

Omnivore-System

Lokales Upcycling von industriellen Nebenströmen zu Insektenproteinen

AZ 35504/37

Dr.-Ing. Marius Wenning

Hermetia Tech GmbH

Aachen, 2024

Bandbezeichnung, Projektkenblatt

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Motivation.....	5
Projekttablauf.....	6
Vorversuche	6
Pilotbetrieb in Aachen	12
Entwicklung eines low-cost Omnivore-Containers für Entwicklungsländer	13
Projektergebnisse	17
Omnivore Container für die Landwirtschaft	17
Omnivore-Container für die Entsorgungswirtschaft	17
Omnivore-Container für die Lebensmittelindustrie	17
Omnivore-Container in afrikanischen Ländern	17
Öffentlichkeitsarbeit/Vorträge	18
Betreute Bachelor- und Masterarbeiten	21
Ausblick.....	22
Omnivore Recycling in Deutschland.....	22
Omnivore Recycling in Entwicklungsländern	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anlagenkonzept des Omnivore-Containers mit wichtigen Anlagenbestandteilen und Prozessgrößen	6
Abbildung 2: Klimakammer zur Aufzeichnung thermodynamischer Prozessgrößen. Der Versuchsstand erlaubt die Regelung der Eingangsgrößen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) und die Überwachung der Prozessgrößen (Substrattemperatur, Luftfeuchtigkeit- und Temperatur, CO2)	7
Abbildung 3: Versuchsdaten aus Fütterungsversuch zur Anlagenauslegung und Modellbildung für die automatisierte Steuerung	8
Abbildung 4: Testbetrieb eines Vibrationssiebs zur Separation der Larven von Larvenkot im Omnivore-Container (Eigenentwicklung)	9
Abbildung 5: Drehbar gelagerte Mastwannen mit stirnseitiger Belüftung und Flüssigfütterung in die Mastwannen mittels computergesteuerter Ventile	9
Abbildung 6: Gebrauchte Fütterungstechnik aus der Schweinemast (Edelstahl-Mischbehälter und Schneckenpumpe) in Vorverarbeitungscontainer	11
Abbildung 7: Laborcontainer für die Reproduktion der Fliegenlarven	12
Abbildung 8: Omnivore-Container zur Mast und Ernte der Insektenlarven (grün) und Vorverarbeitungscontainer zum Entpacken, Zerkleinern und Vermischen der Lebensmittelreste. Das Substrat wird über eine Rohrleitung in die Mast gepumpt.	12
Abbildung 9: Verwertung von Supermarktresten. Die Reste werden in Kisten oder Tonnen gesammelt und täglich abgeholt.	13
Abbildung 10: Delegationsreise nach Äthiopien und Tansania zur ostafrikanischen Markterkundung	13
Abbildung 11: Startseite der Omnivore-Web-App zur einfachen Prozessdokumentation.....	14
Abbildung 12: Team von Omnivore Recycling bei der Montage des Solarofens zur Trocknung der Larven	15
Abbildung 13: Low-cost Omnivore Container von innen (links) und Abtransport zum Hafen nach Rotterdam (rechts)	16
Abbildung 14: Gründungsteam bestehend aus Leonard Classen, Jerome Sandjon und Marius Wenning (v.r.).....	18
Abbildung 15: Collage von öffentlichen Auftritten bei Messen, Präsentationen und Akzeleratoren	19
Abbildung 16: Besuch von NRW-Umweltminister Oliver Krischer bei der Hannover Messe (links) und Besuch der Pilotanlage von der Aachener Oberbürgermeisterin Sybille Keupen (rechts)	19
Abbildung 17: Beispielbeitrag für Social Media zur Nachhaltigkeitsbewertung mit der Circonomit GmbH; auf dem Bild Marius Wenning und Dana Aleff (GF Circonomit)	20
Abbildung 18: Team von Omnivore Recycling im Mai 2024	23

Motivation

Die intensive Produktion klassischer Futtermittelrohstoffe für die Nutztierhaltung greift oftmals in erheblichem Masse in natürliche Ökosysteme ein und beschleunigt auf diese Weise den globalen Verlust an Biodiversität. So trägt beispielsweise der intensive Sojaanbau maßgeblich zur Rodung des Amazonasregenwaldes bei, die Produktion von Fischmehl verstärkt die Überfischung der Ozeane und die Zerstörung der Meeresböden. Insektenlarven hingegen stellen ein natürliches Futtermittel für viele Nutztiere dar; sie können im Sinne einer Nährstoffkreislaufwirtschaft ressourcenschonend und effizient mit den unterschiedlichsten Substraten, insbesondere Lebensmittelresten (sog. Nebenströmen), gefüttert werden.

Die Larve der Schwarzen Soldatenfliege (lat. *Hermetia Illucens*) kann ein breites Spektrum von organischen Reststoffen verwerten. So kann sie diverse Lebensmittelreste trotz begonnenem Zerfall ebenso fressen wie Schlachtabfälle oder Gülle. Aufgrund von regulatorischen Einschränkungen darf das Insekt in der EU bislang nur vegetarische Nebenströme verwerten. Zugelassene Nebenströme entstehen hauptsächlich in der Lebensmittelindustrie und in der Landwirtschaft.

Ein großer Teil dieser hochqualitativen, vegetarischen Reststoffe wird bereits an Nutztiere verfüttert. Es gibt jedoch auch in Deutschland Nebenströme, die nicht verfüttert werden, obwohl sie bereits heute verfüttert werden dürften. Dies geschieht aus folgenden zwei Gründen:

- Reststoff für klassische Nutztiere ungeeignet. Als Beispiel dient hier Kaffeetrest, der bei der Herstellung von Instantkaffee in großen Mengen anfällt. Dieser kann nicht an Schweine verfüttert werden. Die Larven der Schwarzen Soldatenfliege können den Kaffeesatz mit ihrem Darmmikrobiom verstoffwechseln.
- Logistischer Aufwand für Nutztierfütterung zu hoch (bzw. schnelle Verderblichkeit). Als Beispiel können hier Bäckereibetriebe genannt werden. Die anfallenden Reste (Brot und Kuchen, typischerweise ca. 1 Tonne pro Tag) werden aus Kostengründen nur im Wochenrhythmus abgeholt. Dann jedoch sind die Reste bereits verschimmelt und für die Fütterung ungeeignet.

