



The Future of sustainable Feed

Diese Abschlussarbeit wurde auf Papier aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen gedruckt.



Herstellung und Automatisierung eines Kultivierungssystems für die Schwarze Soldatenfliegenlarve

Johanna Hardt
2161178

Industrial Design Engineering
Periode 2018/2019

während des Bachelorpraktikums bei:

Green TechLab
Tegelseweg 255
5912 BG Venlo
Niederlande

Begleitender Dozent

Jean-Paul Favié

Unternehmensbetreuer

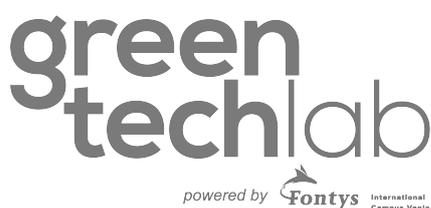
Marcel Roosen

Examinator

Eric Steffann

Extern

Katrien Sluis



Vorwort

Die Inhalte meiner Abschlussarbeit im Studiengang *Industrial Design Engineering* an der Fontys University of Applied Sciences in Venlo, Niederlande, sind im Rahmen eines Bachelorpraktikums bei dem Unternehmen GreenTechLab entstanden.

Ich möchte mich bei allen bedanken, die mir bei dieser Arbeit geholfen haben:

Marcel Roosen, dem Kunden, der mir dieses Projekt zur Verfügung gestellt hat, für sein Vertrauen in meine Arbeit

Jean-Paul Favié, meinem begleitenden Dozent im Studium, für Inspirationen, Kommentare und Ideen

Karel Goumans, Ted Augustus, Daniel Rateike, Gert-Jan van der Wijst, Jelle Adema, Loet Graus, und dem ganzen Green TechLab Team, für die Symbiose aus themenbezogenen Diskussionen, Brainstorming-Sitzungen, Argumentationen und dem Spaß an der Arbeit

Simon Hermus, Leiter des Unternehmens Hermo Plastic, für die gute informative Unterstützung im Bereich des Thermoformens

Arjan Borgsluis, Dozent der HAS Den Bosch im Bereich Biologie, Tier und Umwelt

Joep Janssen, Leiter des Unternehmens Limex Cleaning Solutions, als Partner und informativer Interviewpartner

Den Mitarbeitern von **Inagro** in Belgien, dem Wissenspartner der Agrar- und Gartenbaubetriebe in den Bereichen Innovation und Nachhaltigkeit

Insektenzüchter **Marc van de Ven**, für die Beantwortung von Fragen in Bezug auf die effizienteste Art der Vermehrung und Kultivierung von Insekten und den Mitarbeitern von **KU Leuven**.

Ein besonderer Dank geht an meine Eltern **Annemarie und Chlodwig Hardt**, meiner Schwester **Dorothea Hardt**, **Niklas Brauckmann** und meiner Tante **Dr. Bernhardine Schmitz-Stapper**, die mich immer in jeder erdenklichen Weise unterstützt haben, nicht nur während dieses Projekts, sondern während der gesamten Studienzeit. Danke!

Johanna Hardt, Januar 2019

Zusammenfassung

Dieses Dokument ist der Endbericht des Bachelorpraktikums bei dem Unternehmen GreenTechLab. Ein Einblick in das Unternehmen und gleichzeitig in den Entwicklungsprozess des zugeteilten Projekts wird in dieser Arbeit gegeben. Das Thema des Projekts ist die Herstellung und Automatisierung eines Kultivierungssystems für die Schwarze Soldatenfliegenlarve. Es handelt von der Entwicklung und Automatisierung einer Kultivierungsbox, welche für die Aufzucht der Schwarzen Soldatenfliege vorgesehen ist.

Zur anfänglichen Orientierung waren Recherchearbeiten über den bestehenden Markt und die Zielgruppe erforderlich. Des Weiteren wurden Betriebe aus dieser Branche besucht und mit entsprechenden Ansprechpartnern Interviews geführt. Ihre Ergebnisse wurden ausgewertet und gehen mit in die Entwicklung des Produkts ein.

Nachdem auf diesem Sektor eine gründliche Orientierung vorgenommen wurde, kann die Aufgabenstellung spezifiziert und somit die nächste Phase der Entwicklung eingeleitet werden. Skizzen wurden erstellt und darüber hinaus wurden die aufkommenden Fragen wissenschaftlich beantwortet. Welches Konzept erfüllt die Anforderungen und beinhaltet die gewünschten Funktionen? Wie können mögliche Teilprobleme gelöst werden? Für welches Herstellungsverfahren entscheidet man sich? Welche Materialien entsprechen den Anforderungen? Diese Fragen werden im fortlaufenden Prozess beschrieben und beantwortet.

Mit Hilfe effektiver Methoden wurde das Grundkonzept im Detail ausgearbeitet. Um das Zusammenspiel der Komponenten zu testen, wurden 3D - Modelle im CAD-Programm Solidworks erstellt . Zum Schluss wurden Prototypen hergestellt, um den Feinschliff der Konstruktion vorzunehmen und die Funktionen und Auswirkungen auf das Endprodukt zu beurteilen.

Summary

This document is the final report of the bachelor internship at Green TechLab. It gives an insight into the company and at the same time into the development process of the assigned project. The topic of the project is the production and automation of a cultivation system for the black soldier fly larvae.

For the initial orientation, research work on the existing market and the target group was necessary. Furthermore, companies from this sector were visited and interviews were conducted to get an insight into the today's market situation. The results of these interviews were evaluated and are included in the development of the project.

After orientation in the segment and dealing with these topics, the task was specified and the next phase of the development was initiated. Sketches were created. In addition, the arising questions were answered scientifically. Which concept meets the requirements and contains the desired functions? How can possible partial problems be solved? Which manufacturing process is chosen? Which materials meet the given requirements? These questions are described and answered in the ongoing process.

Furthermore, the basic concept was defined and elaborated in detail after effective decision making methods contributed to it. In order to test the interaction of the components, 3D models were created in the Solidworks CAD program. Finally, prototypes were produced to fine-tune the design and assess the functions and impact of the final product.

Inhaltsverzeichnis

Informationen	III
Vorwort	V
Zusammenfassung	VI
Zusammenfassung Englisch	VII
Eidesstattliche Erklärung	IX
Inhaltsverzeichnis	X
Glossar.....	XIII

Orientierungsphase

01. Einleitung	1
1.1 Einleitung.....	3
02. Kontextbeschreibung	5
2.1 Das Unternehmen	7
2.2 Kooperationspartner.....	8
2.3 Kultivierungsbox by GreenTechLab	10
2.4 Entomospeed.....	11
2.5 Interreg.....	11
2.6 Problemstellung.....	12
2.7 Zielstellung.....	13
2.8 Zentrale Frage.....	14
2.9 Projektplan.....	19
03. Voruntersuchung.....	17
3.1 Die Schwarze Soldatenfliege	18
3.2 Der Lebenszyklus der Schwarzen Soldatenfliege.....	20
3.3 Die Ansprüche der Larve.....	21
3.4 Spezifikation der Larvenstadien.....	22
3.5 Produkte der Schwarzen Soldatenfliege.....	23
3.6 Die Eiweißlücke. Insekten als Futter- und Lebensmittel.....	24
3.6.1 Insektenmehl als Alternative zu Sojamehl.....	26
3.6.2 Insektenmehl als Alternative zu Fischmehl.....	28
3.6.3 Aquakulturen in Norwegen.....	30
3.7 Zielgruppe.....	32
3.8 Marktanalyse von Kisten.....	34
3.8.1 Marktposition von Kisten.....	35
3.9 Marktanalyse der Temperaturmessung.....	36
3.9.1 Marktposition der Temperaturmessung.....	38
3.10 Größe der Box.....	39
3.11 Anforderungskatalog.....	40
3.12 Reinigung der Kultivierungsbox.....	42
3.13 Ergonomie: Analyse der körperlichen Belastungen beim Anheben der Box	44
3.14 Materialwahl	46
3.15 Herstellungsverfahren.....	48
3.15.1 Spritzgießverfahren.....	48

3.15.2 Rotationsgussverfahren.....	49
3.15.3 Thermoformen.....	50
3.15.4 Auswahl des passenden Verfahren.....	51
3.16 Automatisierung der Insektenzucht.....	52
3.17 Fazit der Voruntersuchungen.....	54

Konzeptphase

04. Hauptuntersuchung.....	57
4.1 Hauptuntersuchung.....	58
4.2 Konzeptentwicklung der Kultivierungsbox.....	61
4.2.1 Teillösungen der Kultivierungsbox.....	64
4.3 Konzeptentwicklung der Temperaturmessung.....	66
4.3.1 Teillösungen der Temperaturmessung.....	70
4.4 Konzeptentwicklung der Eierbrutstätte.....	72
4.4.1 Teillösungen der Eierbrutstätte.....	76
4.5 Lösungen der Konzeptentwicklung.....	78
4.6 Weiterentwicklungen und endgültiges Konzept.....	80
4.7 Fazit der Konzeptentwicklung.....	81

Ergebnisse

05. Ergebnisse.....	83
5.1 Anforderungen an die Box.....	84
5.2 Herstellung der Box durch Thermoformen.....	94
5.3 Heizzeit des Halbzeug.....	98
5.4 Anbringung der Löcher.....	99
5.5 Vorrichtung für Etiketten.....	99
5.6 Anwendungsbeispiele.....	100
5.7 Anforderungen an die Temperaturmessung.....	102
5.8 Herstellung der Temperaturmessung mit 3D-Druck.....	105
5.9 Herstellung der Eierbrutstätte durch Spritzgießen.....	106
5.10 Prototyping.....	108
5.11 Nutzerszenario.....	110
06. Abschlussanalyse.....	113
6.1 Evaluation zum Prozess.....	114
6.2 Evaluation zum Produkt.....	115
6.3 Empfehlungen.....	116

Quellenverzeichnis

Separates Dokument

Abbildungsverzeichnis

Glossar

GTL

GreenTechLab

BSF

Black Soldier Fly- Schwarze Soldatenfliege

HTSM

Hightech Systemen en Materialen

HP

Hermo Plastic

KU

Katholieke Universiteit in Leuven

ENTOMOSPEED

Projekt zur Beschleunigung des großflächigen Anbaus von Insekten.

INTERREG VLAANDEREN-NEDERLAND

Programm für grenzüberschreitende Zusammenarbeit mit finanzieller Unterstützung des europäischen Fonds für regionale Entwicklung.

BRD

Bundesrepublik Deutschland

PCB

Printed Circuit Board, ist ein Träger für elektronische Bauteile. Diese Leiterplatte dient der elektrischen und mechanischen Verbindung

FAO

Food and Agriculture Organisation of United Nation

U.S.W.

Und so weiter

BSP.

Beispiel

EMERGENZ

Herauskommen, emporsteigen. Hier: Das Herauskommen der Fliege aus der Puppe

SCHLEMPE

Rückstände einer Gärflüssigkeit von Kohlenhydraten, die nach dem Abdestillieren des Alkohols zurückbleiben.

SCHRECKMARKEN

Entstehen beim Thermoformen bei beispielsweise zu niedriger Werkzeugtemperatur

ArbSchG

Arbeitsschutzgesetz

LasthandhabV

Lastenhandhabungsverordnung

LMM

Leitmerkalmethode

TRANZLUZENT

Durchscheinend, Licht durchlassend, aber nicht transparent

OPAK

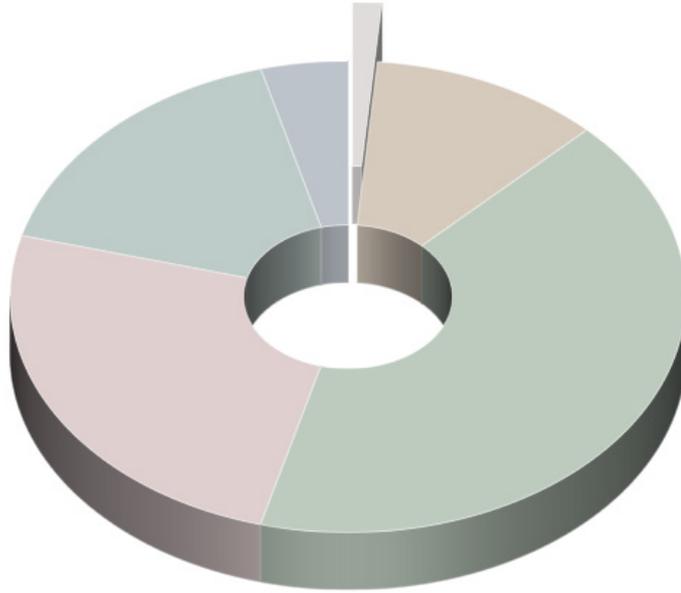
Lichtundurchlässig, undurchsichtig

URFORMEN

Aus einem formlosen Körper wird ein fester Körper hergestellt.

RVS

Rostfreier Stahl



01 Einleitung

1.1 Einleitung

Die Bevölkerung auf der Erde nimmt stetig zu. Die Vereinten Nationen erwarten bis 2050 einen Bevölkerungsanstieg auf 9 Milliarden Menschen. Nahrungsmittel müssen in enormen Mengen produziert werden und besonders Proteine werden in Zukunft einen immer größeren Stellenwert bekommen. In Folge dessen werden große Herausforderungen auf die Menschen zukommen. Alternative Proteine könnten in Zukunft unter anderem durch Insektenmehl aus der Larve der Schwarzen Soldatenfliege gewonnen werden. Sie liefert wichtige Nährstoffe, die besonders in der Viehzucht zum Einsatz kommen könnten.

Aus diesem Grund besteht der Auftrag darin, ein Kultivierungssystem für die Schwarze Soldatenfliegenlarve herzustellen und zu automatisieren. Im Rahmen der Abschlussarbeit wird dieses Thema im Wissenszentrum GreenTechLab erarbeitet. Diese Abschlussarbeit ist Bestandteil des Studiengangs *Industrial Design Engineering* an der Fontys University of Applied Sciences.

Die Ausarbeitung der Abschlussarbeit lässt sich in folgende Abschnitte unterteilen:

Kapitel 1

Im ersten Kapitel wird das Thema beschrieben und die Inhalte der weiteren Kapitel erläutert.

Kapitel 2

Das zweite Kapitel umreißt den Kontext und die Aufgabenstellung wird genauer analysiert. Das Unternehmen wird vorgestellt und das Ziel der Abschlussarbeit wird definiert

Kapitel 3

Das Kapitel drei, die Voruntersuchung, um-

fasst die genauere Definition der Zielsetzung im Hinblick auf die Marktanalyse. Die Rechercheergebnisse beziehen sich in diesem Kapitel auf die Wünsche der Zielgruppe und die Anforderungen der Insektenindustrie. Studien werden ausgewertet, Probleme analysiert und der vorhandene Markt beobachtet.

Kapitel 4

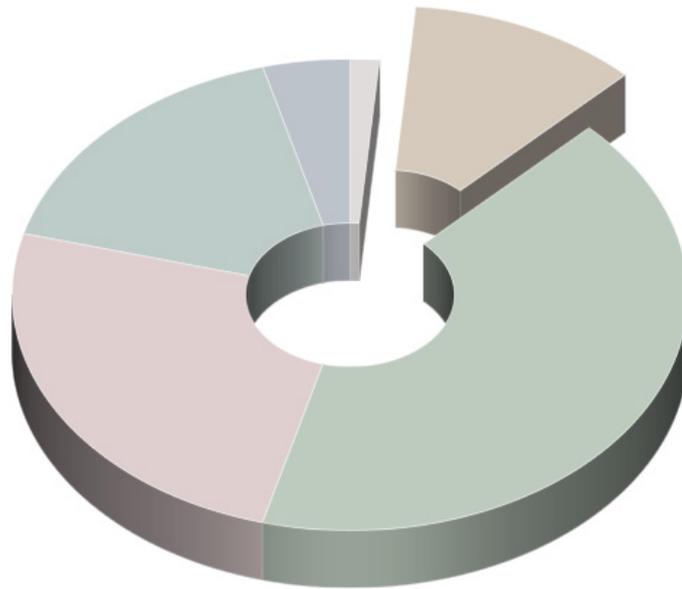
Im Kapitel vier folgt die Hauptuntersuchung. Nachdem die Zielgruppe und die Marktsituation analysiert wurden, beginnt die Konzeptphase. Konzepte werden visuell umgesetzt und bewertet. Die Konzepte verschaffen einen Überblick, in welche Richtung die Entwicklung geht. Sie werden anhand verschiedener Methoden bewertet und verhelfen zur Entscheidungsfindung. Das Endkonzept, der Grundaufbau und die technische Umsetzung entstehen.

Kapitel 5

Im fünften Kapitel werden die erarbeiteten Ergebnisse zusammengefügt und das Endkonzept visualisiert. Darüber hinaus werden Kalkulations- und Fertigungsmaßnahmen beschrieben und die Entwicklung der Prototypen dokumentiert.

