

Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil 2

Vorhabenbezeichnung: **CirCulTex**

Förderkennzeichen: **01DQ21002A**

Verbundvorhaben: **Zirkuläre urbane Anbausysteme
mit wiederverwertbaren Textil-Pflanzsubstraten**

Teilprojekt: Kultivierungsversuche, biologische Reinigung
und Anbausysteme

Laufzeit des Vorhabens: **15.06.2021 – 31.12.2024**

Berichtszeitraum: **15.06.2021 – 31.12.2024**

Forschungsstelle: **Universität Hohenheim, Fakultät Agrarwissenschaften,
Institut für Kulturpflanzenwissenschaften,
Fachgebiet Nachwachsende Rohstoffe in der Bioökonomie (340b)
Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart**



1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

Arbeitspaket 1: Wiederverwertbares Textilsubstrat

- Literaturrecherche

Dem Projektfortschritt entsprechend wurden laufend gemeinschaftlich Literaturrecherchen durchgeführt und diskutiert.

- Anforderungsliste

Die mit allen Projektpartnern gemeinsam erstellte Anforderungsliste wurde dem Projektfortschritt entsprechend laufend überprüft, ergänzt und angepasst.

- Konzeption der Kultivierungsversuche

Während der Projektlaufzeit wurden dem Projektfortschritt entsprechend Kultivierungsversuche an den Standorten UHOH und DITF geplant und durchgeführt. Es wurden verschiedene Varianten von Textilsubstraten getestet, unterschiedlichen Anordnungen dieser Substrate sowie verschiedene Nutzpflanzen.

Versuch Nr.	Datum	Textilsubstrat	Pflanzen	Sonstiges
Keimtest	12/2021	323 003, 394 072, 394 109, 385 023, 385 061, 385 140, 385098	Rucola, Spinat, Zucchini	Dokumentation und Analyse der BBCH-Stadien
1	03-05/2022	385223, 385063, 385038, 385139, 385083, 394372, 385057, Steinwolle	Basilikum, Pak Choi	Erster Durchlauf in der Versuchsanlage. Textil Anordnungen: gerollt und gestapelt
2	06-09/2022	385063, 385139, 385057, Steinwolle	Basilikum, Pak Choi	Textil Anordnungen: gerollt und gestapelt
3	06-09/2022	385063, 385139, 385057, Steinwolle	Salbei, Rucola	Textil Anordnungen: gerollt, gefaltet, mehrere Röllchen, gefaltet mit Deckel und gestapelt
4	10-12/2022	385063, 385139, 385057, Steinwolle	Erbse Rote Beete	Textil Anordnungen: gerollt, gefaltet, mehrere Röllchen, gefaltet mit Deckel und gestapelt
5	02-04/2023	M42206-A1, M42206-B1, M42206-C1, M42206-D1, M42206-D2(OM), 42206-D2(MM) M42209-D2, Steinwolle, Kokosfaser	Basilikum, Pak Choi	Textil Anordnungen: gerollt und gefaltet
6	04-05/2023 04-07/2023	M42206-C1, M42206-D1, M42209-D2, 385057, Steinwolle	Pflücksalat, Frühlingszwiebel	Textil Anordnungen: gerollt und gefaltet
7	05-06/2023	385154, 385155	Basilikum, Pflücksalat	Textil Anordnung: gerollt
8	10-11/2023	385154, 385155	Basilikum, Pflücksalat	Textil Anordnung: gerollt; ohne Netztopf, Textil aus V7 wiederverwendet
9	03-06/2024	385154, 385155	Basilikum, Pflücksalat	Textil Anordnung: gerollt, ohne Netztopf, Textil aus V8 wiederverwendet
10	07-08/2024	385154, 385155	Basilikum, Pflücksalat	Textil Anordnung: gerollt, ohne Netztopf, Textil aus V9 wiederverwendet

- Hauptergebnisse der Kultivierungsversuche

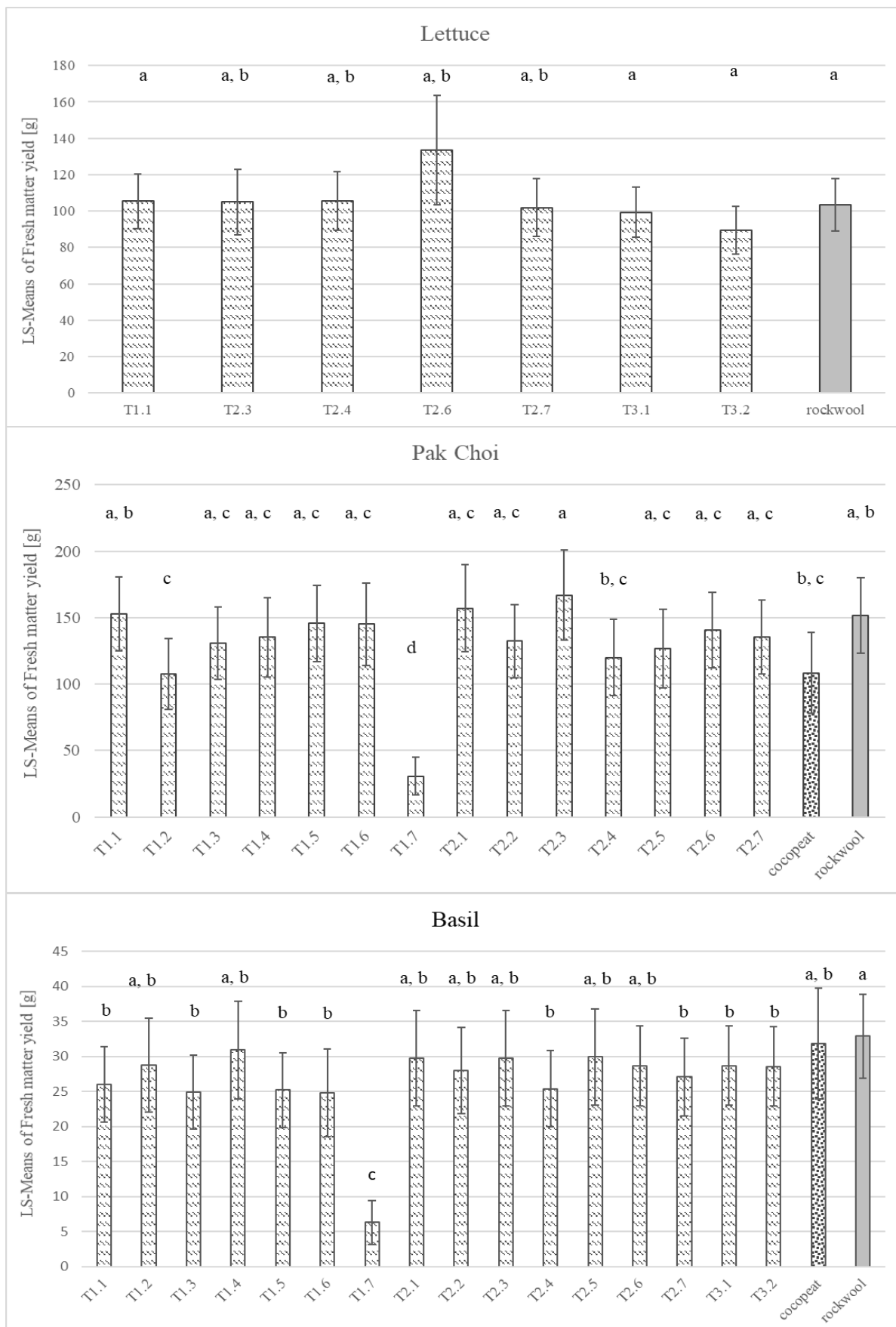


Abb. 1: LS-Means der Frischmasseerträge [g] von (a) Pflücksalat, (b) Pak Choi und (c) Basilikum, angebaut auf verschiedenen textilen Abstandsgewirken in NFT-Systemen bei der AUK, DITF, UHOH, sowie in NFT and DWC-Systemen an der BCKV (Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) an)

