

[p3]-Werkstatt gGmbH
Oltmannsstraße 30
79100 Freiburg



Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

Projekt 2019-11

„Transformation von (Umwelt-)Bildung, Ausbildungsvorbereitung und regionale Ernährungssysteme mit Aquaponik“

Abschlussbericht



Erstellungsdatum März 2021

Ansprechpartner

David Rösch
david.roesch@p3-werkstatt.de

Bert Wiechmann
bert.wiechmann@p3-werkstatt.de

Website

www.p3-werkstatt.de



Inhalt

INHALT	1
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	3
TABELLENVERZEICHNIS.....	4
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	5
1 PROJEKTÜBERBLICK	7
1.1 KURZBESCHREIBUNG UND ZIELSETZUNG.....	7
1.2 AUSGANGSLAGE.....	7
1.3 CHANCEN UND RISIKEN DES VORHABENS	8
1.4 ENTWICKLUNG TEAM UND AUFBAU NETZWERK	9
1.5 KURZEINFÜHRUNG HYDROPONIK.....	9
2 VORGEHENSWEISE: PROJEKTBLAUF UND PROJEKTBESCHREIBUNG.....	12
2.1 ZEITLICHER ÜBERBLICK, MEILENSTEINE, VORGEHENSWEISE.....	12
2.2 TECHNISCHE ENTWICKLUNG: BESCHREIBUNG DER ANLAGEN	13
2.2.1 <i>Landesgartenschau-Ausstellungsmodell</i>	13
2.2.1.1 Erster Durchlauf Mai 2019.....	14
2.2.1.2 Zweiter Durchlauf Oktober 2019.....	14
2.2.1.2.1 Variation verschiedener pH-Reduzierer.....	14
2.2.2 <i>Gewächshaus</i>	17
2.2.3 <i>A-Frames</i>	20
2.2.4 <i>Deep Water culture (DWC)</i>	21
2.2.5 <i>Deep Flow Technique (DFT)</i>	23
2.2.6 <i>Aquaponik-Prototyp</i>	24
2.3 PÄDAGOGISCHE ENTWICKLUNG: AUSBAU UND ANGEBOTE.....	26
2.3.1 <i>Aufbau Werkstatt: Erweiterung von Holz auf Metall- & Elektrokurse</i>	26
2.3.2 <i>Umweltpädagogik: Plakate & Kurse</i>	27
2.4 EVENTS UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	30
3 ERGEBNISSE: BEWERTUNG DER TÄTIGKEITEN UND ZIELERREICHUNG	31
3.1 ÖKOLOGIE UND TECHNIK.....	31
3.1.1 <i>Betrieb</i>	31
3.1.1.1 Nährstoffe	31
3.1.1.2 A-Frame	37
3.1.1.2.1 Verhalten im Betrieb.....	37
3.1.1.2.2 Eingebachte Nährstoffe.....	38
3.1.1.2.3 Bilanz	39
3.1.1.2.4 Messwerte.....	40
3.1.1.3 DWC.....	40
3.1.1.3.1 Verhalten im Betrieb.....	40
3.1.1.3.2 Eingebachte Nährstoffe.....	41
3.1.1.3.3 Bilanz	41
3.1.1.3.4 Messwerte.....	42
3.1.1.4 DFT.....	42
3.1.1.4.1 Verhalten im Betrieb.....	42
3.1.1.4.2 Eingebachte Nährstoffe.....	42
3.1.1.4.3 Bilanz	43
3.1.1.4.4 Messwerte.....	44



3.1.1.5	Aquarium.....	44
3.1.1.5.1	Verhalten im Betrieb.....	44
3.1.1.5.2	Bilanz.....	44
3.1.2	<i>Vertriebspotentiale</i>	44
3.1.2.1	A-Frame.....	45
3.1.2.2	DWC.....	46
3.1.2.3	DFT.....	46
3.1.2.4	Mini-Aquaponik-Modul.....	47
3.2	PÄDAGOGIK.....	47
3.2.1	<i>Ebene Outputs/Aktivitäten</i>	47
3.2.2	<i>Ebene Outcomes/Wirkung</i>	47
4	DISKUSSION	49
4.1	MANAGEMENT UND VORGEHENSWEISE.....	49
4.2	DISKUSSION „VIERKLANG ENTWICKLUNG – BAU – BETRIEB – VERTRIEB“.....	49
4.3	DISKUSSION DER HAUPTZIELE.....	50
5	AUSBLICK	51
6	ANHANG	53
6.1	NÄHRSTOFFE.....	53
6.2	PLAKATE.....	55
7	QUELLENVERZEICHNIS	61



Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: SCHEMA DWC/TIEFWASSERKULTUR	10
ABBILDUNG 2: SCHEMA DFT-SYSTEM.....	11
ABBILDUNG 3: ARBEITSWEISE.....	12
ABBILDUNG 4: DAS LGS-AUSSTELLUNGSMODELL	13
ABBILDUNG 5: MESSWERTVERLÄUFE DES TESTDURCHLAUFS MIT DEM LGS-MODUL IM HERBST 2019	15
ABBILDUNG 6: SEITENANSICHT DES BEPFLANZTEN LGS-MODULS	16
ABBILDUNG 7: STIRNSEITE DES BEPFLANZTEN LGS-MODULS	16
ABBILDUNG 8: STREIFEN DER KOKOSMATTE, IN DIE DIE SETZLINGE EINGEROLLT WURDEN	16
ABBILDUNG 9: FRISCH GEPFLANZTER FELDSALAT.....	16
ABBILDUNG 10: SCHLEIM AN DER SEITENWAND DES INNENRAUMS DES LGS-MODULS	16
ABBILDUNG 11: SCHLEIM IM INNENRAUM DES LGS-MODULS	16
ABBILDUNG 12: VERWELKTER FELDSALAT NACH ACHT TAGEN IM A-FRAME.....	17
ABBILDUNG 13: FRISCHE WURZELTRIEBE AM FELDSALAT NACH ZWEI WOCHEN IM A-FRAME	17
ABBILDUNG 14: FELDSALAT NACH ZWEI WOCHEN IM A-FRAME	17
ABBILDUNG 15: SETZLINGE 15 TAGE NACH UMPFLANZUNG IHRER ‚KOLLEGEN‘	17
ABBILDUNG 16: CONTAINER IM AUSGELIEFERTEN ZUSTAND	18
ABBILDUNG 17: DER CONTAINERRAHMEN WIRD GRUNDIERT.....	18
ABBILDUNG 18: VERLEGUNG DES CONTAINERBODENS	18
ABBILDUNG 19: MONTAGE DER RAHMENKONSTRUKTION DES DACHES	18
ABBILDUNG 20: GEWÄCHSHAUSGERIPPE FERTIG	19
ABBILDUNG 21: MONTAGE DER NOPPENGWÄCHSHAUSFOLIE	19
ABBILDUNG 22: DAS FERTIGE GEWÄCHSHAUS MIT DEN BEIDEN IN BETRIEB GENOMMENEN A-FRAMES.....	19
ABBILDUNG 23: DAS GEWÄCHSHAUS IM SOMMER.....	19
ABBILDUNG 24: TEMPERATUR- UND HELLIGKEITSVERLAUF.....	19
ABBILDUNG 25: BAU DER RAHMENKONSTRUKTION DES A-FRAMES	20
ABBILDUNG 26: SCHABLONE FÜR RAHMENKONSTRUKTION	20
ABBILDUNG 27: WASSERAUFFANGBECKEN DES A-FRAMES	20
ABBILDUNG 28: ANPASSUNG DER TEICHFOLIE	21
ABBILDUNG 29: DAS BECKEN DES A-FRAMES IST FERTIGGESTELLT	21
ABBILDUNG 30: OSTSEITE EINES A-FRAMES MIT FRISCH EINGEPFLANZTEM SALAT	21
ABBILDUNG 31: KOPFSALAT „VITRINE“ 7. OKTOBER 2020.....	21
ABBILDUNG 32: KOPFSALAT „VITRINE“ AM 14. OKTOBER 2020.....	21
ABBILDUNG 33: MIT BLÄHTON GEFÜLLTE EUROKISTEN IM DWC-SYSTEM	22
ABBILDUNG 34: ABSTAND ZWISCHEN BECKENBODEN UND EUROKISTE.....	22
ABBILDUNG 35: DWC-TISCH AM 25. MAI 2020	23
ABBILDUNG 36: DWC-TISCH AM 29. JUNI 2020	23
ABBILDUNG 37: DWC, 7. OKTOBER 2020.....	23
ABBILDUNG 38: KNOLLESELLERIE, 7. OKTOBER 2020	23
ABBILDUNG 39: DWC-TISCH AM 22. JUNI 2020	23
ABBILDUNG 40: DWC-TISCH AM 13. JULI 2020.....	23
ABBILDUNG 41: ROSENKOHL, 14. OKTOBER 2020	23
ABBILDUNG 42: BLUMENKOHL, 3. NOVEMBER 2020	23
ABBILDUNG 43: DFT-SYSTEM MIT FRISCH EINGEBRACHTEN TOMATEN-SETZLINGEN, 6. MAI 2020	24
ABBILDUNG 44: VERBRANNTEN TOMATEN, 29. JULI 2020	24
ABBILDUNG 45: EIN BLICK INS INNERE DES TOMATEN-DFT-SYSTEMS (23. JUNI 2020).....	24
ABBILDUNG 46: HINTEN: DFT-SYSTEM MIT TOMATEN.....	24
ABBILDUNG 47: DER AQUAPONIK-PROTOTYP IN BETRIEB.....	26
ABBILDUNG 48: DAS BEET DES-AQUAPONIK PROTOTYP	26
ABBILDUNG 49: HOLZKONSTRUKTION FÜR DEN AQUAPONIK-PROTOTYP	26



ABBILDUNG 50: HANDYHALTER	27
ABBILDUNG 51: AUSSCHALTUNG	27
ABBILDUNG 52 ZEIGT DEN VERBRAUCH VERSCHIEDENER DÜNGER IN DEN ZWEI A-FRAMES	33
ABBILDUNG 53 ZEIGT DEN VERBRAUCH VERSCHIEDENER DÜNGER UND PH-REGULIERER IN DEN ZWEI A-FRAMES	34
ABBILDUNG 54 ZEIGT DEN VERBRAUCH VERSCHIEDENER DÜNGER IN DEM DWC- UND DFT-SYSTEM	35
ABBILDUNG 55 ZEIGT DEN VERBRAUCH VERSCHIEDENER DÜNGER IN DEM DWC- UND DFT-SYSTEM	36
ABBILDUNG 56 ZEIGT DEN VERBRAUCH VON WASSER DER VIER ANLAGEN DES GEWÄCHSHAUSES	37
ABBILDUNG 57: AUSTRETENDES WASSER AM A-FRAME	39
ABBILDUNG 58: DARSTELLUNG DER NITRAT- UND NITRITMESSWERTE IM A-FRAME OST	40
ABBILDUNG 59: DARSTELLUNG DER NITRAT- UND NITRITMESSWERTE IM A-FRAME WEST	40
ABBILDUNG 60: DARSTELLUNG DER EC- UND PH-MESSERTE IM A-FRAME OST	40
ABBILDUNG 61: DARSTELLUNG DER EC- UND PH-MESSERTE IM A-FRAME WEST	40
ABBILDUNG 62: DARSTELLUNG DER NITRAT- UND NITRITMESSWERTE IM DWC	42
ABBILDUNG 63: DARSTELLUNG DER EC- UND PH-MESSWERTE IM A-FRAME OST	42
ABBILDUNG 64: DARSTELLUNG DER NITRAT- UND NITRITMESSWERTE IM DFT	44
ABBILDUNG 65: DARSTELLUNG DER EC- UND PH-MESSWERTE IM A-FRAME OST	44
ABBILDUNG 66: URBAN FARMING CENTER KONZEPT	51

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: WIRKUNGSLOGIK VON [P3]	28
TABELLE 2: NÄHRSTOFFVERHÄLTNIS FÜR BLATTGEMÜSE	32
TABELLE 3: NÄHRSTOFFVERHÄLTNIS FÜR TOMATEN	32
TABELLE 4: INHALTSSTOFFE UND EIGENSCHAFTEN DER EINGESetzten DÜNGER	32
TABELLE 5: EINGEBRACHTE NÄHRSTOFFE IN A-FRAME OST	38
TABELLE 6: EINGEBRACHTE NÄHRSTOFFE IN A-FRAME WEST	38
TABELLE 7: AUSWERTUNG DES BETRIEBS DER BEIDEN A-FRAME-SYSTEME	39
TABELLE 8: EINGEBRACHTE NÄHRSTOFFE IN DAS DWC-SYSTEM	41
TABELLE 9: AUSWERTUNG DES BETRIEBS DES DWC-SYSTEMS	41
TABELLE 10: EINGEBRACHTE NÄHRSTOFFE IN DAS DWC-SYSTEM	42
TABELLE 11: AUSWERTUNG DES BETRIEBS DES DWC-SYSTEMS	43
TABELLE 12: AUSWERTUNG DES BETRIEBS DES AQUARIUMS	44
TABELLE 13: DISKUSSION DER HAUPTZIELE	50
TABELLE 14: NÄHRSTOFFBEDARF EINIGER FREILANDGEMÜSEARTEN [5]	53
TABELLE 15: NÄHRSTOFFBEDARF VON TOMATEN IM GEWÄCHSHAUS	53
TABELLE 16: AUSZUG AUS DER ANALYSE DES FREIBURGER TRINKWASSERS VOM MAI 2020	53



Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
Au	Aurin
AUF	Association of Urban Farming
B	Brom
Bi	Dehner Bittersalz
CAD	Computergestütztes Design (= Computer Aided Design)
CaO	Calciumoxid
Cl	Chlor
Co	Kobalt
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
D	Durchmesser
DFT	Deep Flow Technique
DWC	Tiefwasserkultur (= Deep Water Culture)
EC	Elektrische Leitfähigkeit (= electrical conductivity)
EQ	Einstiegsqualifizierung
EQ'ler	Teilnehmer der Einstiegsqualifizierung
Fe	Eisen
FIM	Flüchtlingsintegrationsmaßnahme
GFG	Global Food Garden
H	Höhe
H-Blau	Hakaphos® Blau
H-S.Sp.	Hakaphos® Soft Spezial
K ₂ O	Kaliumoxid
LGS	Landesgartenschau-Ausstellungsmodell
MgO	Magnesiumoxid
Mn	Mangan
Mo	Molybdän
N	Stickstoff
Na	Natrium
NL	Nährlösung
NO ₂ ⁻	Nitrit
NO ₃ ⁻	Nitrat
OM	Operation Mobilisation e.V.
P	Leistung (= Power)
P ₂ O ₅	Phosphorpentoxid
PG-Ca	PhytoGreen®-Calcium Carboxylat
PG-K	PhytoGreen®-Kalium Carboxylat
PG-PK	PhytoGreen®-PK Plus
pH	negativer, dekadischer Logarithmus der Wasserstoffkonzentration
Q	Durchfluss
S	Schwefel
TOC	gesamter organischer Kohlenstoff (= Total Organic Carbon)



Abkürzung	Bedeutung
Zn	Zink
ϑ	Temperatur
ρ	Dichte



1 Projektüberblick

1.1 Kurzbeschreibung und Zielsetzung

Im Mai 2019 wurde der [p3]-Werkstatt gGmbH vom Innovationsfonds „Klima- und Wasserschutz“ der badenova AG & CO. KG ein Zuschuss von 110.000 € im Rahmen des Projekts „Transformation von (Umwelt-)Bildung, Ausbildungsvorbereitung und regionale Ernährungssysteme“ für Konzeption, Bau und Weiterentwicklung hydroponischer/aquaponischer Anlagen sowie zur Entwicklung und Umsetzung umweltpädagogischer Konzepte gewährt. Es sollten drei Hauptziele verfolgt werden:

- (1) Junge Menschen mit Fluchthintergrund werden mit in die Produktion hydroponischer/aquaponischer Anlagen einbezogen und so wirksam in den Bereichen Holz, Elektro und Metall qualifiziert.
- (2) Eine Entwicklung in Quartieren hin zu einer umweltfreundlichen, lokalen und gemeinschaftsstiftenden Gemüseproduktion mit einfach handhabbaren Hydro- bzw. Aquaponikanlagen wird angestoßen.
- (3) Sprachensible Umweltbildung wird ermöglicht. Gruppen, die sich eher weniger mit dem Thema beschäftigen, werden für Nachhaltigkeit, Ökologie und gesunde Ernährung sensibilisiert.

Das Projekt wurde von Januar 2019 bis Dezember 2020 in mehreren Phasen durchgeführt und evaluiert. Die Projektmittel wurden zur Beschäftigung von Fachpersonal, für Öffentlichkeitsarbeit, Planung und Sachkosten zur Erstellung von hydro-/aquaponischen Anlagen eingesetzt.

1.2 Ausgangslage

Im September 2018 wurde die [p3]-Werkstatt gemeinnützige GmbH gegründet, um das bestehende Projekt vom Verein Stadtpiraten Freiburg e.V. zu übernehmen, weiter auszubauen und zu professionalisieren.

Aufgrund der Gründungsphase mit vorgelagerter Projektphase ist [p3]-Werkstatt gGmbH zum Antragszeitpunkt in einer besonderen Situation: [p3]-Werkstatt kann schon eine zweijährige Erfahrung mit Ausbildungsvorqualifizierung vorweisen. Der „Proof of Concept“ konnte nachgewiesen werden: Durch die enge Verflechtung von schulischer Bildung, realitätsnaher Praxis/Fachpraxis am Produkt und sozialpädagogischer Begleitung an einem Standort mit dem Schwerpunkt Holz kann wirksame Ausbildungsvorbereitung für Geflüchtete und Personen mit Migrationserfahrung umgesetzt werden. Zudem bestand ein guter Zugang zur Zielgruppe Geflüchtete und ein großes Netzwerk zu lokalen und regionalen Sozialdiensten und Anlaufstellen im Bereich Flucht und Migration.

Zum Bau und zur Weiterentwicklung hydro- und aquaponischer Anlagen konnten Global Food Garden, Energeta und später auch vica.one als erfahrene Partner gewonnen werden. Global Food Garden bringt die Erfahrung aus dem Bau und Betrieb verschiedener hydro-/aquaponischer Anlagen im Kontext der Entwicklungszusammenarbeit mit, Energeta war beim Aquaponik-Gewächshaus in Neuenburg involviert. Das Start-Up vica.one stellt Messgeräte für hydroponische/aquaponische Anlagen für Akteure und Kleinbauern im Entwicklungshilfekontext her und verfügt über Erfahrung des Betriebs eigener Anlagen. Der Zuschuss aus dem Innovationsfonds „Klima- und Wasserschutz“ der badenova AG & Co. KG war die mit Abstand größte und frühzeitigste Zuwendung für die Vorhaben der [p3]-Werkstatt. Der Innovations-



fonds war somit „Starthilfe“ für die letztlich erfolgreiche Weiterentwicklung von [p3]-Werkstatt zur Einwerbung weiterer Spenden, Zuschüsse und zinsgünstiger Darlehen. Ohne den badenova-Zuschuss wäre das Projekt nicht zustande gekommen und die rasante Entwicklung von [p3]-Werkstatt nicht möglich gewesen.

1.3 Chancen und Risiken des Vorhabens

Aufgrund der besonderen Ausgangslage birgt das Projekt Risiken, aber auch enorme Chancen, die jeweils in den folgenden beiden Abschnitten genauer beschrieben werden.

[p3]-Werkstatt verfügte zu Beginn des Projektzeitraums über keine eigene Expertise in der Entwicklung, dem Bau und dem Betrieb von hydro- und aquaponischen Anlagen. Aus diesem Grund wurden vorab Partner akquiriert: Global Food Garden, das Ingenieurbüro Energeta und später vica.one. Diese waren neue Partner und mit diesen musste ein Know-how-Transfer erfolgen. Kooperationen in dieser Form und Tiefe sind immer mit Risiken verbunden. Des Weiteren war zum Antragszeitpunkt der Mietvertrag der neuen, eingeplanten Halle noch nicht unterzeichnet. Beim Neubezug von Räumlichkeiten kann es zu Verzögerungen kommen. Zudem mussten noch weitere Geldgeber für die Werkstatt-Infrastruktur und -ausstattung akquiriert werden. Die hierfür notwendigen zeitlichen und personellen Ressourcen waren zu Beginn unklar. Außerdem musste vor dem Bau der Anlagen der fachpraktischer Ansatz unseres Qualifizierungsprogramms aus dem Bereich Holz auf die Bereiche Metall und Elektro übertragen werden. Damit gingen der Aufbau und die Erprobung unseres Fachpraxis- und Fachtheorie-Curriculums einher. Auch der Ansatz, Umweltbildung mit Produktionsprozessen zu verknüpfen, ist neu. Neben dem Aufbau des Projekts „Transformation von (Umwelt-)Bildung, Ausbildungsvorbereitung und regionale Ernährungssysteme“ wurden noch weitere Produkte innerhalb von [p3]-Werkstatt entwickelt und auf den Markt gebracht, wie zum Beispiel „mobile Küchen“, „Hugo – der mobile Infostand“ und die Veranstaltungs- & Eventlocation „Kulturwerkstatt“. Hier mussten Ressourcen gut abgewägt werden, um möglichst gute Synergien zu erzielen und internen Problemen vorzubeugen. Zur Realisierung des Projekts und zur Erreichung der Ziele war klar, dass auch weitere haupt- und ehrenamtliche Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen mit den notwendigen Kompetenzen gewonnen werden mussten. Geeignete Mitarbeitende zu finden, birgt immer Risiken. Letztlich handelt es sich bei einem Gesamtvolumen von 225.000,00 € um ein sehr großes Projekt für eine junge Firma, außerdem musste ein erheblicher Anteil zum Zuschuss der badenova akquiriert werden. Diese hohe Summe fundraisen zu müssen, bringt selbstverständlich auch Risiken mit sich.

Aber auch die enormen Chancen liegen auf der Hand: Bei erfolgreicher Projektumsetzung erschließt sich [p3]-Werkstatt ein völlig neues Tätigkeitsfeld und Produkt mit einem enormen Wachstumspotential für die neue Metall- & Elektrowerkstatt. Aufgrund des Marktpotentials kann mit Folgeinvestitionen vor Ort, aber auch überregional gerechnet werden, wodurch viele Skalierungsmöglichkeiten entstehen – Zielperspektive hierbei ist, mit einem guten und nachhaltigen Produkt wirksame Ausbildung und Ausbildungsvorqualifizierung für eine steigende Zahl von Personen anbieten zu können. Zudem hat ein solches Projekt einhergehend mit einem innovativen Umweltbildungsansatz enorme überregionale Strahlkraft und einen sehr großen Impact, da so Gruppen mit dem Nachhaltigkeitsgedanken angesprochen werden können, die zum Beispiel aufgrund kultureller oder sprachlicher Barrieren bislang noch nicht erreicht werden konnten.



1.4 Entwicklung Team und Aufbau Netzwerk

Um das Projekt vor Ort bei [p3] zu koordinieren, verstärkte Bert Wiechmann ab Sommer 2019 das Team von [p3]. Zuerst war er zwei Tage pro Woche vor Ort, ab April 2020 vier Tage. Er verfügt als Verfahrenstechniker über Erfahrungen im Bau und Betrieb von hydroponischen und aquaponischen Anlagen bei Projekten auf Hawaii. Die Finanzierung seiner Stelle trägt sich weitestgehend durch zusätzlich akquirierte Spenden von Privatpersonen.

Nadya Shehab, eine Agraringenieurin, die in Syrien an der Universität Damaskus die Gartenbauabteilung leitete, kam im Juli 2020 mit einer 80%-Stelle dazu. Die Anstellung wird vollständig durch zusätzlich akquirierte Fördermittel getragen. Sie war für das operative Gärtnern, also Saat, Umsetzen der Setzlinge, Ernte, Kontrolle der Anlagen, Kontrolle der Wasserwerte, Pflanzenschutz, spontane Führungen für Passanten uvm. zuständig.

Auch bei den Projektteam-Mitgliedern gab es Veränderungen: Energeta stieg zum Jahreswechsel 2019/2020 aus dem Team aus.

Der Global Food Garden (GFG) als Projektteam innerhalb von OM musste aufgrund der Beschränkungen wegen Corona die eigene Arbeit einstellen. Trotzdem konnten die Mitarbeiter weiterhin am Projekt „Transformation von (Umwelt-)Bildung, Ausbildungsvorbereitung und regionale Ernährungssysteme“ mitwirken. Offen diskutiert wurde die Frage, ob es möglich ist, das Team von GFG oder Teile davon in die [p3]-Werkstatt zu integrieren.