Kapitel 6

Das sechste Kapitel beinhaltet die Abschlussanalyse. Das Produkt und dessen Prozess werden evaluiert, um abschließend eine Empfehlung auszusprechen.



02

Kontextbeschreibung

- 2.1 Unternehmen
- 2.2 Kooperationspartner
- 2.3 Die Kultivierungsbox des GreenTechLab
- 2.4 Entomospeed
- 2.5 Interreg
- 2.6 Problemstellung
- 2.7 Zielsetzung
- 2.8 Zentrale Frage
- 2.9 Projektplan



2.1 Das Unternehmen

Das Unternehmen GreenTechLab (GTL) ist ein Wissenszentrum für den Agrar- und Lebensmittelbereich und wurde im Jahr 2014 gegründet. Das GTL beantwortet technische Fragen durch Forschung, Prozessanalysen, Prototypenbau und weitere Entwicklungen und ist Teil des Kompetenzzentrums HTSM und der Fontys University of Applied Sciences.

Das multidisziplinäre Team besteht aus 5 Forschern mit unterschiedlichem Wissenshintergrund und den Schwerpunkten der Mechatronik, des Maschinenbaus, der Verfahrenstechnik und des industriellen Produktdesigns.

GTL beschäftigt aktuell des Weiteren 8-12 Studenten, die gleichzeitig an Projekten des GTL und eigenen Entwicklungsaufgaben arbeiten.

Das GTL zeichnet sich durch die große Anzahl an Kooperationen mit anderen Wirtschaftsunternehmen, als auch durch die Zusammenarbeit mit Universitäten wie der Katholieke Universiteit (KU) in Leuven, der University & Research in Wageningen (WUR) und der HAS (Hogeschool of Applied Sciences) in Hertogenbosch aus.



green
techlab

powered by  Fontys International
Campus Venlo

2.2 Kooperationspartner



Abb.: 2.2.1 Logo Limex, 2018

Limex Cleaning Solution, mit Sitz in Panningen (NL) ist ein Unternehmen, welches Waschmaschinen für Kunststoffbehälter entwickelt, herstellt und in die ganze Welt exportiert.

Durch den Besuch bei Limex Cleaning Solution und ein sehr aufschlussreiches Gespräch mit Joep Jansen, wurden wichtige Fragen hinsichtlich der Reinigung von Kunststoffboxen geklärt. Eine schlecht gestaltete Box beeinflusst den Arbeitsaufwand enorm. Ein Beispiel ist das Anbringen von Löchern. So entstehen keine Probleme beim Wasserabfluss.

Abb.: 2.2.1.1 Google Maps Limex, 2018



Abb.: 2.2.2 Logo Hermo Plastic, 2018

Hermo Plastics ist eine Firma in Oostrum (NL), die sich auf das Tiefziehen von Kunststoffen spezialisiert. Bei der Herstellung eines Produkts mit diesem Verfahren wird anhand einer 3D- Datei ein Prototyp hergestellt. Im nächsten Schritt werden die Materialien unter Berücksichtigung der Produktanforderungen ausgewählt. Danach wird der Prototyp getestet, um sicherzustellen, dass er den Anforderungen entspricht. Die weiteren Schritte sind Produktion, Montage und Veredelung.

In dem Gespräch mit Simon Hermus, dem Chef von Hermo Plastic, wurden die Möglichkeiten bei der Herstellung im Thermoformverfahren geklärt. Ferner wurde besprochen welche Besonderheiten bei der Herstellung zu beachten sind und wo die Grenzen dieses Produktionsverfahrens sind.

Abb.: 2.2.1.2 Google Maps Hermo Plastic, 2018





Abb.: 2.2.3 Logo HAS, 2018

Die HAS University of Applied Sciences ist Partner vom GreenTechLab Venlo und vom Entomospeed Projekt.

Die Hochschule verfügt über ein Insektenlabor, in dem die Schwarze Soldatenfliegenlarve näher untersucht wird. Das **Insectlab** ist ein Versuchsgarten, in dem Wissen, Expertise und Netzwerke rund um die Zucht und die Verarbeitung von Insekten gebündelt und für Anwendungen in der Lebensmittel-, Futtermittel- und Pharmaindustrie entwickelt werden. Wissen, Expertise und Netzwerke werden Unternehmern in Form von Bildung, Ausbildung und angewandter Forschung zur Verfügung gestellt. Das **Insectlab** trägt damit zur weiteren Entwicklung und Professionalisierung des Sektors bei.

Abb.: 2.2.1.3 Google Maps HAS, 2018



ONDERZOEK & ADVIES IN LAND- & TUINBOUW

Abb.: 2.2.4 Logo Inagro, 2018

Inagro ist ein Wissenspartner der Agrar- und Gartenbaubetriebe in den Bereichen Innovation und Nachhaltigkeit. Im Rahmen der professionellen Forschungsstruktur entwickeln die wissenschaftlichen und technischen Teams von Inagro praxistaugliche Anbautechniken.

Durch den Besuch bei Inagro konnten viele Fragen bezüglich der Aufzucht der Schwarzen Soldatenfliege geklärt werden. So wurde ein Einblick in sämtliche Phasen des Lebenszyklus, vom Ei bis zur ausgewachsenen Fliege, gegeben.

Abb.: 2.2.1.4 Google Maps Inagro, 2018



2.3 Die Kultivierungsbox des GreenTechLab

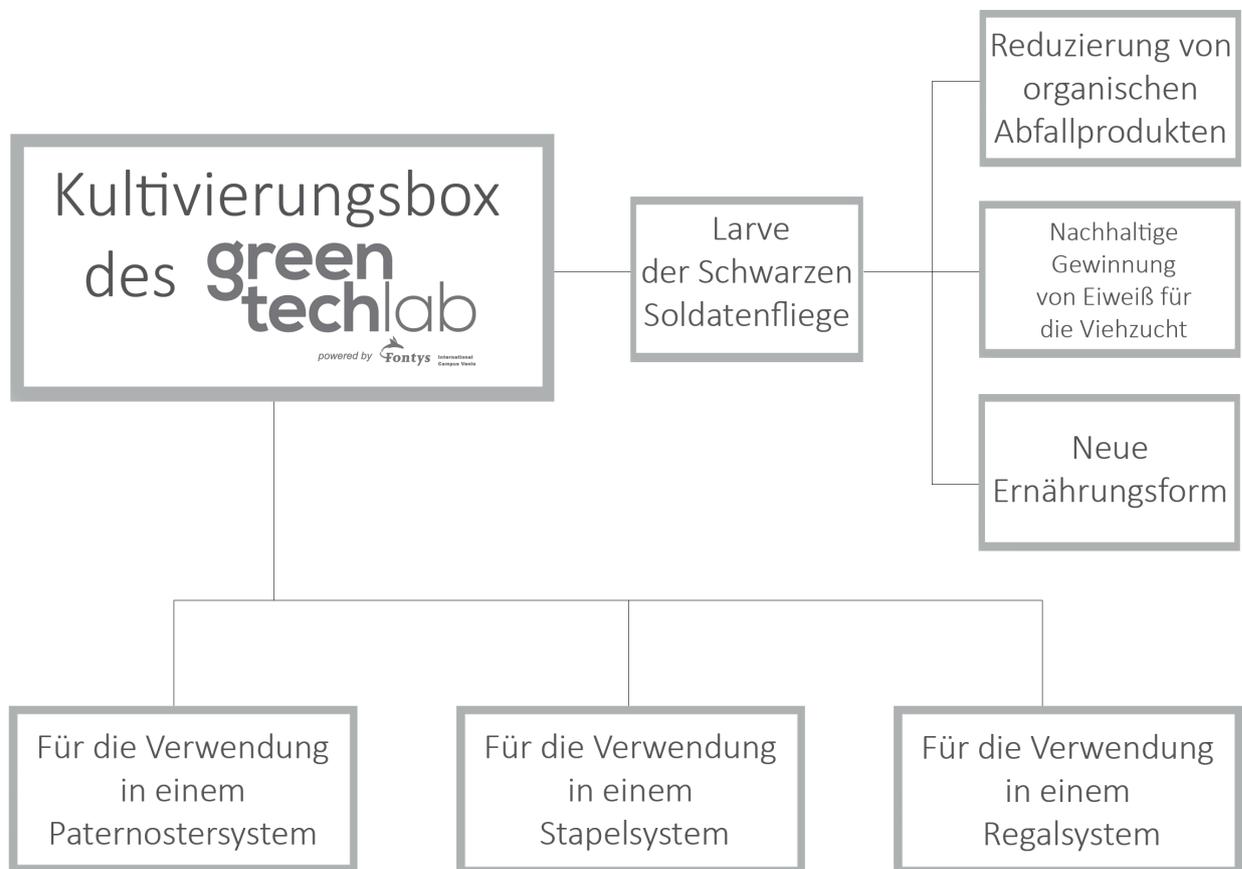


Abb.: 2.3.1 Kultivierungsbox des GTL, 2018

Das GreenTechLab und Interreg Vlaanderen-Niederland haben eine Partnerschaft für die Arbeit am Entomospeed-Projekt geschlossen; es handelt sich um ein öffentlich gefördertes Forschungsprojekt.

Die Schwarze Soldatenfliegenlarve hat eine Menge Potenzial im Hinblick auf das Recyceln von organischen Abfällen, als neue Tierfutterquelle und als Nahrungsergänzung für den Menschen. Für die Anzucht der Larven gibt es aktuell keine speziellen standardisierten Boxen auf dem Markt. Verwendet

werden aktuell Kunststoffboxen in diversen Ausführungen.

Das GreenTechLab möchte eine spezialisierte Kultivierungsbox entwickeln, welche die Automatisierung im Bereich der Insektenzucht voran bringt. Die Kultivierungsbox soll in einem automatisierten Paternostersystem, als auch in einem stapelbaren- und Regalsystem Verwendung finden.

2.4 Entomospeed



Abb.: 2.4 Logo Entomospeed, 2018

Entomospeed ist ein Projekt im Hinblick auf die Beschleunigung der Großproduktion von Insekten. Die Larven der Schwarzen Soldatenfliege und Mehlwürmer sind eine viel versprechende Quelle von Proteinen bei der tierischen und menschlichen Ernährung. Allerdings sind noch viele Fragen bezüglich Effizienz, Automatisierung und Kultivierung der Insekten offen. Bei dem Projekt von Entomospeed wird das notwendige Wissen generiert und an interessierte Unternehmen weitergegeben. Des Weiteren wird untersucht, ob Gemüseabfälle als Futtermittel für die Produktion beider Insektenarten geeignet sind. Auch wird kontrolliert, ob die zur Ernährung der Insekten vorgesehene Abfälle geeignet sind und die notwendigen Nährwerte enthalten.

2.5 Interreg



Abb.: 2.5 Logo Interreg, 2018

Das Interreg Programm Vlaanderen Nederland, einem Programm für grenzüberschreitende Zusammenarbeit, mit finanzieller Unterstützung des europäischen Fonds für regionale Entwicklung, fördert das Entomospeed Projekt.

Interreg, welches auch als „Europäische Territoriale Zusammenarbeit“ bezeichnet wird, ist ein Teil der Struktur-, und Investitionspolitik der Europäischen Union. Grenzüberschreitende Kooperationen zwischen Regionen und Städten werden damit seit mehr als 20 Jahren unterstützt. Zum Beispiel beim Thema Umweltschutz, dem Arbeitsmarkt und in der Verkehrsplanung.



2.6 Problemstellung

Die Weltbevölkerung nimmt stetig zu, jedoch sind die Ressourcen zur Nahrungsmittelherstellung stark limitiert. Prognosen zufolge verdoppelt sich der globale Bedarf an Nahrungsmitteln bis 2050. Die Menschen brauchen mehr Nahrung, die Viehzucht mehr Futter. Aktuell werden 65 % Soja in Deutschland importiert und hauptsächlich als Futtermittel in der Viehzucht eingesetzt. In den folgenden Jahren wird die Nachfrage nach weiteren alternativen Proteinen steigen. Auf Grund der steigenden Nachfrage, wäre es wichtig, neue Proteinquellen zu erschließen. Abhilfe könnte die Larve der Schwarzen Soldatenfliege schaffen, da sie einen hohen Gehalt an Nährstoffen besitzt und wichtige Mineralien und Proteine im eigenen Körper einlagert. Im Moment ist das Züchten der Schwarzen Soldatenfliegenlarven wegen der vielen Handarbeit ziemlich arbeitsintensiv und die Verfütterung dieser in Deutschland noch stark eingeschränkt. Allerdings ist die

Züchtung der Larve auf dem Vormarsch und die Grundsteine zur Fütterung für Tiere wurden bereits gelegt.

Darüber hinaus gibt es keine ideale Lösung für optimale Aufzuchtbedingungen innerhalb eines Systems. Das Fontys GreenTech-Lab arbeitet aktuell an der Automatisierung dieses Wachstums- und Produktionsprozesses. Ein Paternostersystem, in dem die Larve der BSF aufgezogen werden soll, wird entwickelt, wobei durch den systematischen Ortswechsel der Kultivierungsbox in einem Klimaraum optimale klimatische Bedingungen gesichert werden. In diesem Paternostersystem werden die Boxen horizontal und herausnehmbar angeordnet. Zunächst wird eine Stückzahl von 50 Boxen angestrebt, damit die Aufzucht der Insektenlarven getestet werden kann. Bei erfolgreicher Aufzucht, werden die Stückzahlen von 1000 auf 5000 bis 10.000 Boxen und mehr aufgestockt.

Anforderungen der Larve



Sojaimporte, Überfischung der Meere



Proteinlücke



Enormer Arbeitsaufwand



Schlechte Arbeitsbedingungen



Großer Zeitaufwand



2.7 Zielsetzung

Das Thema der Abschlussarbeit ist der nächste Schritt im Projekt von Entomospeed. Innerhalb der fünf-monatigen Praktikumszeit, wird eine vollständig ausgearbeitete Kultivierungsbox mit integrierter Temperaturmessung entworfen. Dies wird im Zusammenhang mit der Untersuchung der besonderen Eigenschaften der schwarzen Soldatenfliege ausgearbeitet.

Die Aufzucht der Larven muss bei einer konstanten Temperatur von 27°C erfolgen. Damit der Zeitpunkt der Fütterung überprüft werden kann, muss eine Temperaturmessung integriert werden. Dieses wird realisiert mittels einer Leiterplatte (PCB), ausgestattet mit Temperatursensor, drahtloser Datenkommunikation, einem Mikroprozessor und integrierter Energieversorgung.

Da die wachsende Nachfrage je nach Kundenwunsch variiert, besteht die Möglichkeit

Kultivierungsboxen auch in verschiedenen Größen anzubieten. Des Weiteren sollte sie wenig Ecken und Kanten aufweisen, damit die Reinigung gewährleistet ist. Außerdem sollte die Produktion der Kultivierungsboxen kostengünstig und simpel sein. Für all die vorangegangenen Punkte gilt es durch Forschung und Recherche Lösungen zu finden. Recherchen, Marktanalysen & Patentrecherchen, Preiskalkulationen und Herstellungsverfahren sind darüber hinaus auch wichtige Bestandteile dieser Produktentwicklung.

Die Ausarbeitung der Kultivierungsbox umfasst technische Zeichnungen, CAD-Konzepte, Produktionsmethoden und einen Prototypen, sodass weitgehend die Voraussetzungen für die Planung einer Produktion gegeben sind.

Tropisches Klima

Insektenmehl als Alternative zu Soja- und Fischmehl

Larve der BSF als neue Proteinquelle

Arbeitsprozesse erleichtern und verkürzen

Automatisierung

Funktionalität

Abb.: 2.7 Problem- und Zielstellung, 2018

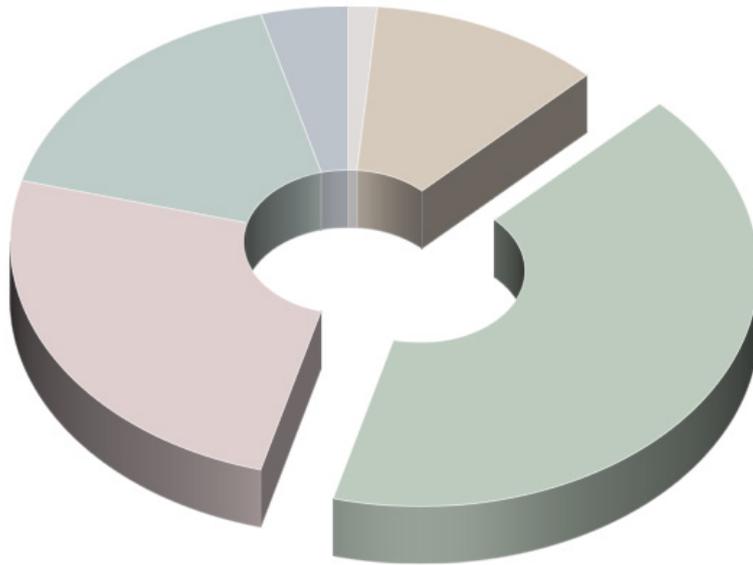
2.8 Zentrale Frage

"Wie ist es möglich, ein Kultivierungssystem zu entwickeln, welches nicht nur den Anforderungen der Larve der Schwarzen Soldatenfliege gerecht wird, sondern auch Arbeitsprozesse verkürzt und erleichtert, eine Temperaturmessung beinhaltet und über eine Minibrutstation verfügt?"