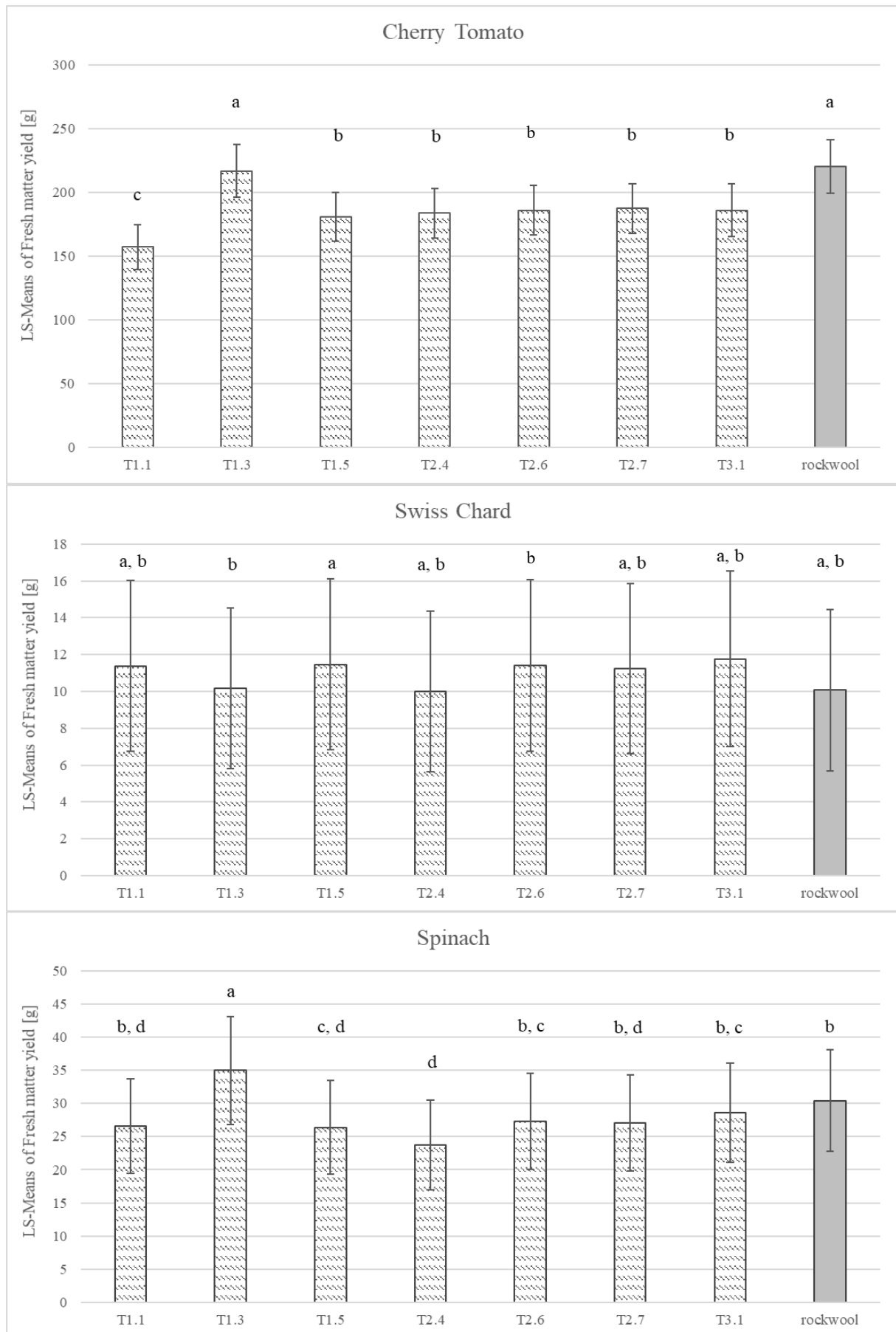


Abb. 2: LS-Means der Frischmasseerträge [g] von (d) Cherry-Tomaten, (e) Mangold und (f) Spinat, angebaut auf verschiedenen textilen Abstandsgewirken in NFT-Systemen bei der AUK, DITF, UHOH, sowie in NFT und DWC-Systemen an der BCKV (Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) an)

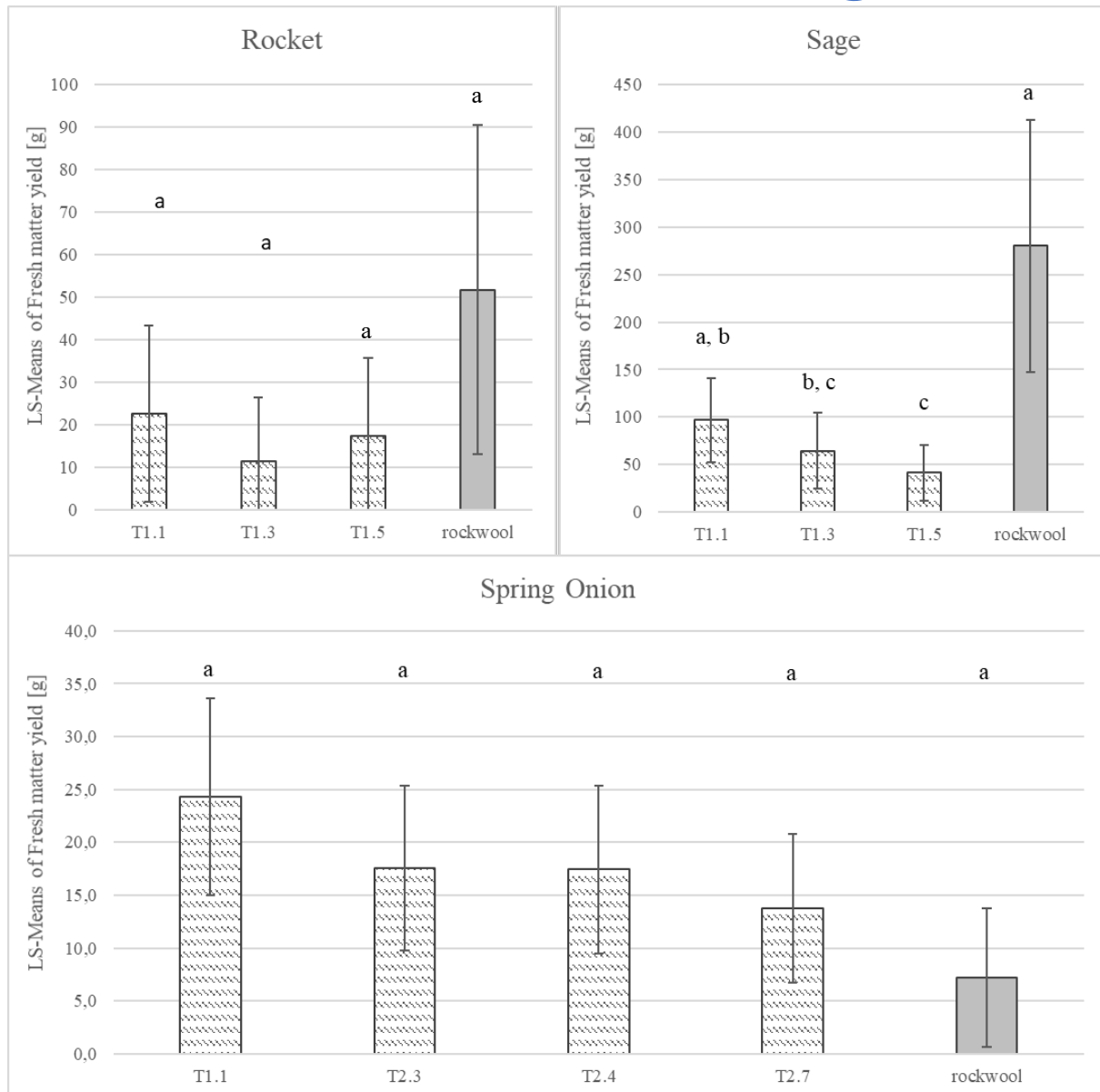


Abb. 3: LS-Means der Frischmasseerträge [g] von (g) Rucola, (h) Salbei und (i) Frühlingszwiebel, angebaut auf verschiedenen textilen Abstandsgewirken in NFT-Systemen bei der AUK, DITF, UHOH, sowie in NFT und DWC-Systemen an der BCKV (Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) an)

Die Ertragsergebnisse von 40 im Projekt durchgeführten Kultivierungsversuchen wurden vom Partner UHOH in einem standardisierten Format gesammelt und statistisch ausgewertet.

Für die statistische Analyse wurde das PROC MIXED-Verfahren der SAS Proprietary Software 9.4 TS Level 1M7 (SAS Institute Inc., USA) verwendet. Es wurde ein gemischter Modellansatz (SAS prog mix) entwickelt, der die verschiedenen Standorte, die hydroponischen Anbausysteme (NFT, DWC, Dutch Bucket), die Pflanzen, und die Substratanordnungen als unabhängige Variablen und die getesteten Substrate als abhängige Variablen in die Gesamtauswertung einbezieht.

Der durchschnittliche FM-Ertrag von Pflücksalat (*Lactuca sativa var. crispata*), der als Trio (drei Pflanzen pro Netztopf) kultiviert wurde, war auf Textilsubstrat 2.6 mit einem durchschnittlichen Ertrag von 133,4 g pro Trio in allen zehn Anbauversuchen in den NFT-Systemen der AUK (Indien), der DITF und der UHOH (Deutschland) am höchsten (Fig. 1). Die FM-Erträge aller Textilsubstrate weisen keine signifikanten Unterschiede zum FM-Ertrag auf dem Referenzsubstrat Steinwolle auf. Der höchste Ertrag wurde mit Textil 2.6 (= M42206-D2) erzielt.

Pak Choi (*Brassica rapa subsp. Chinensis*) erzielte im Durchschnitt den höchsten Ertrag auf T2.3 (167,0 g pro Pflanze) und unterschied sich nicht signifikant von T1.1, T1.3 bis T1.6, T2.1, T2.2, T2.5 bis T2.7 und Steinwolle in den vier Anbauversuchen in NFT-Systemen am DITF und der UHOH (Deutschland). Als ungeeignet erwiesen sich die Textilien 1.2, 1.7, 2.4 und Kokosfasern (Fig. 1).

Basilikum (*Ocimum basilicum* L. cv. 'Genovese') hatte den höchsten durchschnittlichen FM-Ertrag (32,9 g pro Pflanze) auf Steinwolle (Fig. 1). Dieser unterscheidet sich jedoch nicht signifikant von T1.2, T1.4, T2.1 bis T2.3, T2.5, T2.6 und Kokosfaser in den 16 Anbauversuchen, die an den DITF und der UHOH in Deutschland sowie der AUK und der BCKV in Indien durchgeführt wurden. Folglich besteht auch Potenzial für den Basilikumanbau auf Textilsubstrat.

Wegen der langen Kulturdauer bei Cherry-Tomaten (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) wurde der FM-Biomasseertrag der Ganzpflanze (ohne Wurzel) in der Jungpflanzenanzucht (bis Umpflanzen) bewertet und nicht der Fruchtertrag. T1.3 schnitt unter den Textilsubstraten mit einem durchschnittlichen Jungpflanzengewicht von 216,8 g pro Pflanze am besten ab. Dies ist nicht signifikant niedriger als bei den auf Steinwolle angezogenen Jungpflanzen mit einem durchschnittlichen Setzlingsgewicht von 220,3 g. Alle anderen Textilien (T1.1, T1.5, T2.6, T2.7 und T3.1) wiesen in den vier Versuchen in Dutch Buckets an der BCKV (Indien) deutlich niedrigere durchschnittliche Biomasseerträge auf (Fig. 2).

