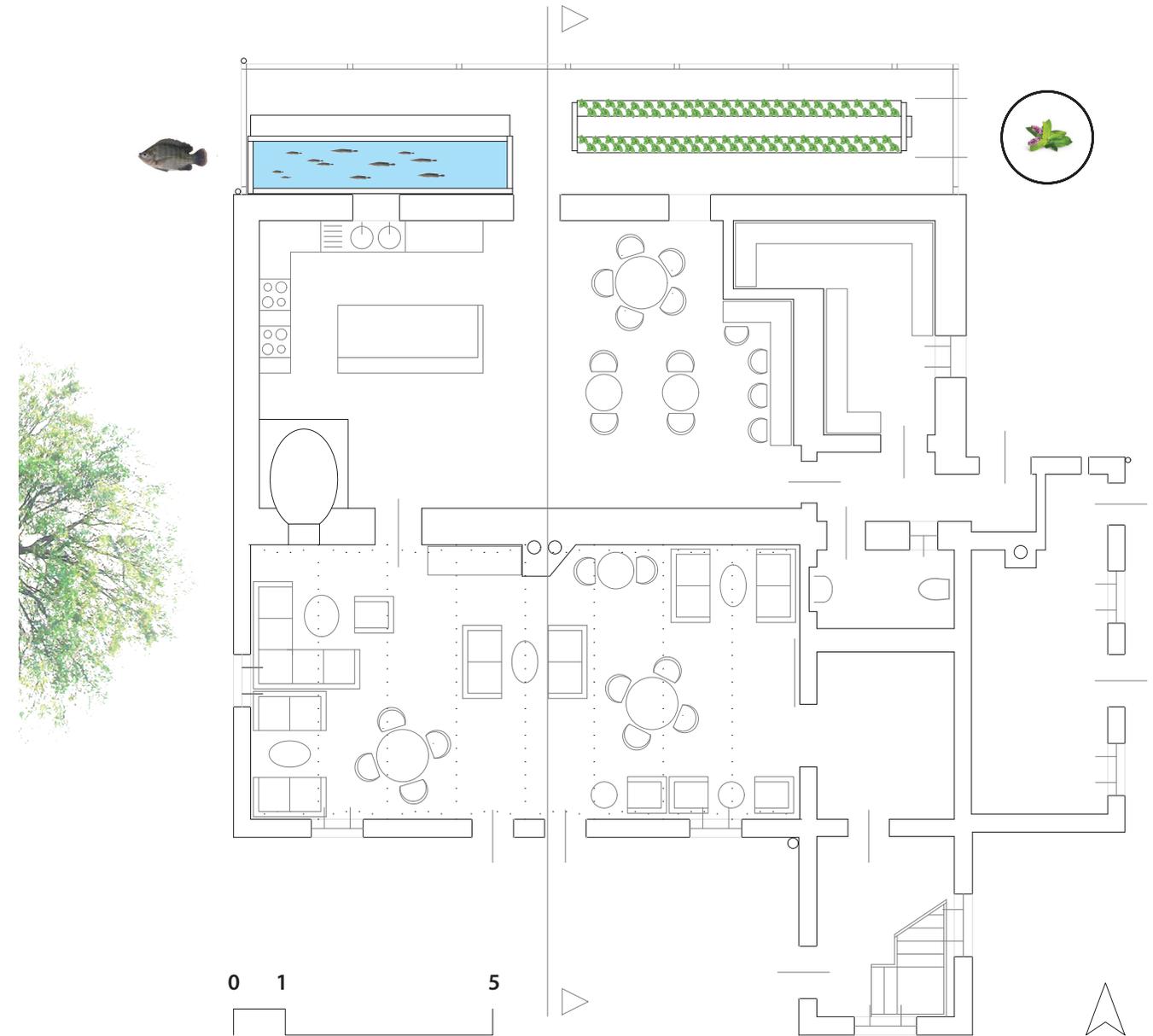
108 | Ansicht West



109 | Schnitt



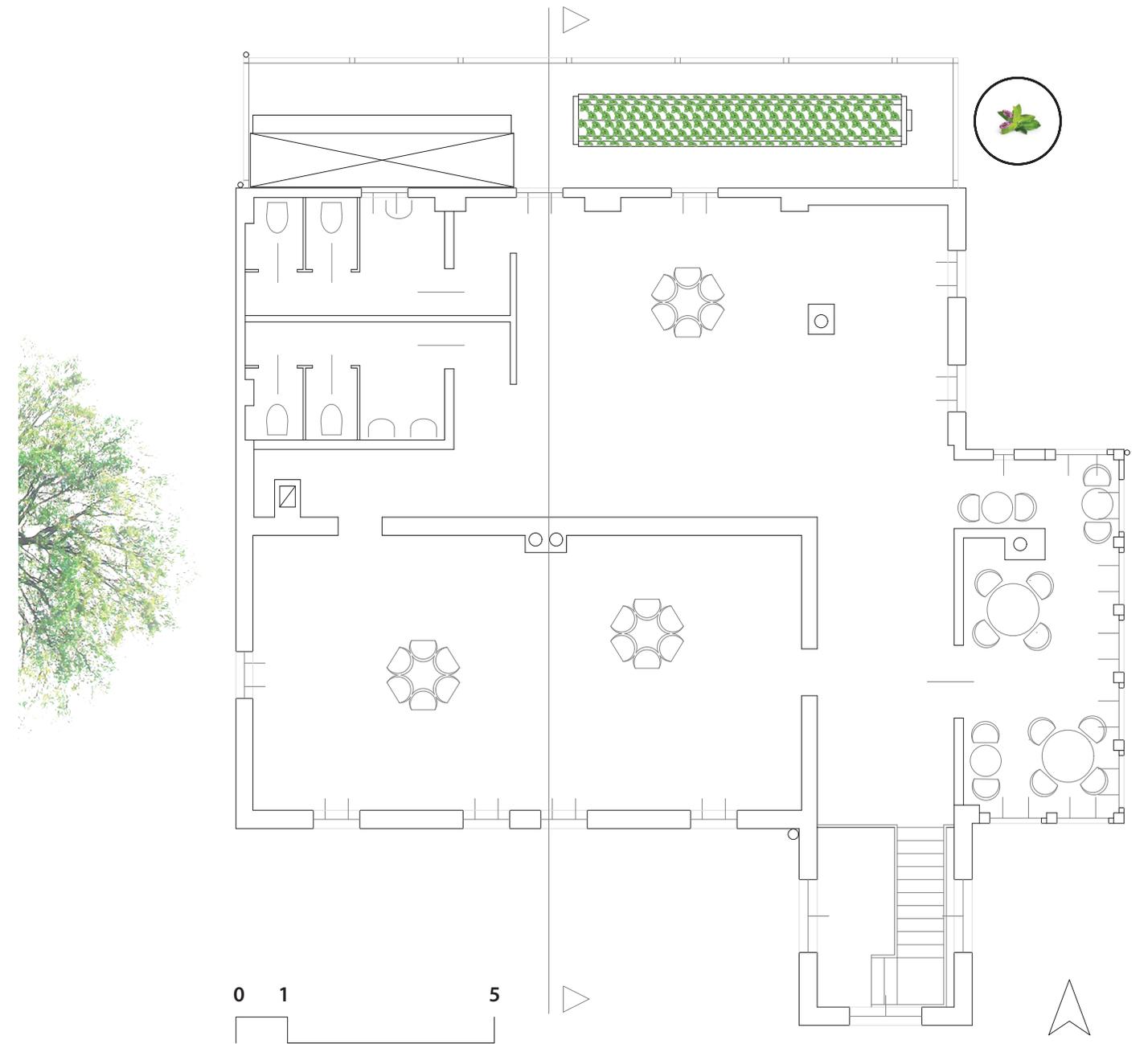
110 | Grundriss Erdgeschoß nach Plänen aus 1936



111 | Grundriss Erdgeschoß - Entwurf



112 | Grundriss Obergeschoß nach Plänen aus 1936



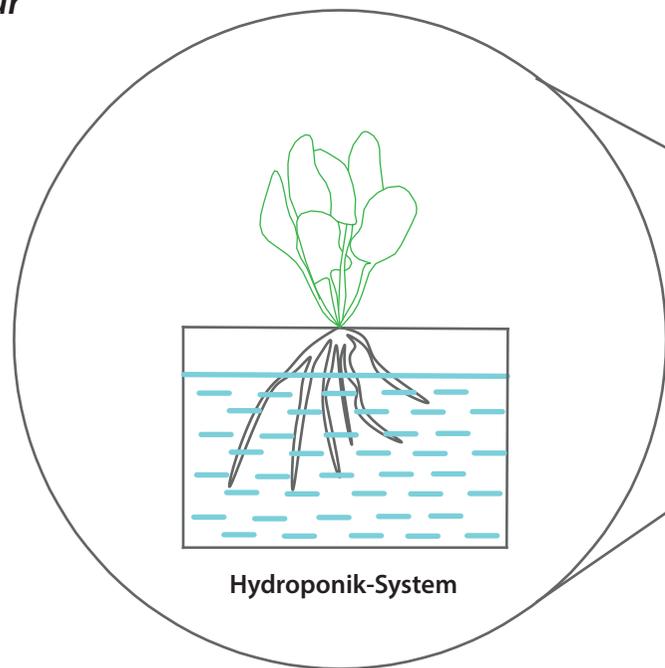
113 | Grundriss Obergeschoß - Entwurf

Villa 1 - System der vertikalen Landwirtschaft

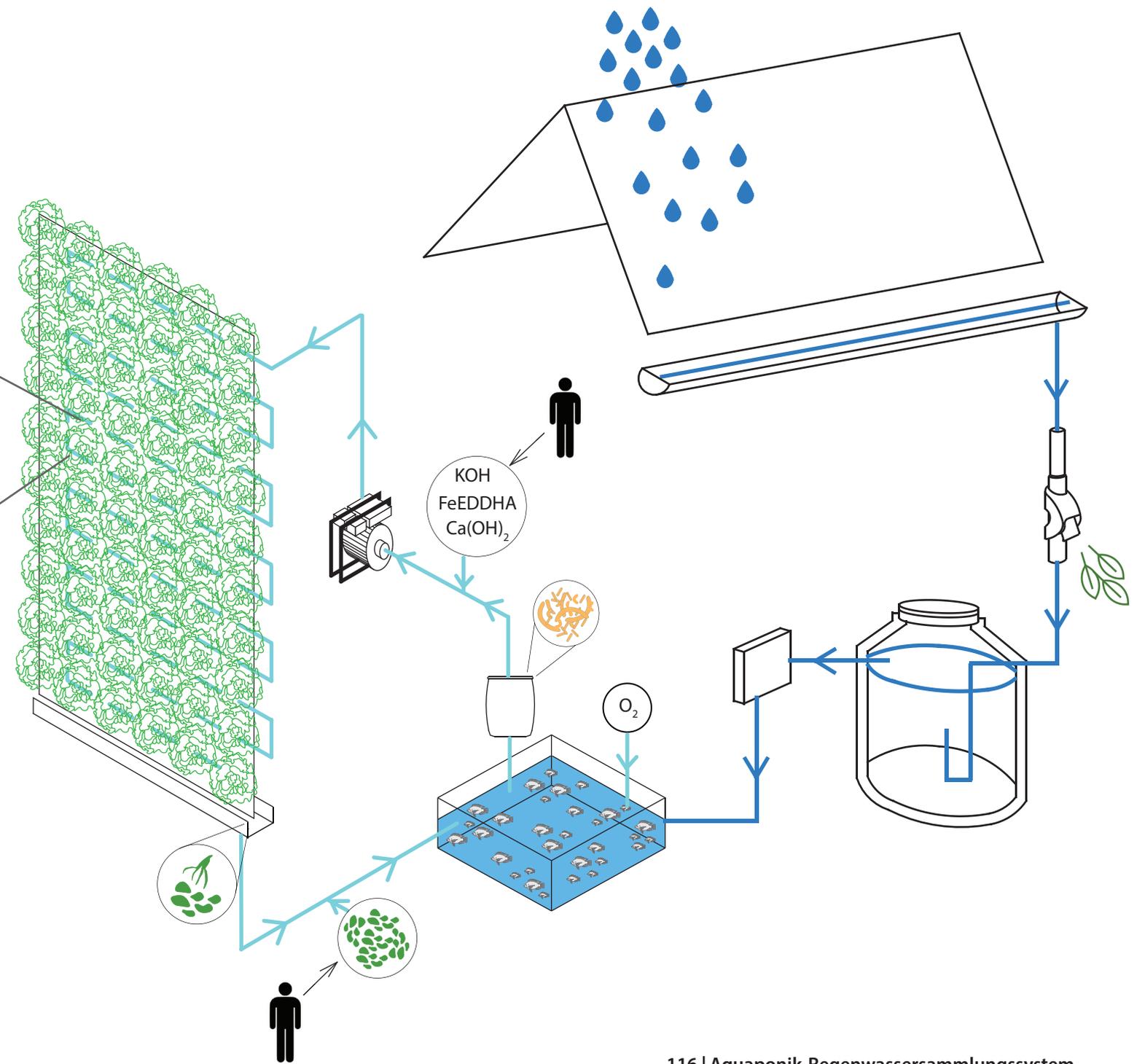
Kombination aus Aquaponik und Regenwassersammlung, in Form aus dem Projekt »Sky Green« in Singapur