Abb.: 2.9.1 Projektplan, 2018



03

Voruntersuchung

- 3.1 Die Schwarze Soldatenfliege
- 3.2 Der Lebenszyklus der Schwarzen Soldatenfliege
- 3.3 Die Ansprüche der Larve
- 3.4 Spezialisierung der Larvenstadien
- 3.5 Produkte aus der Larve der BSF
- 3.6 Die Eiweißlücke. Insekten als Futter- und Lebensmittel
 - 3.6.1 Insektenmehl als Alternative zu Sojamehl
 - 3.6.2 Insektenmehl als Alternative zu Fischmehl
 - 3.6.3 Aquakulturen in Norwegen
- 3.7 Zielgruppe
- 3.8 Marktanalyse der Kultivierungsbox
 - 3.8.1 Marktposition der Kultivierungsbox
- 3.9 Marktanalyse der Temperaturmessung
 - 3.9.1 Marktposition der Temperaturmessung
- 3.10 Größe der Box
- 3.11 Anforderungskatalog
- 3.12 Reinigung der Kultivierungsbox
- 3.13 Ergonomie: Analyse der körperlichen Belastungen
- 3.14 Materialwahl
- 3.15 Herstellungsverfahren
 - 3.15.1 Spritzgießverfahren
 - 3.15.2 Rotationsgussverfahren
 - 3.15.3 Thermoformen
 - 3.15.4 Auswahl des passenden Verfahrens
- 3.16 Automatisierung der Insektenzucht
- 3.17 Fazit der Voruntersuchungen

3.1 Die Schwarze Soldatenfliege

Die Schwarze Soldatenfliege, auch als *Hermetia Illucens* bekannt, gehört zur Klasse der Insekten. Die Männchen sind um einiges kleiner als die Weibchen und weisen eine Größe von 14 Millimetern auf. Ein ausgewachsenes Weibchen wird bis zu 17 Millimeter groß. Die Welt berichtet in einem Artikel vom 11.01.2012

„Bis zum Jahr 2050 werden laut Prognosen 9 Milliarden Menschen auf der Erde leben.“

Um die Menschen weiterhin nachhaltig zu ernähren, benötigen wir zusätzlich rund 50% mehr Nahrung, als wir heute produzieren. Eine vielversprechende Möglichkeit, hochwertiges Eiweiß nachhaltig zu gewinnen, sind Insekten. Unsere Chancen liegen in der zukunftsorientierten Verwendung der Larve der Schwarzen Soldatenfliege zur

- Reduzierung von organischen Müllbergen
- Produktion von Tierfutter mit der nachhaltigen Gewinnung von Eiweiß
- Entwicklung einer neuen Ernährungsform und gleichzeitiges Stillen des Hungers auf der Erde

Durch den Abbau von Essenabfällen werden Unmengen an Treibhausgasen freigesetzt. Ob abgelaufenes Brot, altes Obst oder andere organische Produkte, die Schwarze Soldatenfliegenlarve frisst täglich das doppelte ihres eigenen Körpergewichts und stellt so aus dem organischen Müll hochwertige Biomasse her. Die Ausscheidungen der Larve können darüber hinaus als Düngemittel eingesetzt werden. Die gezüchteten Larven können als gesundes, protein- und fettreiches Futter unter anderem in der Tiermast eingesetzt werden.

Die Larven der Schwarzen Soldatenfliege sind anspruchslos in der Aufzucht und sie sind bemerkenswerte effiziente Verwerter. So entsteht aus lediglich zwei Kilogramm Futter, ein Kilogramm Insektenmasse. Darüber hinaus ist der geringe Platzbedarf für die Produktion ein zusätzlicher Vorteil. Der Vorteil von Insekten gegenüber anderen tierischen Proteinen, wird in der Abbildung auf der rechten Seite deutlich.



Abb.: 3.1.1 Die Schwarze Soldatenfliege, 2018



- 10 x weniger Futter verglichen mit der Herstellung derselben Menge an Rindfleisch



- 100 x weniger Treibhausgas als bei der Rindfleischproduktion



- 100 x weniger Zeitaufwand verglichen mit der Herstellung derselben Menge Rindfleisch



- 200 x weniger Fläche im Vergleich zur traditionellen Viehzucht



- 2500 x weniger Wasser verglichen mit der Herstellung entsprechender Qualität und Quantität von Rindfleisch



- 2 x mehr Proteinausbeute im Vergleich zu Rindfleisch



Abb.: 3.1.2 Vorzüge der BSF, 2018

3.2 Der Lebenszyklus der Schwarzen Soldatenfliege

Der Lebenszyklus der Schwarzen Soldatenfliege ist ein interessanter und umfangreicher Prozess, der innerhalb von 2-4 Wochen stattfindet. Die Fliegenweibchen legen ihre Eier in der Nähe von Futterquellen ab, wo dann die Maden schlüpfen. Sie weisen eine Größe von 1-1,5 mm auf und beginnen sofort zu fressen. Nach ca. zwei Wochen haben sie eine Größe von 2 cm erreicht. Nachdem sie stark gewachsen sind, suchen sie sich einen trockenen, geschützten Platz aus für die

Verpuppung. Binnen weniger Tage schlüpft die Fliege aus der Puppe. Die erwachsene Fliege nimmt keine Nahrung mehr auf. Sie sucht sich lediglich einen Partner zur Fortpflanzung. Nach der Paarung legt das Weibchen einige hundert Eier ab und stirbt bald, ebenso das Männchen. In der unteren aufgeführten Grafik wird der Lebenszyklus der Schwarzen Soldatenfliege deutlich.

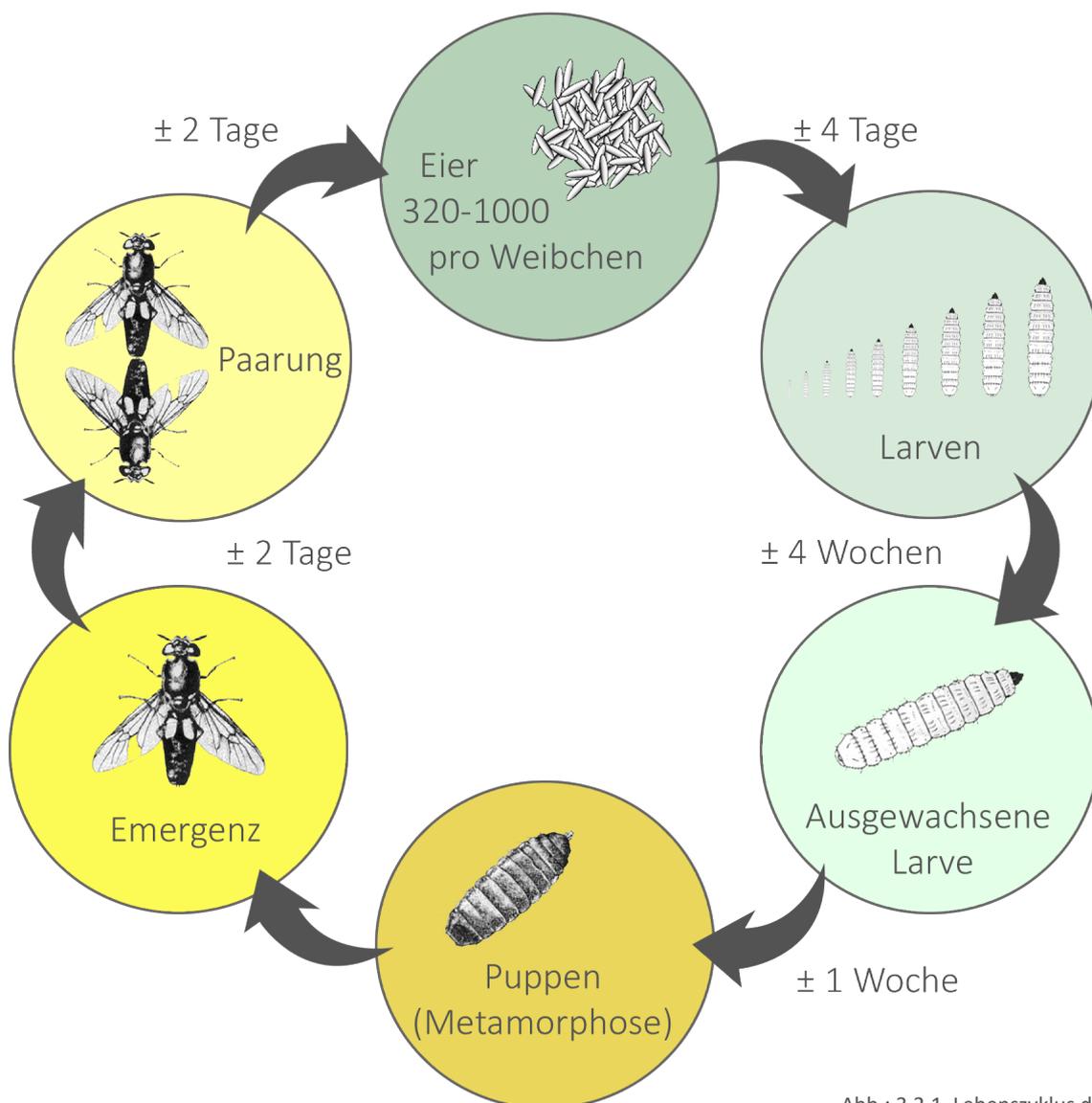


Abb.: 3.2.1 Lebenszyklus der BSF, 2018

3.3 Die Ansprüche der Larve

Damit die Larven unter guten Bedingungen heranwachsen und sich bestmöglich entwickeln können, ist es wichtig einige Dinge zu beachten:

Schichtdicke des Futters in der Box

So ist es beispielsweise von hoher Bedeutung, dass die Schichtdicke des Substrates eine Höhe von 10 Zentimetern nicht überschreitet. Bei der Substrat-Verstoffwechselung wird viel Wärme erzeugt. Wäre der Substrathaufen zu groß, könnte die Wärme nicht abgeführt werden. Sobald die Temperatur die 40°C Grenze überschreitet, leiden die Maden unter Hitzestress und versuchen das Substrat zu verlassen.

Umgebungstemperatur

Die Umgebungstemperatur sollte zwischen 27°C und 30°C liegen. Die Larven überleben auch bei niedrigeren Temperaturen, allerdings verzögert sich die Entwicklung enorm. Das ist nur in einem klimatisierten Raum möglich.

Futterbedarf

Die Fütterung der Schwarzen Soldatenfliege findet zum aktuellen Zeitpunkt in mehreren Varianten statt. Damit das schnelle Wachstum begünstigt wird, muss genug Futter vorhanden sein. Um einen Überblick zu bekommen, wie gefüttert werden soll, werden einige Fütterungsbeispiele aufgeführt:

- **Aufzucht der Minilarven mit hochwertigem Getreideschrot:**

In den ersten Lebenstagen der Minilarve, ist es wichtig, dass sie schnell energiereiches Futter aufnehmen kann. Hier wird hauptsächlich klein gemahlener Getreideschrot verwendet. Dieser sollte einen Flüssigkeitsanteil von ungefähr 70% aufweisen.

- **Gemisch aus Bioethanolschlempe und Getreideschrot:**

Die Getreideschlempe aus der Bioethanolproduktion kennt man beispielsweise von der Milchviehfütterung. Auch Insektenzüchter berichten davon, dieses Eiweißfutter bei der Larvenaufzucht zu verwenden.

- **Fütterung durch organische Abfälle:**

In der Abfallverwertung muss ein Umdenken stattfinden, auf Grund dessen setzen einige Insektenzüchter und Forscher auf die Larve der Soldatenfliege als Verwerter von organischen Abfällen. Damit die Larven die Nahrung leichter aufnehmen können, wird diese geschreddert und zu einem Brei verarbeitet. Die Fütterung von organischen Abfällen ist bis zum aktuellen Zeitpunkt aus regulatorischen Gründen in Deutschland noch nicht zulässig, also müssen weitere Forschungen durchgeführt werden, um Risiken auszuschließen bzw. auf ein Minimum zu reduzieren. Dann steht auch in Deutschland der Einführung der BSF nichts mehr im Wege.

Substrat der Larve

Die Larve fühlt sich in einer warmen, feuchten und dunklen Umgebung am wohlsten. Sie begibt sich nur dann zur Oberfläche, wenn der Sauerstoff knapp wird. Zu wenig Sauerstoff und zu viel Licht setzt die Larven unter Stress.

3.4 Spezifikation der Larvenstadien

Abbildung 3.4.1 zeigt, für welche Larvenstadien das Kultivierungssystem verwendet wird.

Um das Schlüpfen der Eier voranzubringen, wird die Kultivierungsbox mit einer Eierbrutstätte versehen. Wichtig für das Ausbrüten des Eier ist Wärme und Luftfeuchtigkeit, allerdings dürfen sie nicht mit Wasser in Berührung kommen, da sie sonst Schaden nehmen und zerstört werden.

Das nächste Stadium ist das Aufwachsen bis zur erntereifen Larve. Die Dauer des Zyklus kann je nach Futterwahl stark schwanken. Bei einer ausgewogenen Ernährung wächst die Larve innerhalb von zwei Wochen zur erntereifen Larve heran.

In den ersten 4-5 Tagen wird energiereiches, sehr fettreiches, feuchtes Futter verfüttert, damit die Mini-Larven möglichst schnell wachsen. Für die perfekte Aufzucht der Larve und die Erleichterung bei der Weiterverarbeitung, sollte das Futter im Zyklus der Larve von anfangs sehr nass zu recht trockenem Futter zum Ende des Larvenstadiums reichen. Kurz bevor die Larven geerntet werden, wird kein neues Futter mehr beigefügt. Der Vorteil: die Larven können besser vom Substrat getrennt werden, da es zum Schluss einen recht niedrigen Feuchtigkeitsanteil aufweist.

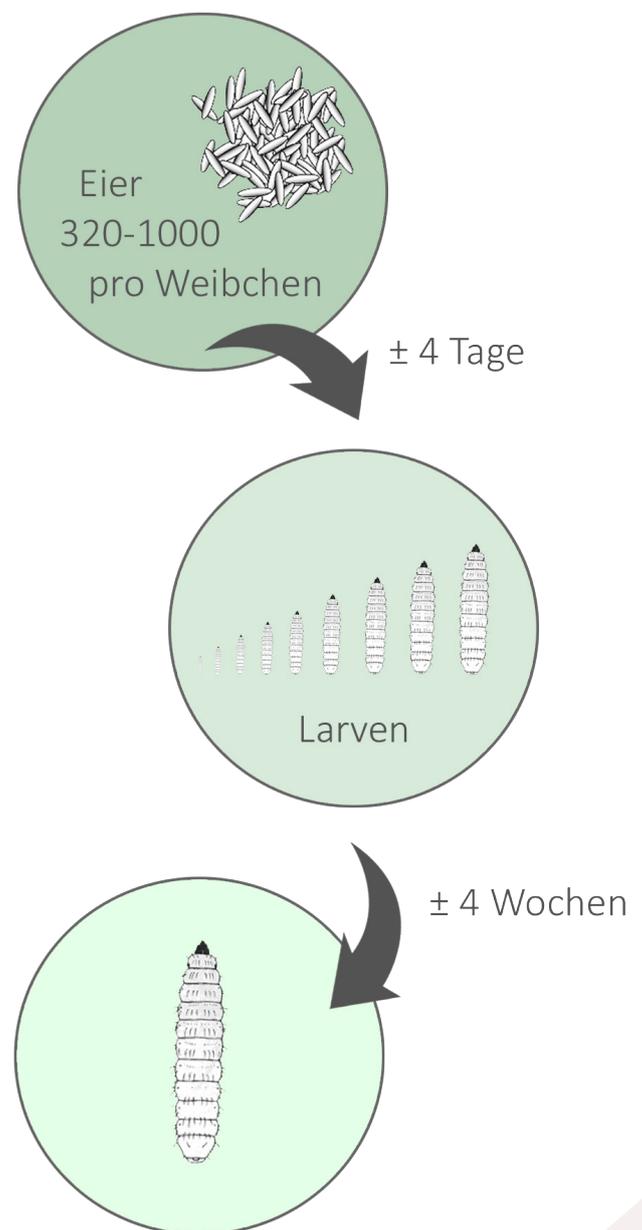


Abb.: 3.4.1 Spezialisierte Larvenstadien, 2018

3.5 Produkte aus der Larve der BSF



Abb.: 3.5.1 BSF-Öl Logo, 2018

BSF-Öl

Bei der Entfettung von getrockneten BSF-Larven entsteht BSF-Öl. Die Zusammensetzung gleicht dem von Palmöl und kann als nachhaltiger Palmöl-Ersatz beispielsweise in der Kosmetikindustrie und in Seifen Verwendung finden.