Auch das Netzwerk wurde im Verlauf des Projekts stark ausgebaut. Zielperspektive war, Akteure kennenzulernen, die vor Ort, aber auch bis international aktiv sind, um einerseits von deren umweltpädagogischem und fachlichem Wissen zu lernen, das Projekt andererseits aber auch lokal bekannt zu machen, um uns hier im bereits existierenden Bildungsbereich zu verorten.

An dieser Stelle folgt ein kurzer Auszug der wichtigen Partner:

- Gemüseberatung des Regierungspräsidiums & Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG) Heidelberg: für Beratung im Bereich Gemüsebau, Pflanzenschutz
- Association of Urban Farming (kurz: „AUF“). Die AUF betreibt insbesondere in Israel, u.a. in Tel Aviv, viele „Urban Farming Center“ und hat viel Erfahrung im Bereich Umweltpädagogik.
- Pädagogische Hochschule Freiburg: Begleitung im Prozess der Entwicklung eines Umweltpädagogischen Curriculums
- Universität Freiburg: Im Rahmen des Masterprogramms „Environmental Governance“ („MEG“) erfolgt eine Analyse von Chancen und Risiken von Urban Farming. Ergebnisse liegen allerdings erst im März 2021 vor.
- vica.one: Steuerung und Monitoring der Anlagen. Vica.one bietet ein sehr preiswerten Ansatz, der für „kleinbäuerliche Anlagen“ in Ländern des globalen Südens konzipiert sind.
- vuna GmbH: Herstellung von Düngemittel aus menschlichem Urin
- Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW): Kooperation bei Studienarbeiten zur Automatisierung

1.5 Kurzeinführung Hydroponik

Das Wort „Hydroponik“ leitet sich aus den zwei griechischen Wörtern „hydro (von „hýdor“ = Wasser) und „ponik“ (von „pónos“ = Arbeit) ab [1]. Es ist damit der Anbau von Pflanzen ohne Erde gemeint. Dabei stehen die Wurzeln der Pflanzen in Kontakt mit nährstoffreichem Wasser, der sogenannten Nährlösung.



In der Regel wird ein Substrat benutzt, in das die Pflanze eingepflanzt wird. Es verleiht der Pflanze Halt und hat je nach Material und Beschaffenheit mehr oder weniger Kapazität, Nährlösung aufzusaugen [2]. Dank der Kapillarkräfte poröser Substrate kann die Nährlösung in Richtung trockener Gebiete gefördert werden und somit feuchte Zonen oberhalb des Nährlösungsfüllstands entstehen [3].

Die Nährlösung beinhaltet alle notwendigen Nährstoffe für die Pflanze und kann über zwei Parameter grob überwacht werden. Der pH-Wert beeinflusst, ob die Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen werden können, und der EC-Wert (die elektrische Leitfähigkeit) ist ein Maß für die Konzentration aller leitfähigen Nährstoffe im Wasser.

Das Substrat darf keine lebenden Mikroorganismen enthalten und muss bei organischer Natur zuvor entsprechend behandelt werden. So kommt beispielsweise sehr oft Kokossubstrat (Coir) zum Einsatz. Sehr häufig verwendete anorganische und inerte Materialien sind Steinwolle und Blähton.

Bei der Hydroponik werden die Nährstoffe im Regelfall durch organische oder mineralische Dünger der Nährlösung zugefügt. Einen Ausnahmefall der Hydroponik bildet die Aquaponik. Hier stammen die Nährstoffe aus einer Aquakultur. Die Stoffwechselprodukte der Fische werden dabei durch Mikroorganismen über Nitrit zu Nitrat umgewandelt und die Exkremente mineralisiert. Danach gelangen sie zu den Pflanzen und werden von diesen aufgenommen. Das so gefilterte Wasser wird als letzter Schritt zu den Fischen zurückgeleitet [3].

Es gibt verschiedene Konzepte, eine Hydroponikanlage zu bauen. Bei [p3] werden davon drei umgesetzt: DWC, DFT und A-Frames. Was alle Konzepte gemein haben, ist, dass es geschlossene Kreislaufsysteme sind. Die Nährlösung zirkuliert angetrieben durch eine Pumpe und alle offenen Wasseroberflächen sind abgedeckt, sodass verdunstetes Wasser kondensieren und zurückgeführt werden kann.

DWC steht für Deep Water Culture und meint ein mit Nährlösung gefülltes Becken. Auf der Wasseroberfläche schwimmen normalerweise Hartschaumplatten mit Löchern (an Stelle des Deckels in Abbildung 1), in denen die Salate oder anderes (Blatt-)Gemüse stecken. Das Becken hat einen Zu- und Ablauf. Vom Ablauf fließt die Nährlösung in den Tank, von dem aus das Becken gespeist wird.

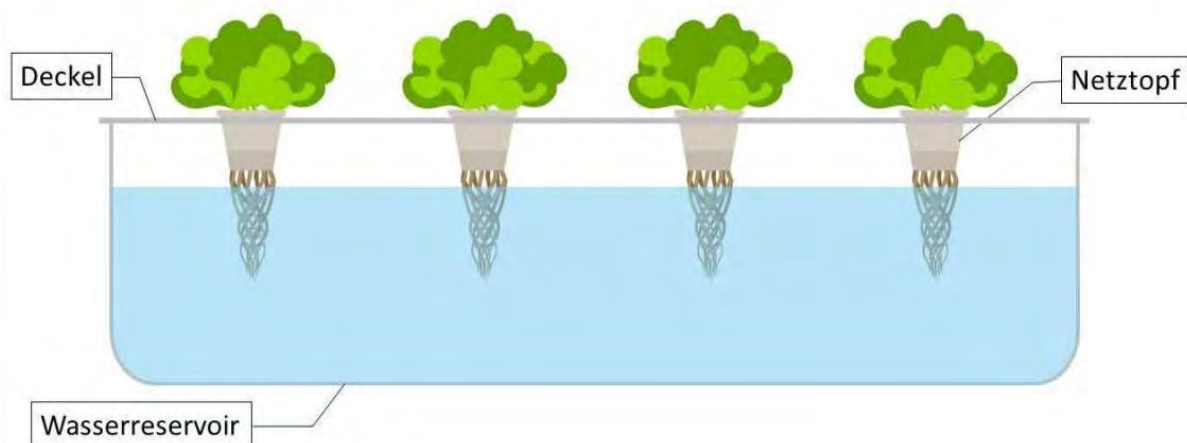


Abbildung 1: Schema DWC/Tiefwasserkultur, Quelle: <https://www.pflanzenfabrik.de/tiefwasser-kultur/>

Das DFT-System ähnelt dem DWC-System sehr. DFT steht für Deep Flow Technique. In diesem System wird ein liegendes und leicht geneigtes Rohr bis knapp über die Hälfte gestaut. Die Nährlösung zirkuliert so durch das System, dass sie an einem Ende des Rohres eintritt und auf der anderen Seite über einen Ab- bzw. Überlauf in den Wassertank fließt (siehe Abbildung 2).

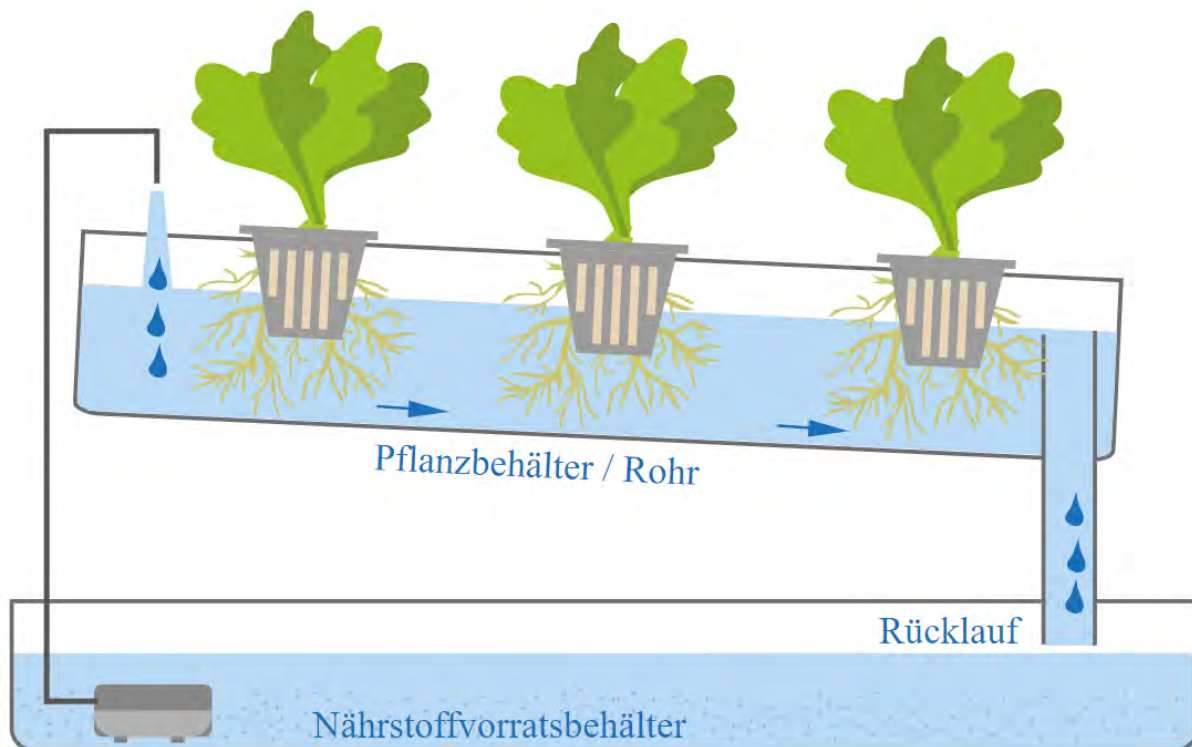


Abbildung 2: Schema DFT-System

Der A-Frame ist ein aeroponisches System. Die Nährlösung wird auf die Wurzeln der in der Luft hängenden Salate gesprüht. Der Name „A-Frame“ rührt daher, dass die Form an ein A erinnert. Die Beetflächen bestehen aus Hartschaumplatten und lehnen wie die Schenkel eines As aneinander. Zwischen den Beetflächen befindet sich ein Rohrsystem mit Düsen, von dem Nährlösung gegen die Wurzeln gesprüht wird. Die Beetflächen stehen auf einem Sammelbecken, so dass das herunterkommende Wasser wieder aufgefangen und zur Pumpe zurückgeführt werden kann.



2 Vorgehensweise: Projektablauf und Projektbeschreibung

2.1 Zeitlicher Überblick, Meilensteine, Vorgehensweise

Aufgrund der besonderen Ausgangslage des Projektes, der Entwicklung, des Baus und Betriebs von hydroponischen und aquaponischen Anlagen, vieler verschiedener beeinflussender Faktoren und Variablen im Gemüsebau und eines neu gegründeten Projektteams, bestehend aus Akteuren aus drei verschiedenen Firmen (GFG, energeta, [p3]), wurde ein sehr inkrementelles Vorgehen gewählt, wie man es aus dem agilen Projektmanagement kennt. Hierbei wird der gesamte Projektzeitlauf von über 18 Monaten immer wieder nach dem Schema Planung – Implementierung – Evaluation unterteilt.

Im Laufe des Projekts hat sich gezeigt, dass der Ansatz sehr gut geeignet war – denn insbesondere die nicht vorhersehbare Corona-Situation mit den einhergehenden Einschränkungen hatte Einfluss auf das Projekt, wodurch andere Wege gewählt werden mussten als ursprünglich geplant.

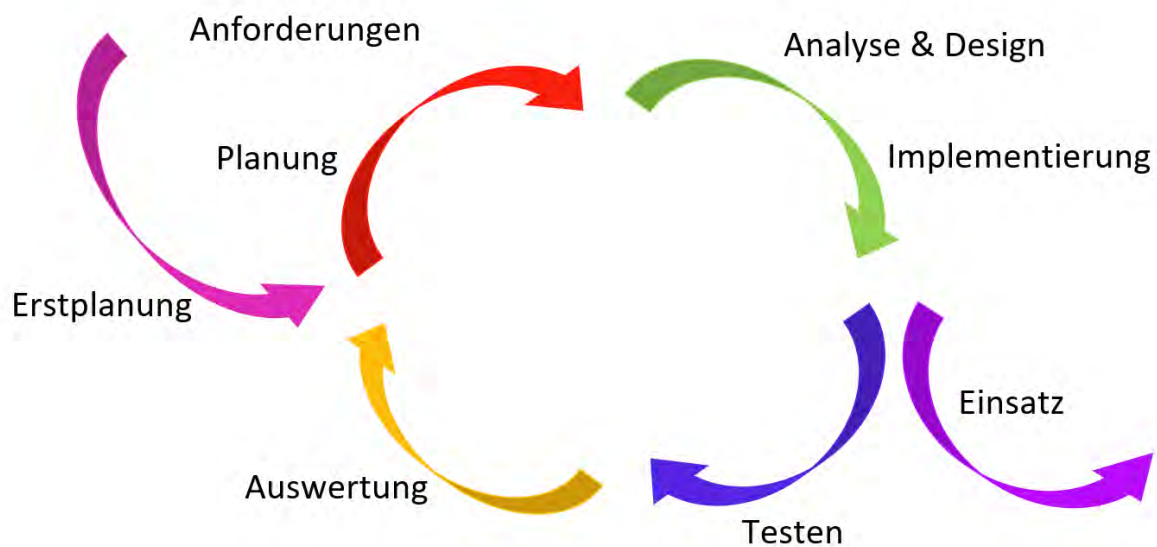


Abbildung 3: Arbeitsweise

Im Folgenden werden zunächst der geplante Projektablauf inklusive Zuständigkeiten in Klammern sowie wichtige Meilensteine aus dem Antrag präsentiert:

Januar-März 2019

- Planung und Bezug von Büro & Werkstatt ([p3])
- Start Planung der Aquaponikanlage für die Oltmannsstraße (OM-GFG + Energeta)
- Lehrplanerstellung für die Integration der ökologischen Themen in den Unterricht im Rahmen der Auszubildendenqualifizierung; Schwerpunkt neben Fachtheorie ist auch Fachsprache ([p3])

April-Mai 2019

- Aufbau und 1. Phase Betrieb des LGS-Ausstellungsmoduls (evtl. erweitert), um erste Erfahrungen zu sammeln, für Öffentlichkeitsarbeit und als Grundlage der Umweltbildung ([p3] + OM - GFG)



- Einführung der neuen Lehrpläne in der Ausbildungsvorqualifizierung ([p3])

Mai 2019-Januar 2020

- 2. Phase Betrieb des optimierten LGS-Ausstellungsmoduls (bis November 2019) ([p3])
- Planung und Bau des Prototyps „Aquaponikanlage Oltmannsstraße Phase 1“ ([p3] + GFG)

Ende Februar 2020-November 2020: 1. Betriebsjahr des Prototyps „Aquaponikanlage Oltmannsstraße Phase 1“

- durchgängiger Betrieb ohne Störungen, Überarbeitung der Module und Ausbau der Anlage
- Durchführung Schulungen: die geplanten Kurse und Schulungen für externe Gruppen aus dem Quartier, Interessensgruppen, Schulen etc. mussten aufgrund der Corona-Pandemie weitestgehend ausfallen

Die vorab definierten Meilensteine:

- Büro & Werkstatt bezogen: Ende März 2019
- Bau des LGS-Moduls vor Ort und Inbetriebnahme: Ende April 2019
- Baubeginn des Prototyps: Ende Mai 2019
- Inbetriebnahme des kompletten Prototyps: Ende Februar 2020; Der Meilenstein wurde auf Ende März terminiert. Grund war, dass für eine Inbetriebnahme im Februar ein komplexeres, beheizbares und somit auch wesentlich teureres Gewächshaus notwendig gewesen wäre.
- Abschluss Evaluation des Prototyps: Mitte Oktober 2020
- Vorstellung vertriebsfähiges Produkt: Anfang November 2020

2.2 Technische Entwicklung: Beschreibung der Anlagen

2.2.1 Landesgartenschau-Ausstellungsmodell

Nach Bekanntgabe der Förderung wurde mit möglichst geringem Aufwand ein kleiner A-Frame (Landesgartenschau-Ausstellungsmodell (LGS, Abbildung 4) aufgebaut und für die ersten Versuchsreihen im Jahr 2019 genutzt. Der A-Frame verfügt über rund 240 Pflanzenlöcher. Die Steuerung der Pumpe erfolgt über eine einfache Zeitschaltuhr.



Abbildung 4: das LGS-Ausstellungsmodell

Das Ziel war, mit dieser Technik erste Erfahrungen zu sammeln, um grundlegende Fragen über das Projekt zu beantworten:

- (1) Technik, Standort, Biologie:
 - Was sind geeignete Standorte für die Anlage?
 - Besteht die Gefahr des Vandalismus?
 - Wie kann die Anlage gut bepflanzt werden?



(2) Pädagogik:

- Welche Fragen entstehen bei den Passanten/Kunden?
- Wie können Auszubildende und EQ'ler (Jahrespraktikanten) eingebunden werden?
- Wie können wir am besten die umweltrelevanten Themen aufgreifen und erklären?

Da die Ergebnisse der Versuche mit dem A-Frame direkt im weiteren Projektablauf, insbesondere zur Planung der weiteren Anlagen und des Gewächshauses, genutzt wurden, werden diese nicht ausführlich im Ergebnis-Kapitel diskutiert, sondern direkt im Anschluss an die Beschreibung.

2.2.1.1 Erster Durchlauf Mai 2019

Im ersten Versuch wurde die Anlage indoor betrieben. Die Samen wurden dabei direkt in Kokospäne gesät und in der Anlage zum Keimen gebracht. Dabei wurde festgestellt, dass das Licht im Innenraum ohne zusätzliche Belichtung nicht ausreicht. Es kam kaum zu Pflanzenwachstum. Daraus folgte der Beschluss, die Anlage, trotz befürchtetem Vandalismus, bei weiteren Versuchen vor dem Haus zu betreiben. Auch die Keimquote der Aussaat in der indoor betriebenen Anlage war nicht gut. Daher entschied das Projektteam, für den zweiten Versuch Setzlinge zuzukaufen.

2.2.1.2 Zweiter Durchlauf Oktober 2019

Für diesen Testdurchlauf wurde der A-Frame unter möglichst geringem Aufwand „outdoortauglich“ umgebaut. Dazu wurde ein Dach direkt auf dem A-Frame installiert. Es wurden Feldsalat- und Asiasalat-Setzlinge gekauft und eingepflanzt. Ein Ergebnis hiervon war, dass sich die Umpflanzung von zugekauften Setzlingen als nicht geeignet erwies. Zum einen war es sehr zeitaufwendig, die Erde um die Wurzeln zu entfernen, zum anderen wurden viele Wurzeln beschädigt, wodurch die Pflanzengesundheit beeinträchtigt wurde. Es zeigte sich außerdem, dass die gekauften Kokosmatten als Verankerung der Setzlinge nicht geeignet waren. Diese beiden Punkte führten dazu, dass in der weiteren Planung unserer Anlage der Fokus auf die eigene Anzucht von Setzlingen gelegt wurde. Der Standort vor dem Gebäude erwies sich jedoch als der geeignetste auf dem Betriebsgelände, da er leicht zu erschließenden Platz sowie ausreichende Lichtverhältnisse bietet. Die Befürchtung des Vandalismus hat sich nicht bestätigt: Keine Pflanzen wurde vorab geerntet oder beschädigt. Außerdem hat sich dieser öffentliche Standort als repräsentativ erwiesen, da die Aufmerksamkeit vieler Passanten gewonnen werden konnte. Allerdings hat sich auch gezeigt, dass an warmen Herbsttagen die Hitzeentwicklung auf dem A-Frame beachtlich ist. Dies bestätigte die Annahme, dass an unserem versiegelten Standort vor dem Gebäude als größter Nachteil vor allem ein Hitzeproblem bestehen könnte. Das waren wichtige Erkenntnisse, die bei der Planung des Gewächshauses berücksichtigt wurden.

2.2.1.2.1 Variation verschiedener pH-Reduzierer

Für den Testdurchlauf mit Feldsalat und Asiasalat wurde für die Nährstoffversorgung Ferty 9 Hydro 15-7-22(+6) und für die Korrektur des pH-Wertes Essigsäure verwendet. Es stellte sich bald heraus, dass Essigsäure unbrauchbar ist. Erstens nahmen die benötigten Mengen Essigsäure stetig zu, zweitens blieben einige Wurzeln klein und drittens bildete sich ein Schleim im A-Frame. GFG vermutete, dass Essigsäure durch seine antibakterielle Wirkung die Wurzelbildung hemmte. Für die Schleimbildung wurde zunächst vermutet, dass der Dünger verantwortlich war, da er schon einige Jahre alt war. Weitere Recherchen ergaben jedoch, dass Essigsäure von Mikroorganismen leicht zu verstoffwechseln sei und somit zu der Schleimbildung beigetragen haben könnte ([Ansäuern des Gießwassers mit Essigsäure \(dghk.net\)](http://dghk.net)). Es konnte im Endeffekt nicht eindeutig geklärt werden, wie es zu der Schleimbildung kam.

Ab der dritten Woche des Durchlaufs kam der pH-Senker der Firma Nortembio® zum Einsatz. Es zeigte sich ein ähnlicher Verbrauch wie bei der Essigsäure, sodass der pH-Senker erneut durch einen anderen



pH-Regulierer ersetzt wurde. Für das letzte Drittel kam der pH-Regulierer der Firma GHE zur Anwendung. Mit diesem pH-Regulierer sind bei einem stark reduzierten Verbrauch die pH-Wert-Schwankungen stark zurückgegangen.

In dem Diagramm (Abbildung 5) unten sind die drei Abschnitte des Testdurchlaufs anhand der gelben Kennlinie des pH-Senker-Verbrauchs zu erkennen. Erst im letzten Drittel war die Nährlösung insofern stabilisiert, dass der pH-Wert nicht mehr so rasant anstieg wie zuvor. Es wurde zu Beginn jedes Abschnittes gedüngt, zuerst mit 100 g Ferty 9 Hydro 15-7-22(+6), dann mit 150 g und als letztes mit 100 g.

Die Ernte erfolgte im Rahmen einer „Salatparty“ am 11.11.2019. Dabei konnten die 30 Gäste ihren eigenen Salat ernten, diesen mit dem bereitgestellten Dressing anmachen und genießen. Zudem wurden zentrale Ergebnisse des Versuchs vorgestellt. Hierbei zeigte sich, dass dieses Veranstaltungsformat sehr geeignet ist, um Interessierten die Technik sowie die Vorteile von Hydroponik und Aquaponik für die Umwelt näher zu bringen. Es wurde der Beschluss gefasst, dass dieses Format für 2020 weiter genutzt werden sollte.