Die Nutzung der Larven der Schwarzen Soldatenfliege ermöglicht die Beseitigung der Hindernisse, sodass die Nährstoffe der anfallenden Reststoffe zurückgewonnen werden können. Die Larven besitzen das breiteste Spektrum an verwertbaren Reststoffen und können in Symbiose mit Hefen und Pilzen auch verholzte Substrate verwerten.

Die Reduktion der logistischen Aufwände wird durch die Entwicklung einer kleinskaligen Insektenfarm ermöglicht. Der sogenannte Omnivore-Container stellt eine vollautomatisierte Mastanlage für die Larven der Schwarzen Soldatenfliege dar. Er beinhaltet alle Prozessschritte, die zur nachhaltigen Verwertung der Reststoffe notwendig sind. Der Omnivore-Container verarbeitet die anfallenden Reststoffe zu einem homogenen Futtersubstrat, und verfüttert dieses an die Insektenlarven. Die Mast erfolgt unter kontrollierten Bedingungen (Temperatur und Feuchtigkeit). Am Ende der Mastzeit werden die Larven automatisiert geerntet und bis zur Abholung gekühlt gelagert. Die Fernüberwachung des Systems erfolgt über das Internet und benötigt daher keinerlei Personal für den Anlagenbetrieb.

Aufgrund der geringen Betriebs- und Investitionskosten des Omnivore-Containers ist dieser prinzipiell für die Verwertung von Lebensmittelresten entlang der gesamten Wertschöpfungskette geeignet. Neben der Lebensmittelindustrie kann der Omnivore-

Container daher bei Landwirten Verwendung finden. Außerhalb der EU – oder nach einer Anpassung der Regulatorik – ist der Omnivore-Container auch die nachhaltigste und wirtschaftlichste Entsorgung für Lebensmittelreste u.a. aus privaten Haushalten und der Außer-Haus-Verpflegung.

Projektlauf

Mit Beginn des Projekts am 01.07.2022 wurde die Ausdetaillierung des Anlagenkonzepts begonnen. Die Konzeptionierung der Anlage wird mit Blick auf die Anforderungen des Business-Cases durchgeführt. Die funktionierende Anlage wird die Entsorgung der Reststoffe übernehmen und Larvenprotein und Insektendünger herstellen. Für den wirtschaftlichen Erfolg des neuen Entsorgungskonzepts müssen die Betriebskosten und Investitionskosten entsprechend gering sein. Die Anlage muss die Lebensmittelreste mittelständischer Unternehmen und landwirtschaftlicher Betriebe verarbeiten. Dafür wird der Omnivore-Container so ausgelegt, dass er etwa eine Tonne Lebensmittelreste täglich verarbeiten kann. Abbildung 1 zeigt das Anlagenkonzept mit wichtigen Anlagenbestandteilen und Prozessgrößen.

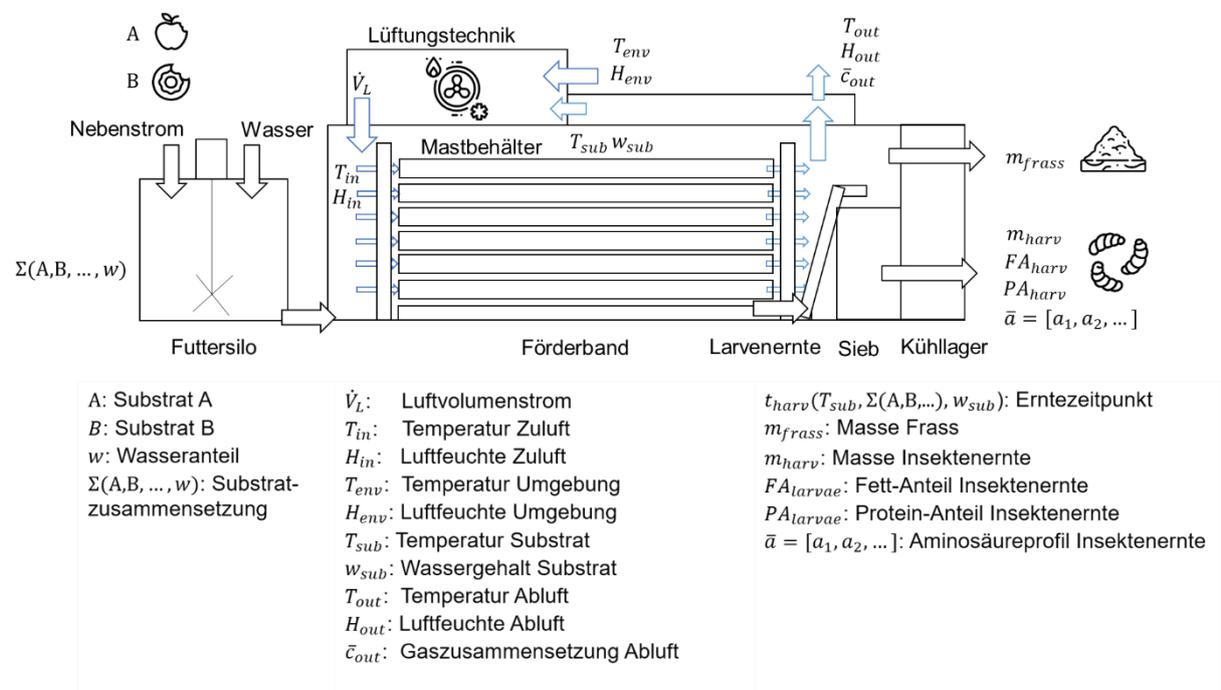


Abbildung 1: Anlagenkonzept des Omnivore-Containers mit wichtigen Anlagenbestandteilen und Prozessgrößen

Vorversuche

In der ersten Entwicklungsphase des Omnivore-Containers werden Funktionsmuster von Teiltechnologien aufgebaut und validiert. Die so gewonnenen Ergebnisse fließen in die Entwicklung der Gesamtanlage ein. Dies umfasst die entscheidenden Gewerke: Substrataufbereitung, Behälterhandling, Klima- und Lüftungstechnik sowie die Erntetechnik.