Abb.: 3.5.2 BSF-Protein Logo, 2018

BSF-Protein

Das BSF-Protein enthält keine antinutritiven Eigenschaften, diese Inhaltsstoffe wären für Mensch und Tier schwach bis stark giftig. Des Weiteren besitzt dieses BSF-Protein ein besonders niedriges allergenes Potenzial und kann so als neue Proteinquelle für Haustiere mit Portein-Unverträglichkeit eingesetzt werden. Darüber hinaus ist es ein hochwertiger Eiweißlieferant für Fische.



Abb.: 3.5.3 BSF-Dünger Logo, 2018

BSF-Dünger

Für den Acker- und Gartenbau stellen die Rückstände bei der Aufzucht der Larven, Ausscheidungen der Larven und Futterreste, einen ausgezeichneten Dünger dar. Der BSF-Dünger ist eine nachhaltige produzierte Nährstoffquelle für eine Vielzahl von Pflanzen.

3.6 Die Eiweißlücke. Insekten als Futter- und Lebensmittel

"Essbare Insekten sind reich an hochwertigem Protein. Rein ernährungsphysiologisch betrachtet sind Insekten durchaus eine Alternative zu Fleisch."

Bundeszentrum für Ernährung

Da laut Prognosen die Weltbevölkerung in den nächsten 30 Jahren auf 9 Milliarden Menschen ansteigt, werden auf die Menschen bezüglich der Ernährung große Herausforderungen zukommen.

In Deutschland und Europa ist die Selbstversorgung in Bezug auf Eiweiß unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ökonomisch und praktisch kaum machbar. Des Weiteren erfordert die weltweite Nachfragekonkurrenz für Futtereweiß ein neues und langfristiges Konzept.

Mit der Verwendung einer neuen Proteinquelle, dem Insektenmehl, könnte man die Überfischung der Meere und die Sojaimporte enorm reduzieren. Damit weitere Proteinquellen geschaffen werden können, muss das Fütterungsverbot in der Europäischen Union von tierischen Proteinen aufgehoben werden.

In Europa werden Gliederfüßer wie beispielsweise Hummer, Krebse, Shrimps und Garnelen als teure Delikatessen gehandelt. Der Gedanke an das Verspeisen von Insekten in Europa ist eher wenig verbreitet und meist mit Ekelgefühlen verbunden. Seit einiger Zeit rückt der Gedanke, den Insektenverzehr auch in westlichen Industrienationen aus der Exotennische zu holen zunehmend in den Fokus der Politik und Forschung.

Weltweit sind über 1.900 essbare Insektenarten bekannt, hauptsächlich in den Regionen Asien und Mittelamerika wie Abbildung 3.6.3 zeigt. Je dunkler die Länderfärbung ist, desto mehr Insektenspezies kommen in diesen Regionen vor.

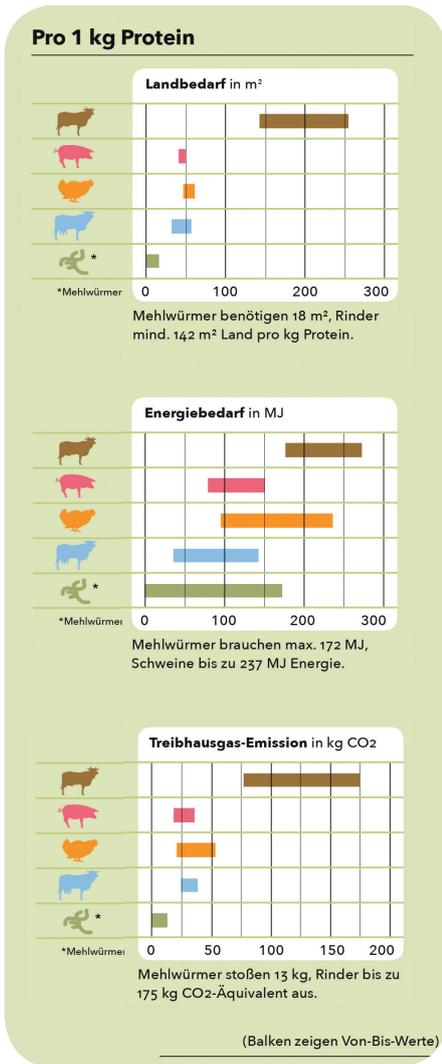


Abb.: 3.6.1 Proteine, 2018

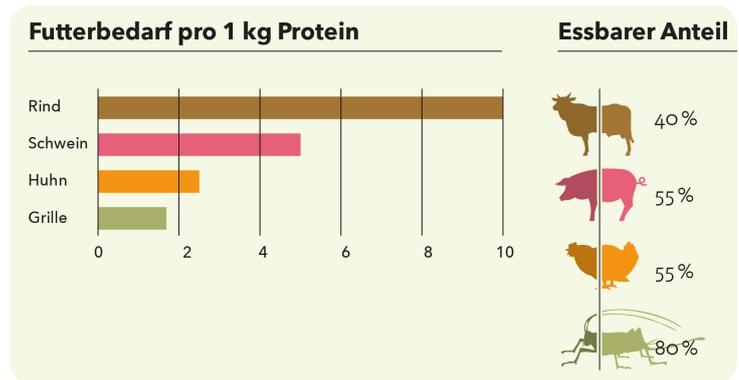


Abb.: 3.6.2 Futterbedarf, 2018

In der Abbildung 3.6.1 wird deutlich, wie viel Land- & Energiebedarf und Treibhausgasemissionen pro 1 Kilogramm Protein bei den unterschiedlichen Tieren verbraucht bzw. erzeugt wird. Hier wird sehr schnell deutlich, dass Insekten in Bezug auf alle Bereiche sehr gut abschneiden. Abbildung 3.6.2 zeigt, dass der Futterbedarf pro 1 Kilogramm Protein vor allem bei Insekten beachtlich ist. So liefern Grillen beispielsweise 80 % essbaren Anteil. Bei der schwarzen Soldatenfliegenlarve sind es sogar 100 %

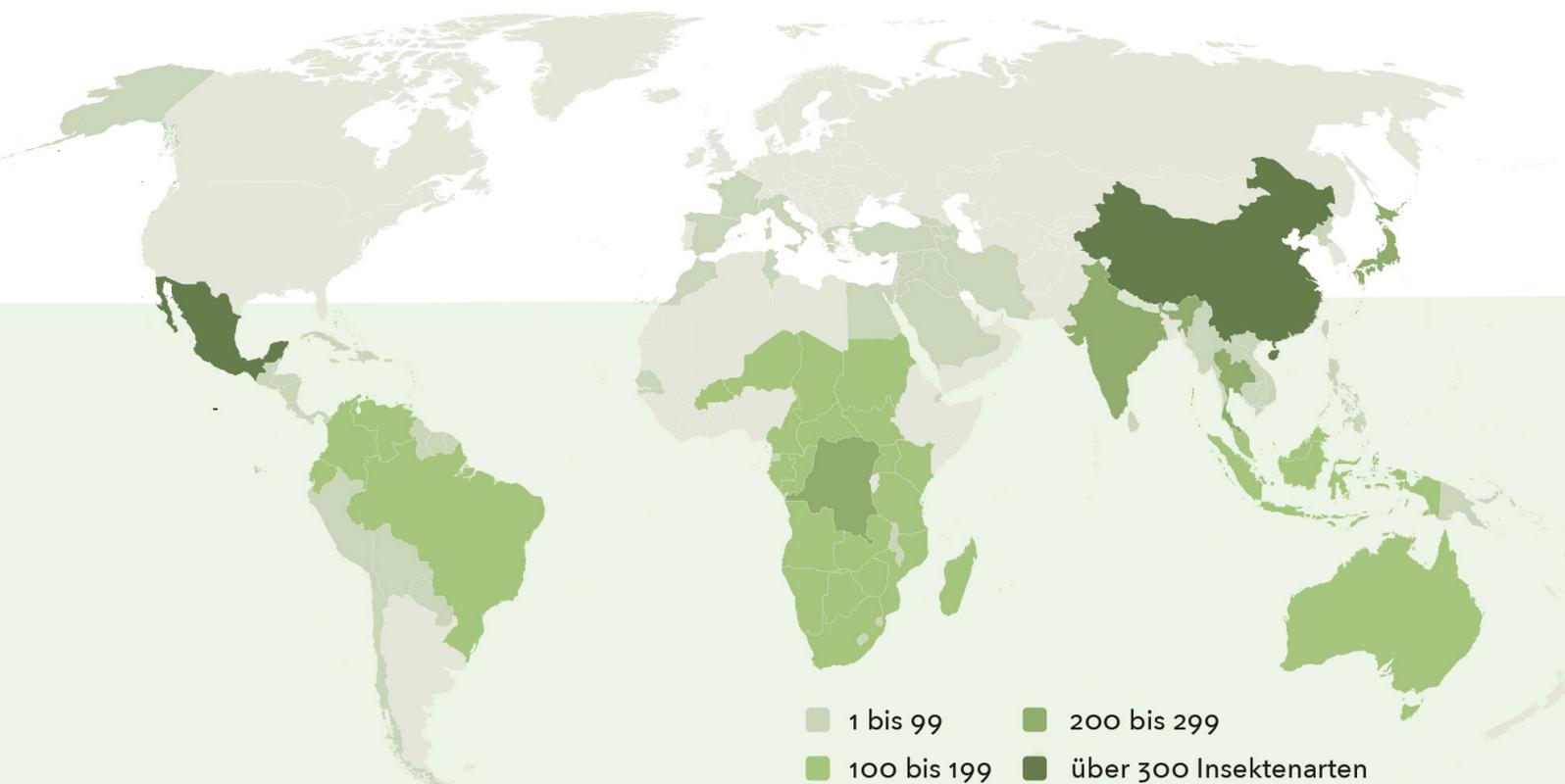


Abb.: 3.6.3 Weltweiter Insektenkonsum, 2018

3.6.1 Insektenmehl als Alternative zu Sojamehl

„Im Zuge der Ausweitung des Sojaanbaus in Südamerika geraten Ökoregionen, die zu den bemerkenswertesten biologisch vielfältigsten Lebensräumen unseres Planeten zählen, zunehmend unter Druck.“

Quelle: www.wwf.de

Durch den steigenden Anbau von Soja in Südamerika werden oftmals wichtige Lebensräume für Mensch und Tier zerstört. 80 Prozent der Sojabohne wird zu Schrot verarbeitet und als Futtermittel verwendet. Inzwischen beträgt allein in Südamerika die Soja-Anbaufläche 110 Millionen Hektar (wie Abbildung 3.6.1.3 verdeutlicht). Wertvolle Wälder und seltene Savannen wie den brasilianischen Cerrado, die artenreichste Savanne der Welt, werden durch die Ausweitung des Sojaanbaus gefährdet. Deutlich wird, wie dringend notwendig eine nachhaltige, weltweite Landwirtschaft ist.



Abb.: 3.6.1.1 Sojapflanze, 2018

"Weil die Hülsenfrucht Soja eine große Bedeutung für die menschliche Ernährung hat, entsteht eine Konkurrenz um die Ackerflächen für den Anbau von Futter- bzw. Nahrungsmitteln"

bioökonomie.de

Auch die immer größer werdende Konkurrenz um das Sojamehl zeigt, dass über Alternativen nachgedacht werden muss.



Abb.: 3.6.1.2 Insektenmehl, 2018

Landschaften, die durch die Ausweitung des Sojaanbaus gefährdet sind



Ökoregionen in Südamerika, die durch den Sojaanbau belastet werden

Im Zuge der Ausweitung des Sojaanbaus in Südamerika geraten Ökoregionen, die zu den bemerkenswertesten und biologisch vielfältigsten Lebensräumen unseres Planeten zählen, zunehmend unter Druck.

Abb.: 3.6.1.3 Gefährdete Landschaften, 2018

3.6.2 Insektenmehl als Alternative zu Fischmehl

Zum aktuellen Zeitpunkt leben 7 Milliarden Menschen auf 30% der Erde. Alle sind abhängig von den anderen 70%, dem Meer. Das Meer ist die größte Nahrungsquelle der Welt.

Die Überfischung der Meere ist für den Planeten eine große Gefahr, denn Wissenschaftler warnen vor dem Kollaps aller gefischten Arten in weniger als 50 Jahren zu verlieren. Die Fischbestände sind in den vergangenen 60 Jahren um 90% gesunken. Die Hälfte der Fische landen nämlich nicht auf den Tellern, sondern aus ihnen wird Fischmehl hergestellt, welches dann an die Fische verfüttert wird.

Wie viel Fisch braucht der Fisch?

Fisch ist erschwinglich, gesund, weitverbreitet und liefert hochwertiges Eiweiß. Außer Frage steht, dass in Zukunft noch mehr Fisch verbraucht wird. Die Statistik in Abbildung 3.6.2.2 zeigt, dass die Menge der konsumierten Fische weltweit von 2009 bis 2018 um mehr als 33 Millionen Tonnen gestiegen ist.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei dieser Prognose ausschließlich der menschliche Konsum berücksichtigt wurde. Für das Jahr 2018 prognostizierte die Organisation für Lebensmittel und Landwirtschaft der Vereinten Nationen FAO, einen weltweiten Fischverzehr von rund 157,6 Millionen Tonnen. Pro Kopf werden im Jahr durchschnittlich 17kg Fisch verzehrt.

In Aquakulturen wird das Ziel verfolgt, mit wenig Futter möglichst viel Fisch zu züchten. Heutzutage setzt man 1kg Wildfisch ein, um 1kg Zuchtfisch zu produzieren. Ein Lachs ist nach ungefähr 30 Monaten ausgewachsen und erreicht ein Gewicht von 3-5 kg. Genver-

änderter Lachs braucht nur 16 – 18 Monate.

Die Zucht in einer Aquakultur ist im Gegensatz zu anderen Lebensmittelbranchen in den vergangenen Jahren am meisten gestiegen. Abbildung 3.6.2.1 stellt eine Übersicht der durchschnittlichen Produktionssteigerung pro Jahr von 1970 bis 2008 dar. In dieser Zeitperiode ist die Züchtung von Fisch in Aquakulturen um 8,4% angestiegen.

Durchschnittliche Produktionssteigerung pro Jahr (1970 bis 2008)	
Pflanzliche Nahrungsmittel	
Getreide	2,1 %
Hülsenfrüchte	1,1 %
Wurzel- und Knollengewächse	0,9 %
Gemüse und Melonen	3,4 %
Tierische Produkte	
Rind- und Büffelfleisch	1,3 %
Eier	3,2 %
Milch	1,5 %
Geflügel	5,0 %
Schafs- und Ziegenfleisch	1,8 %
Fisch aus Aquakultur	8,4 %

Abb.: 3.6.2.1 Produktionssteigerung Lebensmittel, 2018



Abb.: 3.6.2.2 Statistik Fischkonsum, 2018

"Wir haben nur eine Welt. Aber wenn wir so weiterleben, brauchen wir drei Welten."

Lutz Engelke, Chef der deutschen Kreativagentur Triad, bei der Planung zur Weltausstellung 2010



Abb.: 3.6.2.3 Wasseranteil der Erde, 2018

3.6.3 Aquakulturen in Norwegen

Um die in Freiheit lebenden Fische zu entlasten, werden 47 % unseres Bedarfs in Aquakulturen gezüchtet. Um einen Überblick zu bekommen, wie viel Fisch eine Aquakultur benötigt, wurde eine Lachszucht in Norwegen genauer betrachtet.

Die Ergebnisse, wie viel Fisch als Fischmehl benötigt wird, um eine Aquakultur zu versorgen, und wie groß eine Insektenfarm sein muss, um den Hunger der Fische in dieser Aquakultur zu stillen, ergaben folgendes:

Eine Lachszucht in Norwegen verfügt über sieben Netzgehege, die insgesamt 350 Millionen Lachse beinhalten. Um ein Netzgehege mit 50 Millionen Lachsen täglich zu versorgen, werden 3 Tonnen Futter benötigt. Das verfütterte Futter besteht aus einer Proteinquelle, einer Fettquelle, einer Vitamin- und Mineralienmischung, einer Stärkequelle und eventuell Additiva für Farbe und Gesundheit. Für das Fischfutter bedeutet das, dass der Anteil an Fischmehl ungefähr ein Fünftel beträgt.





Das Mehl der Larven der Schwarzen Soldatenfliege ist vergleichbar mit Fischmehl. Die Firma Hermetia aus Baruth (Deutschland) züchtet Insekten und produziert aktuell 350 Tonnen Insektenmasse pro Jahr. Mit diesem Ertrag könnte man 1,4 Netzgehege ein Jahr lang versorgen. Das entspricht ungefähr 70 Millionen Lachsen. Andere Firmen produzieren im einem Jahr 1.600 Tonnen Insektenmasse. Geplant sind weitere Unternehmen in Den Bosch mit einem erwarteten Ertrag von 32.000 Tonnen Insektenmasse pro Jahr.