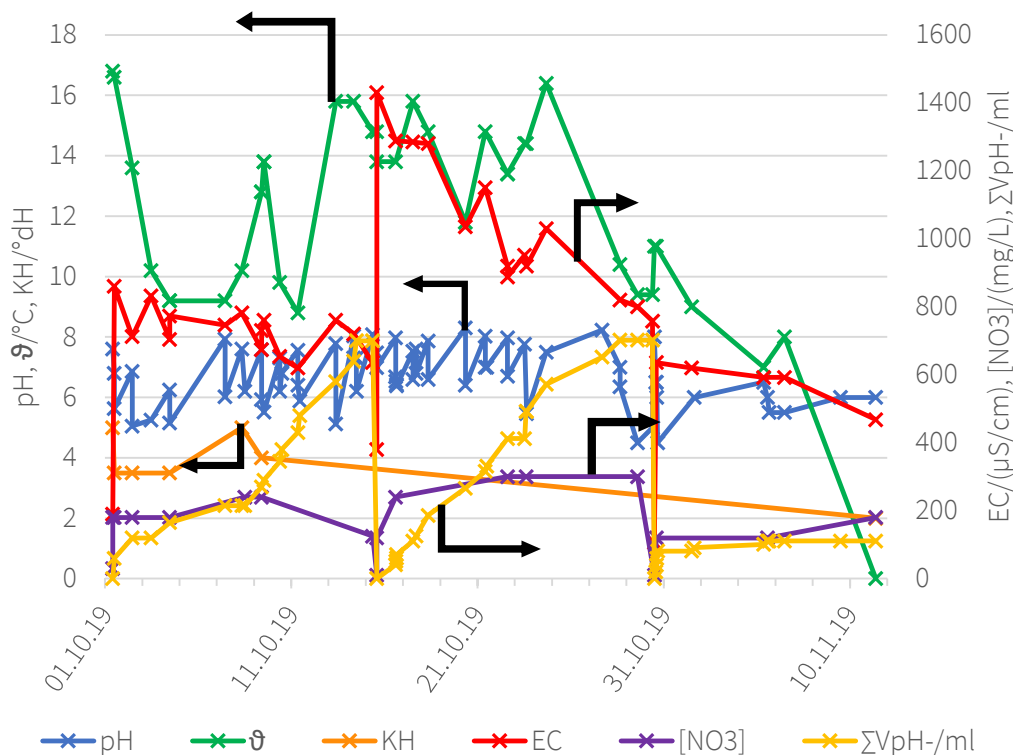


Abbildung 5: Messwertverläufe des Testdurchlaufs mit dem LGS-Modul im Herbst 2019



Abbildung 6: Seitenansicht des bepflanzen LGS-Moduls



Abbildung 7: Stirnseite des bepflanzen LGS-Moduls



Abbildung 8: Streifen der Kokosmatte, in die die Setzlinge eingerollt wurden

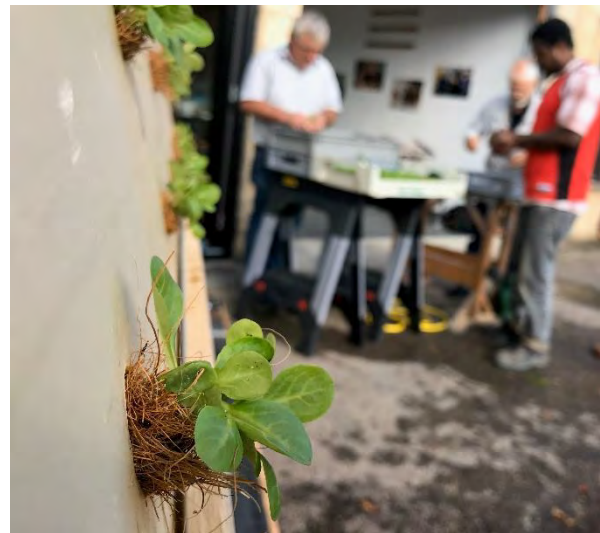


Abbildung 9: frisch gepflanzter Feldsalat



Abbildung 10: Schleim an der Seitenwand des Innenraums des LGS-Moduls

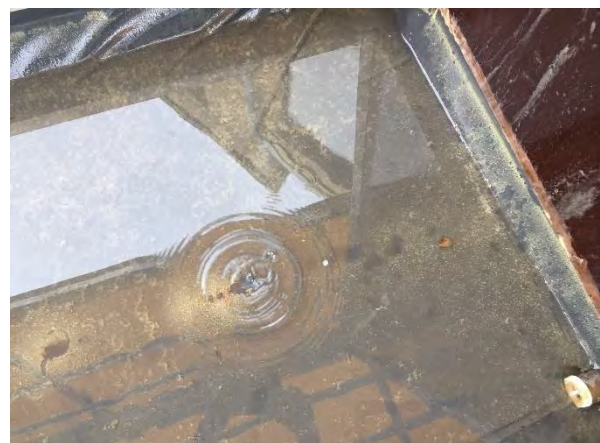


Abbildung 11: Schleim im Innenraum des LGS-Moduls



Abbildung 12: Verwelkter Feldsalat nach acht Tagen im A-Frame



Abbildung 13: frische Wurzeltriebe am Feldsalat nach zwei Wochen im A-Frame



Abbildung 14: Feldsalat nach zwei Wochen im A-Frame



Abbildung 15: Setzlinge 15 Tage nach Umpflanzung ihrer ‚Kollegen‘

2.2.2 Gewächshaus

Ziel des Gewächshauses war eine mobile, modulare und günstige Konstruktion, die eine leichte Skalierung des Projektes, aber auch des Gewächshauses selbst ermöglicht. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden als Basis für das Gewächshaus zwei 20 ft-Schiffscontainerrahmen gewählt. Zur Entwicklung des Gewächshauses konnte die „Technik-Beratung im Gartenbau“ des Landratsamtes Breisgau-Hochschwarzwald gewonnen werden, die mit viel Know-how zum Aufbau und zu Materialien unterstützte. Allerdings hat sich herausgestellt, dass Container dieser Art nicht skalierbar sind, da Durchlüftung, Licht- und Wärmeverhältnisse nicht optimal für den professionellen Gemüseanbau geeignet sind. In Zukunft wird [p3] sich daher auf den Bau und die Entwicklung von hydro- und aquaponischen Anlagen konzentrieren, während bei Gewächshäusern eher auf bestehende Technik und vorhandenes Know-how zurückgegriffen wird.

Die für das Gewächshaus gekauften Rahmen waren gebraucht und wurden im Dezember 2019 sowohl mit Decken-, als auch Bodenelementen geliefert. Die Renovierungsarbeiten unter Einbezug von Bewohnern der Landeserstaufnahmestelle für Geflüchtete in Freiburg, die bei [p3] eine sogenannte „Flüchtlingsintegrationsmaßnahme“ (kurz: FIM) machen, dauerten zwei Monate. Vor allem durch schlechtes Wetter kam es immer wieder zu Verzögerungen. Als erstes wurden die alten Böden und Decken, dann auch der Rost entfernt. Danach wurde alles grundiert, gestrichen und ein neuer Boden eingelegt. Im Anschluss wurden die Wände, Dächer und Rollos aus Gewächshaus-Noppenfolie montiert.

Im Laufe des Sommers stiegen die Temperaturen im Gewächshaus bis auf 43,3°C. Dadurch erlitten die Tomaten Verbrennungen und ein Großteil der Salate begannen zu schießen, sodass mit einer Schattie-



rung nachgerüstet wurde. Die Wahl fiel auf ein Netz mit einem spezifischen Gewicht von 105 g/m^2 , welches zu einer Schattierung von 50 % führt. Interessanterweise hatte diese Maßnahme keinen Effekt auf die Temperatur im Gewächshaus (siehe Abbildung 24). Nach der Installation am 22. Juli 2020 war allerdings ein deutlicher Rückgang der Strahlungsintensität zu spüren.

Das Gewächshaus wurde außerdem noch mit einem Mikro-PV-Modul ausgestattet, das Energie entweder für die elektrischen Bauteile des Gewächshauses bereitstellt oder nicht genutzte Energie in das örtliche Stromnetz einspeist.



Abbildung 16: Container im ausgelieferten Zustand



Abbildung 17: Der Containerrahmen wird grundiert



Abbildung 18: Verlegung des Containerbodens



Abbildung 19: Montage der Rahmenkonstruktion des Daches



Abbildung 20: Gewächshausgerippe fertig



Abbildung 21: Montage der Noppengewächshausfolie



Abbildung 22: Das fertige Gewächshaus mit den beiden in Betrieb genommenen A-Frames



Abbildung 23: Das Gewächshaus im Sommer

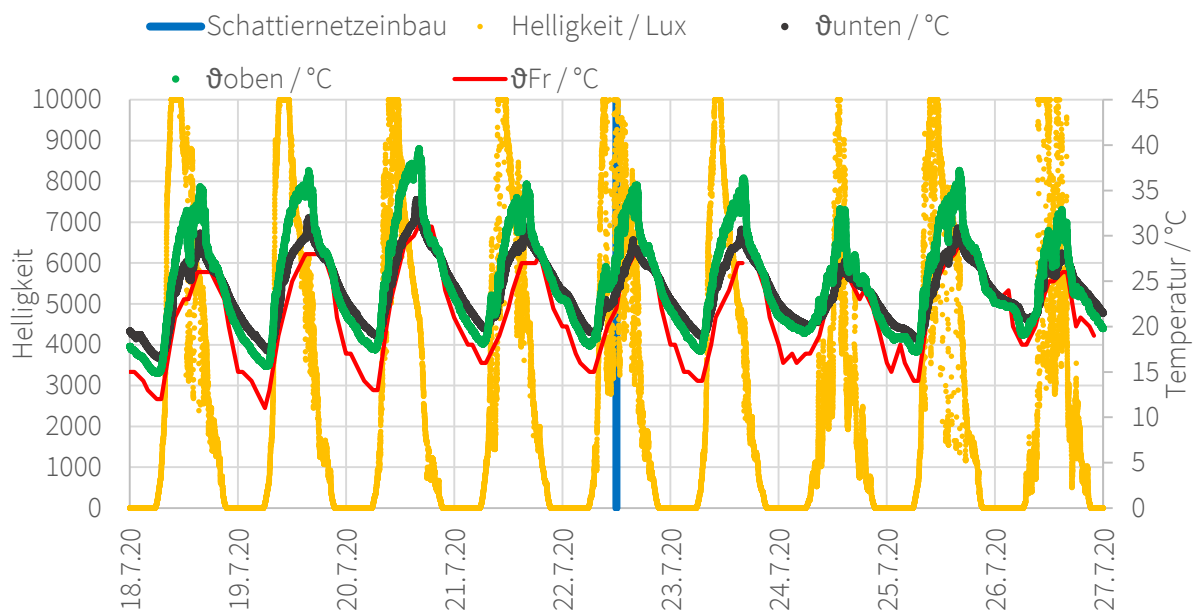


Abbildung 24: Temperatur- und Helligkeitsverlauf vier Tage vor und vier Tage nach der Installation des Schattiernetzes. Der Graph in rot ist die Aufzeichnung der Temperatur in Freiburg [4] und dient als Vergleich. Der Zeitpunkt des Schattiernetzeinbaus ist durch die blaue Linie gekennzeichnet.



2.2.3 A-Frames

Es wurden zwei A-Frames gebaut. Diese werden im Gewächshaus mit der Bezeichnung „Ost“ und „West“ unterschieden.

- 1,00 m x 3,45 m x 2,07 m inkl. zweier Pflanzflächen à 3,00 m x 1,82 m
- Pumpe: Pedrollo PLURIJETm 3/100-N; P = 880 W; Q = 5 – 120 L/min; H = 37 – 5 m
- zwei Wachstumsflächen à 1,8 m x 3 m
- Styrodurplatten
- Teichfolie
- Wasservolumen
- Aeroponisches System (Kapitel 1.5)
- Inbetriebnahme: 1. April 2020



Abbildung 25: Bau der Rahmenkonstruktion des A-Frames



Abbildung 26: Schablone für Rahmenkonstruktion



Abbildung 27: Wasserauffangbecken des A-Frames



Abbildung 28: Anpassung der Teichfolie



Abbildung 29: Das Becken des A-Frames ist fertiggestellt



Abbildung 30: Ostseite eines A-Frames mit frisch eingepflanztem Salat

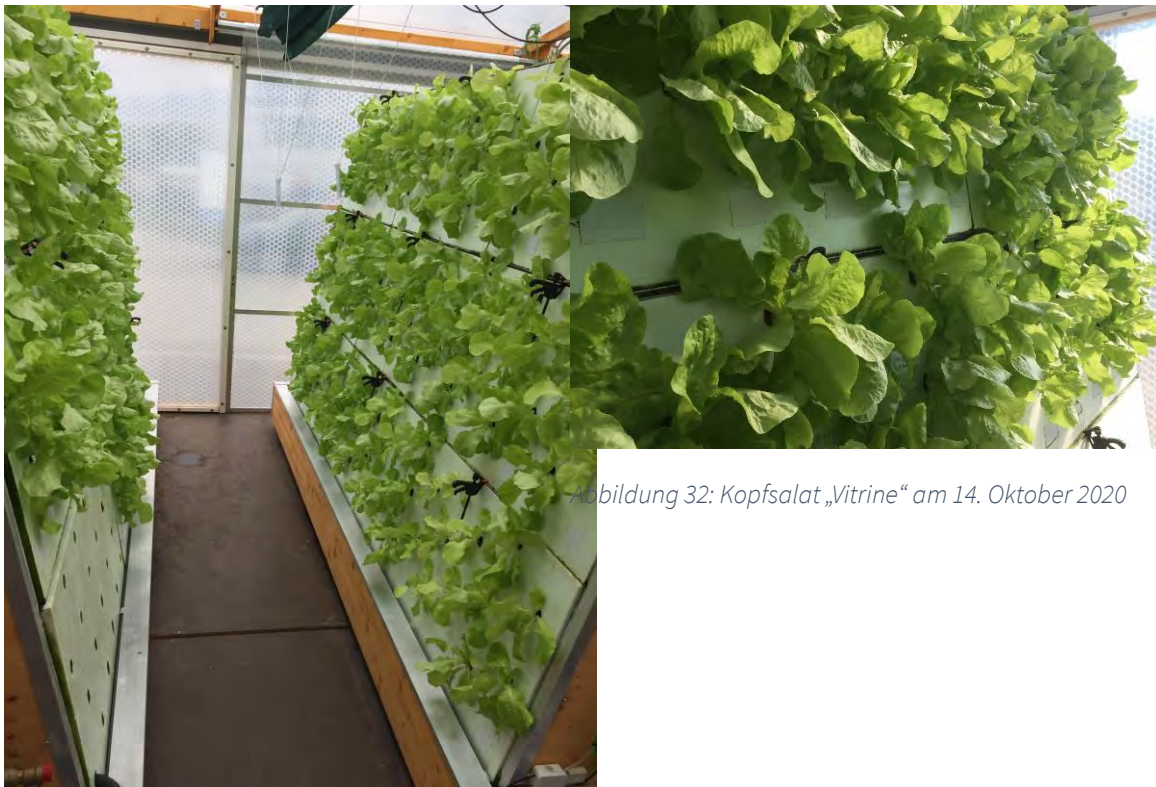


Abbildung 31: Kopfsalat „Vitrine“ 7. Oktober 2020

Abbildung 32: Kopfsalat „Vitrine“ am 14. Oktober 2020

2.2.4 Deep Water culture (DWC)

Bei [p3] wurde fast ausschließlich mit Blähton als Substrat gearbeitet. Eine Eurokiste wurde mit einem Unkrautvlies ausgelegt und mit Blähton gefüllt (Abbildung 33). Die Kiste wurde dann auf Distanzstücke in das Becken des DWC-Tisches gestellt, sodass zwischen Beckenboden und Eurokiste die Nährlösung fließen und sich gleichmäßig verteilen kann (Abbildung 34). Somit stand die Eurokiste in etwa zur Hälfte in der Nährlösung. Oberhalb der Oberfläche der Nährlösung entsteht dadurch in der Eurobox eine feuchte und eine trockene Zone. In der feuchten Zone fühlen sich die Wurzeln wohl, da es nicht zu nass



ist und sie mit Sauerstoff versorgt werden. Der trockene Bereich dient als Lichtschanke, sodass Algenwachstum verhindert wird.



Abbildung 33: mit Blähton gefüllte Eurokisten im DWC-System



Abbildung 34: Abstand zwischen Beckenboden und Eurokiste

- Becken: Holzkorpus (3 m lang, 0,65 m breit) mit Teichfolie ausgelegt; 215 L
- Tank: 70 L
- Möglichkeit für Euroboxen mit Blähton und Flöße
- Luftheberpumpe (5W-Pumpe, Sommerbetrieb: 10 min an/5 min aus, ansonsten: 10 min an/10 min aus)
- Lagermöglichkeit unter dem Becken
- Setzlinge vom Gärtner
- Inbetriebnahme: 27. Mai 2020



Abbildung 35: DWC-Tisch am 25. Mai 2020



Abbildung 39: DWC-Tisch am 22. Juni 2020



Abbildung 40: DWC-Tisch am 13. Juli 2020



Abbildung 36: DWC-Tisch am 29. Juni 2020



Abbildung 37: DWC, 7. Oktober 2020



Abbildung 38: Knollensellerie, 7. Oktober 2020



Abbildung 41: Rosenkohl, 14. Oktober 2020



Abbildung 42: Blumenkohl, 3. November 2020

2.2.5 Deep Flow Technique (DFT)

- Becken: Rohr (D = 20 cm, L = 4 m); 105 L
- Tank: 70 L
- Steckplätze: 9
- Luftheberpumpe (5W-Pumpe, Sommerbetrieb: 10 min an/5 min aus, ansonsten: 10 min an/10 min aus)



- Setzling vom Baumarkt
- Inbetriebnahme: 6. Mai 2020



Abbildung 43: DFT-System mit frisch eingebrachten Tomaten-Setzlingen, 6. Mai 2020



Abbildung 44: verbrannte Tomaten, 29. Juli 2020



Abbildung 45: ein Blick ins Innere des Tomaten-DFT-Systems (23. Juni 2020); durch das weiße Rohr oben wird die Nährlösung an das Ende des dicken Rohres geführt



Abbildung 46: hinten: DFT-System mit Tomaten; Vorne: DWC-System mit Tomatenablegern und Knollensellerie; 7. Oktober 2020

2.2.6 Aquaponik-Prototyp

- Beet: Eurobox (0,6 m x 0,4 m x 0,17 m) gefüllt mit Blähton
- Aquarium: 0,6 m x 0,4 m x 0,4 m
- Pumpe: EHEIM compactON 300; P = 7 W; Q = 170 – 300 L/h; H_{max} = 0,6 m
- Lagermöglichkeit unter dem Aquarium
- Setzlinge aus eigener Anzucht



- Inbetriebnahme: 29. Oktober 2020

Der Wasserkreislauf funktioniert wie folgt: Mit einer Tauchpumpe mit einem 12 mm langen PVC-Schlauch wird Wasser vom Fischbecken in den Pflanzenbehälter darüber gepumpt. Das Wasser aus dem Pflanzengefäß wird mit einem automatischen Siphon nach dem Füllen des Pflanzengefäßes wieder in das Fischbecken abgelassen.

Das Pflanzengefäß wurde mit Blähton gefüllt, welcher Oberfläche für wichtige Bakterien der Anlage bietet. Im letzten Schritt wurde der Deckel für das Fischbecken konstruiert und mit einer 0,55 m langen Eheim classic LED-Leiste versehen.

Nach erfolgreicher Konstruktion der Anlage wurden Fische und Pflanzen dem System beigelegt. Seitdem wurden die Wasserwerte kontinuierlich geprüft und dokumentiert. Insgesamt wurden 19 selbst gezogene Setzlinge, darunter Petersilie, Basilikum, Schnittlauch, Rosmarin, Oregano, Bohnenkraut und Spinat, in das Pflanzengefäß eingesetzt. Zusätzlich wurden auch drei Wasserpflanzen (Rotala Walichii und Pogostemon Helferi) im Fischbecken gepflanzt. Aufgrund der Tatsache, dass Fische die labilste Lebensform innerhalb der Anlage darstellen, wurden bei der Fischwahl keine Experimente durchgeführt. Es wurden 4 Exemplare der Gattung *Lepomis Gibbosus* (Sonnenbarsche) verwendet.



Abbildung 47: der Aquaponik-Prototyp in Betrieb Abbildung 48: das Beet des-Aquaponik Prototyps



Abbildung 49: Holzkonstruktion für den Aquaponik-Prototyp, a) mit geschlossener Tür, b) mit geöffneter Tür

2.3 Pädagogische Entwicklung: Ausbau und Angebote

2.3.1 Aufbau Werkstatt: Erweiterung von Holz auf Metall- & Elektrokurse

Das Ziel war die Werkstatt zu erweitern, um Metall- und Elektrokurse anbieten zu können. Um das Konzept zu realisieren, brauchte es geeignete Produkte im Zweckbetrieb sowie eine enge Verflechtung von schulisch-theoretischer und praktischer Lernerfahrung. Deswegen wurden geeignete Übungsmodule inklusive theoretischer Einführung und auch Kleinprodukte (Abbildung 50; Abbildung 51) im Bereich Metall und Elektro entwickelt und später umgesetzt, um unsere Auszubildenden, Jahrespraktikanten („EQ'ler“) und auch Kursteilnehmende (z.B. FIM) auf den Bau der Anlagen vorzubereiten.



Insgesamt entstanden acht Übungsmodule im Bereich Metall sowie sieben Module im Bereich Elektro. Die Themen der Metall-Module waren Kompetenzfeststellung, CAD & Zeichnungen, Technische Kommunikation, Prüfen – Messen – Sägen, Feilen, Bohren, Meißeln.

Die Themen der Elektro-Module waren Kompetenzfeststellung, Einführung, Multimeter, Leiter und Verbindungen, Ausschaltungen, Wechselschaltungen, das Ohm'sche Gesetz und Photovoltaik.

Im April 2019 wurde die neue Halle angemietet, wonach der Aufbau der Metallwerkstatt erfolgte. Hierzu konnten weitere Spender gewonnen werden – eine sogenannte „Leih- und Schenkgemeinschaft“ spendete eine Summe in Höhe von 28.500 €. Zudem konnten Lieferanten oder Firmen überzeugt werden, neue und gebrauchte Einrichtungsgegenstände wie z.B. Werkbänke zu sehr reduzierten Konditionen zu liefern oder zu spenden. Der Aufbau der Werkstatt erfolgte gemeinsam mit Teilnehmenden der Qualifizierungsprogramme von [p3].

Insgesamt profitierten von den oben beschriebenen Modulen seit der Einführung knapp 100 Geflüchtete in verschiedenen Kursen und Programmen.



Abbildung 50: Handyhalter



Abbildung 51: Ausschaltung

2.3.2 Umweltpädagogik: Plakate & Kurse

Ziel der Umweltpädagogik war, theoretische Einheiten zum Thema Umwelt-, Klima- und Wasserschutz mit den praktischen Erfahrungen beim Bau und Betreiben der Anlagen zu verknüpfen und an einer hydroponischen oder aquaponischen Anlage sichtbar werden zu lassen. Die Umsetzung der Inhalte und Umweltthemen fand im Rahmen der [p3]-Schule statt und wurde durch Ehrenamtliche unterstützt.


Diese enge Verbindung von praktischen Lernerfahrungen mit theoretisch-schulischen Inhalten impliziert. Dass bei allen Themen die Plakate nur dafür genutzt werden, ein Überblick zur Theorie zu bekommen. Im Mittelpunkt steht die hydro- oder aquaponische Anlage als Ort das Entdecken und Forschens, das handlungsorientierte Lernen fördern soll.

Im ersten Schritt wurde eine Wirkungslogik (Tabelle 1) in Anlehnung an die Methodik von Phineo erstellt. Im Mittelpunkt hierbei steht der Impact, also was sich in der Gesellschaft/Zielgruppe ändern soll. Hierzu sollen konkrete und messbare Wirkungsziele („Outcomes“) formuliert werden. Diese beschreiben, welches Wissen und Fertigkeiten die Projektteilnehmer erwerben, wie sich dadurch ihr Handeln verändern kann und dementsprechend auch als konkrete Folge ihre Situation. Als nächster Konzeptionsschritt werden die Outputs definiert, also Aktivitäten, die notwendig sind um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Alle Outputs sollen auch mit konkreten Zielwerten versehen werden und somit messbar sein. Der letzte Schritt stellt die strukturierte Definition der notwendigen Inputs, also Ressourcen, dar, die notwendig sind um die geplanten Outputs umzusetzen.

In der dargestellten Abbildung wird hierbei der Gesamtüberblick der Wirkungslogik dargestellt. Diese werden in der tatsächlichen Umsetzung mit Zielgrößen sowie Indikatoren/“source of verification“ versehen.