Im Bereich der Vorverarbeitung werden die Lebensmittelreste zerkleinert und zu einer homogenen Masse vermischt. Dazu werden unterschiedliche Mühlen validiert. Die Zerkleinerungstechnik muss auf die Lebensmittelreste angepasst werden. Sehr kleine Partikel verbessern die Verdaulichkeit durch die Larven und erhöhen die Pumpfähigkeit. Weiterhin konnte in Zusammenarbeit mit Partnern praktische Erfahrung mit unterschiedlicher

Fördertechnik gesammelt werden, die ebenfalls von der Konsistenz und damit von den Lebensmittelresten abhängt.

Um den Larven optimale Wachstumsbedingungen zu garantieren, benötigt der Omnivore-Container Lüftungstechnik. Zwar sind in der einschlägigen Literatur die optimalen Wachstumsbedingungen zu finden, jedoch fehlen die für die Auslegung der Anlage benötigten Daten zur Wärme-, Kohlendioxid und Wasserdampfproduktion. Da diese wiederum von den Wachstumsbedingungen abhängen, wurde eine Klimakammer aufgebaut, in der die notwendigen Daten aufgezeichnet wurden (Abbildung 2). Hier können die Eingangsparameter genau eingestellt werden und die Ausgangsparameter überwacht werden (Abbildung 3). Mithilfe der Daten kann die Lüftungstechnik des Omnivore-Containers ausgelegt werden. Die verwendete Lüftungstechnik muss dabei auf den Standort angepasst werden. In Deutschland ist die zusätzliche Erwärmung der Luft notwendig (bspw. über Wärmepumpe). In einem Anwendungsfall im afrikanischen Kenia wird auf die teure Klimatechnik verzichtet und die Kühlung durch die Belüftung sichergestellt.

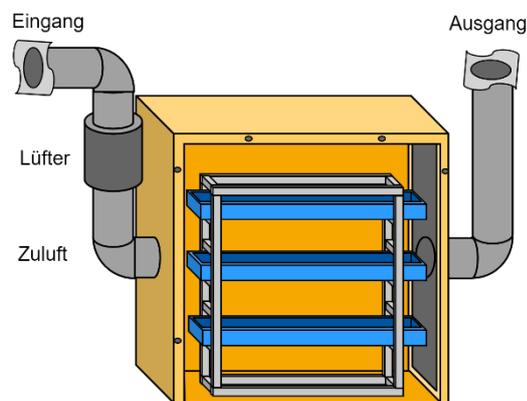


Abbildung 2: Klimakammer zur Aufzeichnung thermodynamischer Prozessgrößen. Der Versuchsstand erlaubt die Regelung der Eingangsgrößen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) und die Überwachung der Prozessgrößen (Substrattemperatur, Luftfeuchtigkeit- und Temperatur, CO₂)

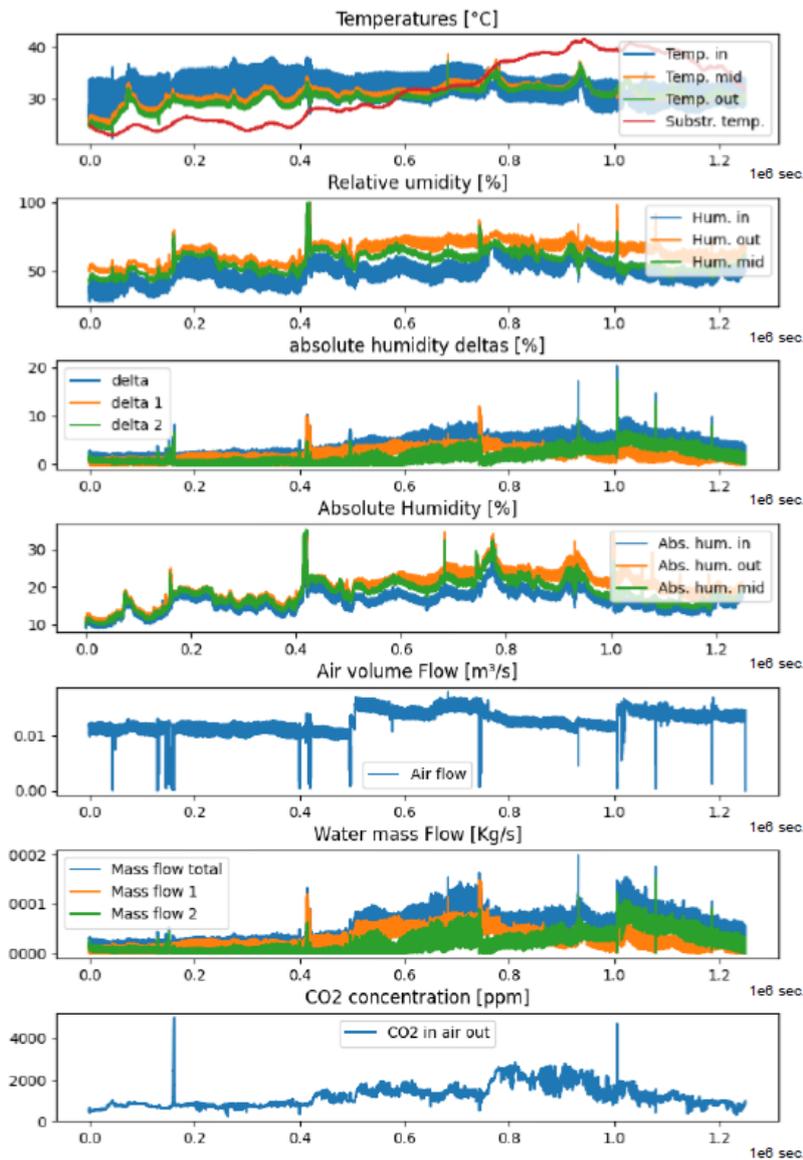


Abbildung 3: Versuchsdaten aus Fütterungsversuch zur Anlagenauslegung und Modellbildung für die automatisierte Steuerung

Weiterhin werden die Daten dazu verwendet ein Prozessmodell zu entwickeln. Dieses erlaubt die Prozessparameter in Abhängigkeit der Eingangsgrößen zu präzisieren. So kann beispielsweise der optimale Erntezeitpunkt vorhergesagt werden oder die Lüftungsleistung kann so geregelt werden, dass das Substrat zum Ende des Mastprozesses wie gewünscht ausgetrocknet ist.