Als Futtermittel in der Viehzucht und in der Aquakultur wäre Insektenmehl eine alternative zu Soja- und Fischmehl. Die Nährstoffe des Insektenmehls der schwarzen Soldatenfliege ist sehr reich an Proteinen, Fetten, Mineralstoffen und Aminosäuren.

Vorteile des Insektenmehls für Sojaimporte und für die Überfischung der Meere

- Weniger Soja Importe
- Insekten brauchen weniger Futter
- Insekten brauchen weniger Fläche
- Weniger Treibhausgase werden generiert
- Eigene Proteinquelle für Tierfutter
- Unabhängigkeit von Sojaimport
- Keine weitere Zerstörung von Lebensräumen für Mensch und Tier
- Überfischung der Meere reduzieren
- Der natürliche Lebensraum der Fische regeneriert

3.7 Zielgruppe

Mit der Kultivierungsbox werden Landwirte, Insektenfood Start-Up's, Entsorgungsfirmen von organischen Abfällen und vor allem Insektenzüchter und Menschen aus Forschungsinstituten angesprochen, welche sich um zukünftige Proteinquellen kümmern. Sie sind im Alter von 20 - 65 Jahren und interessieren sich für die innovative und auto-

matisierte Agrarwirtschaft. Zum aktuellen Zeitpunkt werden Insektenlarven mit hohem Zeitaufwand gezüchtet. Das Ziel ist es, das Kultivierungssystem zur Anzucht von Larven weiterzuentwickeln, mit der Perspektive auf Möglichkeiten der Arbeitserleichterung und Automatisierung.





3.8 Marktanalyse von Kisten

Die Marktanalyse der aktuell verwendeten Kisten für die Insektenaufzucht, schafft einen guten Überblick der verwendeten Materialien, Größen, Abmessungen, Gewicht und Preise. Da das Züchten von Insekten noch in den Startlöchern steht, gibt es aktuell keine

Konkurrenz. Verwendet werden einfache Kunststoffkisten, die normalerweise in der Industrie zur Kleinteile-Ablage eingesetzt werden. Auch Gastronombehälter aus Edelstahl werden verwendet.

Firma: Bartscher
Material: Edelstahl
Fassungsvermögen: 14 Liter
Gewicht: ca. 1,4 kg
Größe: 530 x 325 x 65 mm
Herstellungsverfahren: Tiefziehen
Farbe: Silber
Preis: 21,45 €



Abb.: 3.8.1 Bartscher Kiste, 2018

Firma: Bartscher
Material: Edelstahl
Fassungsvermögen: 28 Liter
Gewicht: 3,1 kg
Größe: 530 x 650 x 65 mm
Herstellungsverfahren: Tiefziehen
Farbe: Silber
Preis: 28,09 €



Abb.: 3.8.2 Bartscher Kiste, 2018

Firma: Engels
Material: Kunststoff PP
Fassungsvermögen: 20 Liter
Gewicht: 1,75 kg
Größe: 600x 400x 200
Herstellungsverfahren: Spritzgießverfahren
Farbe: Schwarz
Preis: 8,21 €



Abb.: 3.8.3 Engels Kiste, 2018

Firma: Engels
Material: Kunststoff PE-HD
Fassungsvermögen : 13 Liter
Gewicht: 0,97 kg
Größe: 600 x 400 x 70 mm
Herstellungsverfahren: Spritzgießverfahren
Farbe: Grau
Preis: 6,66 €



Abb.: 3.8.4 Engels Kiste, 2018

Firma: Schoeller Allibert
 Material: Kunststoff PP
 Fassungsvermögen: 28 Liter
 Gewicht: 2,71 kg
 Größe: 600 x 400 x 150 mm
 Herstellungsverfahren: Spritzgießverfahren
 Farbe: Grau
 Preis: 9,27 €



Abb.: 3.8.5 Schoeller Allibert Kiste, 2018

Firma: Schoeller Allibert
 Material: Kunststoff PP
 Fassungsvermögen: 18 Liter
 Gewicht: 2,07 kg
 Größe: 600 x 400 x 84 mm
 Herstellungsverfahren: Spritzgießverfahren
 Farbe: Grau
 Preis: 7,26 €



Abb.: 3.8.6 Schoeller Allibert Kiste, 2018

3.8.1 Marktposition von Kisten

Um die Wettbewerbspositionen der Kultivierungsboxen zu bestimmen, wurde eine Wahrnehmungsgrafik erstellt. Hierbei werden relative Qualität und relative Preise betrachtet.



Abb.: 3.8.6.1 Marktposition der Kisten, 2018

3.9 Marktanalyse der Temperaturmessung

PT 100

Hochgenaue Temperaturmessungen bzw. Überwachungen in allen Anwendungsbereichen, dafür wird dieser Platin-Fühler als Messwiderstand eingesetzt. Anwendung findet dieser Fühler hauptsächlich an Stromschienen, Maschinenteilen und Wicklungen.
Preis: 3- 7 €



Abb.: 3.9.1 PT 100, 2018

DEBO XH-W1209 T

Dieser Sensor kann dafür genutzt werden, um einen Verbraucher bei einer gewünschten definierbaren Temperatur zu schalten. Über eine LED-Anzeige besteht die Möglichkeit verschiedene Optionscodes zu programmieren.
Preis: 3,50 €

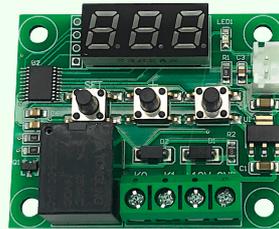


Abb.: 3.9.2 DEBO XH-W1209 T, 2018

Testo 835-T1

Das Infrarot-Temperatur-Messgerät verwendet eine Messtechnik mit einer 4-Punkt-Lasermarkierung. Dieses Messgerät findet den Einsatz hauptsächlich bei der Überwachung der Temperatur an Wänden oder bei der Fehlersuche an Heizungs- und Klimaanlageanlagen oder bei der Qualitätskontrolle von industriell gefertigten Produkten.
Preis: 198,92 €



Abb.: 3.9.3 Testo 835-T1, 2018

Bosch Wärmebildkamera GTC 400 C

Die Bilder der Wärmebildkamera werden Via Micro USB auf einen Computer übertragen. Bei der Speicherung der Bilder wird ein thermisches und ein visuelles Bild gespeichert. Die Temperatur wird in einer kreisrunden Fläche gemessen.

Preis: 774,05 €



Abb.: 3.9.4 Bosch Wärmebildkamera, 2018

PCB - GreenTechLab

Die Leiterplatte ist mit einem Temperatormesser, einer Antenne, einem Prozessor und einer Halterung für eine Knopfzelle ausgestattet. Diese Temperaturmessung ist speziell für die Überwachung der Temperatur in den Kultivierungsboxen der Schwarzen Soldatenfliege entwickelt worden.

Preis: 10 €



Abb.: 3.9.5 PCB - GTL, 2018

TFA 31.1119 Einstich-Infrarot-Thermometer

Dieses Einstich-Infrarot-Thermometer wird größtenteils in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Die Temperaturmessung kann wahlweise berührungslos mit Infrarot oder mit Einstechfühler gemessen werden.

Preis: 72,44 €



Abb.: 3.9.6 Infrarot-Thermometer, 2018

3.9.1 Marktposition der Temperaturmessung

Um die Wettbewerbsposition der Temperaturmessung zu bestimmen, wurde eine weitere Wahrnehmungsgrafik erstellt. Die sehr weitläufige Preisspanne der Temperaturmessgeräte reicht von 3 bis 800 Euro. Zum aktuellen Zeitpunkt werden überwiegend Infrarot-Messgeräte verwendet, die allerdings nur die Oberflächentemperatur messen. Das ist nicht sehr effektiv, da im inneren

des Substrats eine viel höhere Temperatur entsteht. Der vom GreenTechLab entwickelte PCB ist sehr preisgünstig und durch seine speziell für den Einsatz in der Box entwickelten Eigenschaften überaus wettbewerbsfähig.

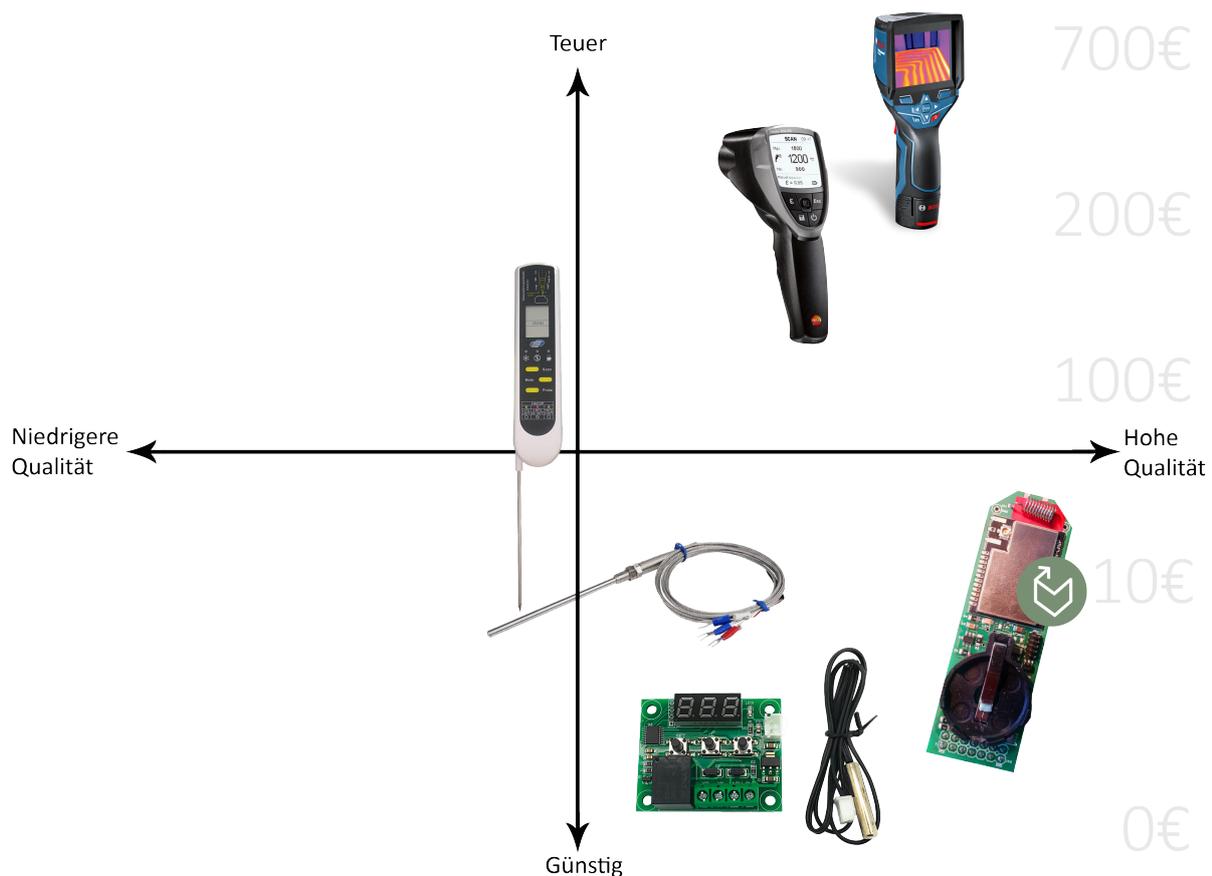


Abb.: 3.9.1.1 Marktposition - Temperaturmessung, 2018

3.10 Größe der Box

Die häufigste Größe hat die Maße 600x400mm jeweils mit 125 oder 150 mm Höhe. Diese Maße leiten sich von den Euro-genormten Größen ab. Vier Kisten mit diesem Maß passen genau auf eine Europalette wie Abbildung 3.9.1.2. zeigt. Das erleichtert

nicht nur die Stapelung, Unterbringung und Lagerung der Kultivierungsboxen, sondern auch die Logistik.

PALETTE EUR-EPAL ©

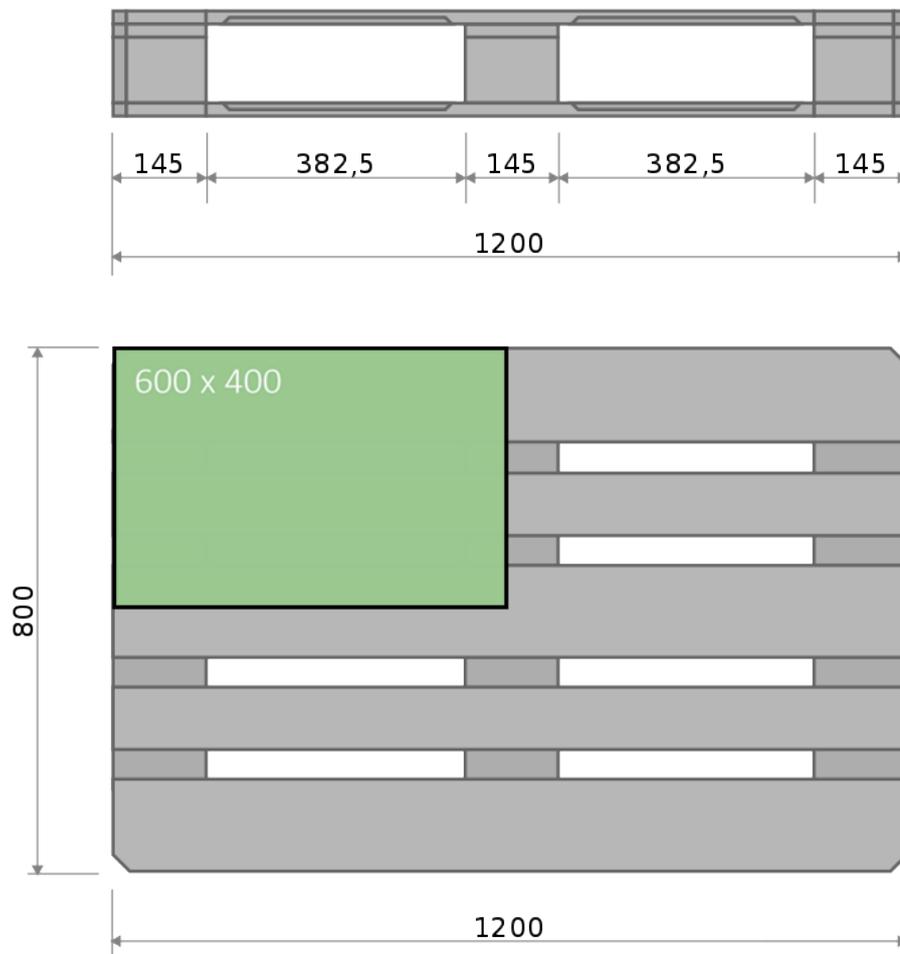


Abb.: 3.9.1.2 Maße der Box - Euronorm, 2018

3.11 Anforderungskatalog

1 Produkt

Das resultierende Produkt ist eine Kultivierungsbox mit integriertem Temperaturregulationssystem und Eierbrutstätte.

2 Auftraggeber

Der Auftraggeber ist das GreenTechLab. Das GTL und Interreg Vlaanderen-Niederland haben eine Partnerschaft für die Arbeit am Entomospeed Projekt.

3 Markt

Das Produkt soll international Verwendung finden. Der Markt für Kunststoffboxen ist immens groß. Allerdings gibt es aktuell keine Alternativen für die Kultivierungsbox.

3.1. Marktsegment

Bezüglich der Preisklasse ist das Produkt für das untere Segment angedacht. Da es noch keine Kisten mit integrierter Temperaturmessung gibt, ist es eine Innovation.

3.2 Konkurrenz

Da es noch keine Boxen mit integrierter Temperaturmessung gibt, steht diese Kultivierungskiste außer Konkurrenz.

3.3 Marktlage

Die Fütterung von Insektenlarven in der Futtermittelindustrie bis dato nur begrenzt gestattet.

4 Rund um die Nutzung

Für die Überwachung der Temperatur im Insektensubstrat, sendet der PCB Informationen an einen Computer.

4.1 Interface

Die Bedienung und Überwachung erfolgt über den Computer. In einem Programm sollen alle Boxen registriert und überwacht werden.

4.2 Zielgruppe

Die Zielgruppe ist im Alter von 20-65 Jahren. Landwirte, Insektenzüchter und Forscher interessieren sich für innovative und automatisierte Produkte der Agrarwirtschaft und sehen eine Marktlücke für neue Proteinquellen im Bereich der Insektenaufzucht.

4.3 Gebrauchsumgebung

Die optimale Gebrauchsumgebung wäre ein geschlossener belüfteter und klimatisierter Raum.

4.4 Funktionen/Teilprobleme

Die Hauptfunktion ist das Mästen der Schwarzen Soldatenfliegenlarve in einem Kultivierungssystem. Eine perfekte Funktion zur Beschleunigung des Wachstumsprozesses der Larve und der damit einhergehenden Rendite.