Tabelle 1: Wirkungslogik von [p3]

 <h1>Hydroponic/Aquaponic</h1> <p>www.p3-werkstatt.de</p>			
Inputs	Outputs	Outcomes	Impact
<ul style="list-style-type: none"> • PH Kurs zu Umweltpädagogik • Curriculum Umwelt für Plakate und Unterricht <ul style="list-style-type: none"> • Stoffkreisläufe (z.B. inkl. Mülltrennung, Düngung, CO₂, etc.) • Wassermangel in der Welt • Gesunde Ernährung (% Gemüse bei jeder Mahlzeit) • Trivia Fragen über die oben genannten Einheiten • Bauplan der Anlage • [p3]-MA • Werkstatt • Klassenzimmer • LGS-Modul • Geld für Bau & Betrieb • Know-How Bau/Betrieb • Netzwerk Schulen • Messtisch: Geräte & Tabelle • Netzwerk: <ul style="list-style-type: none"> • Waldhaus, Ökostation, (BUND), etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bau der Anlage • Betrieb der Anlage <ul style="list-style-type: none"> • Ziehen von Setzlingen • Bepflanzung • Messungen & Fotos • Ernte • Mittagstisch mit Gemüse der Anlage • Exkursionen (Orte) • Umweltunterricht)Hospitation durch Studierende) • Entwicklung der Plakate/Einheiten <ul style="list-style-type: none"> • Gliederung für alle Themen gleich (Thema Problemstellung: Anknüpfung an eigene Erfahrung Hintergrundwissen & Theorie inkl. direkte Verbindung/Transfer zu Hydroponik Take-Away-Botschaften) • gleiche Themen wie im Unterricht (siehe Hintergrundwissen); Plakate entstehen im Unterricht 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen & Fertigkeiten sind bekannt zu: <ul style="list-style-type: none"> • Klima- & Umweltschutz • Stoffkreisläufe • Wasserkreisläufe: Nutzung, Aufbereitung, Verschwendung, Fußabdruck • Mülltrennung und Müllvermeidung, Recycling • gesunde Ernährung & Lebensweise • Versiegelung, Flächenverbrauch, Chancen durch Urban Farming • Transportwege • Handeln: <ul style="list-style-type: none"> • Müll wird vermieden (z.B. Verpackungen), es wird recycelt. • Wasser und Heizung wird gespart • Lebensmittel/Konsum anhand ökologischer Kriterien (saisonal, regional, bio(?)) und Gesundheitsaspekte • Mobilität mit dem Rad • Situation: <ul style="list-style-type: none"> • Nutzende der Hydroponic sind Multiplikatoren für den Umweltschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • In Freiburg leben die Menschen Gesundheits- und Umweltbewusst und unterstützen sich darin gegenseitig. • Wissen über Aquaponic/Hydroponik verbreitet sich global über Migranten • Nachhaltigkeit wird als Chance erlebt

Im zweiten Schritt erfolgte die Erarbeitung eines Curriculums mit Studierenden der pädagogischen Hochschule Freiburg. Der Kurs der PH war im Herbst 2019 zweimal vor Ort. Zunächst wurde den Studierenden das Projekt vorgestellt, anschließend wurden die Möglichkeiten für die Umweltpädagogik diskutiert sowie mögliche Themen für ein Curriculum besprochen.

Für das Curriculum einigte man sich auf folgende Themen, zu denen dann auch Plakate erstellt wurden (siehe im Anhang unter 6.2 Plakate):

(1) Funktionsweise Hydro- und Aquaponikanlagen

Hier werden die Grundlagen vermittelt, d.h. was eine Pflanze grundsätzlich braucht (Wasser, Licht usw.) und wie sie damit in einer hydro- und einer aquaponischen Anlage versorgt wird. Außerdem können bei der Umsetzung des Themas die Unterschiede von Hydroponik und Anbau in Erde behandelt werden.

(2) Flächennutzung

Es wird beschrieben, wie der Flächenverbrauch in Deutschland ist sowie was fruchtbare und unfruchtbare Böden sind. Es wird außerdem erklärt, dass Hydroponik auch gut auf versiegelten Flächen genutzt werden kann, um die Landwirtschaft und ökologische Systeme zu entlasten. Insgesamt soll auf das Thema Flächenverbrauch, Bodenversiegelung und Verstädterung eingegangen werden.

(3) Nährstoffkreisläufe

Hier wird als Beispiel eines Nährstoffkreislaufes der Stickstoffkreislauf erklärt und erläutert, welche negativen Folgen intensive Landwirtschaft auf die Umwelt und Ökosysteme haben kann. Es kann auf die Themen Eutrophierung und Nährstoffeinträge eingegangen werden. Diesen negativen Folgen wird Hydro- und Aquaponik gegenübergestellt und es wird erklärt, warum diese Anbaumethoden besser für die Umwelt und Gesundheit sein können.

(4) Wasserkreisläufe

Es wird erläutert, welchen Stellenwert Süßwasser für die Menschen hat und dass durch Landwirtschaft und Industrie am meisten Wasser verbraucht wird. Dem werden Hydro- und Aquaponik entgegengesetzt, da beide Systeme geschlossene Wasserkreisläufe beinhalten und viel weniger Wasser verbraucht wird als bei der konventionellen Landwirtschaft. Insgesamt kann dies auch als Hinführung auf das Thema Wasserfußabdruck genutzt werden.

(5) Transport und Müll

Bei diesem Thema kann man erklären, dass die meisten Lebensmittel eine lange Strecke zurücklegen müssen, bevor wir sie kaufen können, und welche Folgen das für das Klima hat. Dabei kann auch auf das Thema „die letzte Meile“ eingegangen werden. Des Weiteren wird die Verpackung thematisiert und darauf hingewiesen, dass deren Herstellung der Umwelt schadet und dass sehr viel Müll durch Verpackungen entsteht. Generell kann man hierbei auch auf den Verbleib von Müll und Verpackungsmaterial eingehen: Was passiert, wenn Müll in der Natur entsorgt wird und nicht in die richtigen Müllbehältnisse gegeben wird? Wohin wird unser Müll gebracht (Recycling, Deponie, Thermische Verwertung, Export, etc.)?

Zu diesen Problemen werden Hydroponik und Aquaponik als Lösungen angeboten, da sie lokale Erzeugnisse bereitstellen, die weder viel Transport noch Verpackung benötigen.

(6) Gesundheit/gesunde Ernährung

Bei diesem Thema geht es um gesunde und ungesunde Nahrungsmittel und Ernährung: Was macht Nahrungsmittel gesund? Es wird außerdem dargestellt, welche negativen Effekte ungesunde Ernährung für Menschen haben kann.

Das Curriculum wurde dreimal in der [p3]-Schule angewendet und in Form von interaktiven Schulungen durchgeführt. Das Ziel war, weitere öffentliche Veranstaltungen vor Ort umzusetzen (vgl. Salatparty). Dabei sollten beispielsweise die [p3]-EQ'ler eigene Plakate zu den Themen erstellen und vorführen. Die geplanten Events konnte aber wegen der bestehenden Regelungen und Maßnahmen zur Eindämmung von Corona nicht realisiert werden.

Durch die Corona-Situation wurde der Fokus auf viele kleine Führungen gelegt und nicht mehr auf größere Veranstaltungen, da die Gefahr bestand, dass letztere gegebenenfalls nicht stattfinden können. Jedoch kamen sehr viele Menschen vorbei, die sich über die Anlage informieren wollten. Es zeigte sich, dass Hydroponik sehr gut geeignet ist, um über die oben genannten Themen ins Gespräch zu kommen. Zum Abschluss des Jahres kam am 6.11.2020 eine Gruppe von Oberstufenschüler*innen zweier Freiburger Gymnasien (Droste-Hülshoff-Gymnasium und Faust-Gymnasium) und der „Schüler-Ingenieur-Akademie“ vorbei. Auch hier zeigte sich, dass anhand der Anlagen die entwickelten umweltpädagogischen Themen hervorragend aufgegriffen werden können und sich ein guter Einstieg in diese Themen bietet. Diese Angebote sollen verstetigt werden.

Neben den pädagogischen Angeboten für externe Personen wurden Teilnehmende an Qualifizierungsprogrammen der [p3]-Werkstatt beim Bau und Betrieb der Anlagen sowie bei der Pflanzung und Ernte integriert. Das gesamte angebaute Gemüse wurde vor Ort von den Mitarbeitenden der [p3]-Werkstatt und unseren Gästen gegessen. Zielperspektive war es, unseren EQ'lern und Auszubildenden möglichst viele praktische Anknüpfungspunkte und auch positive Erfahrungen zum Thema Umwelt zu bieten, um diese hierfür zu begeistern.

2.4 Events und Öffentlichkeitsarbeit

Aufgrund der Corona-Pandemie kam es nur zu zwei öffentlichen Veranstaltungen: So fand, wie bereits erwähnt, die öffentliche „Salatparty“ zur Aberntung des LGS-Moduls am 11.11.2019 statt. Außerdem war die [p3]-Werkstatt Gastgeber der Veranstaltung „Austausch rund um Synergien im Umweltbildungsbereich“, die vom Team des Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova organisiert wurde. Die geplante öffentliche Inbetriebnahme der Anlage inklusive Präsentation der von den EQ'lern erstellten Plakate musste wegen der Corona-Pandemie abgesagt werden.

Wie oben erwähnt, wurde davon abgesehen, weitere öffentliche Events zu planen, stattdessen wurden fast täglich Führungen mit interessierten Passanten, [p3]-Kunden oder nach Terminvereinbarung mit anderen interessierten Personen unternommen. Gleichzeitig wurde mehr auf den Ausbau der Online-Präsenz auf Facebook (551 Abonnenten) und Instagram (557 Abonnenten und 136 Posts; Stand 9.12.2020) gesetzt. Zusätzlich wurden an der Anlage Flyer verteilt und unsere Nachbarn im Quartier wurden durch Mails über uns informiert. Des Weiteren gab es in der Presse mehrere Artikel über die [p3]-Werkstatt und zum Projekt, z.B. in der Badischen Zeitung am 18.11. und 20.11.2018, 24.04.2020 sowie am 20.10.2020, woraufhin uns jeweils viele Rückmeldungen erreichten.

3 ERGEBNISSE: BEWERTUNG DER TÄTIGKEITEN UND ZIELERREICHUNG

3.1 Ökologie und Technik

Der nächste Abschnitt befasst sich vor allem mit dem Betrieb und Vertrieb der gebauten und laufenden Anlagen der [p3]-Werkstatt. Das Verhalten und die Einflüsse auf die Anlagen und das Pflanzenwachstum, unsere Erfahrungswerte, Herausforderungen und realisierbare Potentiale werden dargestellt. Ausgeschlossen ist hier nur der Hydrocube, da noch keiner in Betrieb genommen wurde.

3.1.1 Betrieb

Wie in Kapitel 2.2.3 bereits erwähnt, wurden die A-Frames am 1. April 2020 in Betrieb genommen. Die ersten beiden Monate werden hier jedoch nicht betrachtet, da gleich am ersten Tag zehnmals so viel Aurin wie vorgesehen in die Systeme eingebracht wurde. Der Grund dafür war, dass der Düngeempfehlung auf dem Düngergebinde gefolgt wurde, die für konventionellen Ackerbau vorgesehen ist. Die Nährlösung war in Folge dessen zu hoch konzentriert, sodass die Wurzeln verbrannten und Nährlösung ausgetauscht werden musste. Die Salate erholten sich davon nur langsam und unvollständig.

Für eine einheitliche Darstellung der Systeme werden im Folgenden alle Anlagen erst ab Juni betrachtet. Eine Erstbefüllung der Systeme ist darin immer enthalten.

3.1.1.1 Nährstoffe

Der Nährstoffbedarf wurde über den Einsatz von Düngern gedeckt. Tabelle 2 und Tabelle 3 beinhalten die Ziel- und Istwerte der Makronährstoffverhältnisse. Dabei sind die Istwerte über den ganzen Zeitraum aufsummiert. Um die nachfolgenden Inhalte zu verstehen, wird außerdem eine Auflistung der eingesetzten Dünger inklusive ihrer Inhaltsstoffe gezeigt. Darauf folgen die monatlichen Verbräuche der eingesetzten Medien (Leitungswasser, Dünger und pH-Regulierer) für alle Anlagen. Die Mineralien und organischen Verbindungen des Leitungswassers der [p3]-Werkstatt werden in diesem Kapitel nicht mit einbezogen. Aufgrund der Wasserknappheit in 2020 musste der Trinkwasserversorgungsbereich 1 (von dem [p3] versorgt wird) durch den Bereich 4 nach akuten Bedarf ergänzt werden. Die beiden Bereiche unterscheiden sich in ihren Zusammensetzungen sehr deutlich (siehe Tabelle 16 im Anhang). So weist der Versorgungsbereich 1 beispielsweise einen EC von 237 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und der Versorgungsbereich 4 einen EC von 508 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Es ist leider nicht mehr nachzuvollziehen, wann und wie gemischt wurde.

Bei weiteren Versuchen soll die Leitfähigkeit des Leitungswassers mitprotokolliert werden, da zwischen dem Mischungsverhältnis und dem EC-Wert ein linearer Zusammenhang besteht und das Mischungsverhältnis demnach berechenbar ist.

Die Anlagen wurden zunächst lediglich mit dem Dünger Aurin (Au) in Betrieb genommen. Als festgestellt wurde, dass der Dünger für den Einsatzbereich kein vollständiges Nährstoffprofil enthält, wurde versucht, mit mineralischen Düngern die Mängel anhand der Zielvorgabe aus Tabelle 2 und Tabelle 3 auszugleichen. Diese Mineraldünger waren PhytoGreen®-PK Plus (PG-PK), PhytoGreen®-Kalium Carboxylat (PG-K), PhytoGreen®-Calcium Carboxylat (PG-Ca) und Dehner Bittersalz (Bi). Mit dieser Änderung wurden Verbesserungen erzielt, jedoch war das Berechnen und Abmengen jeder einzelnen Komponente für alle vier Anlagen sehr zeitraubend. Als die Tomaten Ende Juli 2020 erneut unter Nährstoffmangel litten, wurde versucht, sie mit Hakaphos® Blau (H-Blau) zu retten. Daraufhin erholten sie sich schnell, sodass die anderen Systeme ebenfalls Schritt für Schritt auf Hakaphos® umgestellt wurden. Allerdings wurde entschieden, Hakaphos® Soft Spezial (H-S.Sp.) zu verwenden, da es speziell für Hydrokultursysteme entwickelt ist. Ein weiterer Vorteil des Düngers von Hakaphos® ist, dass sowohl der pH- als auch der EC-

Wert leichter stabilisiert werden kann und die Nitrit (NO₂⁻)-Konzentrationen gegen Null gehen (siehe Abbildung 58 bis Abbildung 61).

Tabelle 2: Nährstoffverhältnis für Blattgemüse (Daten für Zielvorgabe siehe Tabelle 14 im Anhang); die Zielvorgabe für CaO wurde ohne Anhaltspunkt festgelegt

	N	:	P₂O₅	:	K₂O	:	MgO	:	CaO
Ziel	1	:	0,35	:	1,33	:	0,14	:	0,50
A-Frame Ost	1	:	0,36	:	0,82	:	0,23	:	0,51
A-Frame West	1	:	0,28	:	0,78	:	0,19	:	0,57
DWC	1	:	0,24	:	0,76	:	0,14	:	0,16

Tabelle 3: Nährstoffverhältnis für Tomaten (Daten für Zielvorgabe siehe Tabelle 15 im Anhang)

	N	:	P₂O₅	:	K₂O	:	MgO	:	CaO
Ziel	1	:	0,35	:	1,33	:	0,14	:	0,50
DFT	1	:	0,41	:	1,13	:	0,21	:	0,24

Tabelle 4: Inhaltsstoffe und Eigenschaften der eingesetzten Dünger; Au = Aurin, PG-PK = PhytoGreen®-PK Plus, PG-K = PhytoGreen®-Kalium Carboxylat, PG-Ca = PhytoGreen®-Calcium Carboxylat, Bi = Bittersalz, H,Blau = Hakaphos® Blau, H-S.Sp. = Hakaphos® Soft Spezial

Dünger	Au	PG-PK	PG-K	PG-Ca	Bi	H-Blau	H-S.Sp.
Angabe in...	g/L	g/L	g/L	g/L	wt-%	wt-%	wt-%
N	48		45	108		15	16
P₂O₅	4,57	132				10	8
K₂O	20,57	84	502			15	22
MgO	0,66	12			16	3	3
CaO				182			
Na	19,43						
Cl	35,43						
Cr	0,00007						
Co	0,00005						
TOC	1,14						
B	0,017					0,01	0,03
Fe	0,0011					0,05	0,15
Mn		9,6				0,05	0,05
S	3,66				13		
Cu	0,00034					0,02	0,02
Zn	0,014					0,02	0,015
Mo						0,001	0,005
ρ/(kg/L)	1,14	1,2	1,55	1,35			
pH	ca. 4	2,7	12,9	6,1			

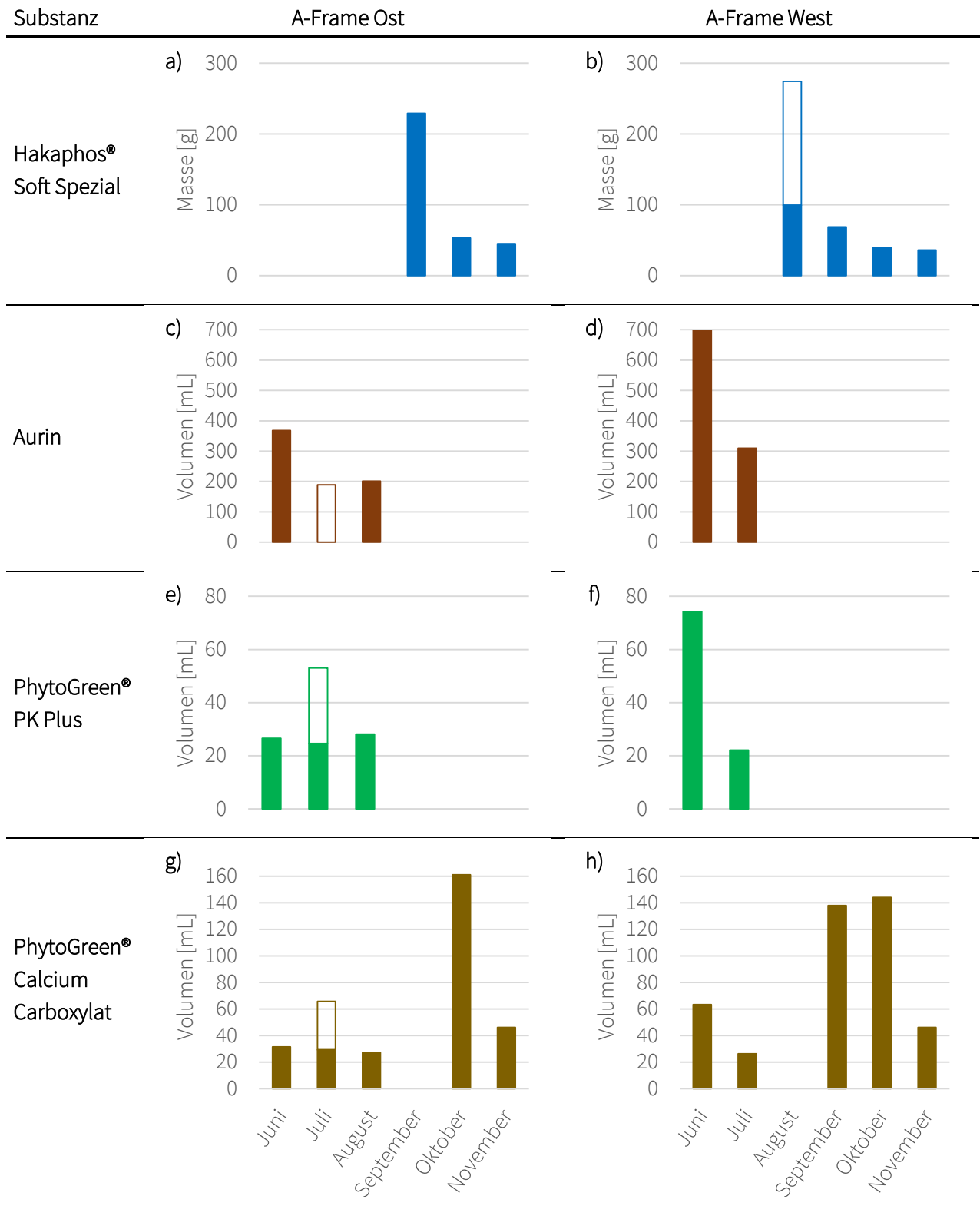


Abbildung 52 zeigt den Verbrauch verschiedener Dünger in den zwei A-Frames über den Zeitraum von Juni 2020 bis November 2020. Ausgefüllte Balken zeigen den regulären Verbrauch, Umrahmte Balken zeigen den zusätzlichen Verbrauch durch den Austausch von Nährlösung schlechter Qualität mit guter Nährlösung.

a) „Hakaphos® Soft Spezial“ im A-Frame Ost, b) „Hakaphos® Soft Spezial“ im A-Frame-West, c) „Aurin“ im A-Frame Ost, d) „Aurin“ im A-Frame West, e) „PhytoGreen® PK Plus“ im A-Frame Ost, f) „PhytoGreen® PK Plus“ im A-Frame West, g) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im A-Frame Ost, h) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im A-Frame West

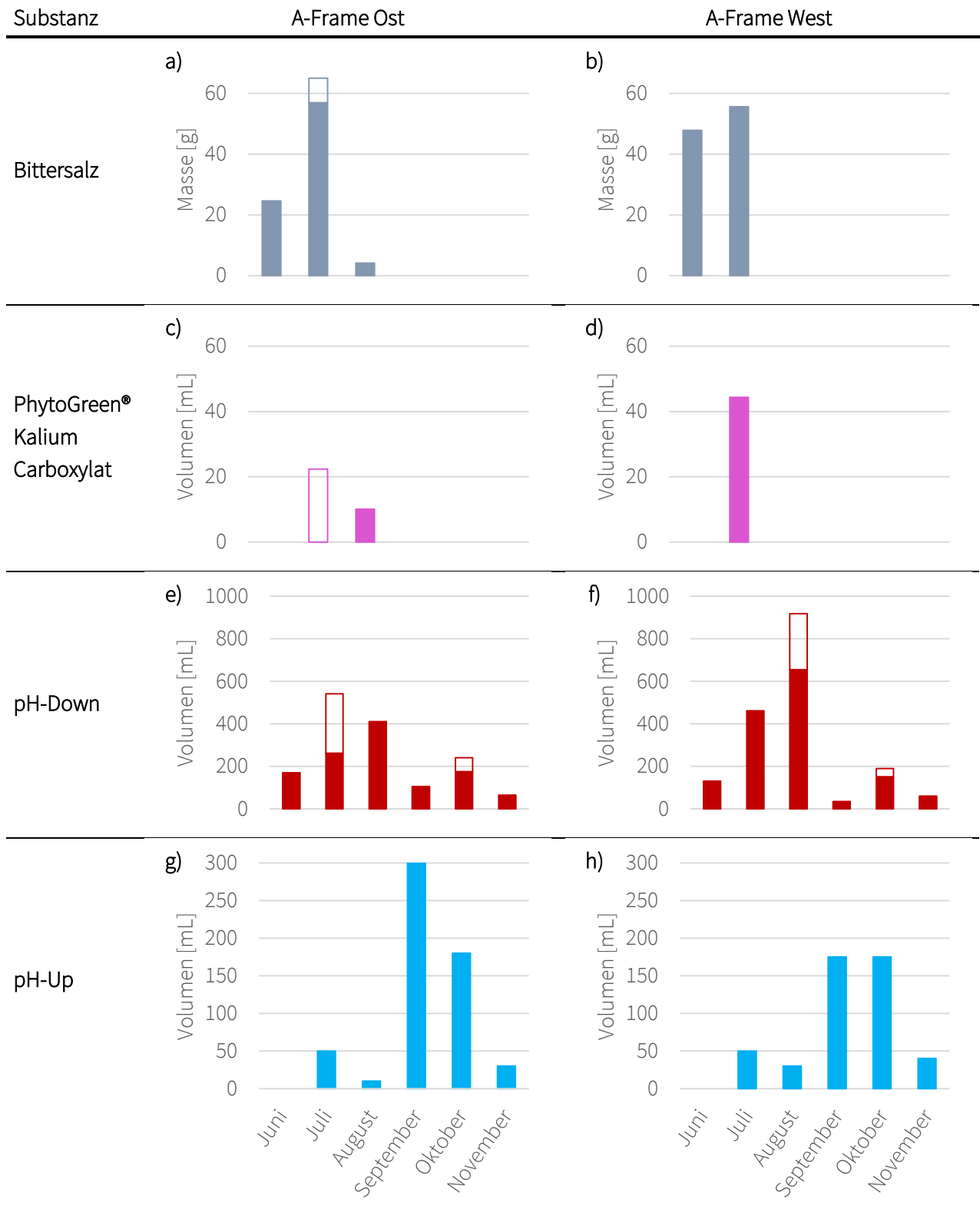


Abbildung 53 zeigt den Verbrauch verschiedener Dünger und pH-Regulierer in den zwei A-Frames über den Zeitraum von Juni 2020 bis November 2020. Ausgefüllte Balken zeigen den regulären Verbrauch, Umrahmte Balken zeigen den zusätzlichen Verbrauch durch den Austausch von Nährlösung schlechter Qualität mit guter Nährlösung.

a) „Bittersalz“ im A-Frame Ost, b) „Bittersalz“ im A-Frame-West, c) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im A-Frame Ost, d) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im A-Frame West, e) „pH-Down“ im A-Frame Ost, f) „pH-Down“ im A-Frame West, g) „pH-Up“ im A-Frame Ost, h) „pH-Up“ im A-Frame West