Die Anlagenentwicklung umfasst weiterhin die Konstruktion eigener Anlagenmodule. Dies sind das integrierte Förderband und das Rüttelsieb (Abbildung 4), die mechanische Integration der Lüftung (Dachmontage), die Isolation der Containerwände mit Sandwichpanelen, die Abtrennung des Kühllagers und die Mastwannen mit Antriebstechnik. Außerdem werden die Stromversorgung, Beleuchtung und Steuerungstechnik ausgelegt.



Abbildung 4: Testbetrieb eines Vibrationssiebs zur Separation der Larven von Larvenkot im Omnivore-Container (Eigenentwicklung)

Die Containerwände werden für eine energieeffiziente Larvenproduktion mit Sandwichpaneelen gedämmt. Die Paneele werden ebenso für die Montage von Beleuchtung, Vorhängen und Elektroinstallationen verwendet.

Die Stahlkonstruktion für die Mast der Larven wird aus Blechen gelasert und gekantet. Die massive Konstruktion mit Stahlwannen erhöht die Investitionskosten gegenüber den üblicherweise verwendeten Kunststoffkisten, erübrigt jedoch die manuellen Arbeitsschritte. Abbildung 5 zeigt die drehbar gelagerten Mastwannen und die stirnseitige Belüftung. Durch die vollautomatisierte Ernte kann in Hochlohnländern die Wirtschaftlichkeit der Larvenmast erhöht werden.



Abbildung 5: Drehbar gelagerte Mastwannen mit stirnseitiger Belüftung und Flüssigfütterung in die Mastwannen mittels computergesteuerter Ventile

Die Mastwannen sind über eine Welle drehbar gelagert. Die Stirnseite in verfügt über Rohrleitungen zur Flüssigfütterung mit den entsprechenden computergesteuerten Ventilen, um eine präzise Fütterung vorzunehmen. Die gegenüberliegende Stirnseite ist mit Getriebemotoren versehen, um die Wannen für die Ernte drehen zu können. Die Öffnungen der Stirnseiten ermöglichen eine gleichmäßige Luftführung und damit eine optimale Belüftung der Larven.

Der Versuchsbetrieb ergab, dass das Befüllen über die Stirnseite nicht zuverlässig möglich ist. Bei nicht optimal eingestellter Konsistenz verteilen sich die Reste nicht bis zum Wanneneende. Die schlechte Zugänglichkeit erschwert außerdem die Reinigung und Wartung. Omnivore Recycling hat auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse das Mastkonzept überarbeitet. Die Montage des neuen Mastsystems erfolgt ab Juli 2024. Der Proof-of-Concept eines vollautomatisierten Mastbetriebs in Containergröße steht daher mit Ende des Projekts noch aus.

Die Versorgung der Mastwannen mit dem Futtersubstrat erfolgt über die in Abbildung 6 dargestellte Fütterungsanlage. In dem Mischbehälter werden die Lebensmittelreste zu Futtersubstrat angerührt. Hierbei lässt sich der Nährwert für die Larven sowie verfahrenstechnische Eigenschaften einstellen. Das Nährwertprofil soll für eine hohe Wirtschaftlichkeit ein schnelles Larvenwachstum ermöglichen. Bei einseitigem Nährstoffprofil sollte durch Ergänzung eines weiteren Nebenstroms eine optimale Mischung eingestellt werden. Entsprechende Rezepturen lassen sich in Fütterungsversuchen (Klimakammer oder Labor) entwickeln.

Neben dem Nährstoffprofil muss das Futtersubstrat pumpfähig sein. Dafür muss der Wasseranteil bei etwa 80% liegen. Ist der Wasseranteil zu hoch, kann es zu einem Ertrinken der Larven kommen. Ist er zu niedrig lässt sich das Substrat nicht mit der Schneckenpumpe befördern. Außerdem erleichtert eine Textur des Substrats die Belüftung der Larven in der Substratmasse. So hilft beispielsweise Weizenkleie zur Verbesserung der Substrateigenschaften. Schließlich ist die Feuchtigkeit in Berücksichtigung der Lüftungstechnik so einzustellen, dass am Ende des Mastvorgangs das Substrat auf einen Wasseranteil von unter 50% ausgetrocknet ist. Das trockene Substrat ermöglicht bei der Ernte ein einfaches Absieben der Larven.

Die Fütterungstechnik wird im sogenannten Vorverarbeitungscontainer installiert. Hier können die Lebensmittelreste geschützt vor Schädlingsbefall gelagert werden. Außerdem wird gegebenenfalls ein Sortieren und Entpacken von beispielsweise Supermarktresten ermöglicht.



Abbildung 6: Gebrauchte Fütterungstechnik aus der Schweinemast (Edelstahl-Mischbehälter und Schneckenpumpe) in Vorverarbeitungscontainer

Die Steuerung der vollautomatisierten Anlage erfolgt über eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS). Die SPS liest die diversen Sensoren aus und kann die Aktorik ansteuern. Für die Interpretation der komplexen Prozessdaten ist die SPS außerdem mit einem Cloud-Server verbunden. Dieser dient zunächst zur Aufzeichnung der Daten, wird in Zukunft den sog. Digitalen Zwilling der Insekten beinhalten. Das Modell berechnet aus den Messdaten den Zustand der Insektenlarven und steuert die Umgebungsbedingungen. Die Cloud-Anbindung ermöglicht dem Anwender außerdem eine Überwachung des Prozesses über eine benutzerfreundliche Weboberfläche. So kann zu jeder Zeit der Mastprozess eingesehen und gesteuert werden. Die Cloud-Anbindung bietet schließlich die Möglichkeit, die Anlage überall auf der Welt unabhängig von der Expertise des lokalen Anwenders zu betreiben. So wird es möglich die Anlage bei Lebensmittelunternehmen, bei Landwirten oder an entlegenen Standorten in Entwicklungsländern zu betreiben.