Der durchschnittliche FM-Ertrag von Mangold (*Beta vulgaris subsp. vulgaris*) war auf T3.1 (11,8 g pro Pflanze) am höchsten, unterschied sich jedoch nicht signifikant von T1.1, T1.5, T2.4, T2.7 und Steinwolle (Fig. 2). Mangold wurde in vier Anbauversuchen in NFT und DWC-Systemen an der BCKV (Indien) angebaut.

Spinat (*Spinacia oleracea*) wuchs auf T1.3 am besten, mit einem durchschnittlichen Ertrag von 35,0 g pro Pflanze in vier Versuchen in NFT und DWC-Systemen an der BCKV (Indien). Alle anderen Textilien und auch Steinwolle lieferten deutlich geringere Erträge (Fig. 2). Die Textilien T1.1, T2.6, T2.7 und T3.1 zeigten keine signifikanten Unterschiede im durchschnittlichen Ertrag im Vergleich zu Steinwolle.

Darüber hinaus wurden Rucola (*Eruca sativa*), Salbei (*Salvia officinalis*) und Frühlingszwiebeln (*Allium fistulosum*) in Einzelversuchen an der UHOH (Deutschland) auf Textilien angebaut. Während sowohl Rucola als auch Salbei auf Textil deutlich geringere FM-Erträge als Steinwolle aufwiesen (wenn auch statistisch nicht signifikant), schnitten alle getesteten Textilien (T1.1, T2.3, T2.4 und T2.7) bei Frühlingszwiebel besser ab als Steinwolle (statistisch nicht signifikant).

Die aggregierten Ergebnisse der 40 Kultivierungsversuche an vier Standorten in zwei Ländern zeigen, dass die getesteten Textilstrukturen für die neun bewerteten Gemüse- und Kräuterarten ein gleichwertiges Ertragspotenzial wie die Standardsubstrate Steinwolle und Kokosfaser aufweisen.

Das Projektziel, ein wiederverwendbares Textilsubstrat für erdlose Anbausysteme (NFT, DWC und Dutch Bucket) zu entwickeln wurde somit vollumfänglich erreicht.

- *Entwicklung und Produktion von neuem wiederverwendbarem Textilsubstrat*

Die Ergebnisse der Kultivierungs- und Reinigungsversuche flossen laufend in die Textil(weiter)entwicklung durch ETF ein. Das Vorgehen wurde laufend mit den Projektpartnern DITF, ETF, AUK, BCKV und HMA diskutiert. In zwei Entwicklungsschritten wurden insgesamt neun Variationen hergestellt, wovon zwei als finale Produkte auf den Markt kommen sollen.

- *Techno-ökonomische Bewertung*

Laufend bzw. dem Projektfortschritt entsprechend wurden wirtschaftliche Aspekte, die u.a. mit der Skalierbarkeit zusammenhängen gemeinschaftlich diskutiert. Die erarbeiteten Aspekte wurden bei den Experimenten und Entwicklungsarbeiten berücksichtigt. Detaillierte Berechnung siehe WP 4.

- *Textiltechnische Messungen*

An den DITF wurde in Anlehnung an normierte Standardverfahren planmäßig textiltechnische Messungen (Wasserhaltekapazität, Steigeigenschaften und weitere anwendungsspezifische Charakteristika) mit den von ETF entwickelten Textilien (M42206-A1, M42206-B1, M42206-C1, M42206-D1, M42206-D2, M42206-D2 Mesh, M42209-D2 sowie 385154 und 385155) durchgeführt.

Die Vorgehensweise sowie die Ergebnisse wurden gemeinsam mit den Projektpartnern DITF, UHOH, AUK, BCKV und HMA diskutiert. Die Ergebnisse der Diskussion wurden laufend mit der Anforderungsliste abgeglichen und diese bei Bedarf ergänzt. Die Ergebnisse der Charakterisierung stellen Kenngrößen dar, die bei Interpretation der Versuche und Entwicklungsarbeiten unterstützend wirkten.

- Analyse von Mikroplastikpartikeln in Pflanzenbiomasse

Pflanzen können Mikroplastikpartikel passiv über ihre Wurzeln aufnehmen. Daher wurde mithilfe konfokaler Raman-Mikroskopie untersucht, ob auf Polyester-Textilsubstrat angebaute Pflanzen Mikroplastikpartikel aufnehmen. Dafür wurden Proben von Salat und Basilikum (alte und junge Blätter, unterer Trieb) aus Versuch 9 vom Ende der Hydrokulturrinnen entnommen, diese für 24 Stunden bei 60 °C getrocknet und anschließend mit einer Kugelmühle gemahlen. Die getrockneten Biomasseproben wurden mit einem konfokalen Raman-Mikroskop analysiert (Abb. 4). Zur Validierung der Analysemethode wurden aus jeder Biomasseprobe durch Zugabe von Polyesterpartikeln (10–40 µm) auch eine Positivkontrolle hergestellt.

In der Analyse zeigte sich, dass Mikroplastik nur in den Positivproben nachgewiesen werden konnte. In den Biomasseproben aus Versuch 9 In unserem Versuch wurde jedoch keine Aufnahme von Mikroplastik durch Pflanzen aus dem Anbau auf Polyester-Textilsubstrat beobachtet (Tab. 1).

Tabelle 1: Anteil der Mikroplastikpartikel an der Gesamtpartikelanzahl der getrockneten Salat- und Basilikumbiomasseproben detektiert mittels Raman-Mikroskopie an der Core Facility Hohenheim (CFH).

Biomass Samples	Total number of particles measured	Microplastic particles
Basil Young Leaves	783	0
Basil Old Leaves	1246	0
Basil Sprout	838	0
Lettuce Sprout	254	0
Lettuce Old Leaves	1258	0

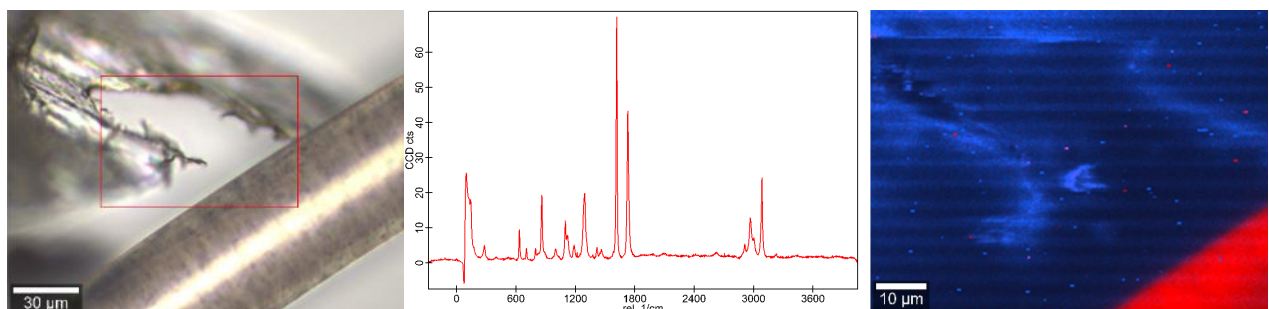


Abb. 4: Illustrative Raman-Mikroskopie-Bilder (links) zeigen Mikroplastik (rechts, rot) und Pflanzengewebe im Hintergrund (rechts, blau). Raman-Spektrum des verwendeten Polyesters (mitte).

In den untersuchten Biomasseproben wurde keine Aufnahme von Mikroplastik festgestellt. Das bedeutet, dass die Pflanzen für den Verzehr unbedenklich erscheinen.

- Expertengespräche

Während der Projektlaufzeit wurden Gespräche mit Experten aus Wirtschaft und Forschung geführt. Nachfolgende Tabelle fasst dies zusammen.

Datum	Gesprächspartner	Thema
31.03.2022	LVG Heidelberg-staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für den Gartenbau	Anbaumethoden für Hydroponik (online)
14.07.2022	LVG Heidelberg-staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für den Gartenbau	Besichtigung verschiedener hydroponischer Anbausysteme an der LVG, Erörterung der Anwendung von Textilsubstraten aus Sicht von professionellen Anbauern
13.05.2022	Gemüsebaubetrieb 1	Besichtigung von Tomaten- und Gurkenproduktion, Besprechung wichtiger Aspekte der Kulturführung in Bezug auf Substrateigenschaften
17.03.2023	Gemüsebaubetrieb 2	Planung von Kultivierungsversuch (online)
04-07.2023	Gemüsebaubetrieb 2	Gemeinsamer Kultivierungsversuch mit zwei Textilsubstraten und Pflücksalat an UHOH und in Osnabrück
12.06.2023	Gemüsebaubetrieb 3	Besichtigung von Tomaten- und Gurken und Paprikaproduktion, Besprechung wichtiger Substrateigenschaften für den professionellen Gemüseanbau in Singen
18.-19.09.2023	Gemüsebaubetrieb 2	Präsentation und Besprechung der Versuchsergebnisse in Osnabrück
16.11.2023	Vertical Farming Firma	Substratansprüche und Spezialanwendungen bei Indoor Vertical Farming Anwendungen (online) Anschließend kontinuierlicher Austausch
21.11.2023	Betriebsberater 1 für Erwerbsgartenbau	Anwendung von Textilsubstraten aus Sicht von professionellen Anbauern und Möglichkeiten von Praxistests Anschließend kontinuierlicher Austausch
25.06.2024	Microgreen-Produzent 1	Planung von Kultivierungsversuch mit 2 Textilien und fünf Mikrogreens (online)
28.06.2024	Betriebsberater 2 für Erwerbsgartenbau	Anwendung von Textilsubstraten aus Sicht von professionellen Anbauern und Möglichkeiten von Praxistests (online) Anschließend kontinuierlicher Austausch
04.07.2024	Indoor Farming Firma	Gespräch zu Kultivierungsversuch (online)
04.07.2024	Innovation Quarter NL	Gespräch zu Vermarktung von Textilsubstrat in den Niederlanden
15.07.2024	Substrathersteller	Vorstellung von Textilsubstrat
24.08.2024	Microgreen-Produzent 2	Planung von Kultivierungsversuch von Mikrogreens auf Textil in Zürich
24.09.2024	Microgreen-Produzent 3	Planung von Kultivierungsversuch mit 2 Textilien und fünf Mikrogreens (online) in Stuttgart
26.09.2024	Microgreen-Produzent 1	Präsentation und Besprechung der Versuchsergebnisse in Ulm
12.12.2024	Vier Erwerbsgartenbauer	Besuch bei 4 Erwerbsgartenbauern für praktische Tests von Textilsubstrat in

		Oftringen, Oensingen, Niederbipp und Buchs (alle Schweiz)
--	--	---

Die Ergebnisse der Gespräche wurden anhand von Gesprächsprotokollen gemeinsam mit den Projektpartnern DITF, ETF, AUK, BCKV und HMA diskutiert und flossen in weitere Entwicklungsarbeiten mit ein. Zu einzelnen Personen und Firmen wurde der Kontakt nach weiter ausgebaut. Im Frühjahr und Sommer 2025 laufen Kultivierungsversuche bei Praxispartnern in Deutschland, Schweiz, Belgien und in den Niederlanden.