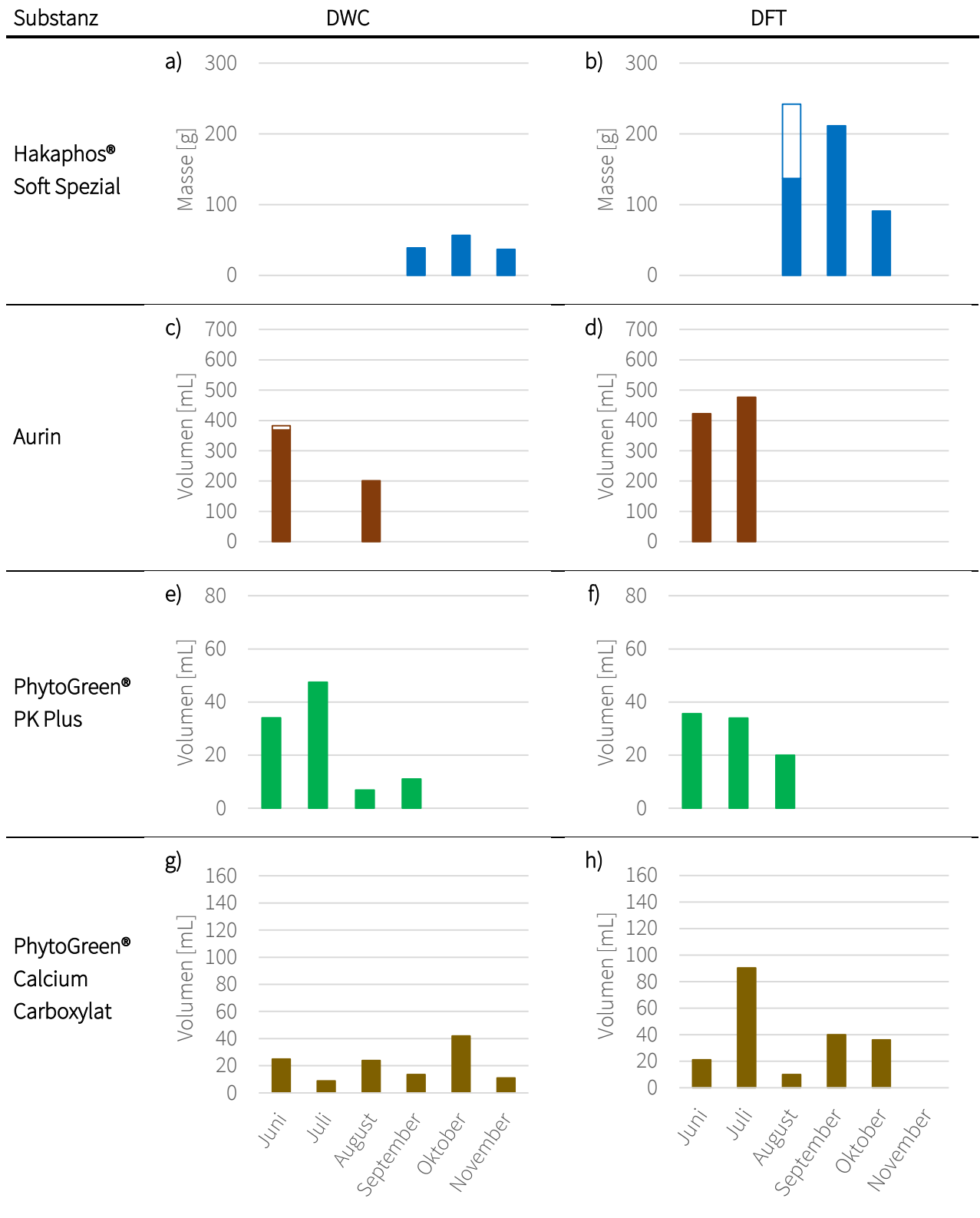


Abbildung 54 zeigt den Verbrauch verschiedener Dünger in dem DWC- und DFT-System über den Zeitraum von Juni 2020 bis November 2020. Ausgefüllte Balken zeigen den regulären Verbrauch, Umrahmte Balken zeigen den zusätzlichen Verbrauch durch den Austausch von Nährlösung schlechter Qualität mit guter Nährlösung.

a) „Hakaphos® Soft Spezial“ im DWC, b) „Hakaphos® Soft Spezial“ im DFT, c) „Aurin“ im DWC, d) „Aurin“ im DFT, e) „PhytoGreen® PK Plus“ im DWC, f) „PhytoGreen® PK Plus“ im DFT, g) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im A-Frame Ost, h) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im A-Frame West

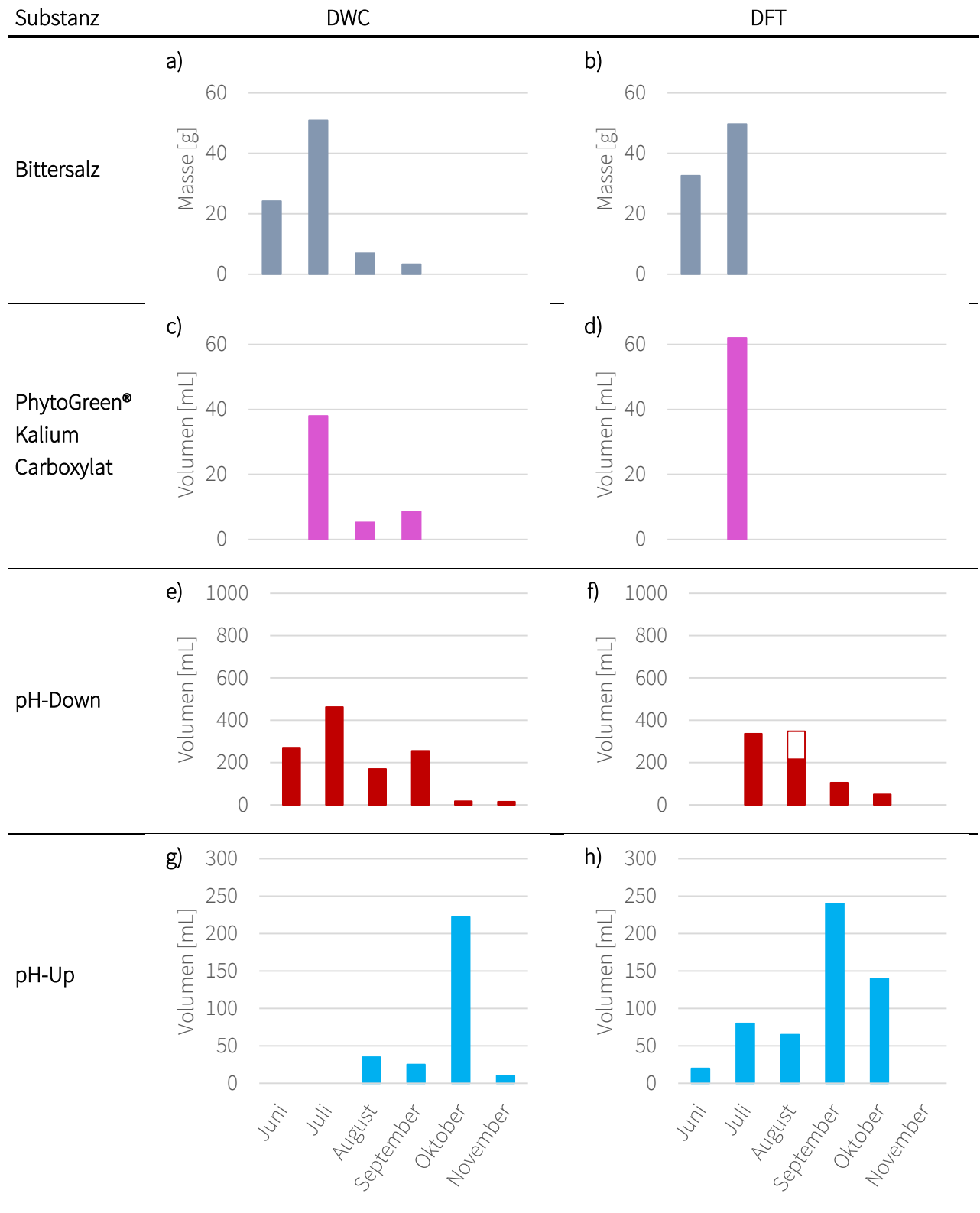


Abbildung 55 zeigt den Verbrauch verschiedener Dünger in dem DWC- und DFT-System über den Zeitraum von Juni 2020 bis November 2020. Ausgefüllte Balken zeigen den regulären Verbrauch, Umrahmte Balken zeigen den zusätzlichen Verbrauch durch den Austausch von Nährlösung schlechter Qualität mit guter Nährlösung.

a) „Bittersalz“ im DWC, b) „Bittersalz“ im DFT, c) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im DWC, d) „PhytoGreen® Kalium Carboxylat“ im DFT, e) „pH-Down“ im DWC, f) „pH-Down“ im DFT, g) „pH-Up“ im DWC, h) „pH-Up“ im DFT

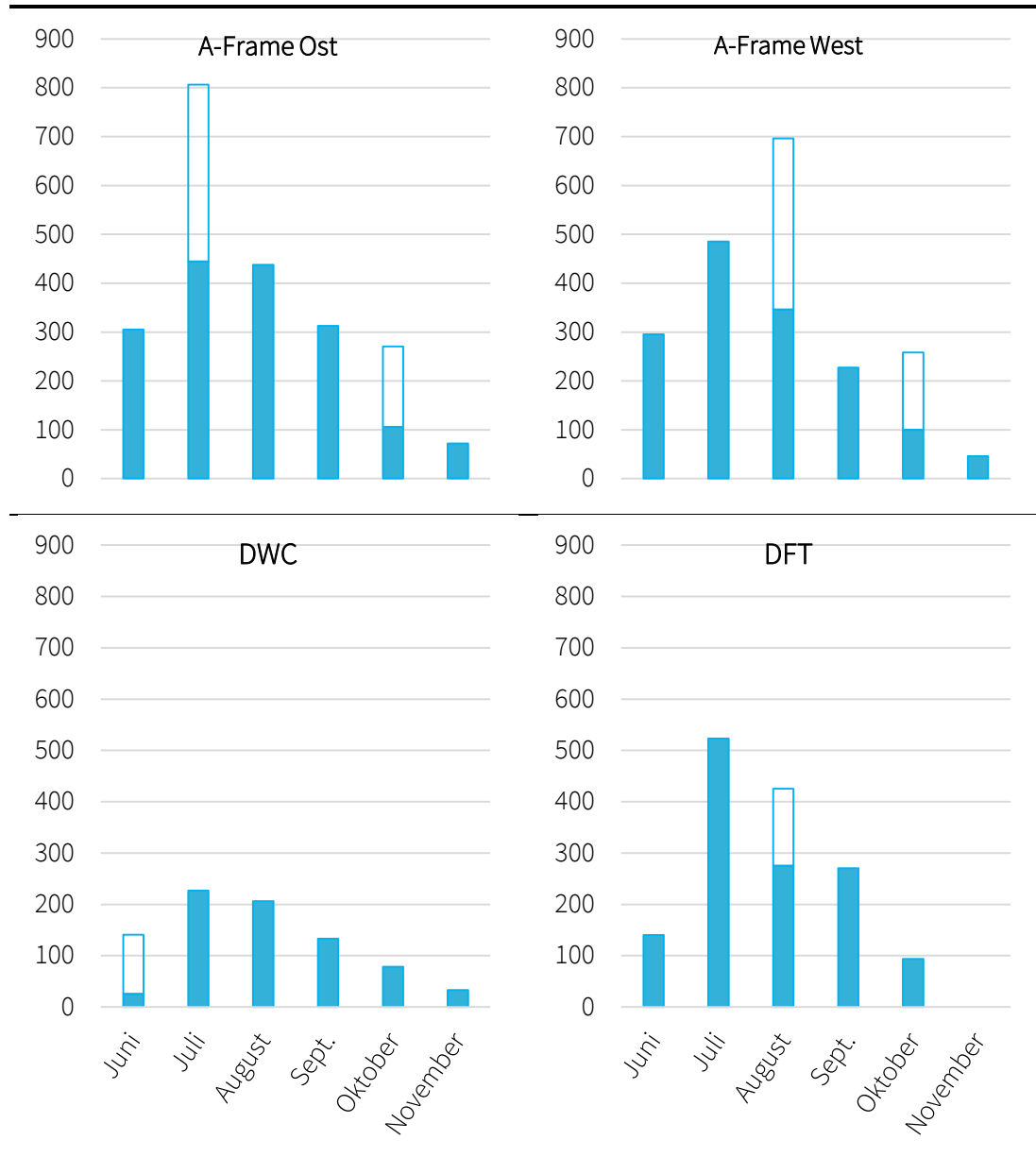


Abbildung 56 zeigt den Verbrauch von Wasser der vier Anlagen des Gewächshauses

3.1.1.2 A-Frame

3.1.1.2.1 Verhalten im Betrieb

Das Gewächshaus beherbergte zwei A-Frames, eines auf der östlichen Seite des Gewächshauses und das andere westlich davon. Für die eindeutige Unterscheidung in der Bezeichnung wurden die Himmelsrichtungen „Ost“ und „West“ gewählt.

Im Ackerbau werden für Blattsalate ca. 150 kg/ha Stickstoff gedüngt [5]. Mit den A-Frames wurden jeweils ab Juni rund drei Pflanzzyklen durchgeführt. Die A-Frames haben eine bepflanzbare Fläche von 10,8 m². Multipliziert mit 3 (für drei Pflanzzyklen) entspricht das wiederum einer Fläche von 32,4 m² = 0,00324 ha. Das bedeutet: Im Ackerbau hätten bei einer Fläche von 32,4 m² 473 g Stickstoff gedüngt werden sollen. Bei den A-Frames wurde allerdings nur rund ein Viertel dessen eingebracht (siehe Eingebachte Nährstoffe

Tabelle 5 & Tabelle 6).

3.1.1.2.2 Eingebachte Nährstoffe

Tabelle 5: Eingebachte Nährstoffe in A-Frame Ost inkl. Standardabweichung; Index „extra“ bedeutet die zusätzliche Zugabe durch den Austausch von Nährlösung


	m/g ± Δm/g	m _{extra} /g ± Δm _{extra} /g	m _{ges} /g ± Δm _{ges} /g
N	107,9 ± 0,7	14,06 ± 0,28	122,0 ± 0,8
P ₂ O ₅	38,7 ± 0,4	4,56 ± 0,27	43,3 ± 0,5
K ₂ O	88,4 ± 1,1	17,3 ± 1,1	105,7 ± 1,6
MgO	24,81 ± 0,08	1,74 ± 0,05	26,55 ± 0,10
CaO	55,5 ± 1,0	6,7 ± 0,4	62,2 ± 1,1
Na	9,50 ± 0,10	3,67 ± 0,06	13,17 ± 0,12
Cl	17,33 ± 0,20	6,70 ± 0,11	24,02 ± 0,23
Cr	0,0000342 ± 0,0000004	0,00001323 ± 0,00000021	0,0000475 ± 0,0000005
Co	0,00002445 ± 0,00000025	0,00000945 ± 0,00000015	0,0000339 ± 0,0000003
TOC	0,557 ± 0,006	0,215 ± 0,004	0,773 ± 0,008
B	0,10611 ± 0,00015	0,00321 ± 0,00006	0,10933 ± 0,00017
Fe	0,4895 ± 0,0007	0,000208 ± 0,000004	0,4897 ± 0,0008
Mn	0,921 ± 0,029	0,27 ± 0,02	1,19 ± 0,04
S	12,97 ± 0,06	1,732 ± 0,029	14,70 ± 0,07
Cu	0,06537 ± 0,00009	0,0000643 ± 0,0000011	0,06543 ± 0,00010
Zn	0,0557 ± 0,0001	0,00265 ± 0,00005	0,05839 ± 0,00012
Mo	0,01630 ± 0,00002	0 ± 0	0,016300 ± 0,000020

Tabelle 6: Eingebachte Nährstoffe in A-Frame West inkl. Standardabweichung; Index „extra“ bedeutet die zusätzliche Zugabe durch den Austausch von Nährlösung

	m/g ± Δm/g	m _{extra} /g ± Δm _{extra} /g	m _{ges} /g ± Δm _{ges} /g
N	133,3 ± 0,7	28,00 ± 0,22	161,3 ± 0,8
P ₂ O ₅	36,7 ± 0,4	14,000 ± 0,016	50,7 ± 0,5
K ₂ O	104,0 ± 0,6	38,50 ± 0,05	142,5 ± 0,7
MgO	25,76 ± 0,07	5,250 ± 0,006	31,01 ± 0,08
CaO	76,1 ± 1	0,0 ± 0,4	76,1 ± 1,1
Na	19,06 ± 0,14	0 ± 0	19,06 ± 0,14
Cl	34,76 ± 0,25	0 ± 0	34,76 ± 0,25
Cr	0,0000687 ± 0,0000005	0 ± 0	0,0000687 ± 0,0000005
Co	0,0000491 ± 0,0000004	0 ± 0	0,0000491 ± 0,0000004
TOC	1,118 ± 0,008	0 ± 0	1,118 ± 0,008
B	0,0899 ± 0,0002	0,05250 ± 0,00006	0,14238 ± 0,00021
Fe	0,3671 ± 0,0008	0,2625 ± 0,0003	0,6296 ± 0,0009
Mn	1,044 ± 0,029	0,0875 ± 0,0001	1,13 ± 0,03
S	17,11 ± 0,05	0 ± 0	17,11 ± 0,05
Cu	0,0491 ± 0,0002	0,03500 ± 0,00004	0,08413 ± 0,00021
Zn	0,0503 ± 0,0002	0,02625 ± 0,00003	0,07658 ± 0,00021
Mo	0,01220 ± 0,00003	0,00875 ± 0,00001	0,02095 ± 0,00004

3.1.1.2.3 Bilanz

Tabelle 7: Auswertung des Betriebs der beiden A-Frame-Systeme

	A-Frame Ost	A-Frame West
Anzahl	- 2 Zyklen à 300 Salate	- 3 Zyklen à 300 Salate
Pflanzen	- 1 Zyklus à 242 Feldsalate	
Gemüseart	Blattgemüse	
Wasserbilanz	- 1978 L ± 25L Wasser für den Betrieb - Weitere 527 L ± 16 L für außerplanmäßige Wasserwechsel, die durch mangelhafte Qualität der Nährlösung nötig waren.	- 1785 L ± 24 L Wasser für den Betrieb - Weitere 585 L ± 21 L für außerplanmäßige Wasserwechsel, die durch mangelhafte Qualität der Nährlösung nötig waren
Einsparpotential	Energie: - Energie: Kleinere Pumpen: 880 W → 550 W - ggf. längere Pumpenpausen Wasser: - Austretendes Wasser reduzieren (siehe rechts)	 <p>Abbildung 57: austretendes Wasser am A-Frame</p>
Effektivität	<i>Effektivität war kein zentrales Ziel, da viele Parameter, wie Optimierung des Düngers, EC, Pflanzabstand etc. im Mittelpunkt der Versuche standen.</i> - Gepflanzte Setzlinge und geerntete Salate wurden aufgrund von Personalmangel nicht erfasst - Die Ernte wurde überwiegend von [p3] gegessen - Der vertikale Anbau soll höhere Flächenausbeute möglich machen. Hierzu liegen noch keine validen Daten vor.	
Qualität	- Geschmack war normal - Blattsubstanz eher zart und dünn - Salatgröße klein - Kopfsalate bildeten selten einen Kopf aus - Bester Erntezeitpunkt wurde häufig verpasst, sodass viele Salate bereits zu schießen begannen und ihr saftiges Grün verloren hatten.	
Herausforderungen	- Blattläuse - Algenbildung - aufwendige Reinigung - schräger Salatanbau beeinflusst Kopfbildung bei Kopfsalat vermutlich negativ [6] - es gibt keine natürlichen Puffersysteme - Alternativmaterialien zu Styrodur finden (lichtundurchlässig, isolierend, wasserdicht, günstig, umweltfreundlich, inert)	

3.1.1.2.4 Messwerte

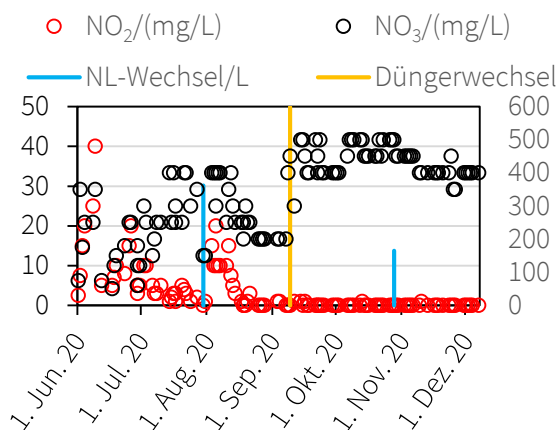


Abbildung 58: Darstellung der Nitrat- und Nitritmesswerte im A-Frame Ost; die blauen Linien stellen den Austausch von Nährlösung (NL) dar; der Düngerwechsel ist die Umstellung auf Hakaphos® Soft Spezial

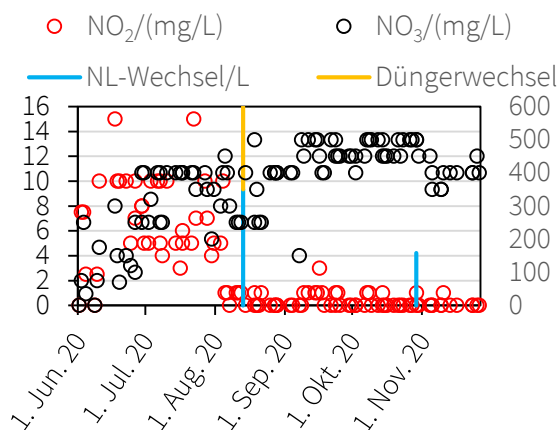


Abbildung 59: Darstellung der Nitrat- und Nitritmesswerte im A-Frame West; die blauen Linien stellen den Austausch von Nährlösung (NL) dar; der Düngerwechsel ist die Umstellung auf Hakaphos® Soft Spezial

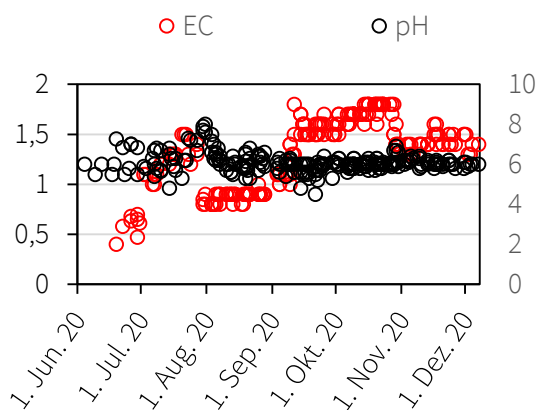


Abbildung 60: Darstellung der EC- und pH-Messerte im A-Frame Ost

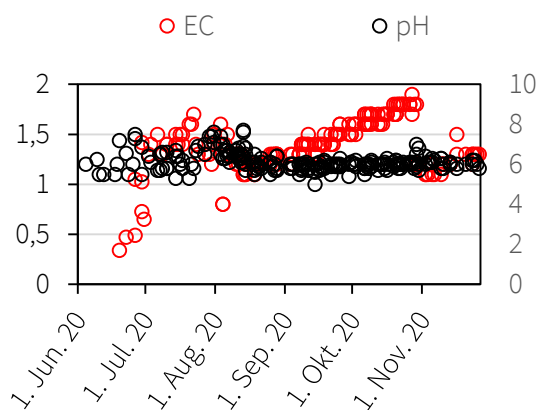


Abbildung 61: Darstellung der EC- und pH-Messerte im A-Frame West

3.1.1.3 DWC

3.1.1.3.1 Verhalten im Betrieb

Der Betrieb des DWC-Systems verlief nahezu problemfrei. Die einzige Herausforderung war der ständige Befall des kleinen Kohlweißlings. Außerdem war der Querschnitt des Wassertanks so klein, dass der Wasserstand an heißen Tagen so weit absank, dass man fast täglich Wasser nachfüllen musste. Wenn in dem System Salat angebaut wird, ist darauf zu achten, dass die Abstände untereinander großzügig sind, da die Luftzirkulation zusätzlich durch den Beckenrand behindert wird.