114 | »Sky Green« in Singapur



115 | »Sky Green« in Singapur

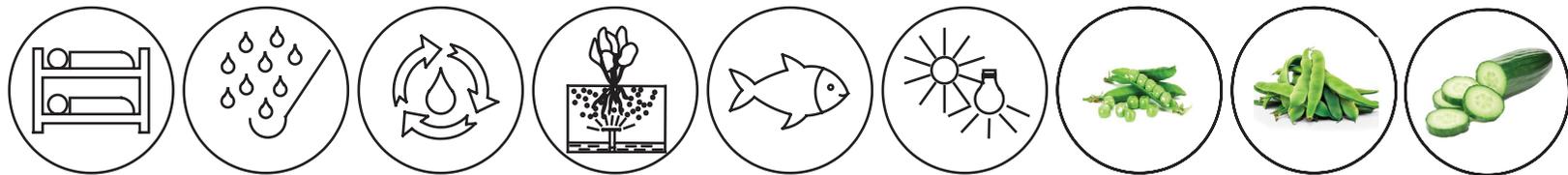


116 | Aquaponik-Regenwassersammlungssystem

Villa ②



117 | Ansicht Süd-West



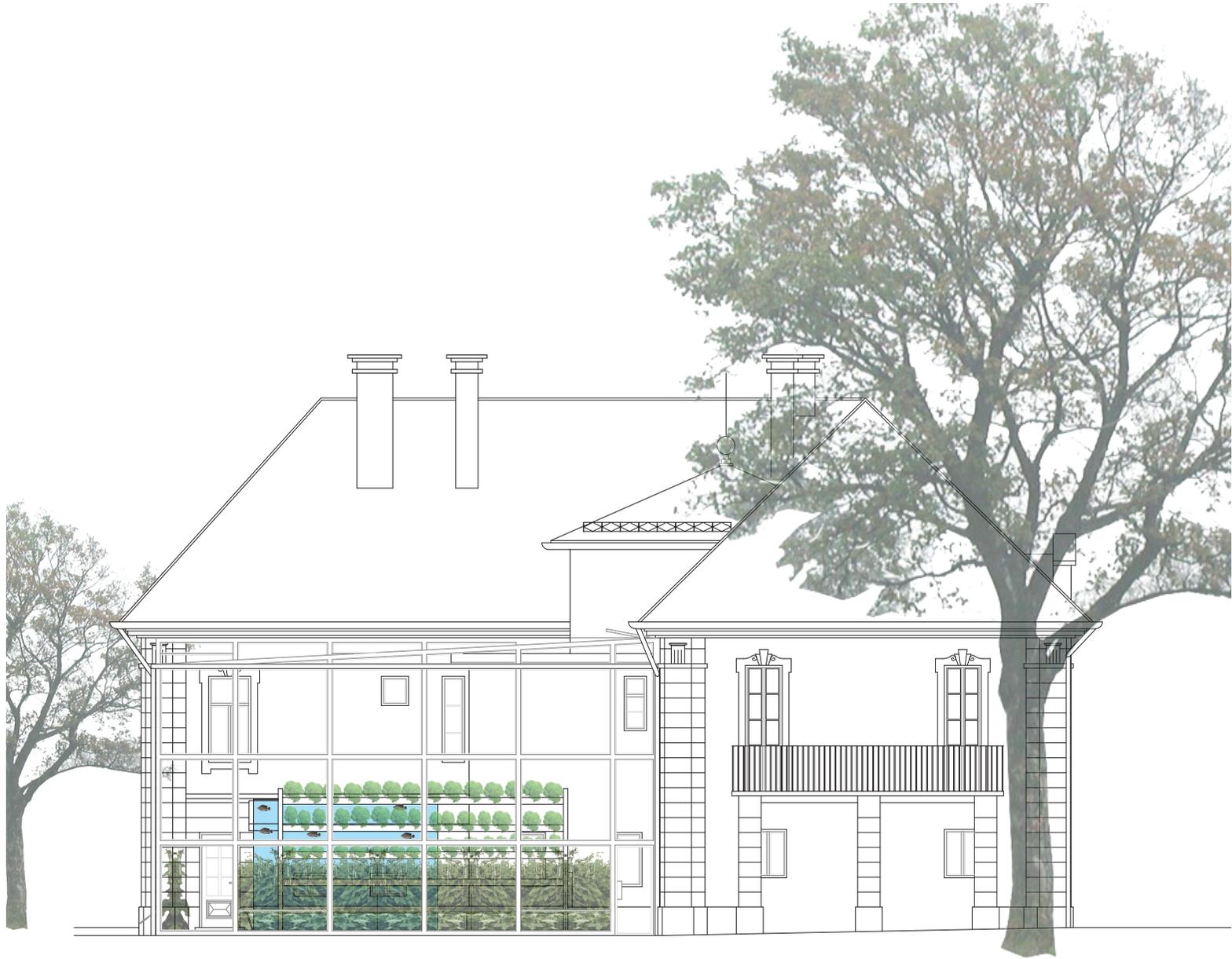
118 | Ansicht Süd



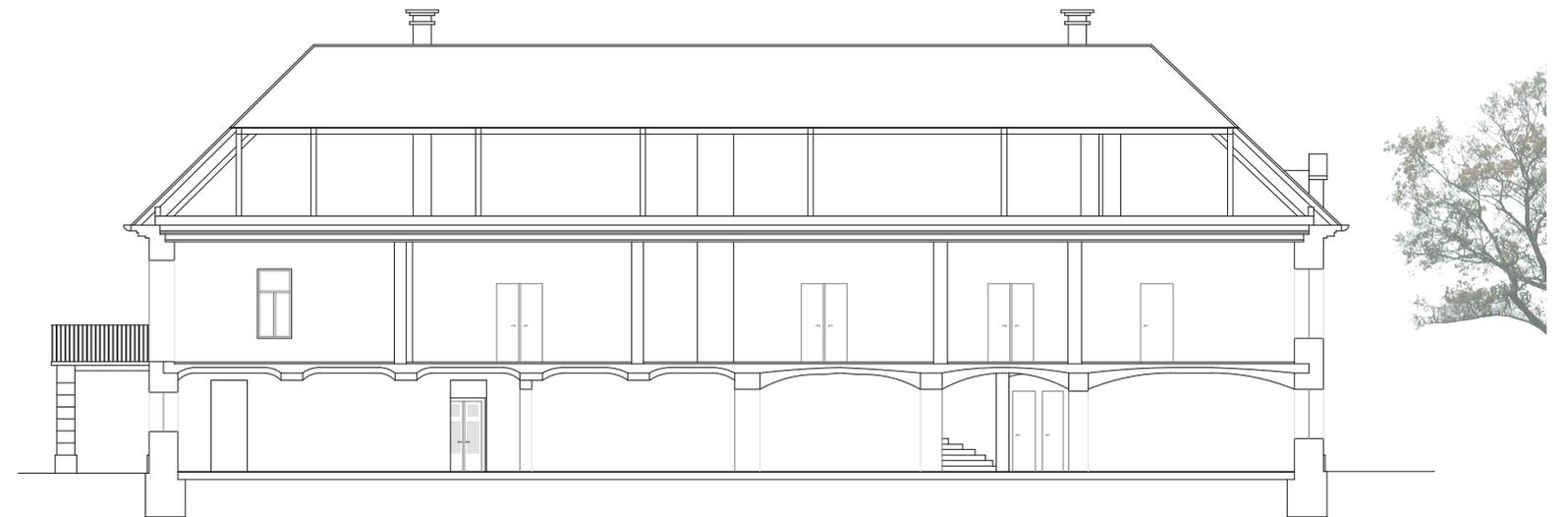