Arbeitspaket 2: Entwicklung geeigneter Reinigungsprozesse für das Textilsubstrat

- *Literaturrecherche*

Die systematische Literaturrecherche zu den thermischen, mechanischen, biologischen und Lösungsmittel-basierten Reinigungsverfahren wurde begleitend zum Projektfortschritt laufend durchgeführt. Die Rechercheergebnisse bildeten die Grundlage für die Planung der Reinigungsexperimente sowie die fortlaufende Aktualisierung der Anforderungsliste. Die Ergebnisse der Recherche wurden gemeinschaftlich mit den Projektpartnern ETF und UHOH diskutiert.

- *Anforderungsliste*

Gemeinsam mit den Projektpartnern DITF, ETF, AUK, BCKV und HMA wurden die Anforderungen und die technische Gestaltung der Substratreinigung laufend überprüft, und dem Projektfortschritt entsprechend in der Anforderungsliste ergänzt.

- *Konzeption, Aufbau und Durchführung der Reinigungsversuche*

Die Projektpartner erarbeiteten gemeinsam planmäßig ein Konzept für die Entwicklung eines Reinigungsverfahrens für das wiederverwendbare Textilsubstrat. Die Arbeiten wurden zum Großteil an den DITF ausgeführt, in Teilen aber auch an der UHOH (biologische Reinigung, Trockeneis, Frost). Die Entwicklung des Reinigungsverfahrens erfolgte in einem iterativen Prozess und war zeitlich an die Kultivierungsprozesse an den Standorten DITF und UHOH gekoppelt. Abbildung 5 zeigt die an den DITF entwickelten Vorgehensweisen zur thermischen und chemischen Reinigung der Textilsubstrate.

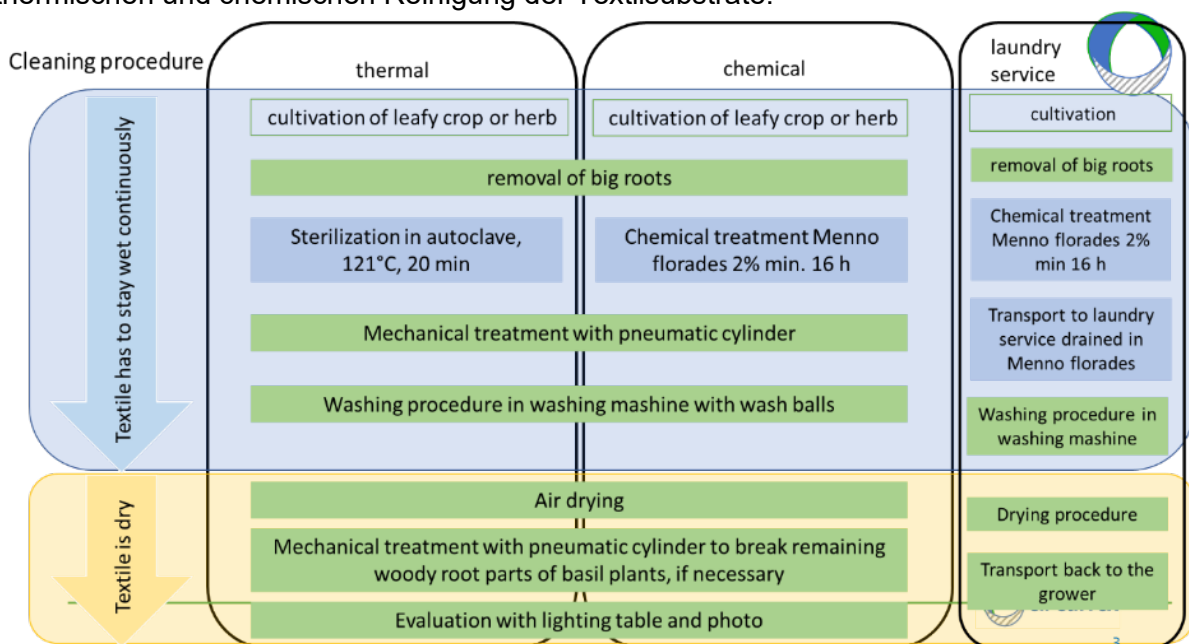


Abb. 5: Finales Konzept zur Reinigung von wiederverwendbarem Textilsubstrat

- *Reinigungsversuche mit Trockeneis, Einfrieren, Spezialwaschmittel und biologische Reinigung*

An der UHOH wurden Reinigungsversuche mit gebrauchtem Textil aus den Kultivierungsversuchen mit Basilikum, Pak Choi, Salbei und Rucola durchgeführt:

- Sonnentrocknung im Gewächshaus + Abbürsten;
- Sonnentrocknung im Gewächshaus + Waschmaschine (60°C, Standardwaschmittel)
- Biol. Reinigung in Wurmkompost (*Eisenia foetida*)
- Verschiedene Spezialwasch- und reinigungsmittel

Die Kombinationen aus Sonnentrocknung und a) Bürsten oder b) Waschen sind in der Lage Wurzeln außerhalb der Abstandsgewirke zu entfernen. Lange Wurzeln sowie Sprossreste

mussten manuell entfernt werden (nach Sonnentrocknung leichter als feucht).

In die Textilstruktur eingedrungen Wurzeln werden nur teilweise entfernt. Die nach Verfahren a) und b) gereinigten Textilien wurden wieder für die Kultivierung verwendet.

c) Sieben verschiedene Textilstrukturen wurden in den drei Wurmkomposten der terrabioponischen Systeme ‚biologisch gereinigt‘. Nach 5 Monaten waren die meisten äußeren Wurzeln zersetzt. Die Würmer dringen jedoch nicht in das Abstandsgewirk ein, um die Wurzeln innerhalb der Struktur ebenfalls zu entfernen. Nach der Kompostierung haftet Wurmlosung an den Textilien an. Nur in sehr geringem Umfang befindet sich auch Wurmlosung innerhalb des Abstandsgewirks.

d) Die **bewerteten Spezialwaschmittel (Tab. 1) zeigten schlechte Reinigungsergebnisse** hinsichtlich Wurzelzersetzung. Diese Reinigungsmittel wurden daher nicht weiter untersucht.

Tabelle 2: Ergebnisse des Tests mit verschiedenen Reinigungsmitteln zur Entfernung von Algen und Wurzeln bei drei Einwirkzeiten (- = keine Wirkung / 0 = geringe Wirkung / + = gute Wirkung)

Reinigungsmittel	Vorgehensweise	nach 2h		nach 5,5h		nach 9 Tagen	
		Algen	Wurzeln	Algen	Wurzeln	Algen	Wurzeln
Spülmaschinenreiniger 'blik'	10ml auf 370ml Wasser	0	-	+	-	+	(0)
Fleckenteufel "Natur & Kosmetik"	direkt auf Substrat gegeben, dann in 350ml Wasser gestellt	+	-	+	-	+	-
Reine Zitronensäure (Pulver)	30g auf 500ml Wasser	-	-	0	-	+	-
Waschmittel (Persil, Standard)	5g auf 350ml Wasser	0	-	0	-	+	-
Coca Cola	Glas randvoll (läuft schnell aus)	0	-	0	-	+	-
Oxi Powder	5g auf 500ml Wasser	0	-	0	-	0	-
Soda	20g Soda auf 350ml Wasser	-	-	-	-	-	-
pH down – Säure (pH 1,85)	5g auf 320ml	-	-	-	-	-	-
Einfrieren	24h bei -17°C	-	-	-	-	-	-

Anschließend wurden weitere Versuche zur biologischen Reinigung der Textilsubstrate durchgeführt.

(i) Gerolltes Textilsubstrat (385 039 und 385 063) aus dem hydroponischen Versuch mit Rucola (in 2022) wurde vor der Kompostierung getrocknet, entrollt und als Streifen mit dem Kompostmaterial vermengt eingebracht, um die Abbaubarkeit trockener Wurzeln über einen Zeitraum von 3 Monaten (Januar bis April 2023) zu untersuchen. Zusätzlich wurde ermittelt wieviel Wurmkompost durch die Kompostwürmer in die Textilstruktur eingebracht wird.

Auch in entrollter Form werden die Wurzeln innerhalb der Textilstruktur im Untersuchungszeitraum von 3 Monaten kaum abgebaut. Die Kompostwürmer dringen kaum in die Textilstruktur ein. Je Textilstreifen werden 1,6 bis 2,2 g Wurmlosung (Trockenmasse) eingebracht (Tab. 2). Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte von Wurmkompost liegen bei 0,5-1,5% (N) / 0,2-1,0% (P) / 0,1-0,7% (K) (Nagavallema 2004).