3.1.1.3.2 Eingebachte Nährstoffe

Tabelle 8: Eingebachte Nährstoffe in das DWC-System inkl. Standardabweichung; Index „extra“ bedeutet die zusätzliche Zugabe durch den Austausch von Nährlösung

	m/g ± Δm/g	m _{extra} /g ± Δm _{extra} /g	m _{ges} /g ± Δm _{ges} /g
N	145,5 ± 0,8	0,67 ± 0,05	146,1 ± 0,9
P ₂ O ₅	35,1 ± 0,4	0,064 ± 0,005	35,1 ± 0,5
K ₂ O	111,1 ± 1,1	0,288 ± 0,021	111,4 ± 1,2
MgO	20,60 ± 0,08	0,0092 ± 0,0007	20,61 ± 0,09
CaO	22,6 ± 1,0	0 ± 0	22,6 ± 1,0
Na	43,17 ± 0,18	0,27 ± 0,02	43,45 ± 0,19
Cl	78,7 ± 0,4	0,50 ± 0,04	79,22 ± 0,41
Cr	0,0001555 ± 0,0000007	0,00000098 ± 0,00000007	0,0001565 ± 0,0000008
Co	0,0001111 ± 0,0000005	0,00000070 ± 0,00000005	0,0001118 ± 0,0000006
TOC	2,533 ± 0,011	0,0160 ± 0,0012	2,549 ± 0,012
B	0,0787 ± 0,0002	0,000238 ± 0,000017	0,07891 ± 0,00021
Fe	0,2069 ± 0,0007	0,0000154 ± 0,0000011	0,2070 ± 0,0008
Mn	1,02 ± 0,03	0 ± 0	1,02 ± 0,03
S	19,18 ± 0,07	0,051 ± 0,004	19,23 ± 0,08
Cu	0,02976 ± 0,00009	0,0000048 ± 0,0000004	0,02976 ± 0,00010
Zn	0,0535 ± 0,0002	0,000196 ± 0,000014	0,05370 ± 0,00021
Mo	0,00673 ± 0,00002	0 ± 0	0,006730 ± 0,000020

3.1.1.3.3 Bilanz

Tabelle 9: Auswertung des Betriebs des DWC-Systems

DWC	
Anzahl Pflanzen	- 6 x Rosenkohl - 2 x Blumenkohl - 6 x Knollensellerie - 2 x Mangold - 3 x Fenchel - 3 x Basilikum - 6 x Salate
Gemüseart	- Blatt-, Knollen- und Fruchtgemüse
Wasserbilanz	- 987 L ± 9 L Wasser für den Betrieb - Weitere 115 L ± 6 L für außerplanmäßige Wasserwechsel, die durch mangelhafte Qualität der Nährlösung nötig waren.
Einsparpotential	Energetisch: - Einsparpotential durch Tauchpumpen möglich, diese sind jedoch empfindlicher und teurer als die verwendeten 5W-Luftheberpumpen Wasser: - Kaum, da System schon sehr ausgereift und es keine offenen Wasseroberflächen mit Möglichkeit der Verdunstung gibt

DWC

Effektivität	<p>Effektivität war kein zentrales Ziel, da viele Parameter, wie Optimierung des Düngers, EC, Pflanzabstand etc. im Mittelpunkt der Versuche standen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gepflanzte Setzlinge und geerntete Salate wurden aufgrund von Personalmangel nicht erfasst - Die Ernte wurde überwiegend von [p3] gegessen
Qualität	<ul style="list-style-type: none"> - Geschmack war normal - Das Gemüse war tendenziell kleiner als das aus dem Handel - Der Fenchel ist sehr stark geschossen - Basilikum war durchweg gut - Der Knollensellerie zeigte die ganze Zeit keinen Mangel
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Befall durch Kleiner Kohlweißling

3.1.1.3.4 Messwerte

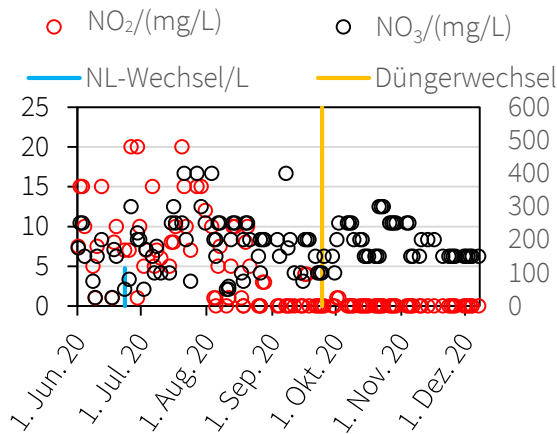


Abbildung 62: Darstellung der Nitrat- und Nitritmesswerte im DWC; die blauen Linien stellen den Austausch von Nährlösung (NL) dar; der Düngerwechsel ist die Umstellung auf Hakaphos® Soft Spezial

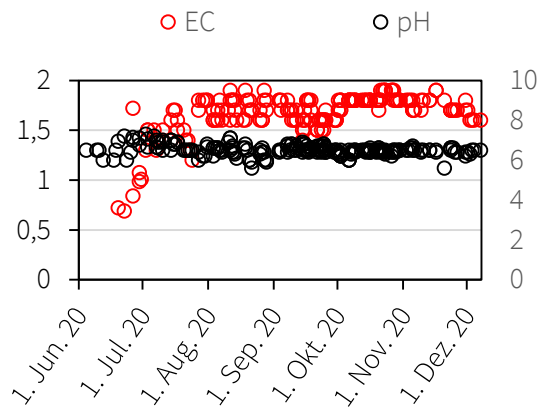


Abbildung 63: Darstellung der EC- und pH-Messwerte im A-Frame Ost

3.1.1.4 DFT

3.1.1.4.1 Verhalten im Betrieb

Das DFT-System hat sich als wartungsarme und simple Anlage herauskristallisiert. Die einzigen Probleme traten im Zusammenhang mit mangelnden Platz und der anfangs unzureichenden Schattierung auf, wodurch manche Tomatenpflanzen als Folge beschädigt wurden.

3.1.1.4.2 Eingebachte Nährstoffe

Tabelle 10: Eingebachte Nährstoffe in das DWC-System inkl. Standardabweichung; Index „extra“ bedeutet die zusätzliche Zugabe durch den Austausch von Nährlösung

	m/g ± Δm/g	m _{extra} /g ± Δm _{extra} /g	m _{ges} /g ± Δm _{ges} /g
N	146,6 ± 0,7	16,80 ± 0,04	163,4 ± 0,8
P ₂ O ₅	60,2 ± 0,4	8,400 ± 0,016	68,6 ± 0,5
K ₂ O	165,9 ± 0,6	23,10 ± 0,05	189,0 ± 0,7
MgO	30,77 ± 0,07	3,150 ± 0,006	33,92 ± 0,08
CaO	35,9 ± 1,0	0 ± 0	35,9 ± 1,0

	$m/g \pm \Delta m/g$	$m_{\text{extra}}/g \pm \Delta m_{\text{extra}}/g$	$m_{\text{ges}}/g \pm \Delta m_{\text{ges}}/g$
Na	15,33 ± 0,12	0 ± 0	15,33 ± 0,12
Cl	28,0 ± 0,3	0 ± 0	28,0 ± 0,3
Cr	0,0000552 ± 0,0000005	0 ± 0	0,0000552 ± 0,0000005
Co	0,0000395 ± 0,0000003	0 ± 0	0,0000395 ± 0,0000003
TOC	0,899 ± 0,007	0 ± 0	0,899 ± 0,007
B	0,15471 ± 0,00019	0,03150 ± 0,00006	0,18621 ± 0,00020
Fe	0,7074 ± 0,0008	0,1575 ± 0,0003	0,8649 ± 0,0009
Mn	1,132 ± 0,029	0,0525 ± 0,0001	1,18 ± 0,03
S	13,55 ± 0,05	0 ± 0	13,55 ± 0,05
Cu	0,10727 ± 0,00011	0,02100 ± 0,00004	0,12827 ± 0,00012
Zn	0,09610 ± 0,00012	0,01575 ± 0,00003	0,11185 ± 0,00013
Mo	0,022910 ± 0,000026	0,00525 ± 0,00001	0,028160 ± 0,000028

3.1.1.4.3 Bilanz

Tabelle 11: Auswertung des Betriebs des DWC-Systems

DFT	
Anzahl Pflanzen	- 9 x Tomatenpflanzen
Gemüseart	Blatt- und Fruchtgemüse
Wasserbilanz	- 1439 L ± 15L Wasser für den Betrieb - Weitere 150 L ± 8 L für außerplanmäßige Wasserwechsel, die durch mangelhafte Qualität der Nährlösung nötig waren.
Einsparpotential	Energetisch: - Einsparpotential durch Tauchpumpen möglich, diese sind jedoch empfindlicher und teurer als die verwendeten 5W-Luftheberpumpen Wasser: - Kaum, da System schon sehr ausgereift und es keine offenen Wasseroberflächen mit Möglichkeit der Verdunstung gibt
Effektivität	<i>Effektivität war kein zentrales Ziel, da viele Parameter, wie Optimierung des Düngers, EC, Kletterhilfen etc. im Mittelpunkt der Versuche standen.</i> - Geerntete Tomaten wurden aufgrund von Personalmangel nicht erfasst - Die Ernte wurde überwiegend von [p3] gegessen
Qualität	<i>Die Tomatensetzlinge waren nicht veredelt und von schlechter Qualität. Somit können die Ergebnisse nicht zwangsläufig auf das System zurückgeführt werden.</i> - Geschmack war nicht sehr kräftig, aber ansonsten normal - Durch Verbrennungen waren die Tomaten an einigen Stellen bleich und dünnhäutig - Die rote Färbung war nicht sehr kräftig
Herausforderungen	- Die Sonneneinstrahlung

3.1.1.4.4 Messwerte

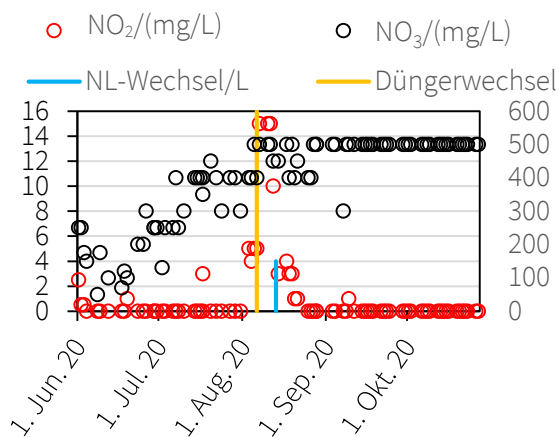


Abbildung 64: Darstellung der Nitrat- und Nitritmesswerte im DFT; die blauen Linien stellen den Austausch von Nährlösung (NL) dar; der Düngerwechsel ist die Umstellung auf Hakaphos® Soft Spezial

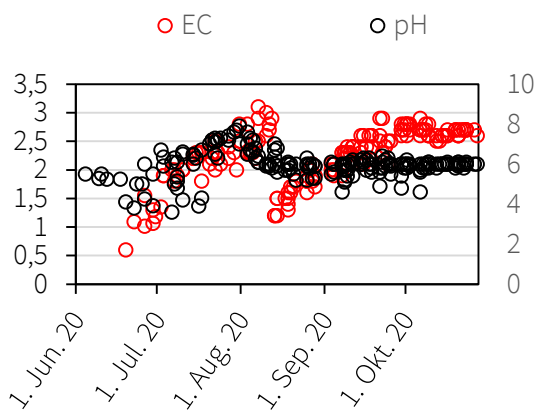


Abbildung 65: Darstellung der EC- und pH-Messwerte im A-Frame Ost

3.1.1.5 Aquarium

3.1.1.5.1 Verhalten im Betrieb

Das Aquarium wurde erst Ende Oktober 2020 in Betrieb genommen. Daher werden an dieser Stelle nur wenige Informationen zum Betrieb genannt.

3.1.1.5.2 Bilanz

Tabelle 12: Auswertung des Betriebs des Aquariums

Aquarium	
Anzahl Pflanzen	- 3 x Petersilie - 3 x Basilikum - 4 x Schnittlauch - 2 x Rosmarin - 2 x Oregano - 2 x Bohnenkraut - 3 x Spinat
Gemüseart	- Kräuter, Blattgemüse
Wasserbilanz	- 15 L Wasser pro Woche (ca. 1/3 des Wasservolumens / Woche auswechseln [7])
Einsparpotential	- noch keine Ergebnisse
Effektivität	- noch keine Ergebnisse
Qualität	- noch keine Ergebnisse
Herausforderungen	- Algen

3.1.2 Vertriebspotentiale

Im Kern des Projekts standen die Schritte Entwicklung – Bau – Betrieb – Vertrieb von hydroponischen/aquaponischen Anlagen zur Umweltbildung/Umweltkommunikation. Dabei war das Ziel, nach der zweijährigen Projektphase die Technologie und pädagogischen Konzepte so weit zu bringen, dass

mit dem Vertrieb bzw. der Skalierung des Projektes begonnen werden kann. Zudem war das Ziel, die Technologie so weit zu entwickeln, dass diese modular und somit leicht zu skalieren sind.

Aufgrund der Corona-bedingten Zwangspause für öffentliche Events und pädagogische Veranstaltungen müssen zum Zeitpunkt des Projektabschlusses im Betrieb bzw. bei der Nutzung der Konzepte weitere Erfahrungen gesammelt werden, um eine „vertriebsbereite Lösung“ zu erreichen. Dennoch konnten schon wertvolle Erfahrungen gesammelt werden, die einen guten Ausblick auf das Potential der verschiedenen Systeme geben.

Im Folgenden werden die verschiedenen Systeme hinsichtlich (1) ihrer flächendeckenden Einsetzbarkeit, (2) der notwendigen Entwicklungsschritte zur flächendeckenden Einsetzbarkeit sowie (3) ihrer Reproduzierbarkeit, Skalierbarkeit und Modularität analysiert.

3.1.2.1 A-Frame

Flächendeckende Einsetzbarkeit	<p>Ein A-Frame kann wegen der guten Platznutzung insbesondere innerstädtisch sinnvoll eingesetzt werden.</p> <p>Außerdem lassen sich die Anlagen optimal zur Umweltpädagogik nutzen, da sie alle Themen unseres Umweltcurriculums sehr gut darstellen.</p> <p>Möglich Standorte sind daher (Dach-)Terrassen, Innenhöfe, aber auch in Innenräumen zum Beispiel von Mehrfamilienhäusern, Pflegeeinrichtungen oder Bildungseinrichtungen.</p>
Notwendige Entwicklungsschritte zur flächendeckenden Einsetzbarkeit	<p>Zum erfolgreichen Betrieb durch die Anwender braucht es viel Know-how – zum Beispiel zu Pflanzengesundheit, Anwendung, Technik, etc. Hierfür muss dieses Know-how besser aufbereitet und zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Eine Alternative ist, den A-Frame inkl. Service zu verbessern, um Fehlerquellen zu minimieren. Optimierungspotential besteht beispielsweise beim Aufwand für das Einbringen der Setzlinge sowie beim Reinigen von Wurzelresten bei der Ernte.</p> <p>Eine große Herausforderung beim A-Frame ist die Verfügbarkeit von Setzlingen. Aktuell gibt es nur die Lösung, dass die Anwender des A-Frames selbst die Setzlinge ziehen. Hier ist viel Know-how und Technik erforderlich, zum Beispiel zur Samenbeschaffung, zu den Keimbedingungen (Licht, Feuchtigkeit, Temperatur), zum optimalen Umsetzzeitpunkt in den A-Frame etc.</p> <p>Dies stellt einen großen Nachteil zu allen anderen Systemen dar, die wir nutzen: bei allen anderen Systemen können die Anwender zum Gärtner gehen und vitale Setzlinge kaufen, wodurch die Systeme auch leicht skalierbar, weil überall anwendbar, werden.</p> <p>Es braucht eine Lösung, wie wir unsere Kunden hierbei unterstützen können. Beispiele sind hierfür die Beschaffung von fertigen Pflanzstegen (Kokos und Samen, Anleitung zu Bewässerung, Düngung, Licht und Temperatur).</p>
Reproduzierbarkeit, Skalierbarkeit, Modularität	<p>Reproduzierbarkeit & Skalierbarkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ein A-Frame kann in beliebigen Größen gebaut werden. <p>Modularität:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zwar können A-Frames als einzelne Module gesehen, mit einem gemeinsamen Tank betrieben und somit modular ergänzt werden.

- Allerdings kann ein fertig gestellter A-Frame nicht mehr erweitert werden, vor allem, wenn das Auffangbecken unterhalb des „Alurahmens“ gleichzeitig als Wassertank genutzt wird.

3.1.2.2 DWC

Flächendeckende Einsetzbarkeit	<p>Ein DWC-Tisch-System ist flächendeckend einsetzbar.</p> <p>Vorteile gegenüber dem A-Frame sind die leichte Bedienbarkeit, Pflege und dass man Setzlinge vor Ort beim Gärtner kaufen kann.</p> <p>Durch die horizontale Orientierung ist bei einem Tische kein Flächenvorteil/keine effiziente Platznutzung (wie beim A-Frame) vorhanden. Allerdings bieten sich bei der innerstädtischen Nutzung dennoch insofern (Flächen-)Vorteile im Vergleich zu konventionellen Methoden, als auch bereits versiegelte Flächen genutzt werden können. Mögliche Standorte sind wie beim A-Frame (Dach-)Terrassen und Innenhöfe, aber auch in Innenräumen zum Beispiel von Mehrfamilienhäusern, Pflegeeinrichtungen oder Bildungseinrichtungen.</p>
Notwendige Entwicklungsschritte zur flächendeckenden Einsetzbarkeit	<p>Für einen flächendeckenden Einsatz muss die Beckenkonstruktion optimiert werden. Hierzu wurde schon ein Konzept entwickelt.</p> <p>Um eine bessere Flächeneffizienz zu schaffen und somit auch die wenigen freien innerstädtischen Flächen besser zu nutzen, kann man die DWC-Tische auch als Regale übereinander anordnen. Hierzu braucht es aber Belichtung, was einen technischen Mehraufwand darstellt.</p>
Reproduzierbarkeit, Skalierbarkeit, Modularität	<p>Ein DWC-Tisch kann sehr leicht in verschiedenen Dimensionen gebaut werden.</p> <p>Wenn ein Becken für ein einzelnes System genutzt wird, kann das Einzelsystem nicht mehr modular erweitert werden.</p> <p>Einzelne DWC-Systeme können allerdings modular durch weitere ergänzt werden.</p>

3.1.2.3 DFT

Flächendeckende Einsetzbarkeit	<p>Ein DFT-System ist flächendeckend einsetzbar.</p> <p>Vorteile gegenüber dem A-Frame sind die leichte Bedienbarkeit, Pflege und dass man Setzlinge vor Ort beim Gärtner kaufen kann.</p> <p>Ähnlich wie der A-Frame ermöglicht ein DFT-System eine vertikale Anordnung und ermöglicht dadurch sehr effiziente Flächennutzung.</p> <p>Die möglichen Standorte sind vergleichbar mit denen der anderen Systeme: (Dach-)Terrassen, Innenhöfe, aber auch in Innenräumen zum Beispiel von Mehrfamilienhäusern, Pflegeeinrichtungen oder Bildungseinrichtungen.</p>
Notwendige Entwicklungsschritte zur flächendeckenden Einsetzbarkeit	<p>Die Anbringung / Verankerung von System und Pflanzen für eine vertikale Anordnung muss optimiert werden.</p>
Reproduzierbarkeit, Skalierbarkeit, Modularität	<p>Ein DFT-System kann sehr leicht in verschiedenen Dimensionen gebaut werden.</p> <p>Einzelne DFT-Systeme können modular durch weitere ergänzt werden und es kann auch das System selbst modular vergrößert werden.</p>

3.1.2.4 Mini-Aquaponik-Modul

Flächendeckende Einsetzbarkeit	Ein Mini-Aquaponik-Modul ist bestens geeignet als Anschauungsobjekt und für Umweltschulungen im Bildungskontext. Auch eignet es sich für die Nutzung im privaten Wohnraum.
-----------------------------------	--

Notwendige Entwick- lungsschritte zur flä- chendeckenden Ein- satzbarkeit	Es müssen geeignetere Belichtungssysteme gefunden werden.
--	---

Reproduzierbarkeit, Skalierbarkeit, Modularität	Das Mini-Aquaponik-Modul ist leicht reproduzierbar, aber nicht modular oder skalierbar.
---	---

3.2 Pädagogik

Grundsätzlich haben die Erfahrungen bei der Umsetzung der Einheiten gezeigt, dass Hydroponik und Aquaponik bestens geeignet sind, um Zusammenhänge bezüglich der Umwelt zu veranschaulichen und näher zu bringen. Die Schülerinnen und Schüler waren dabei äußerst motiviert, zudem zeigten sich Schulen sehr daran interessiert, das entwickelte Konzept in die Anwendung zu bringen. Bestätigt wurde dies auch dadurch, dass alle gedruckten Informationsflyer über Hydro- und Aquaponik mitgenommen wurden und nach wie vor viele Menschen die [p3]-Werkstatt aufsuchen, um sich über das Projekt und die Ziele zu informieren.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse anhand der vorab erstellten Wirkungslogik evaluiert werden.

3.2.1 Ebene Outputs/Aktivitäten

Fast alle in der Wirkungslogik definierten Outputs wurden erfolgreich umgesetzt.

Besonders Highlight waren hierbei vor allem der Mittagstisch sowie der Bau der Anlagen.

Allerdings konnten im Projektzeitraum nicht alle geplanten Aktivitäten/Outputs umgesetzt werden, bzw. nicht in dem Umfang wie geplant. Hierfür gab es vor allem zwei Hauptfaktoren:

- Durch die Corona-Maßnahmen war es nicht möglich, alle geplanten Aktivitäten umzusetzen. Vor allem betroffen waren Exkursionen mit unseren EQ'lern zu anderen (umweltpädagogischen) Einrichtungen aber auch Exkursionen in unserer Anlage für externe Gruppe. Somit standen insbesondere die interne Anwendung und Erprobung mit anschließender Evaluation und Weiterentwicklung im Mittelpunkt.
- Unterbesetzung an Pädagogischen Personal, um dauerhaft und regelmäßig die Konzepte umzusetzen. Durch die Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule sowie der Einbindung von Ehrenamtlichen wurde die Konzeption/Konzeptentwicklung und die interne Umsetzung möglich, zur Verstärkung und kontinuierlich Umsetzung benötigt es hier weitere personelle Ressourcen.

3.2.2 Ebene Outcomes/Wirkung

Die [p3]-EQ'ler (Einstiegsqualifizierung) & FIM'ler (Flüchtlingsintegrationsmaßnahme, Bewohner aus der Landeserstaufnahmestelle) konnten durch die Umweltschulung bzw. ihre Mitarbeit an den hydroponischen Anlagen ihren Einfluss auf die Umwelt besser verstehen. Besonders deutlich wurde dies bei der Präsentation der Plakate zu Hydroponik, die die EQ'ler im Unterricht erstellt hatten und zu verschiedenen Anlässen intern und öffentlich präsentierten.

Außerdem konnte gezeigt werden, dass der Bau von hydroponischen und aquaponischen Anlagen sich bestens für eine Ausbildung und Vorausbildung eignet, da viele verschiedene Tätigkeiten in den Bereichen Holz, Metall und Elektro in verschiedenen Schwierigkeitsgraden angewendet werden müssen.

Obwohl nachweislich hinsichtlich des Wissens und der Fertigkeiten der Projektteilnehmer eine Wirkung erzielt wurde, reichten die Impulse und Lernerfahrungen noch nicht aus, dass Veränderungen auf Ebene der Handlung gemessen wurden. Begründet kann dies auch mit den oben genannten Defiziten (Corona, Personalressourcen): zum einen konnten nicht alle Themenbereiche abgearbeitet werden, um ausreichend Verständnis zu schaffen und Handlungsstrategien einzutrainieren. Vor allem der Aspekt, dass viele der Projektteilnehmer mit Fluchterfahrung keinerlei Vorerfahrungen oder Vorsensibilisierung für die Zielperspektive ökologische Nachhaltigkeit hatten, erschwert die Zielerreichung. Dennoch konnte gezeigt werden, dass der fachpraktische Ansatz auf den Ebenen Bau und Betrieb hierfür geeignet sind.

4 Diskussion

Insgesamt wurde sichtbar, dass im Rahmen des Projekts „Transformation von (Umwelt-)Bildung, Ausbildungsvorbereitung und regionale Ernährungssysteme mit Aquaponik“ in den vergangenen Jahren sehr viel umgesetzt wurde und auch viele der gesteckten Ziele erreicht wurden.

Die Projektdurchführung sowie die Ergebnisse sollen im Folgenden kritisch beleuchtet werden.

4.1 Management und Vorgehensweise

Der gewählte Management-Ansatz mit kurzen Iterationsschleifen (vgl. 2.1) hat sich sehr bewährt. So konnte auf die vielen sich im Laufe des Projekts verändernden Rahmenbedingungen reagiert werden und dementsprechend konnten Strategien angepasst werden. Daher soll dieser Ansatz vor Ort weiter genutzt werden.