119 | Ansicht Ost



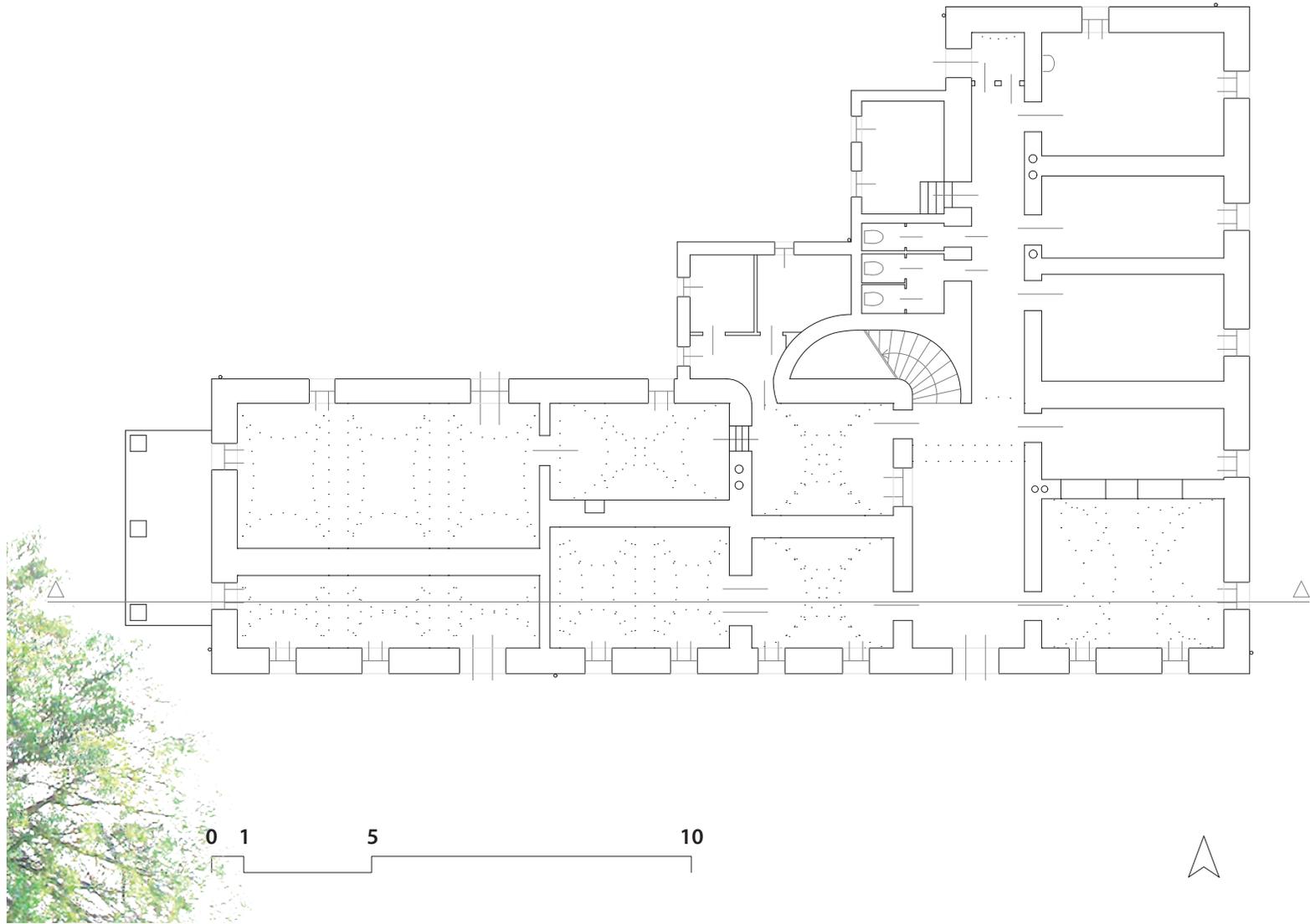
120 | Ansicht Nord



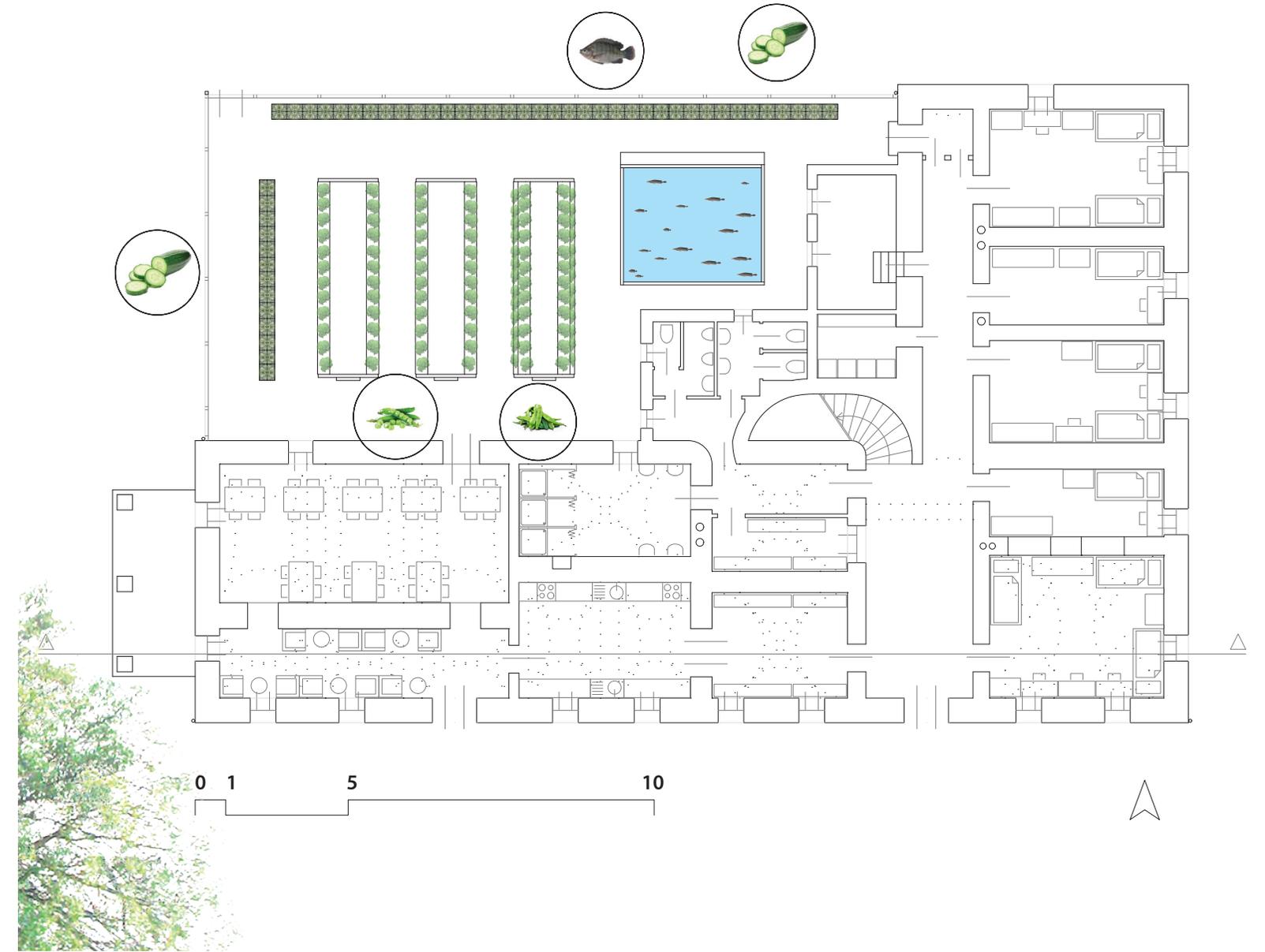
121 | Ansicht West



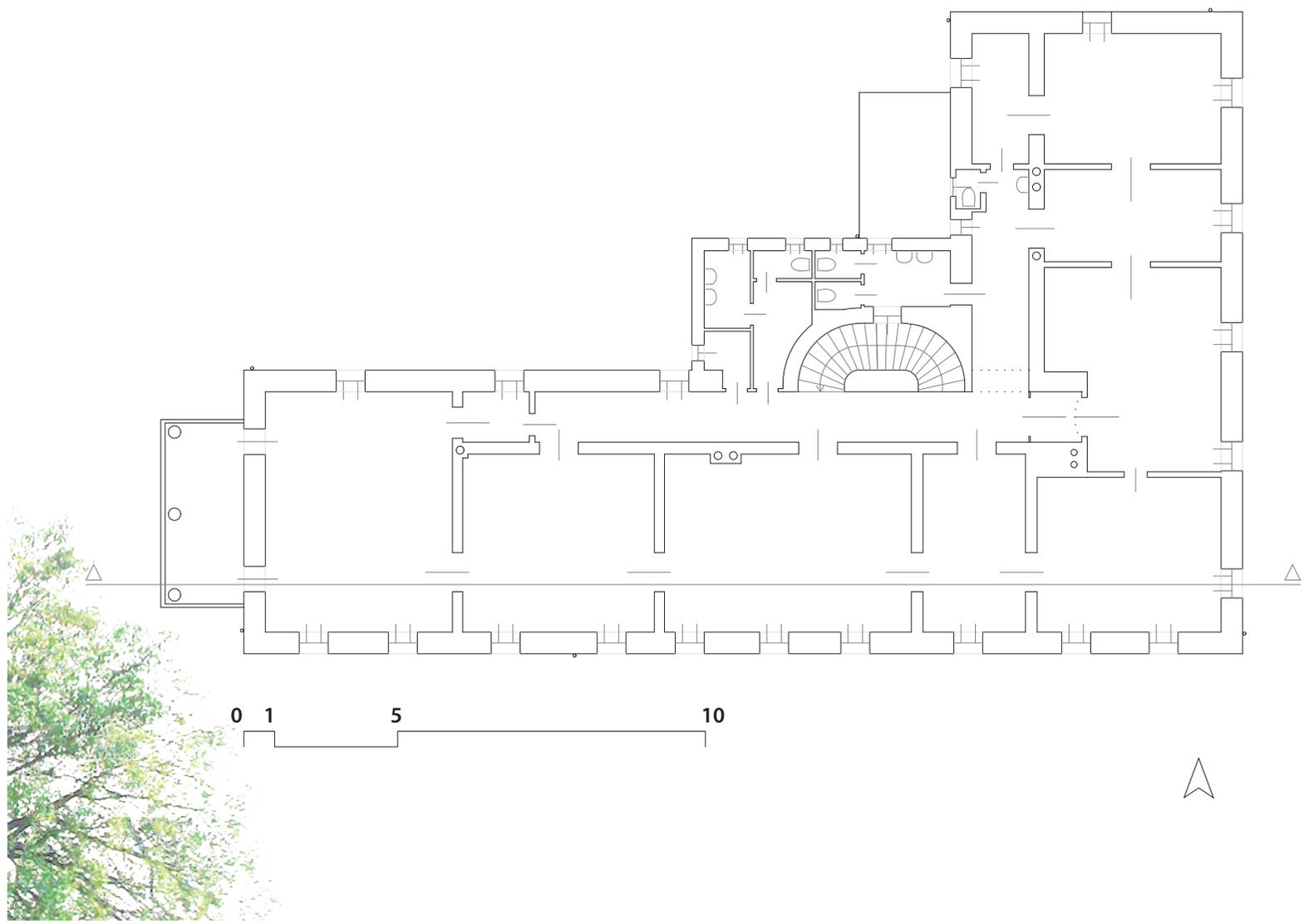
122 | Schnitt



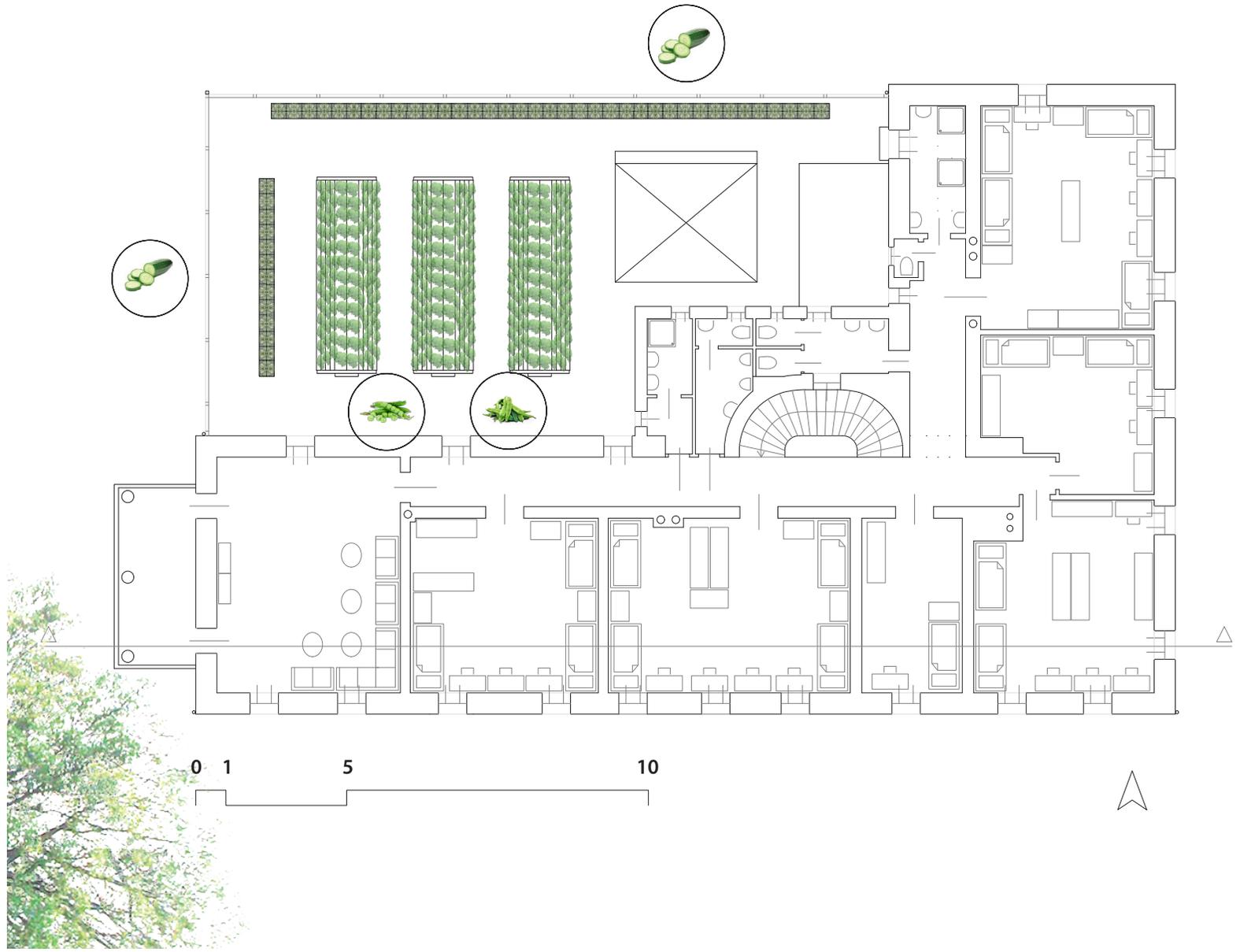
123 | Grundriss Erdgeschoß nach Plänen aus 1936