Zur erfolgreichen Durchführung des Vorhabens existieren weiterhin ein Laborcontainer, Abbildung 7. Der Laborcontainer verfügt über Käfige für die Reproduktion der Fliegenlarven. Hier legen die Fliegen die Eier, aus denen sich die Larven entwickeln. Obwohl der Prozessschritt nicht im Omnivore-Container stattfindet, ist dieser von zentraler Bedeutung. Die Omnivore-Container müssen mit den Junglarven versorgt werden. Die Belieferung findet etwa einmal pro Woche statt. Der digitale Zwilling erlaubt hierbei die präzise Bestimmung des optimalen Belieferungszeitpunkts. Eine eigene Reproduktion erlaubt die Anpassung der Junglarven auf die Bedürfnisse des Omnivore-Containers. Die Zusammenarbeit mit einem etablierten Insektenproduzenten ermöglicht zusätzlich den flexiblen Zukauf der Junglarven. Der Laborcontainer wird zudem für die Fütterungsversuche mit neuen Nebenströmen verwendet.



Abbildung 7: Laborcontainer für die Reproduktion der Fliegenlarven

Abbildung 8 zeigt das Gesamtsystem bestehend aus dem Vorverarbeitungscontainer und dem Omnivore-Container. Die Außenhaut des Omnivore-Containers wird in einem auffälligen Grünton lackiert und mit großem Logo versehen.



Abbildung 8: Omnivore-Container zur Mast und Ernte der Insektenlarven (grün) und Vorverarbeitungscontainer zum Entpacken, Zerkleinern und Vermischen der Lebensmittelreste. Das Substrat wird über eine Rohrleitung in die Mast gepumpt.

Pilotbetrieb in Aachen

Im April 2024 startete Omnivore Recycling den Pilotbetrieb des Aachener Omnivore-Containers. Der erste Kunde ist der Aachener Lebensmitteleinzelhandel HIT Sütterlin. Hier werden täglich ca. eine Europalette Lebensmittelreste mit einem Transporter abgeholt. Die Reste werden auf Verunreinigungen kontrolliert, entpackt, zerkleinert und an die Larven im Omnivore-Container verfüttert.

Dem Pilotbetrieb voran ging die Erarbeitung eines Zulassungskonzeptes. Dieses umfasst die Kennzeichnung der Behälter, ein Reinigungskonzept und die rechtlichen Bezeichnungen auf dem Weg der Lebensmittelreste: Angefangen bei den Lebensmitteln im Supermarkt erfolgt ein schrittweiser Übergang zu den Futtermitteln. Dies kann nicht beim Einzelhandel passieren, denn dann wäre eine Registrierung des Supermarkts als Futtermittelproduzent notwendig. Mit

dem erarbeiteten Konzept ist es nun möglich Lebensmittel als solche abzuholen und diese nach Sichtkontrolle durch Omnivore Recycling zu Futtermitteln umzudeklariieren.

Weitere Kunden sollen nun Stück für Stück dazukommen. Das Interesse der lokalen Unternehmen an einer nachhaltigen Verwertung der Lebensmittel ist groß – jedoch wird der gleiche Service zum gleichen Preis erwartet. Die Verwertung mittels Insektenlarven muss also wettbewerbsfähig mit der Verstromung in Biogasanlagen sein. Omnivore Recycling wird in den nächsten Monaten den Service weiteren Supermärkten und einer Aachener Bäckereikette anbieten. Hierfür werden eigene Wechselbehälter in Umlauf gebracht (Abbildung 9).



Abbildung 9: Verwertung von Supermarktresten. Die Reste werden in Kisten oder Tonnen gesammelt und täglich abgeholt.

Entwicklung eines low-cost Omnivore-Containers für Entwicklungsländer

Aufgrund der ungenutzten Reststoffe in Entwicklungsländern und dem hohen Bedarf an günstigen Futtermitteln entwickelte Omnivore Recycling eine zweite, hierfür angepasste Anlage. Der Bau der afrikanischen Pilotanlage und damit verbundene Kosten wurden aus eigenen Mitteln finanziert.

Zur Markterkundung und Validierung des Product-Market-Fits für Ostafrika wurde eine Geschäftsanhaltungsreise durchgeführt. Diese wurde von der AHK Kenia organisiert und durch das BMWK gefördert. Abbildung 10 zeigt die Delegation bei dem deutschen Botschafter in Addis Abeba, Äthiopien. Hier konnten Unternehmen der Lebensmittelindustrie besucht werden und der Bedarf an Futter- und Düngemitteln validiert werden.



Abbildung 10: Delegationsreise nach Äthiopien und Tansania zur ostafrikanischen Markterkundung

Der für Entwicklungsländer entwickelte low-cost Omnivore-Container kommt mit weniger Technik aus, profitiert jedoch ebenso von dem bereits aufgebauten Wissen. So wird das Kistenhandling manuell durchgeführt, die komplexe Steuerung der Prozessparameter durch die Lüftungstechnik jedoch bleibt weiterhin unter der Kontrolle der entwickelten Computermodelle. So kann eine optimale Wirtschaftlichkeit sichergestellt werden. Der Betrieb des Containers kann über das Internet überwacht werden.