Vor allem die Nutzung eines kleinen Prototyps, des Landesgartenschau-Ausstellungsmodells (vgl. 2.2.1), stellte sich als großer Vorteil in der weiteren Projektentwicklung heraus. Hierbei konnten ohne große Investitionen und Planungsaufwand viele wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, die bei der weiteren Projektgestaltung von großer Bedeutung waren (Standort, Größe, etc.).

Insgesamt konnten viele Partner gewonnen werden. Gleichzeitig konnte dadurch eine breite Basis entwickelt werden, da schon viele wertvolle Rückmeldungen und Impulse zu einem frühen Zeitpunkt der Projektrealisierung vorhanden waren, was eine große Bereicherung darstellt.

Diese breite Basis kann sicherlich auch bei der Skalierung des Vorhabens von großer Bedeutung sein, um neue Handlungsspielräume zu eröffnen, und stellt daher eine gute Grundlage für weitere Projekte dar. Somit hat sich auch der kooperative Ansatz sehr bewährt.

4.2 Diskussion „Vierklang Entwicklung – Bau – Betrieb – Vertrieb“

Planmäßig sollte die Förderung genutzt werden, um die Schritte Entwicklung – Bau – Betrieb zu realisieren und ein vertriebsberechtigtes Produkt zum Abschluss präsentieren zu können. Sowohl die Entwicklung, als auch Bau und Betrieb der Anlagen konnten realisiert werden. Auch gelang es, gemeinsam mit „The Association of Urban Farming“ mit dem „Urban Farming Container Concept“ ein vertriebsberechtigtes Konzept zu entwickeln, das im Kapitel ‚Ausblick‘ noch vorgestellt wird. Das genannte Konzept wurde auch schon potentiellen Kunden und Förderern zugespielt.

Allerdings zeigte sich auch beim Betrieb der Anlage, dass noch viele Entwicklungsschritte und Erprobungen notwendig sind, um ein wirklich flächendeckend einsetzbares Produkt zu realisieren. Dies betrifft vor allem das Handling inklusive Wartung und Reinigung der Anlage, Steuerung, Pflanzenschutz und Pflanzengesundheit, die Beschaffung von Setzlingen, Optimierung der Pflanzenarten und Sorten, die Möglichkeit organische Dünger zu nutzen, Optimierung der verwendeten Materialien hinsichtlich Nachhaltigkeit, Weiterentwicklung der Anlagentypen zur Realisierung einer modularen Erweiterung, aber auch die Umsetzung der umweltpädagogischen Konzepten sowie die Beteiligung von Interessenten, was vor allem für eine quartiersbezogene gemeinschaftliche Nutzung notwendig ist. Hierfür braucht es noch weitere Versuchsreihen. Außerdem müssen mehr Partnerschaften mit Forschungseinrichtungen initiiert werden, um in den genannten Themenbereichen strategisch Forschung zu betreiben und das notwendige Wissen rasch aufzubauen. Voraussetzung hierfür ist allerdings auch, dass weitere Fördermittel akquiriert werden, die es [p3] erlauben, personell so aufzustocken, dass diese Kooperationen initiiert und betreut werden können, um die Erkenntnisse auch wirklich gewinnbringend nutzen zu können.

4.3 Diskussion der Hauptziele

Tabelle 13: Diskussion der Hauptziele

Hauptziel	Bewertung
<p>Junge Menschen mit Fluchthintergrund werden mit in die Produktion hydroponischer Anlagen einbezogen und so wirksam in den Bereichen, Holz, Elektro und Metall qualifiziert.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dieses Ziel wurde beim Bau der bestehenden Anlage erreicht. - Es hat sich gezeigt, dass der Bau hydroponischer Anlagen bestens geeignet ist, um genannte Personengruppe zu qualifizieren. Auch die entwickelten Module stellte eine gute Vorbereitung dafür dar. - Um konstant diesen Punkt zu realisieren, müssen weitere Anlagen gebaut werden. Hierzu sollen u.a. weitere Folgeprojekte akquiriert werden.
<p>Eine Entwicklung in Quartieren hin zu einer umweltfreundlichen, lokalen, gemeinschaftsstiftenden Gemüseproduktion mit einfach handhabbaren Hydro- bzw. Aquaponikanlagen wird angestoßen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Es gab viele externe Anfragen zum Projekt im Allgemeinen, aber auch ganz konkret zur möglichen Nutzung für genossenschaftliche Wohnprojekte. Von daher konnte ein „Anstoßen“ registriert werden. - Prinzipiell deutet vieles darauf hin, dass der von uns genutzte Anlagentyp zur gemeinschaftlichen und umweltfreundlichen Nutzung geeignet ist. - Allerdings müssen noch viele Fragen, zum Beispiel zum „biologischen“ Service und zur „technischen“ Wartung, zu Wissensvermittlung und Community-Management geklärt werden. - Insgesamt zeigte sich, dass viel mehr Know-how im Gemüseanbau notwendig ist, als wir vorab erwartet hatten.
<p>Sprachsensible Umweltbildung wird ermöglicht und auch Gruppen, die sich eher weniger mit dem Thema beschäftigen, werden für Nachhaltigkeit, gesunde Ernährung etc. sensibilisiert.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sprachsensible Konzepte liegen vor. - Durch die Verankerung im Zweckbetrieb und die Nutzung der Testanlage hier vor Ort konnten genannte Gruppen sensibilisiert werden. Dies soll durch weitere sinnvolle Aktivitäten im Schulungskonzept verstärkt werden, um das Potential der in der Praxis gemachten Erfahrung voll abzurufen. - Allerdings braucht es noch weitere Partizipationsmöglichkeiten, um in diesem Bereich bessere Ergebnisse zu erzielen. - Hauptherausforderung war an dieser Stelle vor allem die Corona-Situation, die nur eine eingeschränkte Umsetzung der Konzepte ermöglichte. - Um die Konzepte zu optimieren und fest im [p3]-Kontext zu etablieren, müssen die Konzepte intensiver umgesetzt, evaluiert und weiterentwickelt werden. Hierfür braucht es allerdings deutlich mehr personelle Ressourcen vor Ort.

5 Ausblick

Da das Projekt viele entscheidende Schritte ermöglicht hat, um die gesteckten Ziele zu erreichen, und auch sichtbar wurde, welches Potential der Ansatz hat, soll weiterhin in die Entwicklung investiert werden, um einen flächendeckenden und erfolgreichen Einsatz – auf der Ebene der sozialen Wirkung, des Gemüse-Outputs und der Bildung – zu gewährleisten.

Hierbei muss der Fokus auf die Optimierung der Funktionen, Verbesserung der Qualität und Quantität der Gemüseernte, Verbesserung der Bedienbarkeit sowie auf die Einbindung der lokalen Community und das Wissensmanagement gelegt werden.

Zur Erreichung dieser Ziele soll das Gewächshaus in einem weiteren zweijährigen Projekt weiter betrieben sowie um weitere Anlagen ergänzt werden. Hierfür wurde ein Förderpartner gewonnen. Das neue Projekt beginnt im Januar 2021 und endet im Dezember 2022. Im ersten Jahr der Förderperiode soll das Konzept optimiert werden sowie zwei bis drei potentielle Skalierungs-Standorte gefunden werden. An diesen sollen im zweiten Jahr der Förderperiode eigens dafür gebaute hydroponische Anlagen in Betrieb genommen sowie das umweltpädagogische Konzept umgesetzt werden.

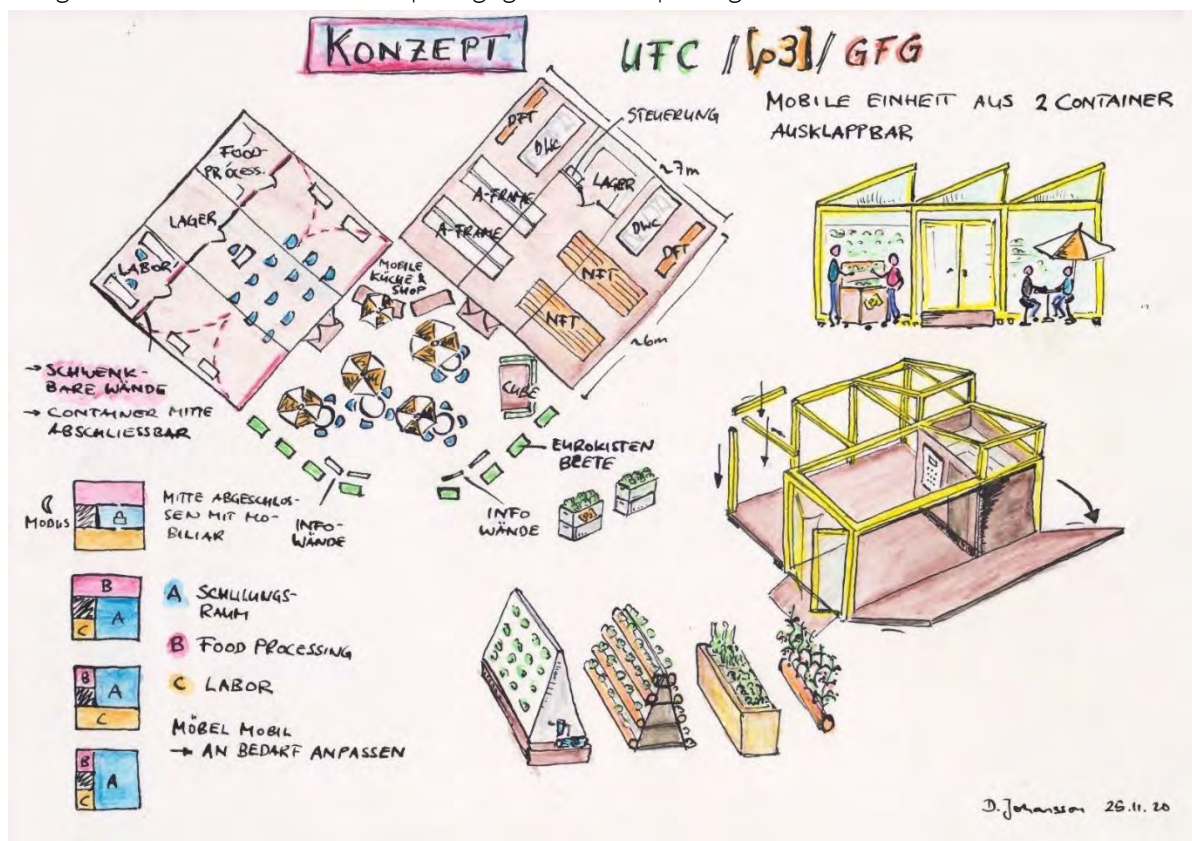


Abbildung 66: Urban Farming Center Konzept

Außerdem wurde eine Kooperation mit „The Association of Urban Farming“ in Tel Aviv vereinbart, die dort schon Urban Farming Center betreiben. Dabei verbinden sie lokale Gemüseproduktion mit Hydroponik unter Einbezug der Community vor Ort und Schulungseinheiten zu Umwelt. Im Rahmen der Kooperation soll [p3] von deren Wissen und Erfahrungen hinsichtlich der Umweltpädagogik, hydroponischer Systeme und Community-Management lernen und dieses Wissen hier vor Ort anwenden. Hierfür wurden weitere Fördermittel beantragt, um den Know-how-Transfer zu ermöglichen. In einem weiteren Schritt sollen Fördermittel akquiriert werden, um das Konzept „Urban Farming Container Concept“ (vgl. Abbildung 66) umzusetzen.

Abschließend lässt sich feststellen, dass das Projekt einen Startschuss für eine sehr dynamische Entwicklung bei [p3]-Werkstatt war und weitere Investitionen ausgelöst und Folgeprojekte ermöglicht hat.

6 Anhang

6.1 Nährstoffe

Tabelle 14: Nährstoffbedarf einiger Freilandgemüsearten [5]

Gemüse	Einheit	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Eichblatt	kg/ha	130	30	190	20
Eissalat	kg/ha	175	45	210	20
Kopfsalat	kg/ha	150	60	180	20
Lollo Salate	kg/ha	130	40	190	20
Endivien, Friesée	kg/ha	150	40	200	20
glattblättri- ger Endivien	kg/ha	190	50	240	30
Rucola	kg/ha	150	25	100	15

Tabelle 15: Nährstoffbedarf von Tomaten im Gewächshaus

Einheit	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	Quelle
g/(Pflanze*Woche)	1	0,5	1,5	0,3	/	[8]
kg/ha	320	92	624	111	532	[9]

Tabelle 16: Auszug aus der Analyse des Freiburger Trinkwassers vom Mai 2020; VB = Versorgungsbereich, BG = Bestimmungsgrenze

Bezeichnung	Einheit	VB 1	VB 4	BG
Fassungstemperatur	°C	14,9	15,1	
pH-wert		7,74	7,41	
EC (25°C)	µS/cm	237	508	
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	1,49	3,75	0,01
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	0,061	0,31	0,005
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/l			
Härte	°dH	5	13	
Härte	mmol/l	0,9	2,32	
Calcitlösekapazität	mg/l	4	< BG	1
Calcitabscheidekapazität	mg/l	< BG	6	1
Benzol	µg/L	< BG	< BG	0,1
Bor	mg/l	< BG	< BG	0,02
Bromat	µg/L	< BG	< BG	1
Chrom	mg/l	< BG	< BG	0,0005
Cyanid, gesamt	mg/l	< BG	< BG	0,01
Fluorid	mg/l	0,05	0,22	0,05
Nitrat	mg/l	12	22,6	0,5
Quecksilber	mg/l	< BG	< BG	0,00005
Selen	mg/l	< BG	< BG	0,001
Uran	mg/l	< BG	0,0006	0,0001
Antimon	mg/l	< BG	< BG	0,001

Bezeichnung	Einheit	VB 1	VB 4	BG
Arsen	mg/l	< BG	< BG	0,001
Blei	mg/l	< BG	< BG	0,001
Cadmium	mg/l	< BG	< BG	0,0001
Kupfer	mg/l	< BG	< BG	0,01
Nickel	mg/l	< BG	< BG	0,001
Nitrit	mg/l	< BG	< BG	0,01
Calcium	mg/l	30,1	79,3	0,5
Magnesium	mg/l	3,6	8,3	0,5
Natrium	mg/l	8,8	9,4	0,3
Kalium	mg/l	1,6	1,5	0,3
Ammonium	mg/l	< BG	< BG	0,01
Eisen	mg/l	< BG	< BG	0,01
Mangan	mg/l	< BG	< BG	0,005
Aluminium, gesamt	mg/l	< BG	< BG	0,02
Aluminium, gelöst	mg/l			
Chlorid	mg/l	14,5	20,4	1
Sulfat	mg/l	9,5	23,8	1
Ges. org. geb. Kohlenstoff (TOC)	mg/l	0,39	0,29	0,2

6.2 Plakate

Hydroponik- und Aquaponik

Guter, fruchtbarer Boden ist weltweit ein knappes Gut. Jeden Tag verlieren wir durch Erosion, schlechte Landwirtschaft und Flächenversiegelung mehr davon. Gibt es deshalb eine Möglichkeit, Pflanzen ohne Boden wachsen zu lassen, damit wir in Zukunft noch genug zu essen haben und gleichzeitig der Natur ihren Raum lassen?

Was braucht eine Pflanze zum Leben und Wachsen?

Licht und Wärme sind vom Boden unabhängig. Die Versorgung mit Wasser und Nährstoffen und die Verankerung sind aber stark vom Boden abhängig. Der Erdboden, auf dem man z.B. Getreide oder Gemüse anbauen kann, hat verschiedene Bestandteile, die aus unterschiedlich großen Körnern bestehen. Die Nährstoffe lagern sich an den Oberflächen dieser Körner ab. Die Wurzeln können die Nährstoffe gut von dort aufnehmen.

Frage:

Ist es dann überhaupt möglich, Pflanzen ohne Boden wachsen zu lassen?

Ja! Mit einer Hydroponik- oder Aquaponik-Anlage! In ihr werden die Pflanzen ohne Erde durch einen geschlossenen Wasserkreislauf mit allem versorgt, was sie brauchen.

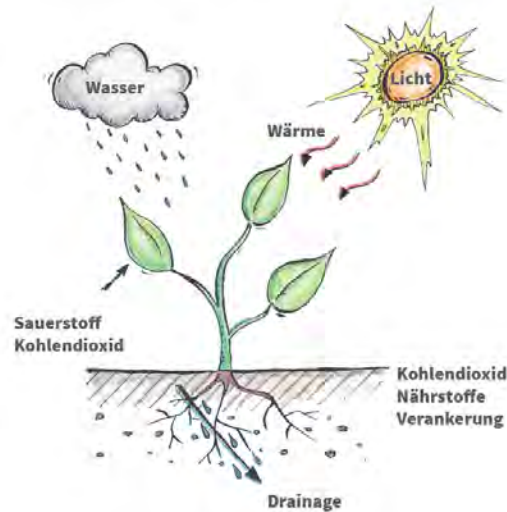


Abbildung 1: Was braucht eine Pflanze zum Leben?

Hydroponik

Unter Hydroponik versteht man den Gemüseanbau im anorganischen Trägermaterial, dem Substrat. Das Substrat, wie zum Beispiel Kokoswolle, Steinwolle und Blähton, gibt den Pflanzen Halt und Stabilität. Der Anbau klappt aber auch ohne das Substrat. Hauptsache, die Pflanze hat genug Stabilität um wachsen zu können. Durch einen geschlossenen Wasserkreislauf werden die Pflanzen stetig mit Wasser versorgt. Das Wasser wird in einer hydroponischen Anlage mit Dünger versetzt, der die Nährstoffe beinhaltet, die die Pflanzen zum wachsen brauchen. Das Wasser sollte auch immer genug Sauerstoff beinhalten, damit die Wurzeln nicht zu schaden kommen.

Aquaponik

Die Aquaponik verbindet die Hydroponik in einem fast geschlossenen System mit einer Aquakultur, einer Fischzucht.

Die Ausscheidungen der Fische werden bei der Aquaponik von Bakterien in Nährstoffe für die Pflanzen umgewandelt. Die Pflanzen reinigen durch die Aufnahme dieser Stoffe wiederum das Wasser für die Fische. Die Verbindung der Aqua- und der Hydrokultur geschieht durch Rohrsysteme, in denen das Wasser an den Bedarf des Verbrauchers angepasst wird. Endprodukte der Aquaponik sind sowohl Gemüse als auch Speisefische.



Abbildung 2: Der aquaponische Kreislauf

Anbaumethoden

Es gibt für die Hydroponik wie auch für die Aquaponik verschiedenste Anbaumethoden. Das Gemüse kann in Röhren wachsen, auf Flossen über einem Becken, in Substraten, an senkrechten Wänden, aber auch wie bei der Aeroponik mit den Wurzeln an der Luft. Im letzten Fall wird das Gemüse durch einen Sprühnebel mit den Nährstoffen versorgt. Diese Anbaumethode ist sehr wassersparsam. Bis zu 90% Wasser kann im Vergleich zum konventionellen Anbau gespart werden.

Und jetzt du:

- Hast du selbst eine Pflanze zu Hause? Wie bekommt deine Pflanze alles, was sie zum Leben und Wachsen braucht?
- Wie oft musst du deine Pflanze gießen? Und wie oft braucht sie Dünger? Informiere dich im Internet darüber. Falls du keine Pflanze hast, frag deine Eltern, ob du eine Pflanze für dein Zimmer bekommst oder ob du dich um die Pflanzen in eurer Wohnung kümmern darfst.

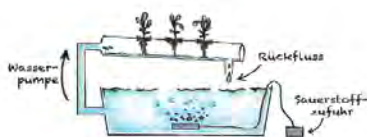


Abbildung 3: Hydroponischer Gemüseanbau in Röhren

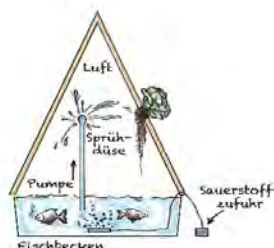


Abbildung 4: Aeroponischer Anbau kombiniert mit Fischen

Quelle:
Abbildungen: Global Food Garden, Daniel Johnson



[p3]-Werkstatt

Flächennutzung

Hast du schon einmal versucht, auf einem Gehweg, in einem Hof mit Kies oder im Sand eine Blume zu sähen? Wenn ja, dann hast du bestimmt bemerkt, dass das nicht funktioniert. Im Blumenbeet oder auf dem Feld funktioniert es dagegen sehr gut. Wir sehen also: Boden ist nicht gleich Boden. Es gibt guten, fruchtbaren Boden, auf dem Pflanzen gut wachsen können. Diesen Boden kann man landwirtschaftlich nutzen. Es gibt aber auch schlechten, unfruchtbaren Boden, auf dem keine Pflanzen wachsen können.



Fruchtbarer Boden

Unfruchtbarer Boden



Zu den unfruchtbaren Böden gehören:

- Sandige & steinige Böden
- Durch Schadstoffe vergiftete Böden
- Durch extensive Landwirtschaft ausgelaugte Böden
- Versiegelte Flächen

Wusstest du es?

Versiegelte Flächen sind zum Beispiel durch Asphalt verschlossene Böden. Täglich kommen 58-62 Hektar dazu. Das sind etwa gleich viel wie 87 Fußballfelder.

Problemstellung



Wie soll mit weniger Agrarflächen mehr angebaut werden können?

Alternative Anbaumethoden

Hydroponik-Anlagen können uns helfen, diesem Konflikt entgegenzuwirken.

Wie? Man kann eine Hydroponik-Anlage auf versiegelten Böden stellen, z.B. in einen asphaltierten Hof oder auf ein Hausdach. Dort kann man dann Pflanzen wie Salat und Gemüse anbauen. Man kann auf diese Weise also auch versiegelte Flächen landwirtschaftlich nutzen und fruchtbaren Boden außerhalb der Städte 'sparen'. Wenn dann in den Städten viel Landwirtschaft durch Hydroponik betrieben wird, gibt es mehr freie, fruchtbare Flächen für eine extensive Landwirtschaft und für Lebensräume für viele Tiere und Pflanzen. Das bedeutet mehr Biodiversität, also mehr Vielfalt von Tieren und Pflanzen, und meist auch mehr Klimaschutz.



Und jetzt du:

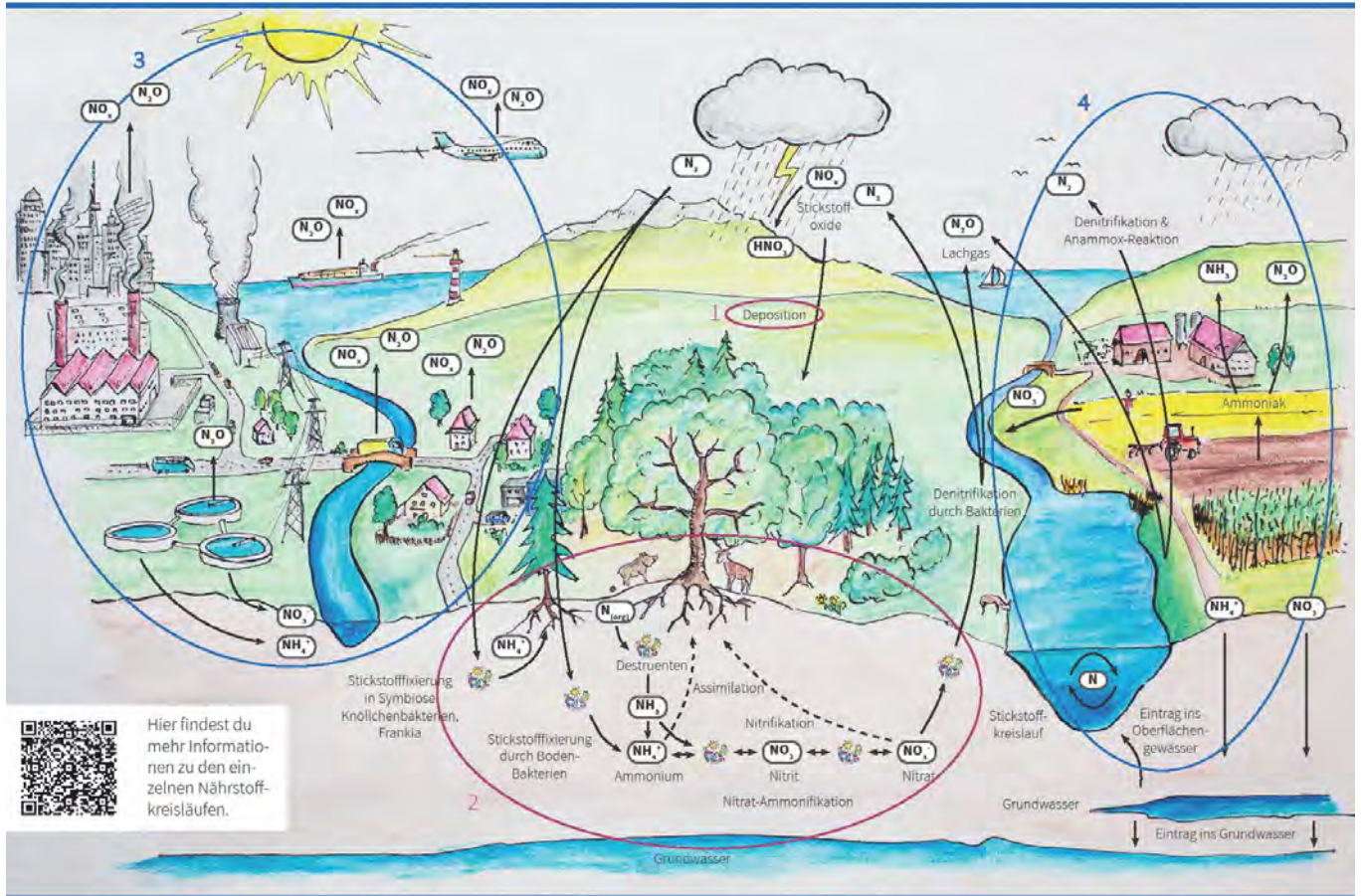
- Welche Probleme siehst du, wenn immer mehr fruchtbarer Boden versiegelt wird?
- Kennst du Beispiele für Flächenversiegelung in deiner Umgebung?