124 | Grundriss Erdgeschoß - Entwurf



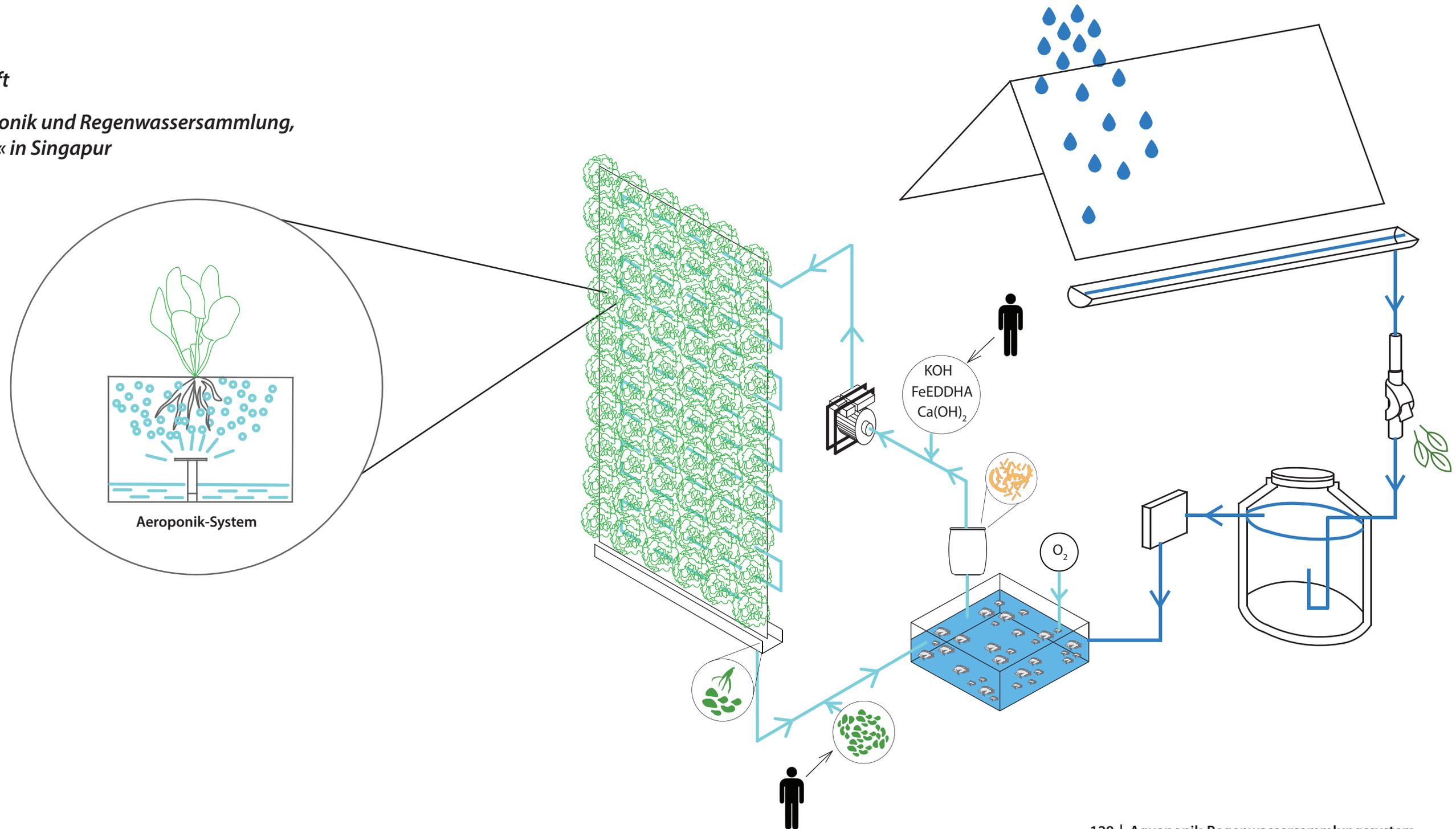
125 | Grundriss Obergeschoß nach Plänen aus 1936



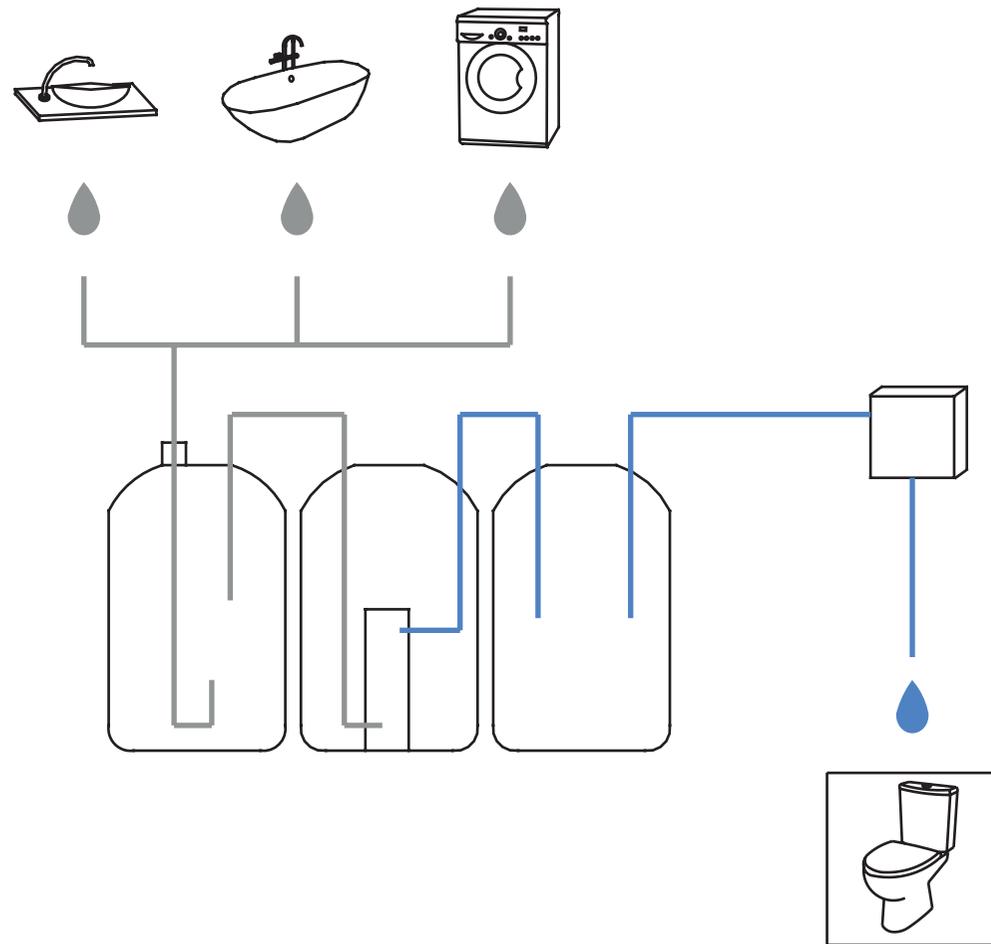
126 | Grundriss Obergeschoß - Entwurf

Villa ② - System der vertikalen Landwirtschaft

Kombination aus Aquaponik, Aeroponik und Regenwassersammlung, in Form aus dem Projekt »Sky Green« in Singapur



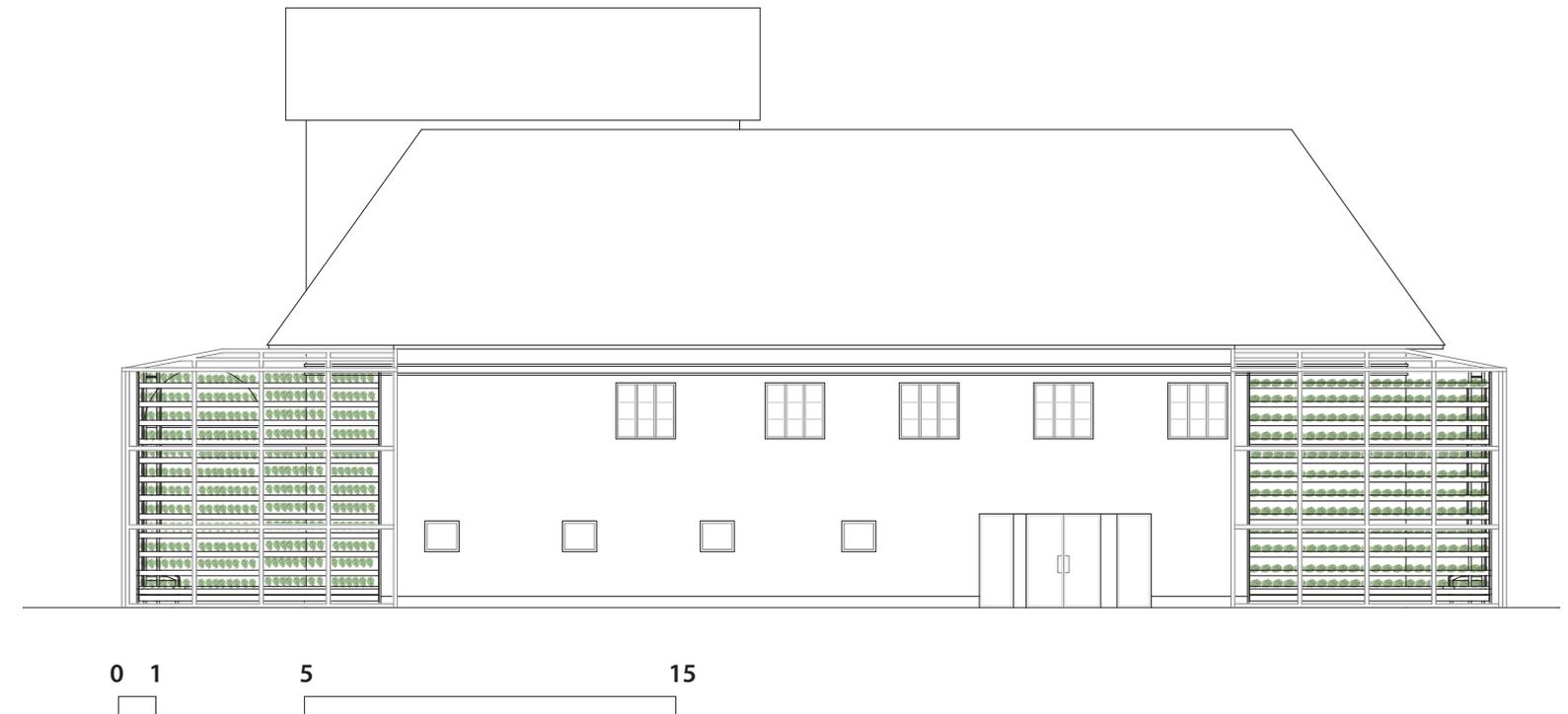
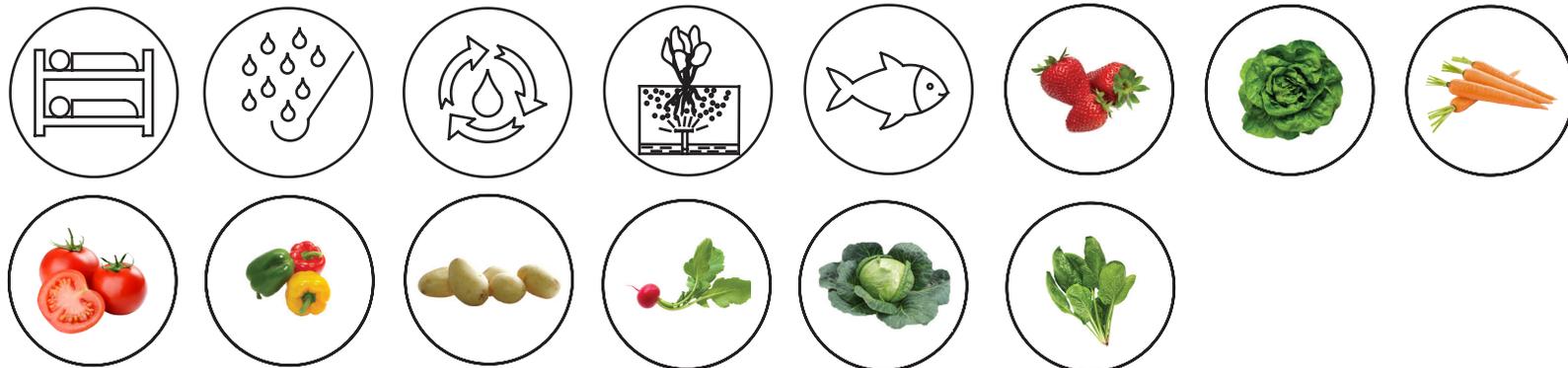
Villa ② - System der Grauwasserwiederverwendung