Dadurch kann der durchschnittliche Nährstoffbedarf einer Kopfsalatpflanze nicht annähernd gedeckt werden (Tab. 1). **Die Wurmlosung liefert somit kaum Nährstoffe für die Folgekultur.**

Table 2: Eingebraachte Menge an Wurmkompost (Trockenmasse) in die Textilstruktur nach der Wurmkompostierung benutzter Textilstrukturen aus dem hydroponischen Anbau und Vergleich mit dem durchschnittlichen Nährstoffbedarf von Kopfsalat (nach Röber und Schacht 2008; Krug et al. 2003, Nagavallemma 2004 *)

Artikelnr.:	Textilsubstrat			Trockenmasse Wurmkompost	Nährstoffbedarf pro Kopfsalatpflanze [g]		
	Fläche [m ² pro Streifen]	Dichte [g m ⁻²]	Gewicht [g pro Streifen]		N-Bedarf	P ₂ O ₅ -Bedarf	K ₂ O -Bedarf
385063	0,028	280	7,88	2,16	1,15	0,46	2,31
385039	0,028	250	7,03	1,57	1,15	0,46	2,31

* Krug, Liebig, Stützel 2003. Gemüseproduktion. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. ISBN 978-3-8001-3584-4.
Röber und Schacht 2008. Pflanzenernährung im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. ISBN 978-3-8001-4823-3.
Nagavallemma, Wani, Lacroix, Padmaja, Vineela, Babu Rao, Sahrawat 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agrecosystems Report No. 8. Int. Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. India.



Abb. 5: Textilsubstratstreifen (385 063) und -matte (385 098) nach 3 monatiger Wurmkompostierung

(ii) Neues Textilsubstrat (385 039 und 385 098) wurde zugeschnitten und flächig in die Wurmkompostierung eingebracht, um zu untersuchen ob die Kompostwürmer die Textilstruktur besiedeln und dabei Wurmlosung in das Substrat einbringen (Januar bis Ende April 2023).

Bei den beiden neuen, flächig in den Wurmkompost eingebrachten Textilstrukturen wird so gut wie kein Wurmkompost in die Strukturen eingebracht. Auch nicht in das dickste Abstandsgewirk (385 098, 8mm). Wurmkompost war lediglich an den Rändern bis ca. 1cm Tiefe in das Gewirk eingebracht worden (Abb. 5).

(iii) Die Substrate beider Varianten (i + ii) wurden anschließend einem Keimtest (14 Tage) mit Radieschen (*Raphanus sativus* var. *Sativus*) und Pflücksalat (*Lactuca sativa* var. *crispa*) unterzogen, um zu untersuchen, ob dieses biologisch gereinigte Textilsubstrat direkt für eine erneute Kultivierung genutzt werden kann. Die Textilien 385 039 und 385 063 wurden dafür wieder gerollt in den Netztopf eingebracht, die Textilstrukturen 385 039 und 385 098 wurden flächig ausgelegt und stets feucht gehalten.

Der Keimtest auf den beiden gerollten Textilstrukturen nach der Kompostierung zeigte geringe Keimraten von 25-50% bei Pflücksalat und 29-46% bei Radieschen (Tab. 3). Die Keimraten auf den flächig ausgelegten Textilmatten lagen bei 0-33% bei Pflücksalat und 13-67% bei Radieschen.

Tabelle 3: Keimraten von Radieschen und Pflücksalat auf zwei gerollten Textilstrukturen und zwei flächig ausgelegten Textilstrukturen nach der Wurmkompostierung

Artikelnr.:	Keimrate		Artikelnr.:	Keimrate	
	Radieschen	Pflücksalat		Radieschen	Pflücksalat
385 039 (n=12) (gerollt im Netztopf)	46%	50%	385 039 (n=2) (flächig)	13%	0%
385 063 (n=14) (gerollt im Netztopf)	29%	25%	385 098 (n=2) (flächig)	67%	33%

Dadurch zeigt sich, dass **der Weg der biologischen Reinigung durch unvollständigen Abbau der Wurzeln und geringe Keimraten nicht zielführend ist**. Er wurde daher aufgegeben.

- Expertengespräche

Während der Projektlaufzeit wurden Gespräche mit Experten aus Wirtschaft und Forschung geführt. Nachfolgende Tabelle fasst dies zusammen.

Datum	Gesprächspartner alle	Thema
30.01.2023	Zwei Experten für Filtration und Lebensmittelsicherheit,	Textil als neues Kultursubstrat und mögliche Reinigungsverfahren (online)
06.03.2023	Geschäftsführer eines Chemie Vertriebs	Austausch zu Anforderungen an hygienische Reinigung von Substrat (online) Anschließend kontinuierlicher Austausch und Unterstützung bei Reinigungsversuchen
26.05.2023	Geschäftsführer und Inhaber eines Betriebs für Wäsche-Service	Reinigung von Textilsubstraten in industriellem Maßstab, Wirtschaftliche und logistische Rahmenbedingungen, Mögliche erweiterte Dienstleistung. Besuch mit Wäschereibesichtigung
21.06.2023	Substratzertifizierer	Anforderungen an neue Substrate. Möglichkeiten einer Zertifizierung (online)

Die Ergebnisse der Gespräche wurden anhand von Gesprächsprotokollen gemeinsam mit den Projektpartnern ETF, DITF, AUK, BCKV und HMA diskutiert und flossen in weitere Entwicklungsarbeiten mit ein.

Arbeitspaket 3: Anpassung der urbanen Anbausysteme

Gemeinschaftlich wurden Konzepte für verschiedene Anpassungen urbaner Anbausysteme erstellt und Versuche dazu geplant.

- Ersatz von Kies als Drainageschicht zur Gewichtsreduktion des Anbausystems inkl.

ökonomischer Bewertung

Textile Abstandsgewirke (mehrere Lagen) wurden anstelle von Kies für die Bewässerungsschicht der terrabioponischen Anbausysteme verwendet. Ziel war es das Gesamtgewicht der Pflanzwannen sowie des gesamten Anbausystems deutlich zu reduzieren. Dadurch können neue/zusätzliche Installationsmöglichkeiten des terrabioponischen Anbauverfahrens z.B. auf Flachdächern und Balkonen, die keine hohen Belastungen tragen, geschaffen werden.

Die Auswahl der drei bestehenden Artikel 385139, 385008 und 385090 wurde gemeinsam mit den Projektpartnern ETF und DITF diskutiert. Den Projektpartnern UHOH und DITF wurden

von ETF die drei Artikel zu Versuchszwecken in Versuchsaufbauten zur Terrabioponik zur Verfügung gestellt.

An der UHOH wurden bei zwei von drei terrabioponischen Anbausystemen der Kies der Bewässerungsschicht durch verschiedene textile Abstandsgewirke ersetzt, während das dritte als Referenz mit Kies in der Bewässerungsschicht diente. Die Gewichtsreduktion wurde berechnet und der Wasserdurchfluss gemessen. Zusätzlich wurde die Wasseraufnahme durch die Abstandsgewirke in den Boden untersucht.

Der Ersatz von Kies durch Abstandsgewirke als Bewässerungsschicht führt zu einer Gewichtsreduktion von 44 % pro Pflanzwanne (von 47,3 kg auf 26,7 kg).

Der Wasserdurchfluss des Bewässerungssystems blieb gleich ($1,00 \text{ l min}^{-1}$ für Kies im Vergleich zu $1,01 \text{ l min}^{-1}$ für Textil).

Einige Textilien weisen eine beträchtliche Wasserübertragung in die Pflanzerde auf, was zu Staunässe führte (die möglicherweise das Pflanzenwachstum negativ beeinträchtigt). Dies wurde durch gräuliche Farbe der Erdschicht in den Pflanzwannen sichtbar.

Im Folgejahr wurden weitere Textilschichten eingebracht, um Staunässe zu verhindern. Es wurden Kohlrabi, Radieschen, Erbsen (1. Halbjahr), Tomate, Gurke, Chili, Süßkartoffel, Pflücksalat (2. Halbjahr) sowie Basilikum, Oregano, Zitronenverbene, Zitronenmelisse,



Abb. 6: Terrabioponische Anbausysteme im ersten (links) und zweiten (rechts) Halbjahr 2023

Liebstock (Dauerkultur) in allen drei Anbausystem kultiviert. Dabei wurde untersucht, ob die organische Nährlösung ungehindert durch die Pflanzwannen zirkulieren kann und ob die Textilstrukturen weiterhin den kapillaren Aufstieg des Wassers in die Pflanzerde befördert

Die terrabioponischen Anbausystemen waren über das ganze Jahr hinweg in Betrieb. **Die Textile Drainageschicht behindert weder den Durchfluss der organischen Nährlösung durch die Pflanzwannen noch kam es zu Anzeichen für Staunässe** (Fig. 6).

Der Ersatz von Kies durch Textilstrukturen wurde auch aus ökonomischer Sicht verglichen.

Es zeigt sich, dass die Textilstrukturen deutlich teurer sind als der bislang verwendete 16/32mm Kies. **Die Materialkosten für die Textilstrukturen liegen bei 22,89€ für 385 008, bei 27,98 € für 385 090 und 43,46 € für 385 139 pro Pflanzwanne. Das gleiche Volumen an Kies (ca. 15 Liter) kostet 0,60€ pro Pflanzwanne** (SEH Steine- und Erdenhof Filderstadt 2023).