5 Gestaltung

Das Design des Produkts ist zunächst zweitrangig. In diesem Sektor ist es wichtig, dass die Kultivierungsbox funktioniert und die Automatisierung der Insektenzucht unterstützt.

6 Verkauf

Das Produkt soll sowohl im Handel, als auch im Internet vertrieben werden.

7 Distribution und Verpackung

Eine wichtige Funktion der Box ist die Stapelbarkeit. Des Weiteren spielen die Maße auch eine wichtige Rolle, damit bei der Beladung von LKW's so viele Kisten wie möglich transportiert werden können. Die Kultivierungsbox darf allerdings nicht zu groß sein, damit eine Handhabung ohne Maschinen weiterhin möglich ist. Die Kisten sind witterungs- und wärmebeständig.

Funktionell	Herstellung	Voraussetzungen	Fest	Variabel	Wunsch	Erfolgskriterien	Erledigt
●		Stapelbar	●			Viele Boxen können in einem Raum aufbewahrt werden. Wenig Platz, gute Rendite, aufeinander und ineinander stapelbar	●
●		Temperaturmessung		●		Überwachung der Larven (Entwicklung von Schimmel, Milbenbefall, Überwachung der Futterzyklen)	●
●		Anheben der Box		●		Manuelle Handhabung der Box	●
●		Fixierung der Box		●		Erfolgreiche Stapelung, getürmte Boxen können nicht zusammenfallen	●
●		Struktur der Box		●		Günstiges Herstellungsverfahren möglich	●
●		Abdichtung	●			Technik wird nicht nass	●
●		Auswechselbare Technik		●		Einfach auszutauschen, Reparatur möglich	●
●		Einfach zu bedienen, ergonomisch einwandfrei		●		Jeder kann damit umgehen, Beachtung des Lastenhebesgesetzes	●
●		Muss dicht verschlossen sein	●			Technik hält länger	●
●		Integrierte Temperaturmessung	●			Feststellung der Temperatur	●
	●	Einbau einer Batterie	●			Zugriff auf Informationen	●
	●	Wasser darf nicht in die Technik eindringen	●			Längere Lebensdauer der Technik	●
	●	Gebrauch von handelsüblichen Unterteilen			●	Schnelle Lieferzeiten, einfache Wartung, gute Verfügbarkeit, hohe Lebensdauer	●
	●	Wenig Unterteile			●	Einfache Konstruktion, einfache Wartung, die Einfachheit des Systems steht im Vordergrund	●
●		Einfache Konstruktion			●	Wartungsfreundlich	●
●		Stabilität		●		Boxen müssen Lasten bis 15 kg tragen können	●
●		Einfach zu reinigen			●	Keine Rückstände, gute hygienische Bedingungen	●
		Verschiedene Größen			●	Erweiterung auf verschiedene Systeme verschiedener Größen	●
	●	Keine Ecken und Kanten		●	●	Bei der Nutzung darf man sich nicht verletzen	●
●		Leicht		●		Wenig Materialverbrauch, bessere Handhabung der Boxen	●
	●	Beständig gegen Reinigungsmittel		●		Längere Haltbarkeit	●
●		Hygienisch		●		Keine Staunässe	●
●		Luftzirkulierung		●		Damit die Larven bestmöglich gedeihen.	●
	●	Lebensdauer Box	●		●	Wenig Abfall	●
	●	Herstellung durch das Tiefziehverfahren	●			Günstig	●
	●	Herstellung durch das Spritzgießverfahren		●		Für die Hülle der Temperaturmessung	●
●		Auslesen der Temperatur		●		Feststellung der Temperatur	●
●		Ortung/Auslesen der Box		●		Sensor integriert	●

Abb.: 3.11.1 Anforderungskatalog, 2018

3.12 Reinigung der Kultivierungsbox

Die Reinigung der Kultivierungsboxen in Bezug auf das Einhalten von hygienischen Standards spielen besonders dann eine große Rolle, wenn Insektenlarven in Zukunft als Nahrungsmittel für Menschen angeboten werden.

Ein Besuch bei der Firma Limex - Cleaning Solutions war sehr aufschlussreich. Limex ist ein Unternehmen welches Waschmaschinen für Kisten, Eimer und Boxen entwickelt, produziert und weltweit vertreibt. Damit die Kultivierungsbox problemlos das Reinigungssystem durchlaufen kann, ist die Form der Kultivierungsbox ein entscheidender Faktor.

Um einen guten Überblick von den abhängigen Faktoren in Bezug auf den Reinigungsprozess zu bekommen, bietet der Sinnersche Kreis eine gute Übersicht. Dieser besteht aus vier wichtigen Faktoren:

Mechanik

Die Lösung von Schmutz und die Kontaktherstellung zum Reinigungsmittel

Zeit

Die Zeit, die aufgebracht werden muss, um die Box zu reinigen.

Temperatur

Welche Temperaturen verwendet werden, hängt vom Grad der Verschmutzung ab

Chemie

Die verwendete Chemie um organische, bakterielle, schimmelige, viruziöse, blutige oder fettige Abfallreste zu entfernen.

Die vier aufgezeigten Faktoren sind voneinander abhängig, aber untereinander in der Größe veränderbar.

Reinigungsmittel und dessen Konzentration

CHEMIE

Lösung von Schmutz durch Wasserstrahlen (Kraft)

MECHANIK

Abtötung von Keimen durch Erwärmung

TEMPERATUR

Gute Reinigung der Boxen in einer bestimmten Zeit

ZEIT



Folgende Dinge sind wichtig zu beachten:

- **Doppelseitige Wände verschließen oder vermeiden:** Für eine bessere Wandstabilität werden oftmals doppelte Wände in Kisten eingebaut, ein Nachteil dieser ist das schlechte Abfließen des Wassers. Entweder sollten die Wände geschlossen werden oder keine doppelseitigen Wände verwendet werden.
- **Wasseransammlungen nach dem Waschen vermeiden:** Um Wasseransammlungen nach dem Waschvorgang vorzubeugen, ist es wichtig Löcher an bestimmten Stellen anzubringen. Mit diesen Löchern ist gewährleistet, dass das Wasser abfließt und kein Wasser eingelagert wird.
- **Formstabile Boxen sind wichtig für die Automatisierung und die Stabilität:** Von Vorteil sind steife Boxen, die man mit Maschinen erfassen und versetzen kann. Bei 60°C wird

das Material flexibler und könnte sich bei zu geringer Wandstärke verformen.

- **Richtigen Kleber für Etiketten verwenden:** Falls für die Beschriftung der Boxen klebende Etiketten verwendet werden, sollten diese gutklebend aber rückstabsfrei ablösbar sein.
- **Vakuum entsteht bei schnellem Auseinanderziehen der aufeinander gestapelten Boxen:** Dieses Vakuum bereitet bei vielen Boxen Probleme. Es behindert die Automatisierung und zwar das schnelle auseinanderziehen der Boxen. Dadurch geht viel Zeit bei der Reinigung verloren.
- **Die Materialwahl spielt auch hier eine entscheidende Rolle:** Hauptsächlich werden die Materialien PP (Polypropylen) und PE (Polyethylen) verwendet.

3.13 Ergonomie: Analyse der körperlichen Belastungen

Der Arbeitnehmer darf durch körperliche Arbeit und insbesondere durch das Heben und Versetzen von Lasten nicht zu Schaden kommen. Auf Grund dessen wurde eine Lastenhandhabungsverordnung ins Leben gerufen. Diese Verordnung richtet sich grundsätzlich an alle Unternehmer, deren Mitarbeiter manuell Güter bewegen müssen. Unter manueller Handhabung versteht man folgendes:

„Manuelle Handhabung im Sinne dieser Verordnung ist jedes Befördern oder Abstützen einer Last durch menschliche Kraft, unter anderem das Heben, Absetzen, Schieben, Ziehen, Tragen oder Bewegen einer Last.“

§ 1 Absatz 2 LasthandhabV

Bei der Missachtung der Lasthandhabungsverordnung, kann es unter anderem zu folgenden wesentlichen Gesundheitsschädigungen kommen:

- Überbelastete Bandscheiben
- Quetschungen und Stauchungen
- Chronische Veränderung der Lenden- oder Halswirbelsäule
- Arthrose im Knie, in der Hüfte etc.

Es gibt vier Leitmerkmale, die der Person bekannt sein müssen, die mit der Ausführung eines Arbeitsprozesses beauftragt ist. Diese sind:

- Die eingenommene Körperhaltung
- Die Bedingung, unter denen die Lastenhandhabung stattfindet
- Das eigentliche Lastgewicht
- Die Zeitdauer (oder auch Häufigkeit) einer Belastung

Der Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik hat eine Handlungsanleitung für die Beurteilung der Arbeitsbedingungen gemäß Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) mit der Leitmerkmalmethode (LMM) herausgegeben. Die Beurteilung der Tätigkeiten ist auf einen Arbeitstag bezogen und wird in drei Schritten beurteilt:

Schritt 1: Bestimmung der Länge der Ausführung

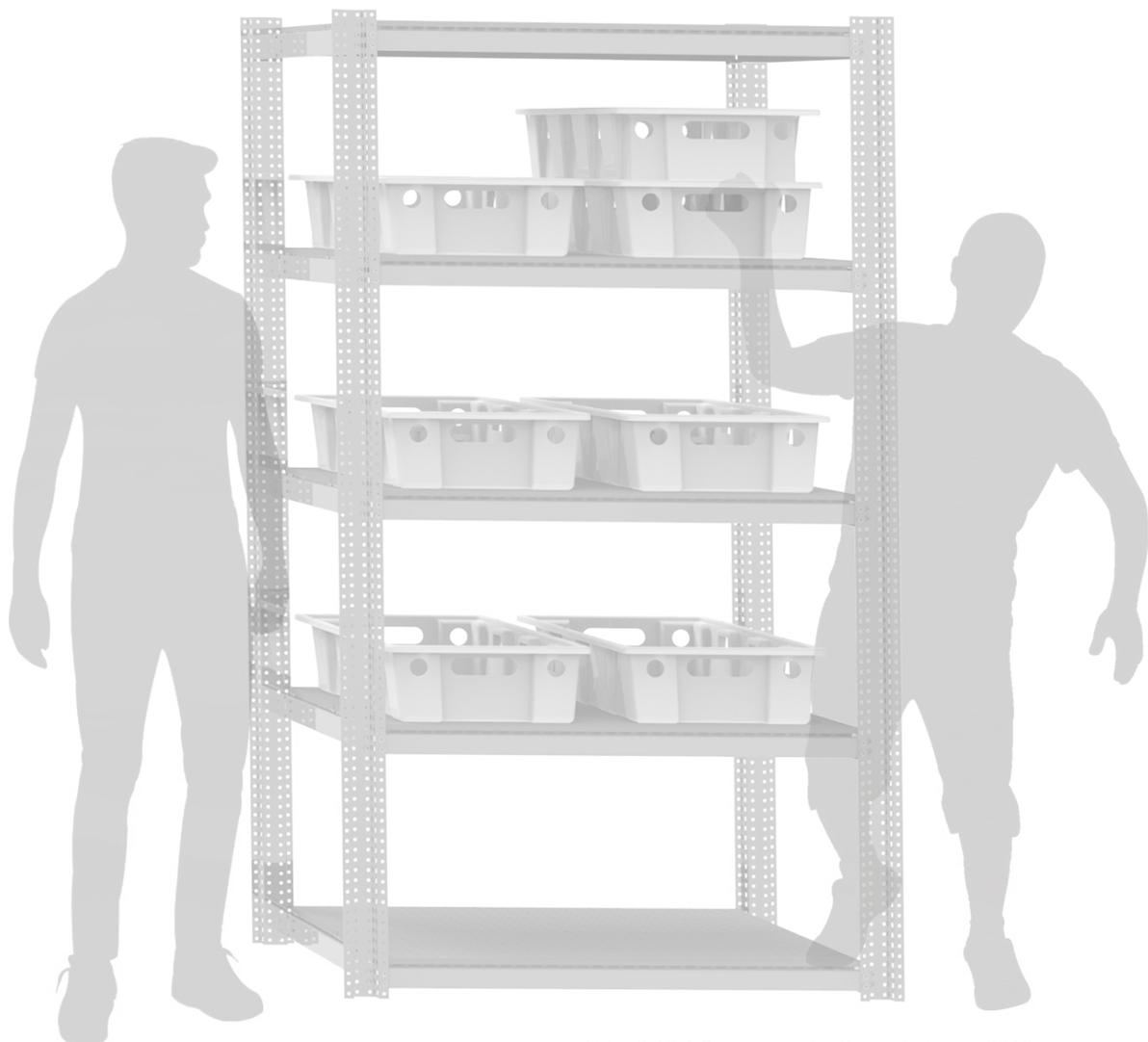
Schritt 2: Bestimmung der Gewichtung der Leitmerkmale und

Schritt 3: Bewertung

Damit die Kultivierungsboxen auch manuell verschoben und versetzt werden können, ist es wichtig folgende Dinge zu berücksichtigen. Die Kultivierungsboxen müssen regelmäßig kontrolliert werden. Für diese Maßnahme müssen die Boxen gegebenenfalls nach vorne gezogen und aus einem Regal oder Container herausgenommen und verlagert werden. Ausgegangen wird von einer Kiste mit Inhalt von maximal 15kg. Die Beurteilung von Lastenhandhabungen für die Kultivierungsbox anhand von Leitmerkmalen haben folgendes ergeben: Eine mittlere Belastung wurde festgestellt. (Anhang Seite 12 - 13) Eine körperliche Überbeanspruchung ist

bei vermindert belastbaren Personen möglich. Diese sind in diesem Zusammenhang Beschäftigte, die älter als 40 oder jünger als 21 Jahre alt sind, "Neulinge" im Beruf oder durch Erkrankungen leistungsgemindert sind. Ausschließlich für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.

Darüber hinaus ist es von hoher Wichtigkeit, dass mit Handschuhen gearbeitet wird, damit die Boxen nicht aus der Hand rutschen und ein problemloses Versetzen der Boxen gesichert ist.



3.14 Materialwahl

Damit die richtige Wahl beim Material getroffen werden kann, ist eine gute Übersicht von hoher Wichtigkeit. Das Herstellungsverfahren Thermoformen eignet sich im Entwicklungsprozess für die Kultivierungsbox am besten und ist eine feste Anforderung vom Kunden. Des Weiteren verfügt Green-TechLab über einen Partner in diesem Bereich. So besteht die Möglichkeit schnell an wichtige Informationen zu gelangen und zeitnah einen Prototyp herzustellen. Folgende Anforderungen werden an das Material der Kultivierungsbox gestellt:

- Kostengünstige Formgebung möglich
- Gute Chemikalienbeständigkeit
- Gute Wärmebeständigkeit
- Recyclebarkeit
- Stabilität

Polycarbonate - PC

Polycarbonate sind thermoplastische Kunststoffe. Steifigkeit, Schlagzähigkeit, Härte und Festigkeit zeichnen sie besonders aus. PC sind beständig gegenüber vielen Mineralsäuren, Salzen und Oxidationsmitteln, auch Öle und Fette greifen sie nicht an. Ammoniak sowie einige organische Lösungsmittel greifen Polycarbonate an. Darüber hinaus sind Polycarbonate empfindlich gegenüber UV-Licht und lassen das Material mit der Zeit vergilben oder verspröden.

Anwendungsbeispiele:

- Koffer
- Schutzhelme und Visiere
- Campinggeschirr

Um eine Entscheidung bezüglich des Materials zu treffen, werden folgende Kunststoffe favorisiert und genauer betrachtet:

- PS - Polystyrene
- ABS - Acrylnitril- Butadien-Styrol-Copolymer
- HD-PE - Hart-Polyethylen
- PP- Polypropylen
- PC- Polycarbonate

Acrylnitril Butadien-Styrol-Copolymer - ABS

Wenn man ABS in seiner Rohform betrachtet ist es ein farbloser bis grauer Feststoff. Zwischen einem Temperaturbereich von 220-250 °C schmilzt ABS. Dieser Kunststoff kann problemlos eingeschmolzen und wiederverwendet werden, wenn eine saubere Trennung stattfindet.

Anwendungsbeispiele:

- Konsumprodukte
- Haushaltsprodukte
- Automobil- und Elektronikteile

Polystyrol - PS

Polystyrol ist ein transparenter Thermoplast. Der weit verbreitete Standardkunststoff kommt in vielen Bereichen des täglichen Lebens zum Einsatz. Polystyrol ist in allen Farben anfärbbar. Es ist nicht sehr wärmebeständig und nur bis 70°C einsetzfähig. Unter Lichteinwirkung versprödet PS recht schnell wodurch Spannungsrisse entstehen. PS kann nur mit Lösemitteln zersetzt werden.