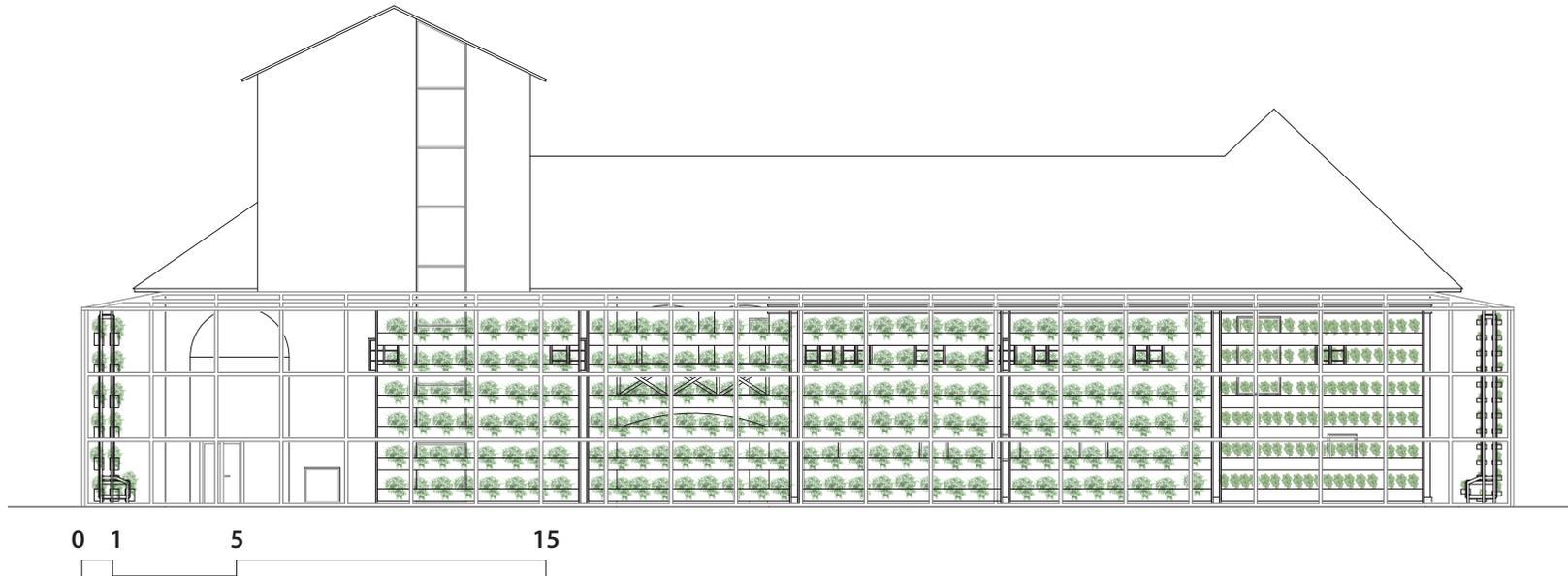
Wirtschaftsgebäude ③



131 | Ansicht Nord - Ost



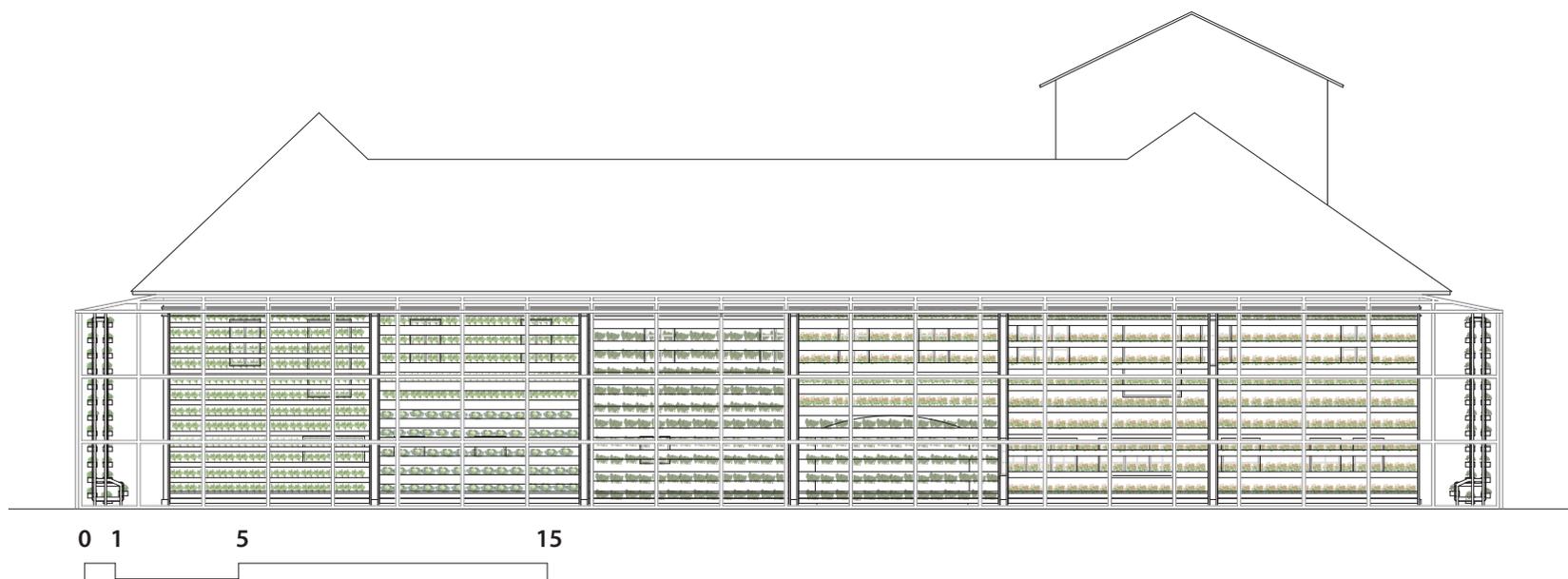
132 | Ansicht Nord



133 | Ansicht Ost



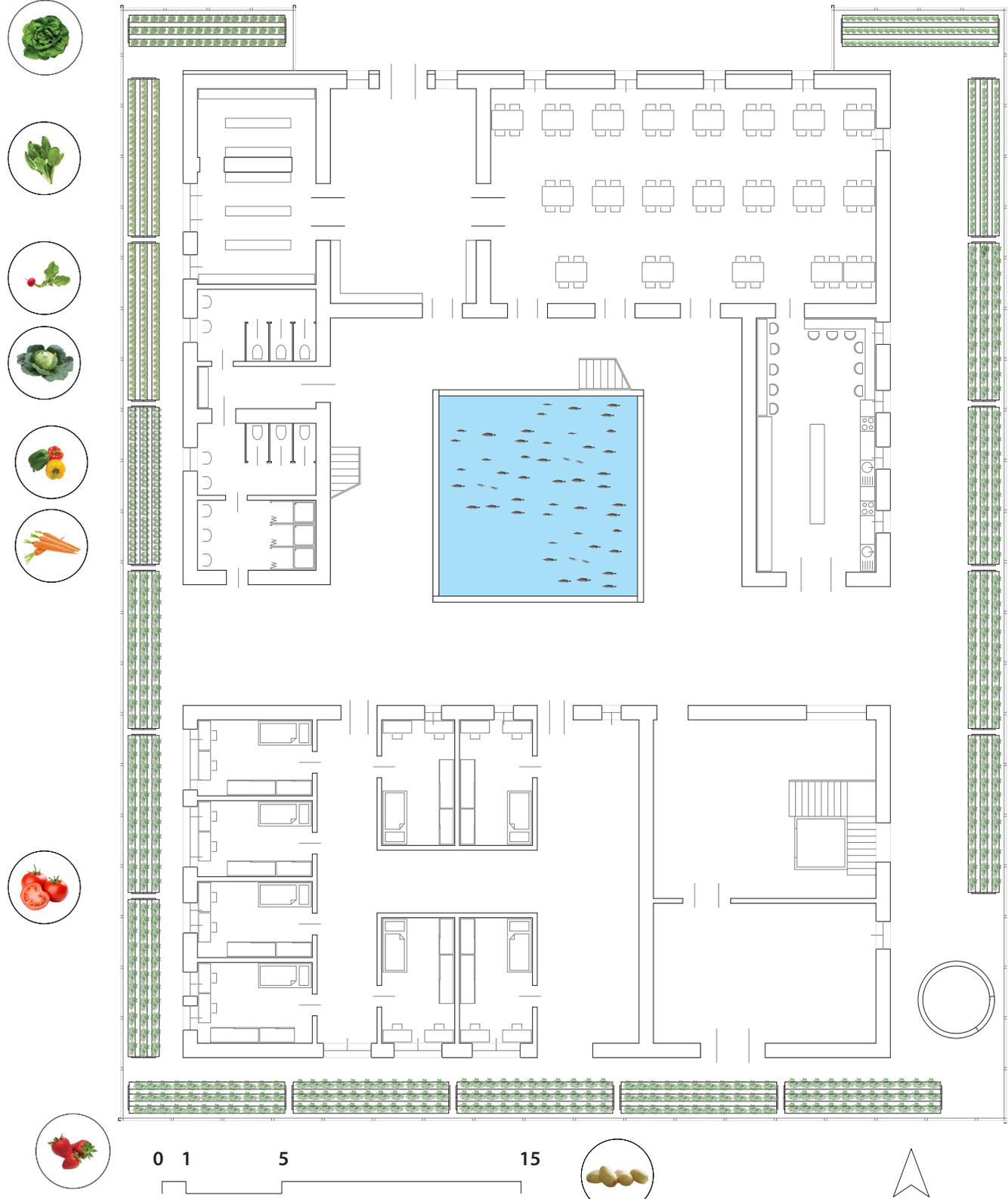
134 | Ansicht Süd



135 | Ansicht West



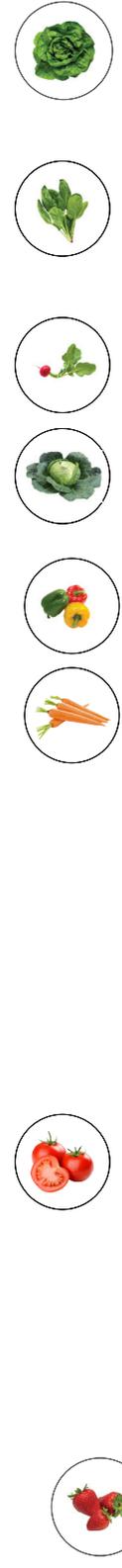
136 | Ansicht Innenhof mit Aquarium



137 | Grundriss Erdgeschoß - Entwurf

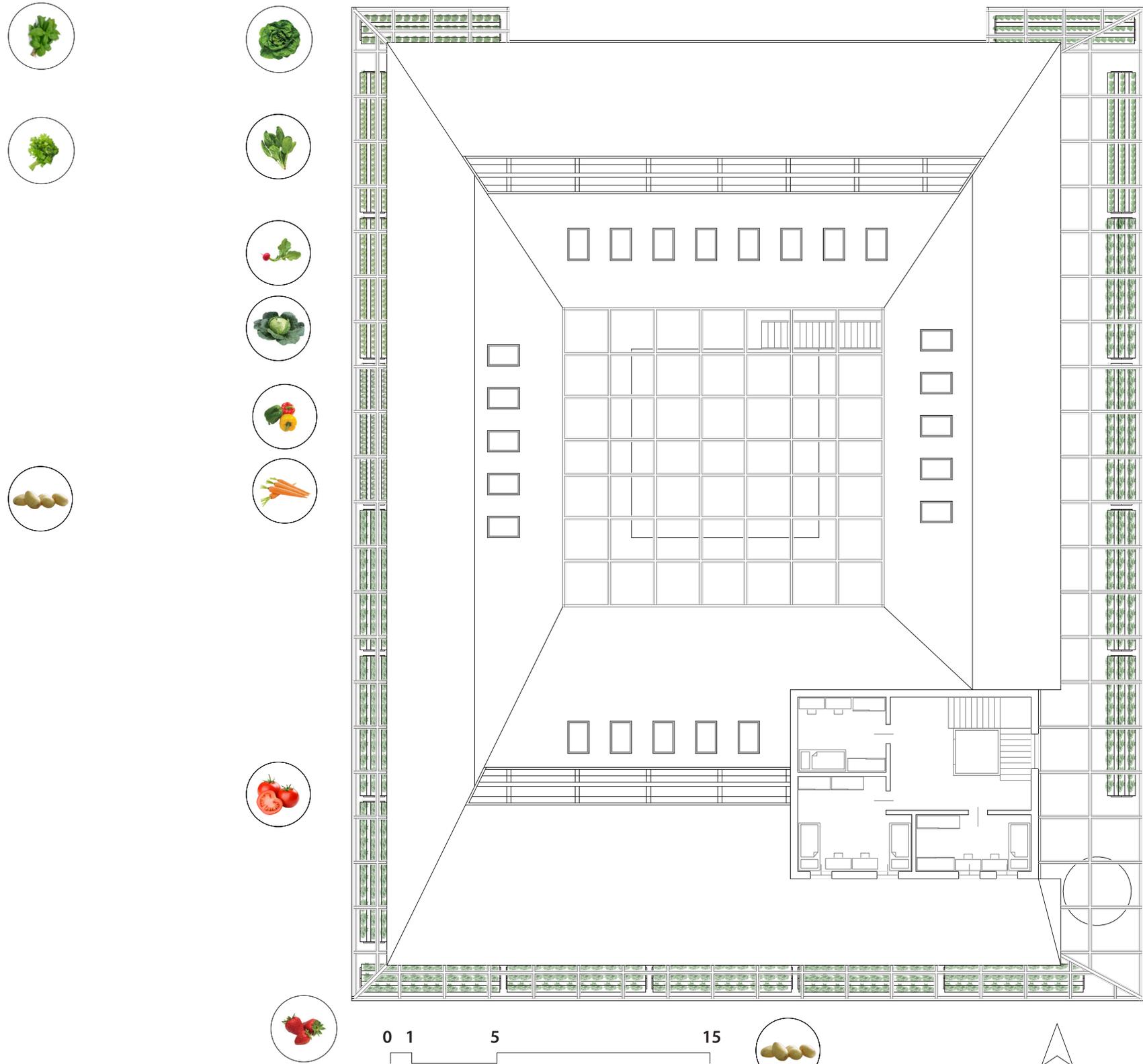


138 | Grundriss 1. Obergeschoß - Entwurf





139 | Grundriss 2. Obergeschoß - Entwurf



140 | Grundriss 3. Obergeschoß - Entwurf



141 | Innenhof



142 | Ansicht aus Innenhof nach Osten



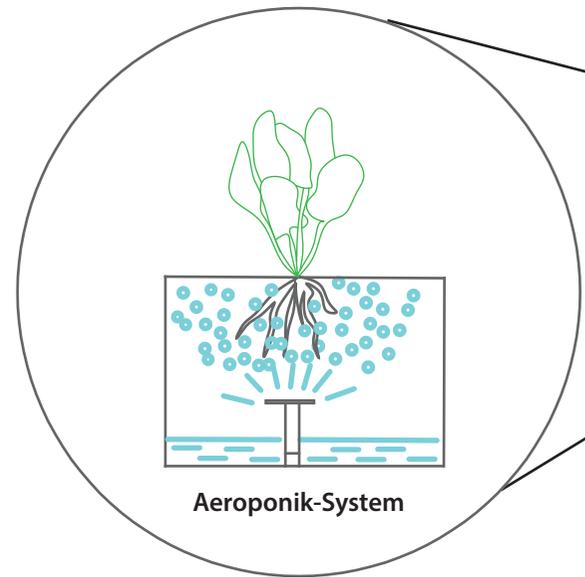
143 | Ansicht Ost



144 | Ansicht zum Innenhof nach Westen

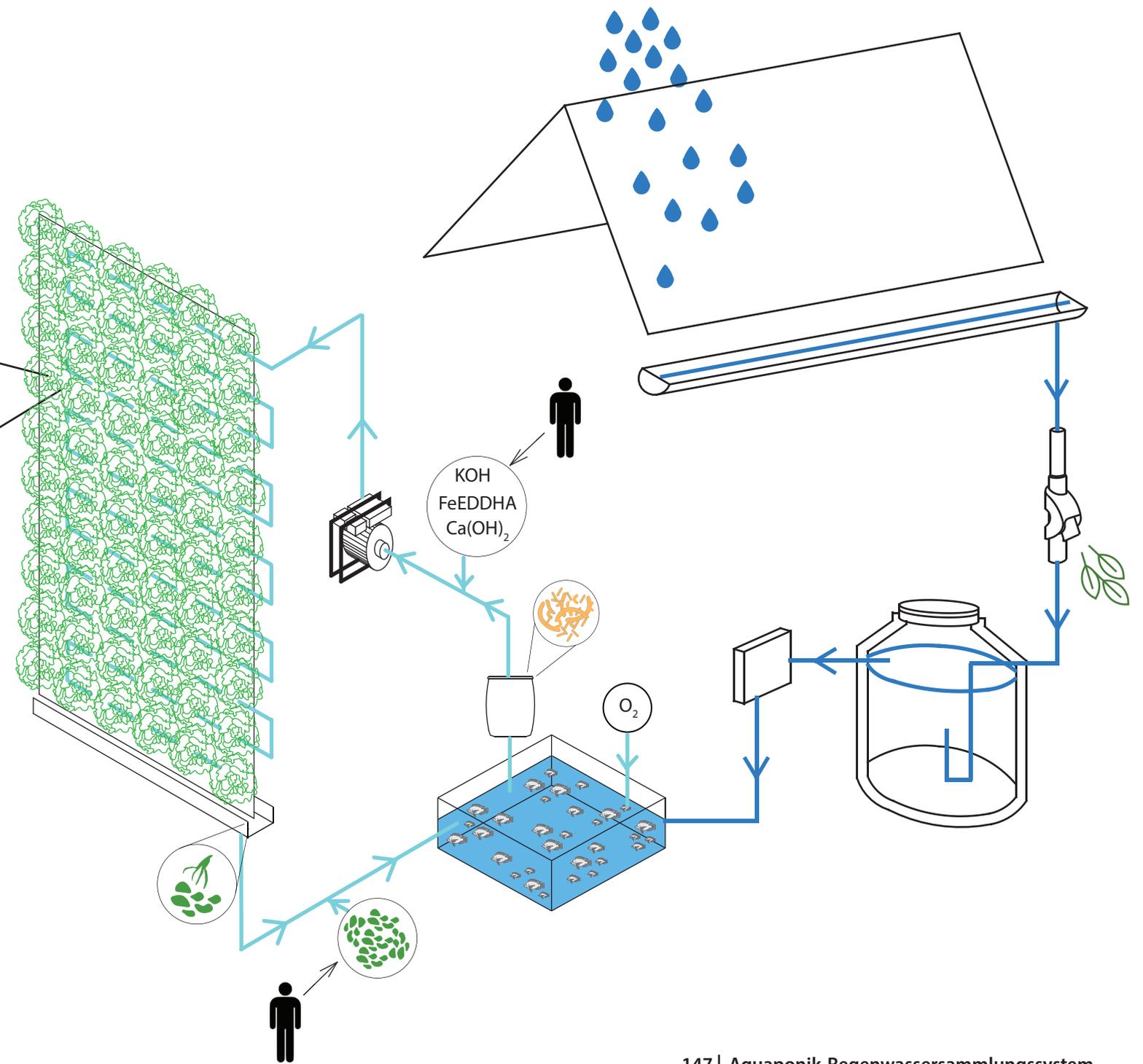
Wirtschaftsgebäude ③ - System der vertikalen Landwirtschaft

Kombination aus Aquaponik, Aeroponik und Regenwassersammlung, in Form aus dem Projekt »Vertical Harvest« in Wyoming, USA



146 | Horizontale Elemente des Systems

145 | »Vertical Harvest« in Wyoming, USA



147 | Aquaponik-Regenwassersammlungssystem

Fazit

Mit Berücksichtigung der nachhaltigen Architektur wurde die konzeptuelle Idee über selbstversorgungsfähigen Schüler und Studentenwohnheim verwirklicht.

Durch Modernisierung der historischen Gebäuden und Einbau der Systeme für die vertikale Landwirtschaft: Hydro-, Aqua- und Aeroponik ist eine Menge von Nahrungsmittelproduktion entstanden, die nicht nur für die Schüler, sondern sogar für Verkauf möglich ist.

Sparsame Nutzung des Pflanzenraumes und moderne Gestaltung ergibt eine attraktive Wohnklima, die auch für äußere Besucher anziehend ist.

Die klassische, traditionelle Nahrungsmittelproduktion ergibt wesentlich kleinere Mengen und verbraucht dabei wesentlich mehr Platz.

Der sozialer Vorteil ist nicht zu vernachlässigen, da die Schüler tagtäglich neues erkunden, sich gesünder ernähren und lernen die Umwelt zu respektieren.

Verbindung der fortgeschrittenen Technologie mit der Renovierung und Respekt zu den historischen Gebäuden resultierte in ein allseitiges positives Ergebnis.

5 Anhang

Bücher

Cramer, Johannes/Breitling, Stefan: Architektur im Bestand. Planung Entwurf Ausführung, Basel 2007

Hegger, Manfred und Johannes/Fafflok, Caroline u.a. (Hg.): Aktivhaus das Grundlagenwerk. Vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013

Kishnani, Nirmal: Greening Asia. Emerging Principles for Sustainable Architecture, Singapore 2012

Powell, Kenneth: Bauen im Bestand, Stuttgart 1999

Rathmanner, Johann: Altbau-Sanierung. Gebäude richtig und nachhaltig revitalisieren, Graz 2011

Streck, Stefanie: Wohngebäudeerneuerung. Nachhaltige Optimierung im Wohnungsbestand, Heidelberg 2011

Aufsätze

Jäger, Peter Frank: Im Dialog der Epochen. Einführung, in: Jäger, Peter Frank (Hg.): Alt & Neu. Entwurfsbuch Bauen im Bestand, Basel 2010

Jessen, Johann/ Schneider, Jochem: Umnutzungen - total normal, in: Schittich, Christian (Hrsg.): Bauen im Bestand. Umnutzung Ergänzung Neuschöpfung, München, Basel (u.a.)2003