Die Vorverarbeitung der Lebensmittelreste wird mit robuster, kostengünstiger Technik umgesetzt. Die Nachverarbeitung der Larven umfasst das Töten in kochendem Wasser und das anschließende Trocknen in einem Solarofen (vgl. Abbildung 12). Dieser Solarofen wurde eigens für den Omnivore-Container entwickelt und kann auf dem Dach des Containers platziert werden. Länder mit konstant hoher Sonneneinstrahlung können hierüber die für die Trocknung benötigte Wärme gewinnen. Die Larven werden innerhalb von 1-2 Tagen soweit getrocknet, dass sie lager- und transportfähig sind. Hierdurch wird die Nahrungsmittelsicherheit erhöht, denn die schnell verderblichen Lebensmittelreste können so recycelt und haltbar gemacht werden.

Über eine eigens entwickelte Smartphone-App werden alle Produktionsschritte aufgezeichnet. So kann nachverfolgt werden, welche Reste verfüttert wurden und wieviel Larven produziert wurden. Die aufgezeichneten Daten ermöglichen eine Optimierung der Prozesseffizienz und garantieren die Futtermittelsicherheit. Abbildung 11 zeigt die Startseite der Smartphone-App.

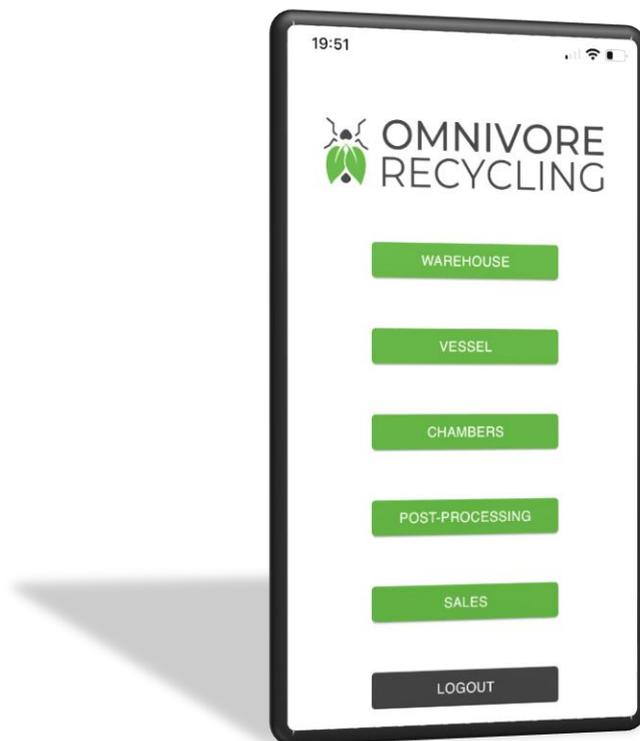


Abbildung 11: Startseite der Omnivore-Web-App zur einfachen Prozessdokumentation

Der Pilotbetrieb des low-cost Omnivore-Containers erfolgt in Embu, Kenia. Es konnte eine Partnerschaft mit einem deutsch-kenianischen Lebensmittelproduzenten eingegangen werden. Am Produktionsstandort in Embu werden Avocados und Mangos verarbeitet. Bei der Produktion des Avocado-Öls fallen 6 Monate im Jahr ca. 20 Tonnen Pressreste an. Weitere 6 Monate fallen ca. 10 Tonnen Mangoreste an. Das Partnerunternehmen betreibt eine Kompostanlage zur ökologischen Verwertung organischer Rückstände. Aufgrund des hohen Wassergehalts der Avocado-Reste können diese jedoch nicht kompostiert werden und stellen ein erhebliches Umweltproblem dar. Das organische Material verursacht durch den Zersetzungsprozess erhebliche Methan-Emissionen. Durch die Nutzung von Insektenlarven zur Verwertung von Lebensmittelresten kann eine signifikante Reduktion von Treibhausgasemissionen erreicht werden. Die Lebenszyklusanalyse für den Anwendungsfall in Kenia ergab, dass der Einsatz des Omnivore-Containers jährlich bis zu einer Million Kilogramm CO₂-Äquivalente einsparen kann. Zudem reduziert das System den Flächenverbrauch um etwa 60.000 Quadratmeter und spart rund 30 Millionen Liter Wasser pro Jahr ein. Für die Berechnung der Einsparungen wurde der Vergleich mit der üblichen Form der Entsorgung (Deponierung), sowie dem Import von Futter-Soja und Kunstdünger herangezogen.



Abbildung 12: Team von Omnivore Recycling bei der Montage des Solarofens zur Trocknung der Larven

Der Container wurde bei Omnivore Recycling in Aachen gefertigt und per LKW und Schiff nach Mombasa verschifft (Abbildung 13). Im Juli 2024 erfolgt die Inbetriebnahme mit Schulung der lokalen Mitarbeiter in Embu. Die produzierten Larven sollen dann kostengünstig an Kleinbäuerinnen und -bauern verkauft werden. Der Larvenkot ersetzt Kunstdünger auf den Avocado- und Mangofeldern.



Abbildung 13: Low-cost Omnivore Container von innen (links) und Abtransport zum Hafen nach Rotterdam (rechts)

Projektergebnisse

Omnivore Container für die Landwirtschaft

Die Landwirtschaft zeigt großes Interesse an der Larvenmast. Hühner und Schweine profitieren von den Larven. Zum einen, weil das tierische Protein die Nährstoffversorgung verbessert – Legehennen legen dadurch mehr Eier, sodass Landwirte auch wirtschaftlich profitieren. Zum anderen werden Hühner und Schweine unterhalten durch das Suchen und Picken von lebenden Larven. Hier konnten Untersuchungen zeigen, dass Schwanzbeißen und Federpicken verhindert werden können.

Die Zufütterung mit lebenden Larven erfolgt bei Legehennen zu 10-20% der Gesamtration. Da ein typischer Betrieb 20.000 Legehennen hält, ist der Omnivore-Container perfekt für diese Größe geeignet. Landwirte können so selber kostengünstiges Futter für ihre Hennen produzieren. Die direkte Fütterung der lebenden Larven spart aufwändige Verarbeitungsschritte und verbessert damit die Wirtschaftlichkeit. Alternativ können Landwirte die Larven im Auftrag mästen. Omnivore Recycling kauft die Larven dann zurück und vertreibt diese (z.B. Fischfutterhersteller/ Heimtierfutter).