Bei Flächen, wo das Gewicht eines Gartensystems keine Rolle spielt, ist ein Ersetzen des Kiesel ökonomisch nicht sinnvoll. Sobald das Gewicht eine Rolle spielt, z.B. wegen beschränkter Traglast eines Balkons oder Flachdaches oder wenn das Gartensystem häufiger auf- und abgebaut werden soll, sind die zusätzlichen Kosten von rund 23€ pro Pflanzwanne vertretbar.

Aufbau, Durchführung und Ergebnisse der Versuche zur Terrabioponik wurden mit den Projektpartnern DITF und ETF besprochen. Die Ergebnisse der Diskussion fließen in die weiteren Entwicklungsarbeiten ein.

- Anpassung des Designs des terrabioponischen Anbausystems

Drei Masterstudierende haben im Rahmen des Moduls „Project in Organic Agriculture and Food Systems“, betreut durch B. Winkler, einen Versuch zur Anpassung des terrabioponischen Systems unter Verwendung von Textilstrukturen durchgeführt.



Abb. 7: Versuchsaufbau zur Anpassung des terrabioponischen Anbausystems mit zugeschnittenen Textilstrukturen während des Aufbaus (links) und während der Kultivierung (rechts)

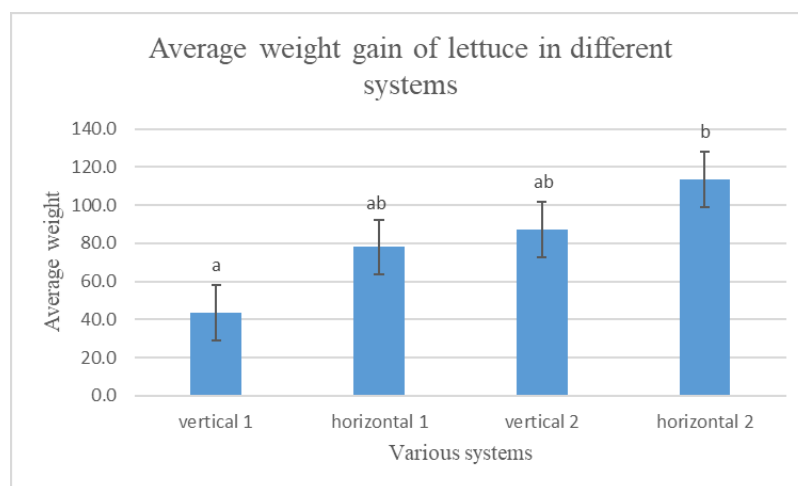


Abb. 8: Frischmasseertrag von Salat in den angepassten terrabioponischen Systemen mit horizontaler und vertikaler Textilschichtung ($p = 0,05$)

Die Anpassungen wurde gemeinschaftlich mit den Projektpartnern DITF und ETF auf Basis der Erkenntnisse der Versuche zum Ersatz von Kies in der Terrabioponik, der biologischen Reinigung und des Keimtests geplant. Ziel war es das terrabioponische System so anzupassen, dass durch einen modularen und leichten Aufbau neue, urbane Flächen für den Lebensmittelanbau, wie bspw. Fassaden, Geländer, Balkone und Flachdächer, erschlossen werden können. Für den Versuch wurden jeweils drei handelsübliche Balkonkästen (60cm) mittels Anschlüssen und Schläuchen miteinander verbunden (Abb. 6). In einem Behälter wurde sog. ‚Wurmtee‘ produziert (10 Liter Wasser + 1 Liter Wurmkompost + Sprudelstein) und mittels Tauchpumpe dreimal pro Tage jeweils für eine Minute in die Pflanzkästen gepumpt. Diese verfügten über eine Drainageschicht aus Textil (385 008). Darüber wurden Wurmhumus und zugeschnittenes Textil abwechselnd entweder in vertikaler und in horizontaler Schichtung eingebracht. Der Wurmtee zirkulierte unterirdisch durch die drei Pflanzwannen und lief anschließend zurück in den Wasserbehälter. Anschließend wurde ein Vorversuch mit Kresse und Radieschen durchgeführt, um den Bewässerungszyklus einzustellen (22.02. bis 08.03.2024). Nach dessen Abschluss wurden für den Hauptversuch je drei Salatsetzlinge in die Kästen gepflanzt und vom 25.03. bis 02.05.2024 (44 Tage) kultiviert.

Die Salate auf horizontal angeordneten Textilstrukturen erzielten einen höheren durchschnittlichen Ertrag ($n=6$; 95,8g), verglichen den Pflanzwannen mit vertikal angeordneten Textilien ($n=6$; 65,4g) (Abb. 8). **Die Anpassung der terrabioponischen Systems mit horizontal und vertikal eingebrachtem Textil und Wurmhumus als Pflanzsubstrat funktioniert**, wobei die horizontale Textilschichtung tendenziell zu bevorzugen ist.

Aufbau, Durchführung und Ergebnisse dieses zweiten Versuchs zur Anpassung Terrabioponik wurden mit den Projektpartnern DITF und ETF besprochen. Die Ergebnisse der Diskussion fließen in die weiteren Entwicklungsarbeiten ein.

- *Anpassung des NFT-Systems: Kultivierung ohne Netztöpf*

Gemeinsam mit den Projektpartnern DITF und ETF wurde eine Möglichkeit erarbeitet, um auf die Verwendung von Netztöpfen im NFT-System verzichten zu können. Es wurde gemeinsam eine dafür geeignete Geometrie und Anordnung des Textilsubstrats entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Kombination aus Falten und Rollen. Diese Entwicklung wurde in jeweils drei Kultivierungsversuchen in den NFT-Versuchsständen an den DITF und UHOH getestet und ausgewertet.

Die **Kultivierung** mit wiederverwendbarem **Textilsubstrat im NFT-System war ohne Verwendung von Netztöpfen möglich**. Es wurden keine Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum oder den Ertrag im Vergleich zu den Varianten mit Netztöpfen beobachtet. Für den zweiten Pflanzversuch wurden die Textilstreifen mittels Ultraschallmesser zugeschnitten, was nicht nur zu exakten Zuschnitten führt, sondern die **Ober- und Unterseiten der Textilstrukturen auch miteinander verschweißt**.

Das Textilsubstrat wurde so zugeschnitten, dass es sich **nicht auffächert und ca. 1-2cm über den Deckel der Rinne hinausragt** und von dieser gehalten werden kann. Für Keimungsphase wurden die gerollten Textilstrukturen durch mittels 3D Druck hergestellten Kunststoffringen in Position gehalten, um anschließend passgenau in das NFT-System eingesetzt werden zu können.

Die Anpassungsarbeiten wurden gemeinsam mit den Projektpartnern DITF und ETF erarbeitet und diskutiert.

Arbeitspaket 4: Produkt- und Geschäftsmodellentwicklung

Alle Projektpartner (ETF, UHOH, DITF sowie AUK, BCKV, HMA) haben die Marktstudie mit folgenden Aktivitäten planmäßig durchgeführt:

- *Systematische Recherche*
- *Studentische Seminararbeit im Masterstudiengang ‚Agribusiness‘ an der Uni Hohenheim*
- *Business Modelle*

In gemeinschaftlicher Zusammenarbeit wurden Geschäftsmodelle für den indischen und deutschen/europäischen Markt erarbeitet. Dazu wurde das Business Modell CANVAS genutzt. Es wurden für den deutschen/europäischen Markt Geschäftsmodelle für drei verschiedene Zielgruppen erstellt. Diese waren:

- Private Nutzer/Hobbygärtner
- Kantinen, Restaurants, Bürogebäude
- Professionelle Gemüsebaubetriebe

Die ausgearbeiteten Business Modelle befinden sich in Anhang 1.

- *Preisgestaltung:*

In gemeinschaftlicher Zusammenarbeit wurde eine Kalkulationsgrundlage geschaffen, um die Preisgestaltung des neu entwickelten wiederverwendbaren Textilsubstrats abschätzen zu können. Die Preisgestaltung basierte grundsätzlich auf den Produktions-, Verarbeitungs- und Reinigungskosten.

Parallel wurden Preise von Konkurrenzprodukten mittels online Recherche sowie direktem Herstellerkontakt eingeholt, um die Wirtschaftlichkeit der Neuentwicklung abschätzen zu können (Tab. 4). Die Logistikkosten wurden für alle Substraten gleich angesetzt. Diese fallen bei allen Substraten zusätzlich an.

Für einen **Netztopf mit 5,5cm** Durchmesser liegt der **Minimum-Verkaufspreis bei 0,54 bis 0,79€**. **Ohne Netztopf** wird etwas mehr Textil benötigt, wodurch sich der **Minimum-Verkaufspreis auf 0,61 bis 0,97€** erhöht. Daraus lässt sich schließen, dass das Textilsubstrat **7 bis 11-mal bei Nutzung mit Netztopf bzw. 8 bis 13-mal bei Nutzung ohne Netztopf wiederverwendet** werden muss, um kostengünstiger für den Anbauer zu werden.

Im Projekt wurden vier Wiederholungszyklen getestet, ohne Veränderung des Ertrages sowie der Textilstruktur. Es wird davon ausgegangen, dass **mehr als 20 Wiederholungszyklen mit dem Polyestersubstrat erreicht werden können**.