Moewes, Günther: Die grüne Wiese ist nicht grün, in: Schittich, Christian (Hrsg.): Bauen im Bestand. Umnutzung Ergänzung Neuschöpfung, München, Basel (u.a.)2003

Rakocy, James E./Shultz, R. Charlie u.a.: Aquaponic Production of Tilapia and Basil: Comparing a Batch and Staggered Cropping System, <http://uvi.edu/files/documents/Research_and_Public_Service/AES/Aquaculture/Tilapia_and_Basil.pdf>, in: <<http://uvi.edu/>>, 5.3.2016

Rakocy, James E./ Masser, Michael P./Losordo, Thomas M. : Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture, <<http://www2.ca.uky.edu/wkrec/454fs.PDF>>, 6.3.2016

Sušnik, Stane: Zeleni stroj iz Bronxa, in: Zeleni raj, marec 2016, 2

Internetquellen

Aero Farms: Our Technology, <<http://aerofarms.com/why/technology/>>, in: <<http://aerofarms.com/>>, 13.1.2016

AGINTEC: Aquaponic, <<http://www.agintec.de/aquaponic.aspx>>, in: <<http://www.agintec.de/home.aspx>>, 15.1.2016

Aquakulturinfo: Aquaponik, <<http://www.aquakulturinfo.de/index.php/Aquaponik.html>>, in: <<http://www.aquakulturinfo.de/index.php/STARTSEITE.html>>, 15.1.2016

Aquaponik Austria, <<http://www.aquaponik-aquaponics.at/DE/>>, in: <<http://www.aquaponik-aquaponics.at/DE/>>, 13.1.2016

Aquaponics Deutschland e.V.: Was versteht man unter der Aquaponik?, <<http://www.aquaponics-deutschland.de/>>, in: <<http://www.aquaponics-deutschland.de/>>, 15.1.2016

Armex, <<http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si/dezevnica-2015.pdf>>, in: <<http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si/>>, 2.12.2015

Brot für die Welt, <https://www.brot-fuer-die-welt.de/fileadmin/mediapool/2_Downloads/Themen/Ernaehrung/Arbeitsheft_Niemand_istst_fuer_sich_allein.pdf>, in: <<https://www.brot-fuer-die-welt.de/>>, 2.12.2015

Chiang, Richard: Cost/Benefit Analysis of Aquaponic Systems, <<http://www.backyardaquaponics.com/Travis/CostBenefitAnalysisofAquaponicSystems.pdf>> in: <<http://www.backyardaquaponics.com/>>, 1.3.2016

Climate Institute: Agriculture, <<http://www.climate.org/topics/agriculture.html>>, in: <<http://www.climate.org/index.html>>, 27.12.2015

Climate Institute: Energy, <<http://www.climate.org/topics/clean-energy/index.html>>, in: <<http://www.climate.org/index.html>>, 20.1.2016

Climate Institute: Renewable and alternative energy, <<http://www.climate.org/topics/clean-energy/renewable-alternative-energy.html>>, in: <<http://www.climate.org/index.html>>, 20.1.2016

Climate Institute: Solar energy, <<http://www.climate.org/topics/clean-energy/solar.html>>, in: <<http://www.climate.org/index.html>>, 20.1.2016

Despommier, Dickson: The Vertical Essay <http://www.verticalfarm.com/?page_id=36>, in: <<http://www.verticalfarm.com/>>, 10.1.2016

Dr. Georg, Stefan: Kritik an der Photovoltaik, <<http://www.wiin-energie.de/kritik-an-photovoltaik/>> in: <<http://www.wiin-energie.de/>>, 22.4.2016

Dr. Wirth, Harry: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, <<https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>> in: <<https://www.ise.fraunhofer.de/de/>>, 22.4.2016

EcoWatch: <<http://ecowatch.com/2015/09/11/sky-greens-vertical-farm/>>, in: <<http://ecowatch.com/>>, 10.3.2016