Omnivore-Container für die Entsorgungswirtschaft

Lebensmittelreste, die bislang nicht in der Tierfütterung Verwendung finden, werden von Entsorgungsbetrieben wie bspw. ReFood bei den Produzenten abgeholt. Gegebenenfalls folgt ein maschinelles Entpacken. Anschließend werden die Reste als Substrat an Biogasanlagen geliefert. Hier kann mithilfe des Omnivore-Containers eine Kaskadennutzung erzielt werden. Das Substrat kann in Zukunft zunächst an die Larven verfüttert werden. Der anfallende Larvenkot kann im zweiten Schritt zur Biogaserzeugung verwendet werden. Neben dieser Synergie kann der Omnivore-Container die Abwärme aus der Verstromung nutzen.

Da Fleisch- und Speisereste in Biogasanlagen verstromt werden dürfen, nach aktueller EU-Gesetzgebung jedoch nicht an die Larven verfüttert werden dürfen, sind die Substrate aktuell nicht für diese Kaskadennutzung einsetzbar. Die Technologie entfaltet ihr volles Potential also erst nach einer Anpassung der EU-gesetzgebung.

Omnivore-Container für die Lebensmittelindustrie

Die Lebensmittelindustrie erzeugt große Mengen von Lebensmittelresten mit konstanter Qualität. Im Verlauf des Projekts wurde mit vielen Produzenten gesprochen. Das Potential der schwarzen Soldatenfliege ist gegeben. Jedoch weisen die anfallenden Nebenströme in den meisten Fällen ein zu einseitiges Nährstoffprofil auf. Zudem fallen bei großen Betrieben täglich 10-50 Tonnen an. Die Produktionsstätten bieten häufig nicht den Platz für eine direkte Verwertung durch Insektenlarven. Die Betriebe haben zusätzlich kein Interesse an einer steigenden Komplexität. Priorität hat eine zuverlässige und problemlose Entsorgung.

Um den Anforderungen gerecht zu werden, beabsichtigt Omnivore Recycling zukünftig in Partnerschaft mit den Lebensmittelproduzenten an einem nahegelegenen Standort Verwertungsanlagen aufzustellen. So könnten die Reste zu nahegelegenen landwirtschaftlichen Betrieben mit Omnivore-Container geliefert werden.

Omnivore-Container in afrikanischen Ländern

Die Biotechnologie der Schwarzen Soldatenfliege hat riesiges Potential in Entwicklungsländern. Sie stellt die wertschöpfendste und ökologischste Entsorgung von organischem Material dar. Sie reduziert Emissionen und ermöglicht eine lokale Wertschöpfung. Abhängigkeiten von Dünger- und Futtermittelimporten werden reduziert. Die dafür notwendigen Lebensmittelreste fallen in der Landwirtschaft und Verarbeitung an.

Der entwickelte low-cost Omnivore-Container ermöglicht eine professionelle Mast bei geringen Investitionskosten. Für eine bessere Wirtschaftlichkeit empfiehlt sich hier jedoch ebenfalls eine Skalierung der Anlagengröße. Eine modulare Anlage basierend auf Schiffscontainern ist sinnvoll, jedoch sollte die Fertigung aus Kostengründen vor Ort erfolgen.

CO2-Zertifikate können eine anteilige Projektfinanzierung ermöglichen. Die Lebensmittelindustrie könnte über ein Insetting ihren ökologischen Fußabdruck reduzieren. Dafür beabsichtigt Omnivore Recycling in die Vermarktung der Zertifikate.

Öffentlichkeitsarbeit/Vorträge

Für eine bessere Außendarstellung wurde der Markenname OMNIVORE RECYCLING gewählt, da sich der Name besser von Wettbewerbern unterscheidet. Weiterhin wurden Teamfotos erstellt (Abbildung 14).



Abbildung 14: Gründungsteam bestehend aus Leonard Classen, Jerome Sandjon und Marius Wenning (v.r.)

Zur gesellschaftlichen Validierung des neuen Entsorgungskonzepts erfolgt die Unternehmensvorstellung auf diversen Veranstaltungen und Messen. Zudem wird über Akzeleratoren der Kontakt zu Investoren gesucht. Abbildung 15 zeigt beispielhaft Bilder von den Veranstaltungen. Nachfolgend ein Überblick:

- Teilnahme am Incubation Programm der RWTH Aachen
- Teilnahme am Catalyst Programm des Global Entrepreneurship Centre
- Teilnahme an der Mission Food mit LIDL, Kaufland, Nestle, etc.
- Kooperation mit Siemens für Technik und Bereich Food & Beverage
- Vorträge bei Automation meets IT, World Economic Forum und diversen Startup-Events
- Aussteller bei Hannover Messe, Woche der Umwelt, GreenTec Festival und kleineren Netzwerkveranstaltungen



Abbildung 15: Collage von öffentlichen Auftritten bei Messen, Präsentationen und Akzeleratoren



Abbildung 16: Besuch von NRW-Umweltminister Oliver Krischer bei der Hannover Messe (links) und Besuch der Pilotanlage von der Aachener Oberbürgermeisterin Sybille Keupen (rechts)

Omnivore Recycling sieht zudem den Bedarf einer Vernetzung mit Behörden und Politik. Um das Nachhaltigkeitspotential der Insektenlarven ausschöpfen zu können, muss die Gesetzgebung aktualisiert und neue Konzepte mit den Behörden erarbeitet werden – bspw. Dokumentations- und Reinigungskonzepte mit Veterinärämtern. Abbildung 16 zeigt den Austausch mit NRW-Umweltminister Oliver Krischer und den Besuch der Aachener Oberbürgermeisterin Sybille Keupen.

Omnivore Recycling erfreut sich zunehmenden Interesses. Dies ist auch an der medialen Berichterstattung abzulesen. Beispiele hierfür sind der Beitrag in der Ausgabe der Plattform Life Sciences „Circular Bioeconomy“ 4/23, der Aachener Zeitung sowie dem Cleantech-Webportal „cleanthinking.de“.