Anwendungsbeispiele:

- Lebensmittelverpackungen
- Lichtschalter

Polyethylen High density - HDPE

Von den Polyethylensorten wird HD-PE am häufigsten beim Thermoformen verwendet. HD-PE hat eine hohe Beständigkeit gegen z.B. Säuren und Lösungen bis 60°C. Es ist nicht beständig gegen starke Oxidationsmittel, insbesondere Hitze und Versprödung bei direkter Sonneneinstrahlung. Allerdings können Mehrschichtfolien das Material beständiger machen.

Anwendungsbeispiele:

- Lebensmittelbehälter
- Haushaltscontainer
- Verbundwerkstoffe für den Lebensmittelbereich

Polypropylen - PP

Der am zweithäufigsten verwendete Standardkunststoff Polypropylen wird oft bei Verpackungen verwendet. Polypropylen hat gute mechanische Eigenschaften, während die chemische Beständigkeit geringer ist. Des Weiteren ist es geruchslos und für Anwendungen im Lebensmittelbereich geeignet. Es lässt sich grundsätzlich gut recyceln.

Anwendungsbeispiele:

- Behälter in der Lebensmittelindustrie
- Flugzeugmodellbau

In der Kunststoffindustrie kommen viele verschiedene Kunststoffe zum Einsatz. Sie unterscheiden sich durch ihre technischen Eigenschaften wie Formbarkeit, Bruchfestigkeit, Temperatur- und Wärmebeständigkeit, Härte und chemische Beständigkeit.

Da es viele gut geeignete Kunststoffe für das Herstellungsverfahren Thermoformen gibt, ist es wichtig bezüglich des Materials eine Wahl zu treffen. Die Wahl viel auf PE-HD. Das Material ist sehr stabil und widerstandsfähig und kann auf Grund der hohen Reißfestigkeit in sehr dünnen Stärken produziert und verarbeitet werden. Darüber hinaus ist es zu 100% recycle- und wiederverwendbar.

3.15 Herstellungsverfahren

3.15.1 Spritzgießverfahren

Das Spritzgießverfahren ist ein Umformverfahren, welches hauptsächlich in der Kunststoffverarbeitung eingesetzt wird. Die Formteile lassen sich in großer Stückzahl herstellen und sind direkt wirtschaftlich verwendbar. Mit einer Spritzgießmaschine wird der jeweilige Werkstoff, hauptsächlich Kunststoff, in einer Spritzeinheit (Extruder) plastifiziert und in ein Spritzgießwerkzeug eingespritzt. Die Form und die Oberflächenstruktur der fertigen Teile, werden durch den Hohlraum, der Kavität des Werkzeugs bestimmt.

Vorteile

- Geringfügige Nachbearbeitung
- Hohe Reproduzierbarkeit der Formteile
- Verfahren ist vollautomatisierbar
- Formgebung in einem Arbeitsgang
- Vom Rohstoff zum Fertigteil

Nachteile

- Sehr hohe Anschaffungskosten
- Hoher Energieverbrauch (Heizen/Kühlen)

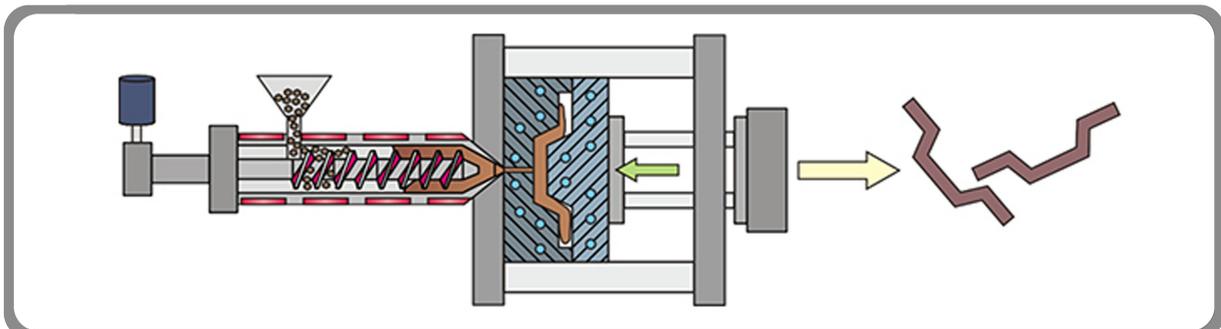


Abb.: 3.15.1.1 Spritzgießverfahren/Teile, 2018

3.15.2 Rotationsgussverfahren

Das Rotationsgussverfahren ist ein Kunststoffbearbeitungsverfahren für Hohlkörper. In einem rotierenden Werkzeug erstarrt an der Wand die eingeführte Schmelze. Bei dem Rotationsverfahren wird bei knapp 300°C die mit Pulvermaterial befüllte Rotationsform in der Schmelzofenkammer biaxial bewegt. Der flüssige Kunststoff legt sich dabei an die Wand der Form. Danach wird das Kunststoffteil bei einem zweistufigen Kühlverfahren stabilisiert. Zum Schluss wird das noch relativ heiße Kunststoffteil zum finalen Abkühlen vorsichtig der Form entnommen.

Vorteile

- Bereits Kleinserien sind wirtschaftlich interessant
- Hohe Robustheit
- Volumen bis 6.000 Liter möglich
- Nahtlose Hohlkörper

Nachteile

- Hohe Anschaffungskosten für die Gussform
- Längere Fertigungszeiten
- Hauptsächlich für große Behälter

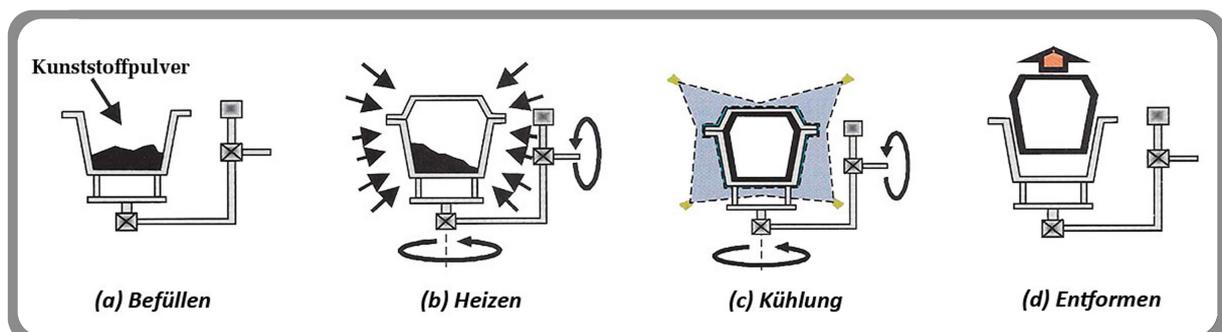


Abb.: 3.15.2.1 Rotationsgussverfahren/Teile, 2018

3.15.3 Thermoformen

Das Thermoformen oder Warmformen ist ein Verfahren, bei welchem man mit Hilfe von Druckluft oder Vakuum thermoplastische Kunststoffe umformen kann. Der Ablauf beim Thermoformen ist folgender:

- 1 Zuführung sowie Einspannung des Halbzeugs
- 2 Erwärmung des Halbzeugs
- 3 Positionieren des Halbzeugs am Werkzeug
- 4 Umformungsprozess
- 5 Abkühlung des Formteils
- 6 Entformen
- 7 Eventuelle Nachbearbeitung des Formteils

Vorteile

- Geringe Werkzeugkosten
- Fertigung von großen Teilen möglich
- Dünne Wandstärken möglich

Nachteile

- Hinterschneidungen können auftreten
- Begrenzte Formgebung
- Größtenteils noch nicht automatisiert

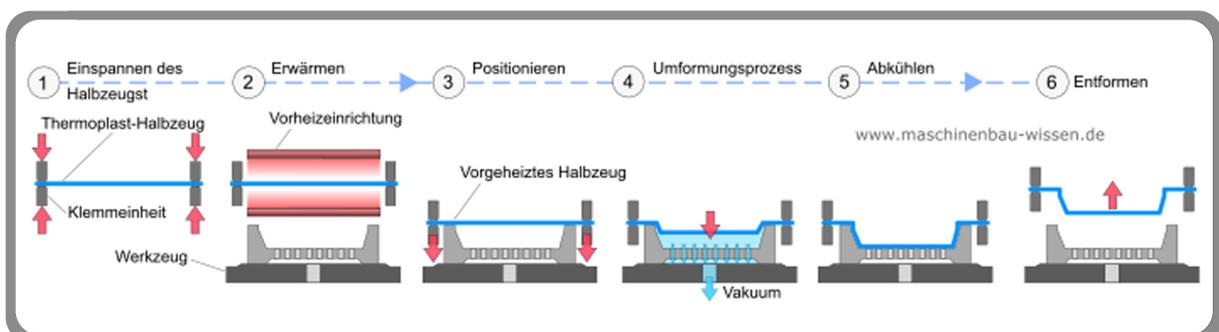


Abb.: 3.15.3.1 Thermoformen/Teile, 2018

3.15.4 Auswahl des passenden Verfahren

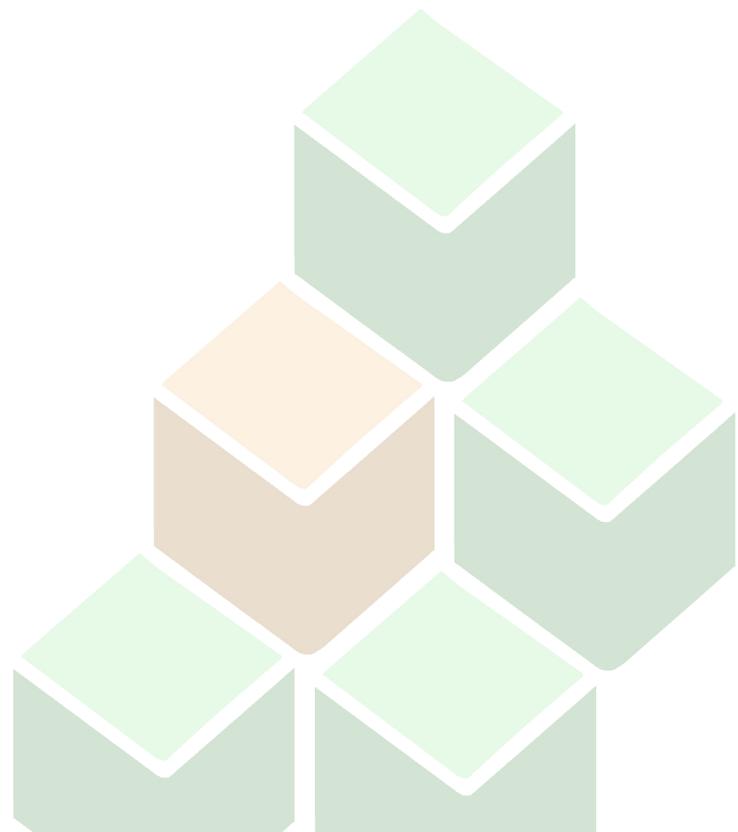
Bei dem Vergleich der einzelnen Herstellungsverfahren, fallen bestimmte Vor- und Nachteile ganz besonders ins Auge.

Das Produktergebnis beim Spritzgießverfahren ist nahezu perfekt. So ist eine Nachbearbeitung des fertigen Produkts eigentlich nicht notwendig. Die Formgebung funktioniert in einem Arbeitsgang, vom Rohstoff zum Fertigteil. Für große Stückzahlen ist dieses Verfahren sehr gut geeignet. Allerdings verbergen sich hinter dem Produkt hohe Anschaffungskosten, auf Grund des vollautomatisierten Verfahrens und der dafür benötigten Matrize. Für große Stückzahlen ist dieses Verfahren allerdings rentabel.

Das Rotationsgussverfahren ist bereits für Kleinserien wirtschaftlich interessant. Die Endprodukte sind sehr robust und Volumenkörper bis 6.000 Litern sind möglich. Das Verfahren ist kostengünstiger als das Spritz-

gießverfahren, allerdings können Spritzgießteile viel präziser hergestellt werden.

Thermoformen ist ein recht dankbares Verfahren. Zum einen entstehen geringe Werkzeugkosten, zum anderen können dünne Wandstärken problemlos realisiert werden. Leider gibt es Probleme mit Hinterschneidungen und die Formgebung ist begrenzt. Allerdings hat sich herausgestellt, dass dieses Verfahren für die Herstellung der Kultivierungsbox das Beste ist. Die geringen Werkzeugkosten sind ein enormer Vorteil im Gegensatz zu den anderen Verfahren. Zunächst müssen 50 Kultivierungsboxen für die Testphase hergestellt werden. Gelingt diese Testphase können weitere tausend mit diesem Verfahren hergestellt werden. Sobald die Nachfrage steigt, wäre das Wechseln zum Spritzgießverfahren sinnvoll.



3.16 Automatisierung der Insektenzucht

Die Automatisierung von Arbeitsprozessen bringt viele Vor- und Nachteile mit sich, die durchaus beachtet werden müssen. Die Wichtigkeit besteht darin, gekonnt mit automatisierten Vorgängen umzugehen, damit ein Unternehmen damit bereichert wird und die Risiken auf ein Minimum reduziert werden können. Die Automatisierung verändert die Arbeitswelt erheblich, so kann eine Vollautomatisierung dazu führen, dass viele Menschen ihre Arbeit verlieren. Andererseits können Arbeitskräfte in physischer und psychischer Hinsicht entlastet und größere Absatzmengen erzielt werden.

Automatisierte Systeme sind dazu in der Lage Probleme und Aufgaben gleichbleibender und wechselnder Art eigenständig zu lösen. Die Rolle des Menschen verschiebt sich von der Produktion auf die Administration, die Kontrolle, die Wartung, die Planung und die Dienstleistung. Außerdem besteht die Möglichkeit Konsumgüter in Massen herzustellen. Das geschieht durch standardisierte Vorgänge, welche für den Menschen sehr belastend wären.

Die Automatisierung im Hinblick auf die Larvenproduktion

Die Arbeitsbedingungen in einer Insektenfarm bei der Massenproduktion von Insek-

tenlarven sind ungünstig. Die anfallenden Aufgaben sind monoton und das Arbeitsklima ist gewöhnungsbedürftig. Tropische Temperaturen werden in einem klimatisierten Raum erzeugt und diese liegen zwischen 27 bis 30°C.

Bei einem Seminar zum Thema Insektenzucht, welches die Fontys Anfang November in Venlo gehalten hat, wurden viele Interessierte aus der Branche eingeladen. Bei diesem sogenannten "Trend College" sprachen u.a.

Marcel Roosen, Green TechLab Venlo,
Marian Peters, International InsectCentre
Arjan Borghuis, HAS Den Bosch University of Applied Science (Department of Biology, Animal & Environment)

über die Automatisierung der Züchtung der BSF und unter den angereisten Unternehmern, Landwirten und anderen Forschern wurde deutlich, dass der Markt viel Investitionspotenzial beinhaltet und die Automatisierung voran getrieben werden soll.



3.17 Fazit der Voruntersuchungen

Eine vielversprechende Möglichkeit nachhaltig hochwertiges Eiweiß zu gewinnen, liegt in der zukunftsorientierten Verwendung der neuen Proteinquelle der Larve der Schwarzen Soldatenfliege. Durch die Züchtung dieser Larve, wird eine neue Proteinquelle für die Futtermittelindustrie geschaffen. So könnten zum einen Sojaimporte eingedämmt werden, zum anderen könnten Aquakulturen mit alternativem Insektenprotein statt Fischprotein gefüttert werden. Die Überfischung der Meere könnte so eingedämmt und ein enormer Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Die Larve der Schwarzen Soldatenfliege liefert Öl, Protein und Dünger. Beispielsweise könnte das Öl in der Kosmetikindustrie Verwendung finden, mit dem Protein könnten neue Futterquellen geschaffen werden und die Rückstände des Futters, der Dünger, in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

Aktuell werden in der Insektenindustrie ausschließlich Kunststoff- und Edelstahlboxen verwendet, die hauptsächlich in der Lebensmittel- und Kleinteileindustrie verwendet werden. Boxen mit einer integrierten Temperaturmessung sind bis zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht verfügbar.

Forschungen haben ergeben, dass die Zielgruppe bereit ist, in die Automatisierung der Insektenzucht zu investieren. Um die klimatischen Auswirkungen für die Mitarbeiter so gering wie möglich zu halten, ist die Box hauptsächlich für die Nutzung in einem Paternostersystem entwickelt worden, da dies ein in sich geschlossenes System mit eigenen fest vorgebbaren, klimatischen Bedingungen ist. Des Weiteren lässt sich die Box aber auch ohne Probleme in einem Regal- oder Stapelsystem nutzen.

Die Anforderung des Kunden, das Herstellungsverfahren Thermoformen zu wählen, ist eine feste Anforderung und kann nicht verändert werden. Das Material, aus dem die Kultivierungsbox hergestellt werden soll, ist Polyethylen high density. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass das Gesamtgewicht (Box + Insekten + Substrat) von 15 kg nicht überschritten wird, damit der Arbeitnehmer beim Heben und Versetzen der Box die Auflagen gemäß der Gesundheits- und Hebeverordnung erfüllt.