Quellen:
Diagramm: Statistisches Bundesamt 2018, PD 3 Land- und Forstwirtschaft, Fischer, R.A.1, Bodenfläche nach Art der Nutzung 2018
Fotos & Abbildungen: Global Food Garden, Daniel Johansson, www.pinterest.com/pin/50688613024413024/



Nährstoffkreisläufe

Woher kommen eigentlich die Nährstoffe, die die Pflanzen zum Leben brauchen? Es gibt natürliche Nährstoffkreisläufe, durch welchen Nährstoffe für Pflanzen verfügbar gemacht werden können. Die Nährstoffe gelangen gemäss der Abbildung auf zwei Arten in den Boden, durch Deposition (1) und durch die Fixierung und Assimilation mit Hilfe von Bakterien (2).



Hier findest du mehr Informationen zu den einzelnen Nährstoffkreisläufen.

Der Mensch hat auch einen grossen Einfluss auf die natürlichen Nährstoffkreisläufe. Dies geschieht zum Beispiel durch die Industrie, durch Abgase und Flüssig-Abfälle (3), aber auch durch Überdüngung in der Landwirtschaft (4). Probleme, die dabei auftreten können, sind:

- Zu viele Nährstoffe im Boden sind schlecht für Nutzpflanzen, da diese z.B. vorzeitig "schießen" können.
- Es kann zu Konkurrenzverschiebung kommen, wodurch Pflanzen von nährstoffliebenden Pflanzen verdrängt werden. Eine überdüngte Landschaft ist immer eine artenarme Landschaft und deswegen schlecht für die Biodiversität.
- Bei der Herstellung von Dünger wird viel Energie verbraucht, und bei dessen Transport entseht einiges an CO2. Ausserdem werden bei der Düngung klima- und gesundheitsschädliche Gase wie wie Stickstoff (N2), Lachgas (NO2) und Stickoxide (NOx) freigesetzt.
- Durch die Düngung gelangen gesundheitsschädliche Elemente wie Stickstoff in Form von Nitrat (NO3-) in Flüsse und Seen, ins Grundwasser, und dadurch auch in unser Trinkwasser.

Vorteile von Hydroponik- und Aquaponikanlagen

Bei Aquaponikanlagen kommt der Dünger von den Ausscheidungen der Fische. Bei der Hydroponik hingegen wird Dünger verwendet, mit den Nachteilen der Herstellung und des Transports.

Die Hydroponik und Aquaponik bieten aber grosse Vorteile:

- Der Nährstoffkreislauf ist weitgehend geschlossen. Es gelangen also fast keine Nährstoffe in die Umwelt und es werden weniger klimarelevante Gase freigesetzt als bei der konventionellen Landwirtschaft. Die negativen Effekte der Düngung, wie wir sie bei der konventionellen Landwirtschaft beobachten, treten deshalb hier nicht ein: Es gibt keine Konkurrenzverschiebung, keine klimaschädlichen Gase in der Luft und keine Verschmutzung des Grundwassers. Dadurch leistet Hydroponik/Aquaponik einen Beitrag zu Artenvielfalt, Klimaschutz und Gesundheit.
- Hydroponik/Aquaponik kann auf versiegelten Flächen verwendet werden. Das heisst, dass Distanzen zwischen Anbau und Verarbeitung von Lebensmittel minimiert werden und Lebensmittel dort angebaut werden, wo sie gebraucht werden. Damit kann Energie und CO2 eingespart werden.

Und jetzt du:

- Wenn ihr zu Hause Pflanzen oder einen Garten habt, schau dir mal genau die Packung des Düngers an, den ihr benutzt. Wo wurde der Dünger produziert und wie weit ist das von deinem Wohnort weg? Handelt es sich um einen Mineraldünger oder ein Bio-Dünger?
- Siehst du auf der Packung ein solches Symbol? Dann bedeutet das, dass der Dünger umweltschädlich ist. Informiere dich im Internet über natürliche und umweltfreundliche Düngemittel. Auf der folgenden Seite findest du Ideen, wie du natürlichen, umweltfreundlichen Dünger ganz einfach selber machen kannst:



Quelle:
Abbildung: Daniel Johnston
www.umweltbundesamt.de/umweltstatus/reaktiver-stickstoff/erlehnung/gestaubere-reaktiver-stickstoff/wie-verwenden-der-mensch-den-natuerlichen

Wasserkreisläufe

Unsere Erde heißt auch ‚der blaue Planet‘, weil man aus dem Weltraum große blaue Wasserflächen sehen kann. Aber hast du schon mal überlegt, wie viel von dem Wasser, das wir auf der Erde haben, eigentlich Süßwasser ist? Also das Wasser, das wir z.B. zum Trinken, Duschen und für die Landwirtschaft nutzen können?
Trinkwasser ist auf der Erde nicht so häufig, wie man vielleicht am Anfang denkt. **Nur 3 % des vorhandenen Wassers ist Süßwasser.** Und von diesen 3 % sind nur ca. 31 % in Form von Grundwasser oder Gewässern wie Flüssen, Bächen und Seen für den Menschen verfügbar. **Ungefähr 70 % des Süßwassers ist Eis** und kann deshalb nicht von den Menschen genutzt werden. Einfach verfügbares Süßwasser ist also ein seltenes Gut auf der Erde.

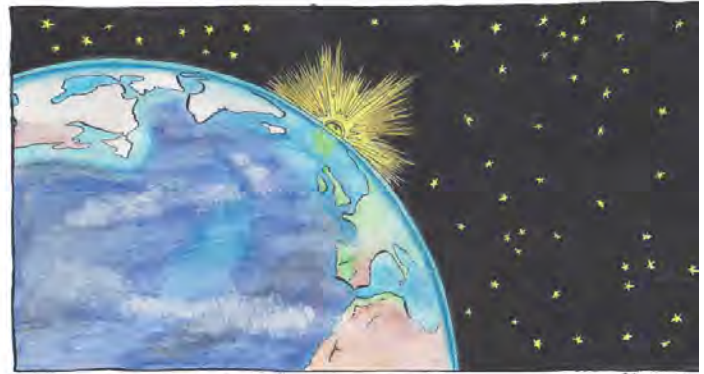


Abb. 1: Der blaue Planet Erde

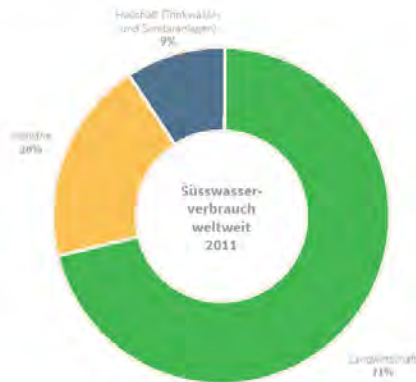


Abb. 2: Weltweiter Süßwasserverbrauch 2011

(Süß-)Wasser ist in der Landwirtschaft und in den meisten Ökosystemen der stärkste limitierende Faktor. Das bedeutet: **Wasser hat einen sehr starken Einfluss darauf, ob Pflanzen wachsen können, wie viele Pflanzen wachsen und wie gut sie wachsen.** Auf den meisten Feldern würde viel mehr wachsen, wenn es mehr Wasser gäbe als das, was natürlicherweise regnet. Das ist ein Grund, warum viele Landwirte zusätzlich ihre Felder bewässern. Manche Pflanzen, wie zum Beispiel Reis, könnten ohne künstliche Bewässerung gar nicht überleben. Auch in Deutschland werden Teile der Flächen künstlich bewässert. Im Verhältnis zu anderen Ländern sind das aber nur wenige. Weltweit gesehen werden 75 % des genutzten Süßwassers für die künstliche Bewässerung von Feldern eingesetzt (in Deutschland nur 4 %).

Problemstellung

1. Hoher Wasserverbrauch

Wenn man Felder künstlich bewässert, verdunstet ein Teil des Wassers und wird durch den Wind wegtransportiert. Es ist also für die Region nicht mehr verfügbar. Zu viel Bewässerung verstärkt so die Trockenheit in vielen Regionen.

2. Wasserverschmutzung

Ein anderer Teil des Wassers gelangt über den Boden ins Grundwasser. In diesem Wasser ist häufig so viel Dünger und Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft enthalten, dass die Menschen es nicht mehr trinken können. Dieses verschmutzte Wasser nennt man auch „graues Wasser“. Zu viel Bewässerung lässt also sauberes Trinkwasser noch seltener werden.

Das Regenwasser, das in der Erde gespeichert ist und von den Pflanzen aufgenommen wird, nennt man auch „grünes Wasser“. Das Wasser, das zur künstlichen Bewässerung eingesetzt wird, wird als „blaues Wasser“ bezeichnet.

Wusstest du es?

Im weltweiten Durchschnitt braucht man für einen Apfel ca. 125 Liter Wasser. Dabei liegt der Anteil des „grünen Wassers“ bei 68 %. 32 % des Wassers muss durch künstliche Bewässerung zugeführt werden.

Lösungsansatz Hydroponik & Aquaponik

Wie kann die Hydroponik und die Aquaponik hier helfen? Der Vorteil ist, dass viel weniger Wasser als in der konventionellen Landwirtschaft verdunstet oder abfließt. Stattdessen bleibt Wasser im Kreislauf enthalten und kann weiter genutzt werden (Abbildung 3). Auch wenn das Wasser in der Hydroponik-Anlage regelmäßig ausgetauscht werden muss, kann man so im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft bis zu 90 % Wasser sparen. Dies ist ein besonderer Vorteil für Länder, in denen schon jetzt das Wasser knapp ist. Wenn sie Hydroponik- oder Aquaponik-Systeme nutzen, können sie mit weniger Wasser mehr Lebensmittel anbauen.

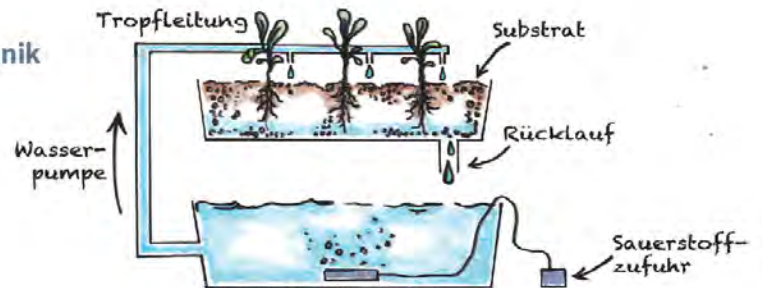


Abb. 3: Hydroponischer Kreislauf

Und jetzt du:

Für ein Kilo Tomaten, die in Spanien auf dem Feld angebaut werden, braucht man bis zu 184 Liter Wasser. Wie viel Kilo Tomaten könntest du mit der gleichen Wassermenge in einer Hydroponik-Anlage anbauen, wenn wir davon ausgehen, dass dort 90 % weniger Wasser verbraucht wird?

Quellen:
Diagramm: Wada et al. 2011
Abbildungen: Daniel Johnson, Global Food Garden

Transport und Müll

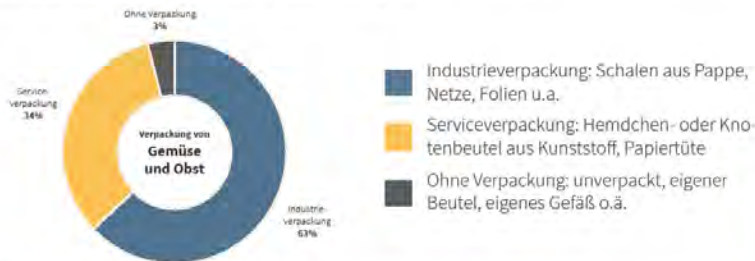
87 % der Lebensmittel, die in Deutschland verbraucht werden, werden in Deutschland produziert; 9 % kommen aus anderen europäischen Ländern und knapp 4 % werden aus Ländern außerhalb Europas importiert. **Wegen der weiten Entfernungen machen Importe aus Übersee jedoch fast 70 % der Kilometer, die von allen Lebensmitteln zurückgelegt werden, aus.**



Problemstellung

Die meisten Lebensmittel werden aus Übersee mit dem Schiff transportiert, dabei wird 11-mal mehr Primärenergie verbraucht als bei heimischen Produkten. Gleichzeitig wird dabei 11-mal so viel Kohlendioxid (CO₂) und 28-mal mehr Schwefeldioxid als bei heimische Produkten ausgestoßen. Und das befördert den Treibhauseffekt und damit den Klimawandel. Importe aus Europa belasten die Umwelt ca. zwei- bis dreimal mehr als heimische Lebensmittel. **Wenn wir nur die Lebensmittel importieren würden, die wegen der klimatischen Bedingungen nicht bei uns wachsen, könnten wir über 22 % der CO₂-Emissionen einsparen.**

Ein weiteres Problem ist die Verpackung. Damit Obst und Gemüse die Reise unbeschadet überstehen, sind sie verpackt. Als Transportverpackung für Obst und Gemüse werden vor allem Kunststoffkisten, Kartonverpackungen und Holzkisten verwendet. Kunststoffkisten werden dabei als Mehrwegverpackung eingesetzt, Kartonverpackungen sind die häufigsten Einwegverpackungen. Immer mehr Obst und Gemüse wird dann in den Supermärkten industriell vorverpackt verkauft, obwohl das nicht nötig wäre, um die Produkte frisch zu halten. Im Jahr 2015 waren das 63 %. Das häufigste Verpackungsmaterial ist dabei Kunststoff, deren Herstellung die Umwelt bereits stark belastet. Im Jahr 2017 gab es 18,7 Millionen Tonnen Verpackungsmüll in Deutschland, die Tendenz ist steigend.



Einsparpotential bei Hydroponik und Aquaponik

Die Hydroponik und die Aquaponik bieten eine große Chance, um CO₂ zu sparen und das Klima zu schützen. In diesen Anlagen können Lebensmittel, vor allem Gemüse und Kräuter, lokal angebaut und verwertet werden. Sie können auf versiegelten Flächen, also z.B. auf einem Dach mitten in der Stadt, betrieben werden. So könnte jedes Stadtviertel bzw. Quartier seine eigene Anlage betreiben und sich selbst mit frischem Gemüse versorgen. Das Gemüse könnte direkt auf dem Stadtteilmarkt verkauft werden. So gibt es keine langen Transportwege und die Menschen müssten weniger importierte oder weit transportierte Lebensmittel kaufen. Gleichzeitig könnte man so eine Menge Müll vermeiden: Man bräuchte keine oder zumindest deutlich weniger Transportverpackungen und auch keine Vorverpackungen.

Quelle:
Illustration: www.dagblat.de/wirtschaft/woher-unser-lebensmittel-kommen-din-was-nicht-draufsteht/7660152.html
Diagramme: nachhaltig-sein.info/wp-content/uploads/2014/06/Infografik-Hjma-Lebensmittel-Lufttransport-nachhaltigkeit.png
www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/ressourcenschonung/lebensmittel-und-umwelt/nachhaltigkeit/20787.htm

KLIMA: LEBENSMITTEL PER LUFTFRACHT

Fast 52.000 Tonnen Nahrungsmittel werden jährlich nach Deutschland eingeflogen



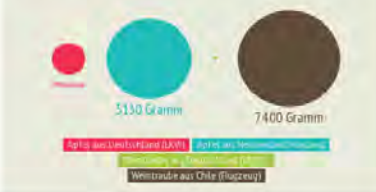
Das betrifft Produkte, die leicht verderblich oder teuer sind:

- Fleisch von Pferden, Eseln & Maultieren
- Seefisch-Fillet
- Tropen Gemüse, Bambusprossen, Kräuter
- Nilbarsch, Viktoriabarsch
- Bohnen, Rindfleisch

CO₂-Ausstoß für ein Kilo Lebensmittel auf 1000km Transportweg



Im Vergleich bedeutet das für den Transport:



Und jetzt du:

- Woher kommt das Gemüse und Obst, das du kaufst? Wie weit wurde es transportiert
- Versuche, möglichst kein verpacktes Gemüse zu kaufen. Deine eigene Tüte oder ein Stoffbeutel ist umweltfreundlicher und kann wieder verwendet werden.
- Regional (aus deiner Region) und Saisonal (Produkte aus der momentanen Jahreszeit) einkaufen hilft das Klima zu schützen. Dein lokaler Markt bietet viele saisonale Produkte aus deiner Region. Hier findest du einen Saisonkalender mit Informationen, welches Obst und welches Gemüse wann wächst.



Ernährung und Gesundheit

Viele Menschen kochen heute nicht mehr selbst. Immer mehr Menschen verlieren ihren Bezug zur Natur und gesunder, frischer Nahrung und konsumieren stattdessen immer mehr Fast Food (z.B. Pizza, Burger, Pommes, Currywurst, Milchshakes etc...). Dies schmeckt vielleicht gut, ist aber ungesund.

Den Produzenten geht es vor allem darum so viel Nahrung so billig wie möglich zu produzieren. Es gibt immer wie mehr Menschen, und so werden wir in Zukunft auch immer wie mehr Nahrungsmittel brauchen. Dafür werden auf großen Flächen einzelne Pflanzen angebaut, mit viel Dünger, Pflanzenschutzmitteln... Leider werden auch um die 30% der Nahrungsmittel direkt beim Bauern aussortiert, weil sie für den Supermarkt nicht „schön“ genug sind.

Problemstellung

Es entstehen zwei grundlegende Probleme:

1. Ungesundes Essen fördert ungesunde Menschen.

Zu viel Fast Food kann:

- zu Fettleibigkeit und Organschäden führen
- zu Diabetes führen
- Arterien und Venen verengen und dadurch Kreislaufbeschwerden verursachen
- den Zähnen schaden
- dem Gehirn schaden
- Aggressivität, Depression und Stress steigern

2. Beim profitorientiertem Anbau wird nicht auf die Gesundheit der Natur geachtet

Der großflächige Anbau von nur einer Pflanzensorte schadet der Biodiversität, denn:

- Zu viel Dünger und Pestizide verringern die Qualität des Bodens, der Flüsse und Seen.
- Die Produktion von Dünger und Pestiziden verbrauchen viel Energie.
- Viel Wasser wird benötigt.
- Viel Transport ist mit der Verarbeitung von diesen Produkten verbunden, was viel Energie benötigt und viel Kohlendioxid ausstößt.

Wird der Natur geschadet, dann wird auch dem Menschen geschadet, denn der Mensch kann ohne die Natur nicht überleben.

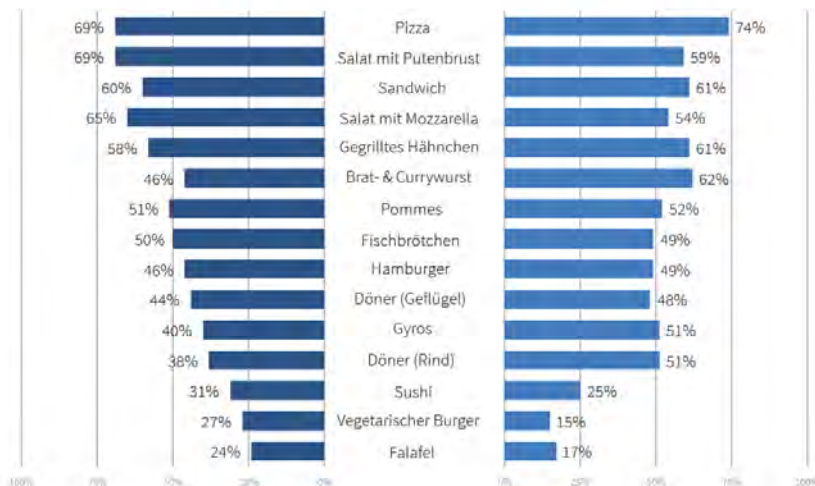


Abb. 1. Welches Fast Food schmeckt wem am besten? Lieblings Fast Food in Deutschland

Vorteile von Hydro- und Aquaponik

Mit Hydro- und Aquaponik können Nahrungsmittel dort angebaut werden, wo sie gebraucht werden. Damit fällt jeglicher Transport der Lebensmittel weg. Genauso braucht man wenig Wasser, keinen Ackerboden und weniger oder selbst hergestellten Dünger. Man kann die Biodiversität fördern indem zum Beispiel der Rodung von Wäldern und der damit verbundenen Schädigung der Biodiversität vorgebeugt wird. Aus diesen Gründen sind hydroponische und aquaponische Anlagen perfekt für Städte geeignet.

Auf der anderen Seite kann man, weil man ja selbst Pflanzen anbaut, viel über deren Eigenschaften lernen und wieder eine Verbindung zu seiner Nahrung und der Natur aufbauen. Beim Gemüseanbau möchte man automatisch die Pflanzen verwerten, die man selbst gehegt und gepflegt hat. Selbst angebautes Essen motiviert deshalb zum selber kochen! Gesunden Pflanzen beim wachsen zuzusehen ist gut für die Seele und, später beim Essen, auch gut für die eigene Gesundheit. Ein gutes Beispiel für den Anbau von Pflanzen und deren Verarbeitung ist das Program der Green Bronx Machine in New York, USA (Abbildung 2 und 3).



Abb. 1. Green Bronx Machine New York, USA
Ein Beispiel für Hydroponik an Schulen



Abb. 2. Kochen gehört genauso zum Lehrplan wie Pflanzen anbauen

Und jetzt du:

Hast du auch Lust aufs Kochen bekommen? Unter dem folgenden Link findest du einfache und gesunde Rezepte, die du mit deinen Eltern nachkochen kannst.



Quelle:
Diagrams: K&A Brand Research Statistica 2018
Foto: www.changefood.org/2017/04/27/the-power-of-the-potato/innovative-with-protein-farmers-stephen-elli/
www.grownintheheartoftheworld.com/recipe-308-green-bronx-machine/
Illustrationen: Daniel Zibansan

7 Quellenverzeichnis

- [1] Bibliographisches Institut GmbH - Dudenverlag, „www.duden.de,“ Bibliographisches Institut GmbH, [Online]. Available: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Hydroponik>. [Zugriff am 23 02 2021].
- [2] J. B. J. Jr., Hydroponics - A Practical Guide for the Soilless Grower, Boca Raton, Florida 33431, USA: CRC Press, 2005.
- [3] S. Christopher, C. Moti, P. Edoardo, S. Austin und L. Alessandro, Small-scale aquaponic food production, Rom: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015.
- [4] Time and Date AS, „timeanddate,“ Time and Date AS, [Online]. Available: <https://www.timeanddate.de/wetter/deutschland/freiburg/rueckblick?month=7&year=2020>. [Zugriff am 14 01 2021].
- [5] Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald, *Nährstoffbedarf+Düngemittel*.
- [6] L. Breisgau-Hochschwarzwald, Interviewee, [Interview]. 09 06 2020.
- [7] Zoo Burkart, Freiburg im Breisgau, BW, 2021.
- [8] Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald, *Nährstoffbedarf und Spezialdünger für den Unterglasgemüsebau (00000003)*.
- [9] U. Hornischer, H. Weiß und M. Koller, *Biologischer Anbau von Tomaten*, Bioland, KÖN & FiBL, 2005.