Tab. 3: Übersicht über die Produktions-, Verarbeitungs- und Reinigungskosten des wiederverwendbaren Textilsubstrates verglichen mit den Standardsubstraten Steinwolle, Kokosfaser und Blähton sowie dem innovativen, biobasierten Substrat Growfoam (eigene Berechnung)

Rockwool [per net pot 5.5cm]		Cocopeat [per net pot 5.5cm]		Clay bubbles [per net pot 5.5cm]		Growfoam [per net pot 5.5cm]	
B2C	B2B	B2C	B2B	B2C	B2B	B2C	B2B
Cultilene		Jiffy		Floragard		Growfoam	
0,11 €	0,076 €	0,03 €	0,078 €	0,11 €	0,11 *	---	0,05 €
(incl. tray of 77 slabs)		(standard)	(customized)		(* shipping expensive)	(incl. tray of 104 slabs)	
Grodan							
0,13 €	no reply						
Textile [per net pot 5.5cm]				Textile [per planting space 5.5cm WITHOUT net pot]			
Production costs / Retail price				Production costs / Retail price			
385154	385155			385154	385155		
Vertraulich							
0,54 - 0,79 € Minimum retail price per net pot				0,61 - 0,97 € Minimum retail price per planting space			
Amortisation compared to single-use B2B rockwool - 7 to 11 re-use cycles				Amortisation compared to single use B2B rockwool - 8 to 13 re-use cycles			

Die Ergebnisse wurden gemeinsam mit den Projektpartnern ETF, DITF, AUK, BCKV und HMA diskutiert und flossen in weitere Entwicklungsarbeiten mit ein.

Arbeitspaket 5: Koordination, Kommunikation und Dissemination

- Koordination und Kommunikation

Alle Partner standen planmäßig in regelmäßigem Austausch durch online Projektreffen (gesamtes Konsortium) sowie vor Ort (dt. Partner), E-Mail-Verkehr, bilaterale Telefonate sowie WhatsApp.

Durchgeführte **online** Projektreffen:

2021 – Projektreffen aller Partner			2022 – Projektreffen aller Partner			
1st meeting	2nd meeting	3rd meeting	4 th meeting	5 th meeting	6 th meeting	7 th meeting
15.07.2021	28.09.2021	09.12.2021	08.03.2022	28.06.2022	20.09.2022	06.12.2022
online	online	online	online	online	online	online

2023 – Projektreffen aller Partner			
8 th meeting	9 th meeting	10 th meeting	11 th meeting
28.02.2023	05.07.2023	25.09.2023	05.12.2023
online	online	online	online

2024 – Projekttreffen aller Partner			
12 th meeting 09.04.2024 online	13 th meeting 04.06.2024 online	14 th meeting 24.09.2024 online/physical	15 th meeting 05.12.2024 online

Durchgeführte **physische** Projekttreffen:

2021 – Projekttreffen deutsche Partner		
1st meeting 27.07.2021	2nd meeting 28.10.2021	3rd meeting 29.11.2021

2022 – Projekttreffen deutsche Partner					
4 th meeting 03.02.2022	5 th meeting 07.04.2022	6 th meeting 02.06.2022	7 th meeting 21.07.2022	8 th meeting 19.09.2022	9 th meeting 01.12.2022

2023 – Projekttreffen deutsche Partner					
10 th meeting 02.02.2023	11 th meeting 05.04.2023	12 th meeting 09.05.2023	13 th meeting 05.07.2023	14 th meeting 21.09.2023	15 th meeting (online statt physisch) 30.11.2023

2024 – Projekttreffen deutsche Partner		
16 th meeting 17.01.2024 (online statt physisch)	17 th meeting 20.03.2024	18 th meeting 26.06.2024

Durchgeführte physische **Treffen des gesamten Konsortiums:**

2022, Juni	2022, Oktober	2023, Juli	2024, September
Deutschland	Indien	Deutschland	Deutschland

- Erstellung von Fachartikeln

Ein gemeinsamer wissenschaftlicher Artikel (alle Partner) zu den Ergebnissen des gemeinsamen Literaturreviews wurde am 14.01.2025 bei *Scientia Horticulturae* publiziert: Anwesha Chatterjee, Proma Ghosh, Bastian Winkler, Vijayaragavan V, Sanjit Debnath, Jędrzej Cichocki, Marielle Trenkner, Bilitis Vanicela, Christoph Riethmueller, Michael Walz, Suhrid Chandra, Harshata Pal (2025). *Demystifying the integration of hydroponics cultivation system reinforcing bioeconomy and sustainable agricultural growth. Scientia Horticulturae* 341 (2025) 113973, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.113973>.

Ein weiterer Artikel zur Vorstellung des wiederverwendbaren Textilsubstrates für die Fachwelt wurde am 27.11.2024 auf [Verticalfarm daily](#) publiziert: Germany: "We cannot keep producing substrates that aren't fully recyclable", Lead author: Bilitis Vanicela.

Es sind zwei weitere gemeinsame wissenschaftliche Artikel (alle Partner) zu den Projektergebnissen in Vorbereitung:

- *Re-usable textiles: Development and evaluation of a more sustainable substrate for soil-less cultivation systems.* Lead author: Bastian Winkler
- *Development of a cleaning process for reuseable textile substrate for commercial hydroponics and aquaponics cultivation.* Lead authors: Bilitis Vanicela und Sanjit Debnath

- *White paper*

In gemeinschaftlicher Zusammenarbeit wurde ein white paper erstellt, das einem breiten Publikum die Projektergebnisse einfach verständlich zusammenfasst und vor allem zur Herausgabe an Interessenten aus der Wirtschaft gedacht ist.

- *Messebesuch*

Folgende Messen wurden während der Projektlaufzeit besucht:

Datum	Messe	Themenschwerpunkt
26.01.23	IPM Essen	Internationale Pflanzenmesse
13.06.23 – 14.06.23	Greentech Amsterdam	Internationale Messe für Gemüseproduktion
11.06.24 – 13.06.24	Greentech Amsterdam	Aussteller mit Messestand
08.10.24	VertiFarm Dortmund	Internationale Messe für innovative Anbau- und Ernährungssysteme

- *Kongressteilnahme*

An folgenden Kongressen wurde während der Projektlaufzeit teilgenommen:

Datum	Kongress	Themenschwerpunkt
23.11.21 – 24.11.21	Bundeskongress Gebäudegrün	Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung
23.02.22	Innovationsraum NewFoodSystem	Potentiale für die Bioökonomie in Deutschland
05.07.22 – 08.07.22	ICABR Bologna	Posterpräsentation
05.06.23 – 08.06.23	31. European Biomass Conference & Exhibition	Posterpräsentation
27.06.23 – 29.06.23	Weltkongress Gebäudegrün Berlin	u. a. Urban Farming
04.07.23 – 07.07.23	ICABR online	Präsentation
13.09.23 – 15.09.23	GFC Dornbirn	Global Fibre Conference
11.09.24 – 13.09.24	GFC Dornbirn	Global Fibre Conference

- *Datenaustausch über Onlineplattform*

Alle Partner nutzten die von den DITF bereitgestellte Onlineplattform zum fortlaufenden Daten- und Informationsaustausch sowie deren Speicherung zur Dokumentation des Projektfortschritts.

- *Dissemination*

Ein LinkedIn Account wurde erstellt. Es wurden in regelmäßigen Abständen posts eingestellt. Im Juni 2025 hat der Account 108 follower:innen - <https://www.linkedin.com/company/circultex>

2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten, sowie die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Arbeitspaket	Titel	Planmäßiger Zeitraum	Stand der Arbeiten und Einsatz des wissenschaftlich-technischen Personals
1	Wiederverwertbares Textilsubstrat	15.06.21 – 31.12.24	Die Arbeiten wurden planmäßig beendet. Das wissenschaftlich-technische Personal (Pos. 0812) wurde auf Grund von Elternzeit sowie Elternteilzeit in 2021 und 2022 in geringerem Umfang als geplant eingesetzt. Dafür wurden seit 2022 mehr studentische Hilfskräfte (Pos. 0822) mit höherem Stundenumfang eingesetzt.
2	Entwicklung geeigneter Reinigungsprozesse für das Textilsubstrat	15.06.21 – 31.12.24	Die Arbeiten wurden planmäßig beendet. Das wissenschaftlich-technische Personal (Pos. 0812) wurde auf Grund von Elternzeit sowie Elternteilzeit in 2021 und 2022 in geringerem Umfang als geplant eingesetzt. Dafür wurden seit 2022 mehr studentische Hilfskräfte (Pos. 0822) mit höherem Stundenumfang eingesetzt.
3	Anpassung der urbanen Anbausysteme	15.03.22 – 31.12.24	Die Arbeiten wurden planmäßig beendet. Das wissenschaftlich-technische Personal wurde planmäßig eingesetzt.
4	Produkt- und Geschäftsmodellentwicklung	15.06.21 – 31.12.24	Die Arbeiten wurden planmäßig beendet. Das wissenschaftlich-technische Personal wurde planmäßig eingesetzt.
5	Koordination, Kommunikation und Dissemination	15.06.21 – 31.12.24	Die Arbeiten wurden planmäßig beendet. Das wissenschaftlich-technische Personal wurde planmäßig eingesetzt.

3. Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit, geplante Veröffentlichungen sowie FuE-Ergebnisse von anderen Stellen

Die Ziele des Vorhabens wurden planmäßig erreicht. Es haben sich keine inhaltlichen Änderungen gegenüber dem ursprünglichen Antrag ergeben.

Von Seiten Dritter wurden in der Zwischenzeit keine FE-Ergebnisse bekannt, die über den in diesem Vorhaben beschriebenen Stand der Technik hinausgehen und somit relevant für die Durchführung des Vorhabens gewesen wären.

Weder vom ZE noch von anderen am Vorhaben Beteiligten wurden Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen durchgeführt.

Die Veröffentlichungen sind oben genannt.

Es wurden marktreife wiederverwendbare Textilsubstrate entwickelt, sowie angepasste Reinigungsprozesse. Das Marktpotential wird als hoch eingeschätzt. Das wiederverwendbare Textilsubstrat ist nachhaltig und hat sowohl ökologisch als auch ökonomisch Vorteile. Die mehrfache Verwendung und gleichzeitige Recyclingfähigkeit am Ende der Nutzungsdauer sind Alleinstellungsmerkmale des wiederverwendbaren Textilsubstrats, die die Transferchancen erhöhen.