Encyclopedia Britannica, <<http://www.britannica.com/art/green-architecture>>, in: <<http://www.britannica.com/>>, 23.01.2016

encyclopedia.com: Food Production, <http://www.encyclopedia.com/topic/Food_Production.aspx>, in: <<http://www.encyclopedia.com/>>, 12.1.2016

energy.gov, <<http://energy.gov/eere/energybasics/articles/photovoltaic-system-basics>>, in: <<http://energy.gov/eere/energybasics/energy-basics>>, 16.1.2016

Environment Protection Authority Victoria: Rainwater use in and around the home, <<http://www.epa.vic.gov.au/~media/Publications/DSE0603.pdf>>, in: <<http://www.epa.vic.gov.au/>>, 1.12.2015

EWE: Lassen Sie ein paar Vorteile einfließen, <<https://www.ewe.de/~media/ewe/internet/documents/01-energie/05-anleitungen-und-service/energiespartipps/energiespartipps-regenwasser-grauwasser.pdf>>, in: <<https://www.ewe.de/>>, 10.12.2015

ewuaqua: Grauwassernutzung, <http://www.ewu-aqua.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/Grauwasser-broschuere_01.pdf>, in: <<http://www.ewu-aqua.de/>>, 10.12.2015

ewuaqua: FAQ zur Regenwassernutzung, <http://www.ewu-aqua.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/FAQ_Regenwasser_01.pdf>, in: <<http://www.ewu-aqua.de/>>, 29.11.2015

ewuaqua: Regenwassernutzung, <http://www.ewu-aqua.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/Regenwasserbroschuere_04.pdf>, in: <<http://www.ewu-aqua.de/>>, 29.11.2015

Five Borough Farm: What is urban agriculture?, <<http://www.fiveboroughfarm.org/what-is-urban-agriculture/>>, in: <<http://www.fiveboroughfarm.org/>>, 10.1.2016

Food and Agriculture Organization of the United Nations: Urban agriculture, <<http://www.fao.org/urban-agriculture/en/>>, in: <<http://www.fao.org/home/en/>>, 7.1.2016

Global Footprint Network: Der Footprint im Überblick <http://www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/>, in: <<http://www.footprintnetwork.org/de/>>, 21.11.2015

Global Footprint Network: Glossar <<http://www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/glossary/>>, in: <<http://www.footprintnetwork.org/de/>>, 21.11.2015

Global Footprint Network: Ecological Footprint per Capita <http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/>, in: <<http://www.footprintnetwork.org/de/>>, 21.11.2015

Helmich, Ulrich: Wachstum der Menschheit, <<http://www.u-helmich.de/bio/oek/oek02/demoek2.html>>, in: <<http://www.u-helmich.de/>>, 20.11.2015

Hochschule Wädenswil: Aquaponic. Kreislaufanlagen in der Fischzucht als Lernmodell für Kinder, <http://www.play-with-water.ch/d4/documents/doc_10.pdf>, 6.3.2016

Iowa State University, <https://www.extension.iastate.edu/forestry/tri_state/tristate_2014/talks/PDFs/Aquaponic_System_Design_and_Management.pdf>, in <<https://www.extension.iastate.edu/>>, 10.2.2016

Jones, Sam/Anderson Mark: Global population set to hit 9.7 billion people by 2050 despite fall in fertility, in: theguardian, 2015, <Jones, Sam/Anderson Mark: Global population set to hit 9.7 billion people by 2050 despite fall in fertility theguardian.com/.../un-world-population-prospects-the-2015-revision-9-7-billion-2050-fertility>, in: <<http://www.theguardian.com/international>>, 10.1.2016

Jungblut, Indra: Urban Gardening - Mit Gärten unsere Städte verändern, in: RESET, (2012), <<https://reset.org/knowledge/urban-gardening-eine-andere-welt-ist-pflanzbar?gclid=CNrqtW-8kCFRcYGwodG7cFNQ>>, in: <<https://reset.org/>>, 8.1.2016

KonsUmwelt: Nahrungsmittelproduktion und - verschwendung, <http://www.going-green.info/fileadmin/dateiupload/KonsUmwelt/Bildungsmappe_II_Nahrungsmittelproduktion_und_-_verschwendung.pdf>, in: <<http://www.going-green.info/startseite/>>, 2.1.2015

Lebensmittellexikon: Trinkwasser, <<http://www.lebensmittellexikon.de/t0001130.php>>, in: <<https://www.lebensmittellexikon.de/>> 25.11.2015

mangrove, <<http://www.mangro.net/cms/de/19/Vor-und-Nachteile-von-Pflanzenklaeranlagen>>, in: <<http://www.mangro.net/cms/de/7/Startseite>>, 28.2.2016

mangrove, <<http://www.mangro.net/cms/de/20/Verfahrenstechnik-von-Pflanzenklaeranlagen>>, in: <<http://www.mangro.net/cms/de/7/Startseite>> 28.2.2016

Mikroklima und Wohlbefinden: Thermischer Komfort, <<http://www.gruenstadtklima.at/mikro.htm>>, in: <<http://www.gruenstadtklima.at/>>, 2.3.2016

Novak, Celeste Allen: Harvesting Rain: System Design for Strategic Rainwater Capture , <http://continuingeducation.bnppmedia.com/article_print.php?L=242&C=760&P=3>, in: <<http://continuingeducation.bnppmedia.com/>>, 25.11.2015

Pflanzenforschung.de: Vertical Farming, <<http://www.pflanzenforschung.de/de/themen/lexikon/vertical-farming-10036>>, in: <<http://www.pflanzenforschung.de/de/startseite/>>, 12.1.2016

Planet Earth Herald: Top 10 Environmental Issues Facing Our Planet, <<http://planetearthherald.com/top-10-environmental-issues/>>, in: <<http://planetearthherald.com/>>, 26.8.2015

Regelsberger, Martin: Grauwasser - eine sichere Wasserquelle, <www.aee.at/aee/index.php?option=com_content&view=article&id=330&Itemid=113>, in: <<http://www.aee.at/aee/index.php>>, 14.12.2015

RUAF Foundation: Urban agriculture: what and why?, <<http://www.ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why/>>, in: <<http://www.ruaf.org/>>, 6.1.2016

Telepolis: <<http://www.heise.de/tp/artikel/44/44771/1.html>> in: <<http://www.heise.de/tp/>>, 20.4.2016

Texas A&M AgriLife Extension: Raingardens, <<http://rainwaterharvesting.tamu.edu/raingardens/>>, in: <<http://agrillifeextension.tamu.edu/>>, 5.12.2015

The University of Arizona: Controlled Environment Agriculture Center, <<http://ag.arizona.edu/ceac/sites/ag.arizona.edu.ceac/files/Eric%20Highfield%20PLANT%20presentation%20short%20course.pdf>>, in: <<http://ceac.arizona.edu/>>, 15.2.2016

Urban Agriculture: Urban produce Virtual Tour, (1.12.2015), <<http://www.microbe.tv/urbanag/>>, in: <<http://www.microbe.tv/>>, 13.1.2016

Vidal, John: Millions face starvation as world warms, say scientists, in: The Guardian: The Observer, (13.4.2013), <<http://www.theguardian.com/global-development/2013/apr/13/climate-change-millions-starvation-scientists>>, in: <<http://www.theguardian.com/international>>, 4.1.2016

Wasserverband Südliches Burgenland: Wasserhärte, <<http://www.wvsb.at/wasserhaerte.htm>>, in: <<http://www.wvsb.at/>>, 26.11.2015

Weiss, Marlene: Zehn Milliarden kleine Farmen, in: Süddeutsche Zeitung, (1. 4.2015), <<http://www.sueddeutsche.de/wissen/ernaehrung-in-der-zukunft-zehn-milliarden-kleine-farmen-1.2419527>>, in: <<http://www.sueddeutsche.de/>>, 5.1.2016

Wikipedia: Grauwasser, <<https://de.wikipedia.org/wiki/Grauwasser>>, in: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>>, 12.12.2015

Wikipedia: Nachhaltigkeit, <<https://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit>>, in: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>>, 27.10.2015

Wikipedia: Urbane Landwirtschaft, <https://de.wikipedia.org/wiki/Urbane_Landwirtschaft>, in: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>>, 10.1.2016

Wikipedia: Vertical Farming, <https://de.wikipedia.org/wiki/Vertical_Farming>, in: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>>, 12.1.2016

World Health Organization, <http://www.who.int/topics/drinking_water/en/>, in: <<http://www.who.int/en/>>, 28.11.2015

Worldometers, <<http://www.worldometers.info/water/>>, in: <<http://www.worldometers.info/>>, 29.11.2015

Welternährung: Klimawandel bedroht globale Nahrungsproduktion, in: Spiegel Online, (14.4.2013), <<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/welternahrung-klimawandel-bedroht-die-globale-nahrungsproduktion-a-894254.html>>, in: <<http://www.spiegel.de/>>, 5.1.2016

Bildverzeichnis

000 Titelseite

Oben rechts: Menschenmenge

Internetseite: <http://assets4.bigthink.com/system/idea_thumbnails/50694/primary/shutterstock_86973980.jpg?1368817721>, 14.5.2016

Mitte links: Luft

Internetseite: <<http://globe-views.com/dcim/dreams/sky/sky-04.jpg>>, 14.5.2016

Mitte rechts: Nahrungsmittel

Internetseite: <http://www.rawfoodlife.com/iStock_00000999916Small.jpg>, 14.5.2016

Unten links: Wasser

Internetseite: <<http://www.halsteadspringwater.com/wp-content/uploads/leafheader.jpg>>, 14.5.2016

001 Trinkwasser

Internetseite: <<http://www.naol.cc/news/na/2014/05/20-3.htm>>, 14.5.2016

002 Regenwassersammlung

Internetseite: <http://bilder.zuhause.de/b/55/71/63/40/id_55716340/tid_da/regenwassernutzung-die-billige-regen-tonne-ist-sinnvoller-als-eine-teure-regenwassernutzungsanlage-mit-zisterne-.jpg>, 20.4.2016

003 Vertikale Landwirtschaft

Internetseite: <<http://hydronic.online/wp-content/uploads/2016/04/vertical-hydroponic-garden-planter.jpg>>, 5.2.2016

004, 052 Aquaponik

Internetseite: <<http://www.ghe-blog.com/de/wp-content/uploads/sites/4/2013/03/Ko%C3%AFs-roots.jpg>>, 2.5.2016

005, 061 Produktion von erneuerbarer Energie - Wind und Solar

Internetseite: <<http://cenergypower.com/blog/wp-content/uploads/2013/11/Solar-and-Wind.jpg>>, 2.5.2016

006 Bauen im Bestand

Internetseite: <<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/e4/75/31/e47531800eb664973ceb1169b42ad845.jpg>>, 4.4.2016

007 Projekt

Eigenaufnahme

008 Weltbevölkerungswachstum

Eigengrafik

009 Ökologische Fußabdruck

Eigengrafik

010 Dr. Nirmal Kishnani

Internetseite: <<http://architectscorner.info/2014/02/25/dr-nirmal-kishnani-between-green-and-sustainable/>>, 15.2.2016

011 Verwendungszwecke des Trinkwassers

Eigengrafik

012 Ungefiltertes Wasser

Internetseite: <<http://www.waterbusiness.com/water-problems/>>, 15.2.2016

013 Trinkwasserqualität

Internetseite: <<http://www.naol.cc/news/na/2014/05/20-3.htm>>, 14.5.2016

014 Überschwemmung in Kopenhagen

Internetseite: <<http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2013/08/Copenhagen-Climate-Adaptation-Plan-1.jpg>>, 20.1.2016

015 Regengarten

Internetseite: <<http://www.statecollegepa.us/2502/Allen-Street-Rain-Gardens>>, 20.4.2016

016 Verwendungszweck des Regenwassers

Eigengrafik

017 Verwendungszweck des Regen- und Trinkwassers im Haushalt

Eigengrafik

018 Regenwassersammlungssystem

Eigengrafik

019 Reinigungsstufen

Internetseite: <

020 Wasserbehälter

Internetseite: <http://www.garantia.de/_files/media/produkte/Colymbus_Haus-Classic_befahrbar_1484x1024.jpg>, 15.2.2016

021 Regenwassersammlung auf dem Grundstück

Internetseite: <<http://www.dauphincd.org/swm/swmgmt.html>>, 15.2.2016

022 Regenwassersammlung auf dem Dach

Internetseite: <http://i.bnet.com/blogs/erichferdinand_rainon-roof.jpg>, 15.2.2016