Omnivore Recycling hat neben einer Website (www.omnivore-recycling.com) einen LinkedIn und Instagram-Kanal. Beide sollen den Bekanntheitsgrad des Unternehmens erhöhen. LinkedIn adressiert dabei vorwiegend potentielle Kunden und Investoren. Hier sollen Anwendungsfelder des Omnivore-Containers gezeigt werden. Dafür werden für die Verwertung interessante Nebenströme vorgestellt. Außerdem werden die Aufstellorte und die Vorteile der Fütterung mit Larven vorgestellt. Instagram ergänzt diese Reichweite. Zudem können hierüber Studierende für Abschlussarbeiten und studentische Hilfskräfte gewonnen werden. Beide Kanäle verbessern die Identifikation der Mitarbeiter mit dem Unternehmen. Zukünftig bietet eine große Reichweite das Potential einer Crowd-Funding-Kampagne.



Abbildung 17: Beispielbeitrag für Social Media zur Nachhaltigkeitsbewertung mit der Circonomit GmbH; auf dem Bild Marius Wenning und Dana Aleff (GF Circonomit)

Betreute Bachelor- und Masterarbeiten

Die Entwicklung der Produktionsmittel, Prozesse und der Software findet in Teilen in Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen statt. Hierzu wurden folgende Abschlussarbeiten betreut:

- Phillip Kreusch: Development of an Automated Recycling Machine for the Valorization of Organic Side Streams by Black Soldier Fly Larvae
- Rosalie von Behr: Entwicklung eines Produktionskonzepts für die dezentrale Verwertung von Lebensmittelresten in Entwicklungsländern
- Thomas Grandhuber: Entwicklung einer modularen Reproduktionsanlage der Schwarzen Soldatenfliege für eine nachhaltige Proteinversorgung
- Lorenz Hitkamp: Entwicklung einer automatisierten Reinigungsanlage für die Verwertung organischer Nebenströme durch die Larven der Schwarzen Soldatenfliege
- Leon Lipka: Entwicklung eines Datenmodells für das Nebenstromrecycling durch die Larven der Schwarzen Soldatenfliege
- Laurens Bibow: Konzeptionierung einer dezentralen Aufbereitungsanlage für verpackte Lebensmittelreste zur Verwertung durch die Schwarze Soldatenfliege
- Jialun Yan: Entwicklung eines Baukastens zur solaren Energieversorgung für Container-basierte Insektenfarmen
- Felix Oltmann: Wirtschaftlichkeitsanalyse einer Kleinserienmontage dezentraler Lebensmittel-Recyclinganlagen
- Carl Silas Knapp: Entwicklung einer automatisierten Fütterungsanlage für die Produktion von Insektenprotein
- Laura Kronz: Konzeptionierung eines dezentralen Produktionssystems der Soldatenfliegenlarve zur nachhaltigen Proteinproduktion
- Benjamin Oeding: Entwicklung einer dezentralen Mastanlage der Soldatenfliegenlarve zur nachhaltigen Proteinproduktion
- Joshua Peters: Development of a digital twin for organic waste stream recycling using black soldier fly larvae

Ausblick

Omnivore Recycling in Deutschland

Omnivore Recycling wird in diesem Jahr die Produktionskapazität der bestehenden Pilotanlage hochfahren und den Verwertungsservice weiteren Supermärkten und Bäckereien anbieten. Die überarbeitete Mastanlage wird bis Ende des Jahres fertiggestellt. Der Betrieb der Pilotanlage in Aachen soll bis Ende 2024 Cashflow-positiv werden. Zusammen mit einem mittelständischen Recyclingunternehmen soll das Konzept dann in weitere Städte gebracht werden. Über Partnerschaften mit Einzelhandelsketten sollen sowohl die Reste der Märkte verwertet werden, als auch die auf diese Weise nachhaltig produzierten Hühnereier vermarktet werden.

Großes Potential liegt in der tiergerechten und nachhaltigen Fütterung von Schweinen und Hühnern mit lebenden Larven. Omnivore Recycling verfolgt das Ziel die dezentralen Omnivore-Container bei Landwirten aufzustellen. In 2025 soll je ein Pilot bei einem Legehennenbetrieb und einem Schweinemastbetrieb in Betrieb gehen. Parallel dazu soll der Omnivore-Container vermarktet werden.

Neben dem Omnivore-Container soll in den nächsten zwei Jahren eine modulare Reproduktionsanlage entwickelt werden. Diese soll es mittelständischen Unternehmen und landwirtschaftlichen Betrieben ermöglichen Junglarven einfach und kostengünstig zu produzieren. Das Vorhaben wird vom Land NRW mit EFRE-Mitteln ab dem 01.06.2024 für zwei Jahre gefördert.

Omnivore Recycling in Entwicklungsländern

Im kommenden Jahr soll die Pilotanlage von einer Produktionskapazität von einer Tonne pro Tag auf ca. 20 Tonnen erweitert werden. Omnivore Recycling beabsichtigt als Technologiepartner für Lebensmittelproduzenten zu agieren. Dabei liegt das Investitionsrisiko und die Versorgung mit Lebensmittelresten bei dem lokal ansässigen Partnerunternehmen. Omnivore Recycling ermöglicht die globale Vermarktung des Insektenproteins und der CO₂-Zertifikate.

Zur Finanzierung der dezentralen Insektenfarmen in Entwicklungsländern sollen CO₂-Zertifikate an die Lebensmittelindustrie verkauft werden und ggfs. eine Crowd-Funding-Kampagne gestartet werden. Für beides soll Omnivore Recycling als Marke gestärkt werden. Über Social Media soll das Potential der Technologie zur Emissionseinsparung und zur Schonung der Biodiversität kommuniziert werden. Weiterhin soll der soziale Impact und der Einfluss auf die Nahrungsmittelsicherheit in afrikanischen Ländern hervorgehoben werden.



Abbildung 18: Team von Omnivore Recycling im Mai 2024