Die wiederverwendbaren Textilsubstrate sind von ETF je nach Kundenwunsch und -bedürfnis in vielen Variationen anpassbar. Beispielsweise kann der Gemüseanbauer ein auf sein Anbausystem passgenaues Textilsubstrat von ETF angefertigt bekommen. Ähnliches gilt für die urbane Landwirtschaft zur Erschließung neuer Zielgruppen. Die Reinigung des Substrates kann durch einen Dienstleister beispielsweise eine Wäscherei durchgeführt werden. Dadurch entsteht großes Potential neue Märkte und Kundenpartnerschaften zu generieren. Auf Messen und in zahlreichen Gesprächen wurde die Rückmeldung aus der Branche deutlich, dass im Bereich Substrate nach nachhaltigen Alternativen gesucht wird. Es zeichnet sich ein Trend zur Bioökonomie weiterhin ab.

Beim Messebesuch der Greentech in Amsterdam 2023 gab es zwei neue biobasierte und bioabbaubare Substrate: growfoam (growfoam) und nygaia (Maan Group/Klasmann-Deilmann). Diese Substrate werden nach einmaliger Benutzung kompostiert.

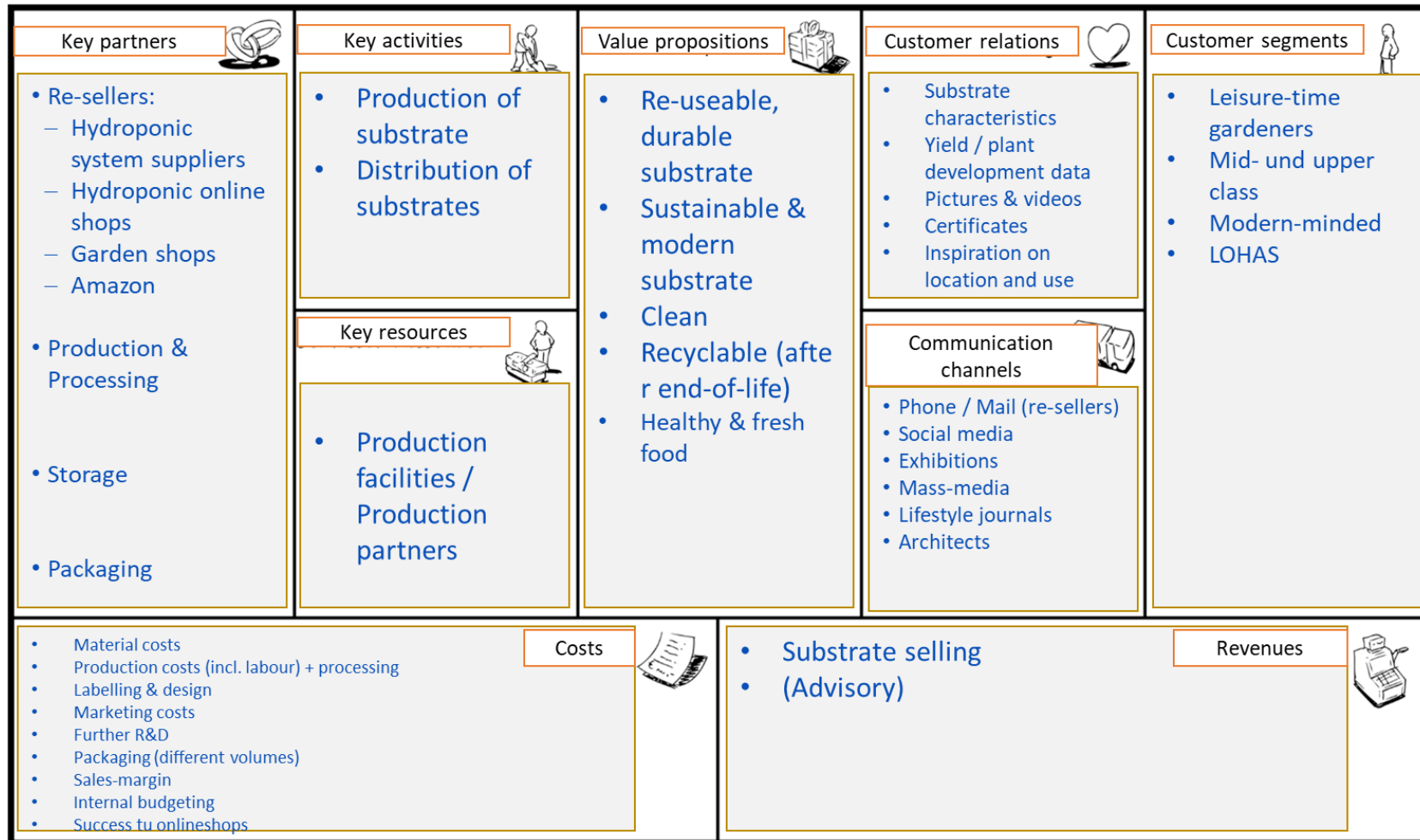
Die Projektergebnisse werden über das Projektende hinaus auf Konferenzen vorgestellt und fließen in die Forschung und Lehre mit ein. Die Projektergebnisse bilden eine ideale Grundlage für Folgeprojekte. Die Projektergebnisse wurden in einem white paper zusammengefasst und so einem breiten Publikum zugänglich gemacht.

Die Veröffentlichung von zwei Fachartikeln innerhalb eines Jahres nach Projektabschluss ist geplant.

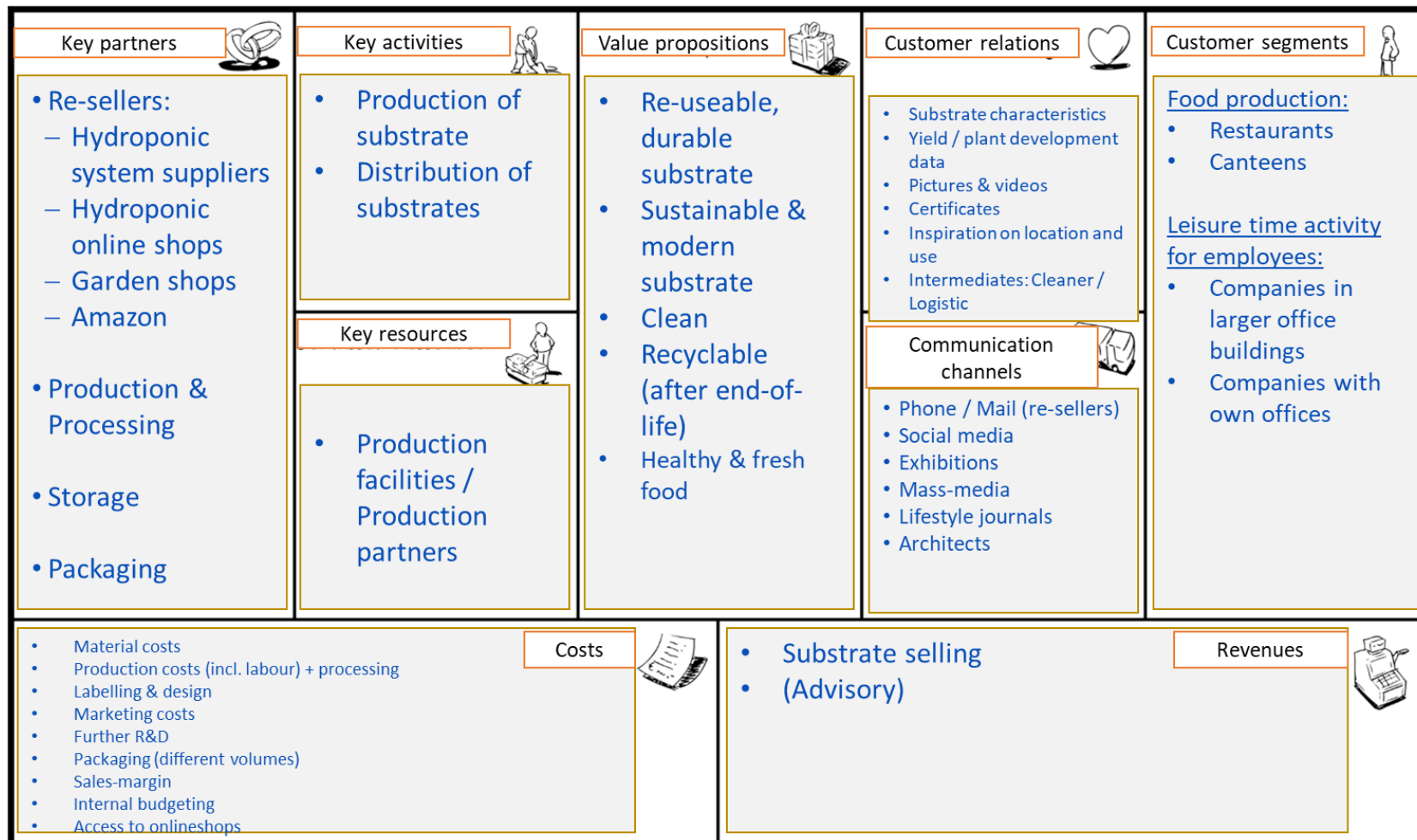
Bei Messerbesuchen soll weiterhin die Ansprache von verschiedenen Zielgruppen erfolgen. Dies soll in erster Linie durch den Unternehmenspartner ETF vorangetrieben, der auch die Vermarktung des wiederverwendbaren Textilsubstrates durchführt. Dazu gehört auch die Ansprache der während der Projektlaufzeit identifizierten Zielgruppen, die Weiterentwicklung der im Projekt erarbeiteten Geschäftsmodelle mit den dazu gehörigen Vertriebskanälen.

Anhang 1: Business Modelle (AP 4: Produkt- und Geschäftsmodellentwicklung)

Business Model Canvas: *Private hobby growers*



Business Model Canvas: *Restaurants & Office buildings*



Business Model Canvas: *Commercial producers*