023 Oben

Internetseite: <<http://www.dehoust.de/product.aspx?p=afarmTKa2UkkXh28%2FUvmhpd3VzhNHivrX8Ik9dufGIDwyo-TYK%2FWOWyb37VST0n%2FU>>, 14.2.2016

024 Grauwasserquellen und ihre Entnahmestellen

Eigengrafik

025 Phasen der Grauwasserfiltration

Eigengrafik nach: Internetseite: <<http://www.grauwasser-ewu.de/article/69>>, 16.2.2016

026 Auf rein mechanisch-biologischem Weg gereinigtes Grauwasser, ohne chemische Zusätze

Internetseite: <<http://dabonline.de/2009/08/01/ge-winn-durch-abwasser-recycling/>>, 15.2.2016

027 Grauwassersystem

Eigengrafik

028 Oben

Internetseite: <https://www.gls-spendenportal.de/tl_files/content/header-start-emotive/starthead_oekologische_landwirtschaft.jpg>, 1.3.2016

029 Dürrekatastrophen

Internetseite: <<http://www.manager-magazin.de/politik/weltwirtschaft/bild-849435-385208.html>>, 1.3.2016

030 Rohdung der Wälder

Internetseite: <<http://www.trend.at/wirtschaft/international/wwf-millionen-hektar-wald-rodung-5623591>>, 1.5.2016

031 Viehzucht

Internetseite: <<https://dairyxbred.files.wordpress.com/2012/02/heifers.jpg>>

032 Urbane Landwirtschaft

Internetseite: <http://www.greenroofs.com/projects/brooklyn_navy_yard_blg_no_3/brooklyn_navy_yard_blg_no_310.jpg>, 20.4.2016

033 Urbane Landwirtschaft

Internetseite: <<http://www.zimbio.com/pictures/UOmvLcLrNk-/Courtyard+Queens+Art+Gallery+Transformed+Public/CVS0m-DeE1eX>>, 2.4.2016

034 Biodiversität

Internetseite: <<http://austenassociates.ie/biodiversity-of-gardens/>>, 20.4.2016

035 Ernte bei urbaner Landwirtschaft

Internetseite: <http://greenbronxmachine.org/wp-content/uploads/2014/01/IMG_00051.jpg>, 10.5.2016

036 Bewässerung

Internetseite: <<http://www.rodalorganiclif.com/garden/beginners-guide-drip-irrigation>>, 1.5.2016

037 Hydroponik

Internetseite: <http://hubpages.com/food/Sustainable_Farming_Types_of_Hydroponic_Systems#slide3501381>, 1.5.2016

038 Gemeinschaftsgärten

Internetseite: <<http://news.stlpublicradio.org/post/st-louis-county-library-district-seeds-community-gardening-effort>>, 1.5.2016

039 Vertikale Landwirtschaft in Schulen

Internetseite: <<https://peopleexcitedaboutcoexistence.files.wordpress.com/2014/01/green-bronx-stephen-ritz-350.jpg>>, 1.5.2016

040 Organoponik

Internetseite: <<http://www.ecocultures.org/wp-content/uploads/2011/01/Urban-agriculture-in-Havana.jpg>>, 20.4.2016

041 Nachbarschaftsgärten

Internetseite: <<https://nachbarschaftsgarten.files.wordpress.com/2008/05/pressetermin.jpg>>, 1.5.2016

042 Interkulturelle Gärten

Internetseite: <<http://prinzessinnengarten.net/wp-content/uploads/2012/04/1204naunynstrasse.jpg>>

043 Guerilla Gardening

Internetseite: <http://www.gartenakademie.org/?page_id=1304>, 1.5.2016

044 Vertikale Landwirtschaft in der horizontalen Aufstockung

Internetseite: <<https://www.linkedin.com/pulse/east-meets-west-vertical-farming-summit-beijing-china-gordon-smith>>, 1.5.2016

045 Vertikale Landwirtschaft in der vertikalen Aufstockung

Eigenaufnahme

046 Hydroponik-System

Eigengrafik

047 Vertikale Landwirtschaft für Weltall

Internetseite: <<http://www.greenpacks.org/2009/09/21/omega-hydroponic-garden-claims-more-yield-for-less-energy/>>, 20.4.2016

048 Hydroponik-System

Internetseite: <<http://guardianlv.com/2015/06/nasa-created-alien-herb-vegetation/>>, 1.5.2016

049, 114, 115, 127, 146 Sky Green

Internetseite: <https://sciencedatacloud.files.wordpress.com/2014/11/vertical_farming_2_skygreens_vertical_farm.jpg>, 1.5.2016

050 Tabelle verschiedener Systeme der vertikalen Landwirtschaft

Internetseite: <http://ston.jsc.nasa.gov/collections/trs/_techrep/CR-2004-208941.pdf>

051 Stoffwechsel zwischen Fischen und Pflanzen

Eigengrafik

053 Aquaponik

Internetseite: <<http://www.ghe-blog.com/de/wp-content/uploads/sites/4/2013/03/Ko%C3%AFs-roots.jpg>>, 2.5.2016

054 Aquaponik-System

Eigengrafik

055 Pureline

Internetseite: <<http://nwtilapia.com/ourbreeds.html>>, 2.5.2016

056 Silver perch

Internetseite: <<http://www.macriverwatch.org.au/threatened-species.htm>>, 2.5.2016

057 Asischer Seebarsch - Barramundi

Internetseite: <<http://www.tnaqua.org/our-animals/fish/barramundi>>, 2.5.2016

058 Vermehrungszyklus von Tilapia

Eigengrafik

059 Funktionen der Pflanzen in der Stadt

Eigengrafik

060 Oben

Internetseite: <<http://www.marco-buelow.de/ausschussarbeit/energie-allgemein.html>>, 2.5.2016

062 Photovoltaikanlage

Internetseite: <<http://www.webel.at/assets/images/pv-aufdach-280.jpg>>, 2.5.2016

063 Photovoltaikmodule

Internetseite: <<http://de.solarcontact.com/photovoltaik/pv-module>>, 2.5.2016

064 Flachkollektoren

Internetseite: <http://www.wilfert-heizungsbau.de/images/_Wilfert/leistungen/Heizung/1616_SKN-4_flachkollektoren_indach.jpg>, 3.5.2016

065 Bauen im Bestand

Internetseite: <<http://www.akbw.de/service/bauen-im-bestand.html>>, 3.5.2016

**066 Kruisherhotel, Maastricht
SATIJNplus Architecten**

Internetseite: <<http://www.qlhotels.com/de/niederlande/limburg/maastricht/kruisherhotel-maastricht/>>

067 Richard Rogers

Internetseite: <http://images.adsttc.com/media/images/5418/84c3/c07a/80ed/f500/0021/large_jpg/lend.jpg?1410892988>, 3.5.2016

068 Altstadt Maribor

Internetseite: <<http://img.geo.de/div/image/70712/maribor-gross.jpg>>, 3.5.2016

**069 Castelvecchio Museum, Verona
Carlo Scarpa**

Internetseite: <<http://archiobjects.org/museo-castelvecchio-verona-italy-carlo-scarpa/>>, 3.5.2016

**070 Andel's Lodz, Lodz
Jestico + Whiles**

Internetseite: <<http://ecola-award.eu/en/project/nb/andels-lodz>>, 3.5.2016

071 David Chipperfield

Internetseite: <<http://www.hitcmlyius.co.uk/designer/sir-david-chipperfield/>>, 3.5.2016

**072 New River Bank Barn, Lessburg
Blackburn Architects**

Internetseite: <<http://www.houzz.de/photos/334128/german-style-bank-barn-conversion-landhausstil-esszimmer-cleveland>>, 3.5.2016

**073 Canadian Museum of Nature, Ottawa
KPMB Architects**

Internetseite: <<http://nature.ca/en/about-us/products-services/facility-rentals/rooms>>, 4.5.2016

**074 Hof Alpenjuwel, Nauders
Karl Stecher**

Internetseite: <[http://www.polak-mediaservice.at/index.php?id=1250&tx_ttnews\[tt_news\]=1315](http://www.polak-mediaservice.at/index.php?id=1250&tx_ttnews[tt_news]=1315)>5.5.2016

075 Oben rechts

Internetseite: <<http://www.stuckateur-ade.de/leistungsspektrum-denkmalpflege.html>>20.2.2016

**076 Deutsches Historisches Museum, Berlin
I.M. Pei**

Internetseite: <<https://coveredstreet.wordpress.com/2010/04/18/german-historical-museum-berlin/>>, 6.5.2016

077 Dämmen der Fassade

Internetseite: <<http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/modernisierung-haus/nachtraegliche-waermedaemmung/aussendaemmung-am-haus.html>>, 6.5.2016

078 Dämmen von Innenräumen

Internetseite: <<http://www.n24.de/n24/Nachrichten/Panorama/d/394216/damit-es-dem-altbau-warm-wird--daemmen-spart-heizenergie.html>>, 6.5.2015

079 Integration der PV-Module in Dachziegel

Internetseite: <<http://www.bauwohnlwelt.at/bauen-und-wohnen/renovieren/heizung-wasser/solarziegel-die-clevere-alternative-zu-herk%C3%B6mmlichen-solarzellen/>>, 6.5.2016

080 Luigi Snozzi

Internetseite: <<http://jadorelunettes.com/tag/ikonen/>>, 5.5.2016

081 Oben

Internetseite: <<http://www.nationalgeographic.de/thumbnails/mainpicture/59/43/02/wie-geht-es-dem-deutschen-wald-main-24359.jpg>>, 6.5.2016

082 Europa

Internetseite: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Europe_satellite_orthographic.jpg>, 20.4.2016

083 Slowenien

Internetseite: <<http://ekoglobal.net/sto-predstavljaja-zelene-zgled-slovenskega-turizma/>>, 20.4.2016

084 Celje, Medlog

Zoom-in: Google-Maps, 3.3.2016

Simbole

Eigengrafik

085 - 113

Eigenaufnahmen und Eigengrafik

Bestandspläne nach: Zgodovinski arhiv Celje, SI_ZAC/1022,Z-
birka načrtov 1881-1964, Vrtnarska šola v Medlogu/ mestno
zavetišče/, 1936

116 - 126

Eigenaufnahmen und Eigengrafik

Bestandspläne nach: Zgodovinski arhiv Celje, SI_ZAC/1022,Z-
birka načrtov 1881-1964, Vrtnarska šola v Medlogu/ mestno
zavetišče/, 1936

128 - 144

Eigenaufnahmen und Eigengrafik

Bestandspläne nach: Zgodovinski arhiv Celje, SI_ZAC/1022,Z-
birka načrtov 1881-1964, Vrtnarska šola v Medlogu/ mestno
zavetišče/, 1936

145 »Vertical Harvest« in Wyoming, USA

Internetseite: < https://cdn3.vox-cdn.com/thumbor/kN3u8IJXf_b8gC6sQ4EWd-o08A=/cdn0.vox-cdn.com/uploads/chorus_asset/file/3448684/greenhouse2.0.jpeg>, 10.5.2016

Tabelleninfos

Henne, <<http://www.junghenne.ch/2013/11/11/ich-m%C3%B6chte-h%C3%BChner-halten-an-was-muss-ich-denken>>, 5.4.2016

Ziegen, <https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&es-rc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiOlq_alNtLAhXp83IKHcLNDAUQFg-gaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tierschutz-tvt.de%2Findex.php%3Fid%3Dmerkblaetter%26elD%3Dtx_rtgfiles_download%26tx_rtgfiles_pi1%255Buid%255D%3D21&usg=AFQjCN-HxZI7DF1jUoLClxlg6nDc15PI5Zg&sig2=OaMozKz2m4_n14dNY-herXw>, 5.4.2016

Pro-Kopf-Verbrauch pflanzlicher Produkte, <<https://www.lko.at/?+2-34-Pro-Kopf-Verbrauch-pflanzlicher-Produkte+&id=2500,,1644178,,eF9NwV9NRE9DWzBdPTE4MDQ0MTYm-c1F1PSUyNXNRdSUyNSZtb2RIPW5leHQmcGFnaW5nPXllc19fN-DAmcmVpdGVyPWFsbCZiYWNRpTE>>, 1.4.2016

Statistik Austria, 20.4.2016

Kalorientabelle, <<http://www.kalorientabelle.net/>>, 7.4.2016

Gemüseinfos, < <http://www.anbeeten.de/index.php?id=17>>, 15.4.2016

Daily Calorie Intake Per Capita <<http://chartsbin.com/view/1150>>,14.2.2016

Gemüseinfos, <<http://www.bio-gaertner.de/>>, 15.4.2016

Aeroponic: Gemüse und Obst, <<http://aeroponicinternational.com/>>, 16.4.2016