Innovation

Sojaimporte reduzieren

Automatisierung

Funktionalität

Kreativität

Modulares System

Paternostersystem

Neue Proteinquelle

PE - HD

Polyethylen High Density

Thermoformen

Zeitersparnis

Nachhaltiges Eiweiß

Zukunftsorientiert

Alternative zu Fischmehl

Einzigartigkeit

Überfischung der Meere stoppen

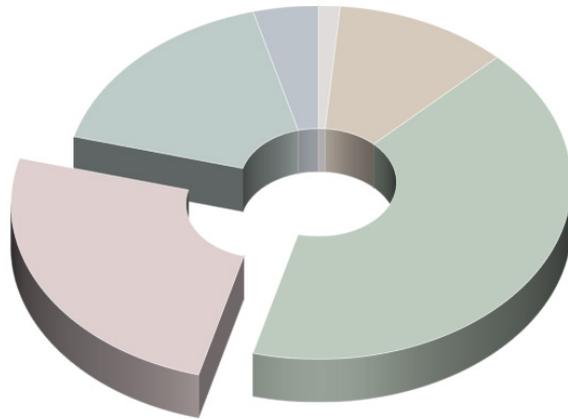
Ergonomisch einwandfrei

BSF-ÖL

BSF-Protein

BSF-Dünger





04 Hauptuntersuchung

- 4.1 Hauptuntersuchung
- 4.2 Konzeptentwicklung der Box
 - 4.2.1 Teillösungen der Box
- 4.3 Konzeptentwicklung der Temperaturmessung
 - 4.3.1 Teillösungen der Temperaturmessung
- 4.4 Konzeptentwicklung der Eierbrutstätte
 - 4.4.1 Teillösungen der Eierbrutstätte
- 4.5 Lösungen der Konzeptentwicklung
- 4.6 Weiterentwicklung und endgültiges Konzept
- 4.7 Fazit der Konzeptentwicklung

4.1 Hauptuntersuchung

Zum aktuellen Zeitpunkt werden zwei verschiedene Boxaufbewahrungssysteme verwendet. In der multikriteriellen Entscheidungsanalyse wurden die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme analysiert und bewertet.

Das Stapelsystem

Beim Stapelsystem wird Box auf Box gestapelt. Dieses System ist sehr kostengünstig und kann ohne großen Aufwand schnell erweitert werden. Des Weiteren ist es platzsparend, so dass die Möglichkeit besteht viele Boxen an einem Ort aufzubewahren. Die Fütterung und Kontrolle der Larven ist allerdings sehr aufwendig.

Das Regalsystem

In dem Regalsystem werden Boxen in das System hineingeschoben. Die Regale können problemlos im Raum positioniert werden, allerdings ist man in der Boxenpositionierung ein wenig eingeschränkt. Höher platzierte Boxen werden bis 4°C wärmer. Das Regalsystem bietet die Möglichkeit Boxen einzeln nach vorne zu ziehen und hebt sich dadurch vom Stapelsystem ab.

Um die Automatisierung der Kultivierung der Schwarzen Soldatenfliegenlarve schnellst möglich voranzutreiben, wird gleichzeitig im GTL ein für die Kultivierungsbox geeignetes Paternostersystem entworfen. Unternehmen, die in die Insektenindustrie investieren wollen, sehen große Chancen, bei der Entstehung dieser neuen Proteinquelle. Forschungen haben ergeben, dass die Zielgruppe, die zukünftigen Unternehmer der Insektenindustrie gewillt sind, in die Automatisierung erhebliche Mittel zu investieren.

Bei der Wahl des Systems für die Kultivierungsbox, hat sich bei der multikriteriellen

Entscheidungsanalyse herausgestellt, dass das Paternostersystem die beste Wahl ist. Dieses System liefert ideale Bedingungen für die Luftzirkulation. Die Boxen werden kontinuierlich bewegt und ein Luftaustausch findet fortlaufend statt. Das System kann

Eigenschaften	Stapelsystem	
Luftzirkulation	Das Lüftungssystem im Zimmer sorgt für die Luftzirkulation. Diese ist allerdings in der Box selbst nicht perfekt.	6
Platzsparend	Das Stapelsystem ist sehr platzsparend. Viele Boxen können an einem Ort aufbewahrt werden.	8
Rendite	Bei einer guten Kontrolle sind die Ergebnisse gut aber ausbaufähig.	7
Kosten	Die Kosten sind überschaubar. Allerdings braucht man bei einer größeren Zucht mehr Personal. Die Aufgaben sind unangenehm auszuführen.	10
Arbeitsaufwand	Bei gestapelten Boxen hat man den Nachteil, dass man viele Boxen verstellen muss um Zugriff zu einer bestimmten zu bekommen.	3
Belüftung	Die Belüftung könnte besser sein, da in den Boxen ein Luftaustausch gering ist. Höher gestapelte Boxen können bis zu 4°C wärmer werden.	3
Fütterung	Die Fütterung gestaltet sich recht kompliziert, da der Zugang zur Box begrenzt ist.	2
Kontrolle - Futter - Temperatur - Feuchtigkeit - Schimmel	Für die Kontrolle muss ein enormer Arbeitsaufwand aufgebracht werden, da der Zugang zur Box im Stapelsystem eingeschränkt ist.	4
Erweiterung des Systems	Das System kann ohne Probleme erweitert werden.	8
Hygiene	Die Boxen werden im regelmäßigen Zyklus von zwei Wochen entleert und anschließend gereinigt.	5
Handling	Bei einem stapelbaren System ist das Handling der Boxen recht aufwendig, da der Zugriff zur Box eingeschränkt ist.	2
Summe		58

unbegrenzt aufgestockt werden und die regelmäßige Kontrolle vieler Faktoren sind gewährleistet. Die Anschaffungskosten eines Paternostersystem sind anfänglich recht hoch, allerdings würde sich das System bei größeren Insektenfarmen rentieren. Beim

Personal kann wiederum Geld eingespart werden, da die Daten der Überwachung der Larven automatisch erfasst werden. Die Fütterung zum Beispiel übernimmt ein automatisiertes System. Angestellte müssen lediglich die Maschinen überwachen und warten.

Regalsystem		Paternostersystem		Ideal
Da die Boxen in ein Regalsystem eingeschoben werden, lässt die Luftzirkulierung zu wünschen übrig.	4	Im Paternostersystem gibt es ideale Bedingungen für die Luftzirkulierung. In diesem System werden die Boxen regelmäßig bewegt. Ein kontinuierlicher Luftaustausch findet statt.	10	10
Die Regale können gut im Raum positioniert werden. Allerdings ist man etwas eingeschränkt bei der Boxenpositionierung.	7	Das System kann recht viele Boxen aufnehmen und ist erweiterbar.	8	10
Die Renditen sind ähnlich wie beim Stapelsystem.	7	Die Kontrolle vieler Faktoren ist gegeben und ermöglicht perfekte Aufzuchtbedingungen.	10	10
Das Regalsystem ist preisgünstig. Die Kosten sind überschaubar.	7	Die Anschaffungskosten sind recht hoch. Das Paternostersystem rentiert sich allerdings bei einer größeren Zucht.	3	10
Der Arbeitsaufwand ist verhältnismäßig hoch, da jede Kiste z.B. für die Fütterung nach vorne gezogen werden muss.	4	Der Arbeitsaufwand ist sehr gering. Lediglich braucht man Angestellte für die Überwachung und Beschickung der Maschine.	9	10
Die Belüftung ist ausbaufähig, da der Luftaustausch in den Boxen sehr gering ist. Ähnlich wie beim Stapelsystem sind höher platzierte Boxen bis 4°C wärmer.	7	Die Belüftung ist vorbildlich. Die Boxen rotieren in einem System und verfüge über einen ständigen Luftaustausch.	10	10
Jede Box muss für die Fütterung einzeln nach vorne gezogen werden.	4	Die Fütterung findet über ein bestimmtes Futter-Zuführungssystem automatisch statt.	10	10
Für die regelmäßige Kontrolle muss ein hoher Arbeitsaufwand betrieben werden.	4	Das Paternostersystem bewegt sich kontinuierlich und fährt regelmäßig an bestimmten Sensoren vorbei. Auf Grund dessen findet eine perfekte Überwachung der Larven statt.	9	10
Das Regalsystem kann ohne großen Aufwand erweitert werden.	8	Das Paternostersystem ist erweiterbar.	8	10
Die Boxen werden nach zwei Wochen entleert und gereinigt.	5	Die Boxen werden im regelmäßigen Zyklus von zwei Wochen entleert und anschließend gereinigt.	9	10
Das Regalsystem bietet die Möglichkeit jede Box einzeln nach vorne zu ziehen.	4	Das Handling im Paternostersystem ist perfekt. Die Boxen können einzeln entnommen werden.	10	10
	61		96	110

Abb.: 4.1.1 Systemauswahl, 2018

4.2 Konzeptentwicklung der Box

Um die Konzeptwahl zu untermauern und sicherzustellen, die richtige Entscheidung getroffen zu haben, wird mittels der Kesselringmethode die Wahl überprüft. Vor den nächsten Schritten werden anhand verschiedener Aspekte die favorisierten Konzepte bewertet. Dabei werden die Gebrauchsfunktionen und die Herstellungsanforderungen präzise analysiert und anhand von Bewertungskriterien mit Gewichtungsfaktoren versehen.

Im ersten Schritt werden die favorisierten Konzepte aufgelistet und mit Farben versehen.

Im zweiten Schritt wird eine Kesselringmethode erstellt und die Gebrauchs- und Herstellungsanforderungen werden als Hauptthemen angegeben. Zu diesen zwei Themen werden wichtige Unterthemen zugeordnet, welche die Funktionen konkretisieren.

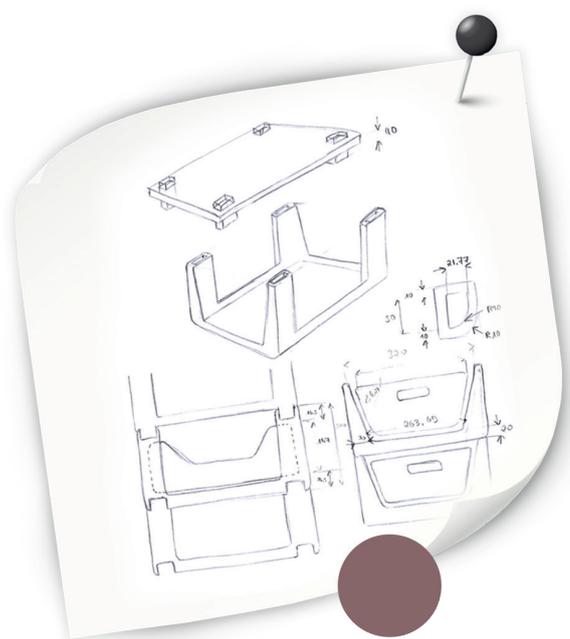
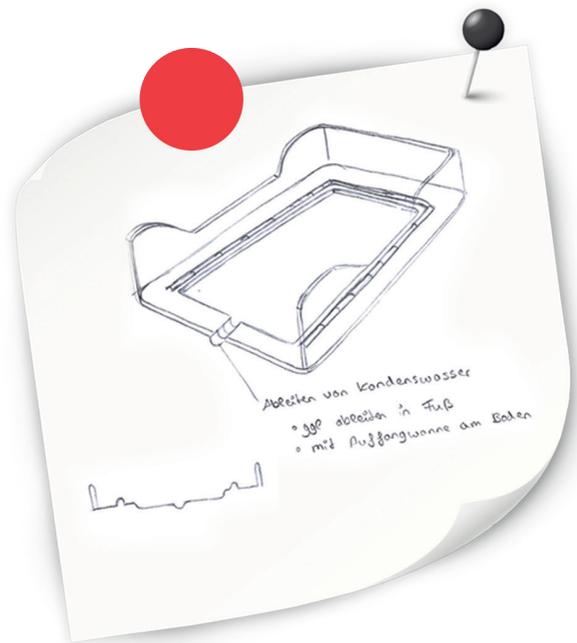
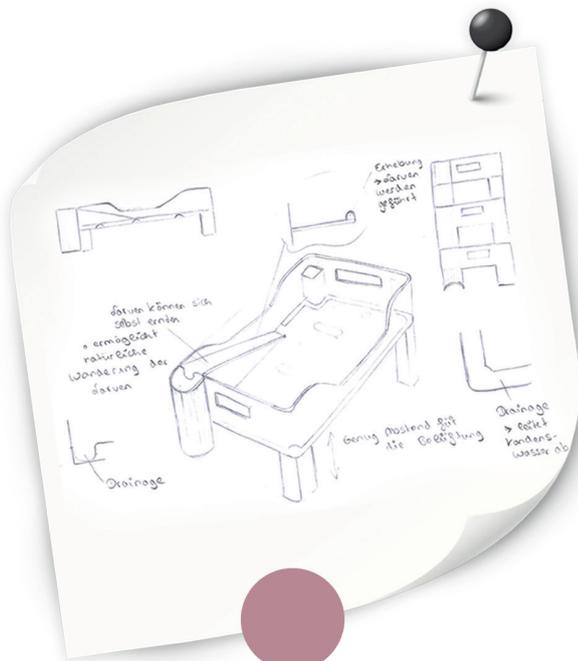
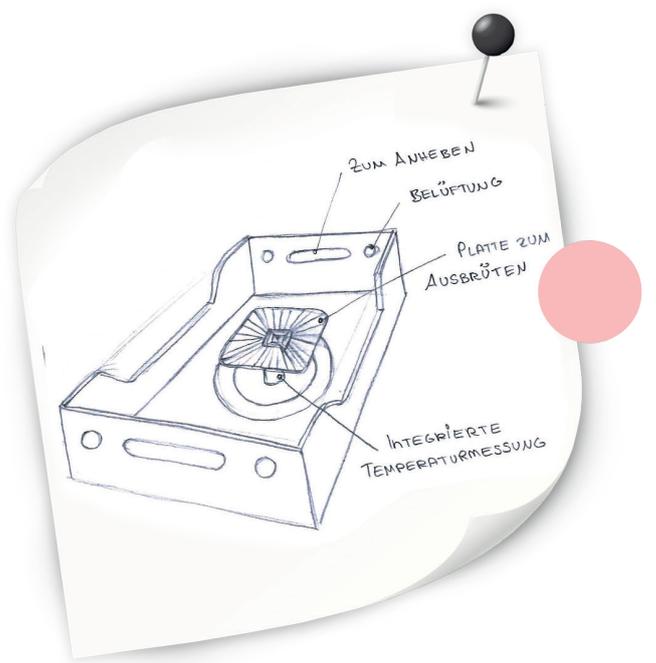
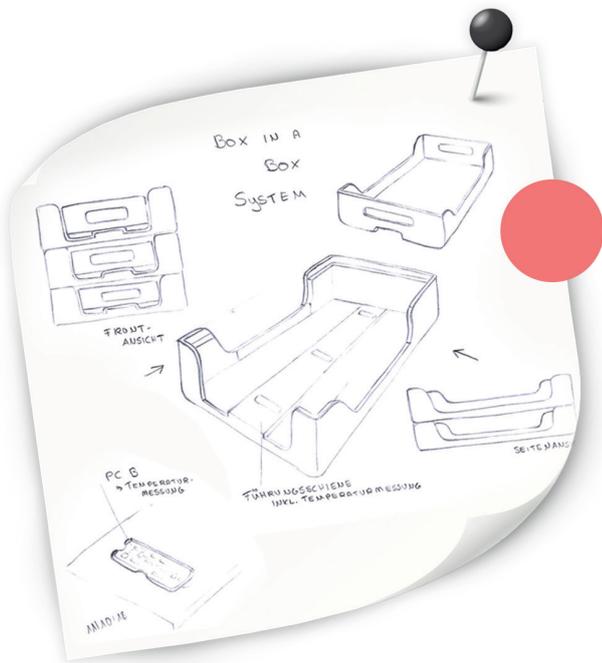
Im dritten Schritt werden die einzelnen Konzepte anhand von Zahlen bewertet, wobei zehn das höchste Ergebnis ist und eins das niedrigste. Ein Gewichtungsfaktor, (Zahl fünf hohe Gewichtung, Zahl 1 niedrige Gewichtung) wird angegeben, der die Wichtigkeit der Funktionen bei der Berechnung berücksichtigt.

Im vierten Schritt werden die Bewertungen der einzelnen Konzepte mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert. Heraus kommt eine Zwischensumme, welche auch prozentual berechnet wird. Die Berechnungen werden für die Herstellungsanforderungen wiederholt ausgeführt.

Im fünften Schritt erhält man durch die Gesamtsumme eine Zahl, mit welcher man den Prozentanteil der Gesamtkonzepte berechnet. Das höchste Ergebnis ist das beste Konzept.

Konzept	Art des Konzepts	
Konzept 1	Box in a Box System	
Konzept 2	Box mit integrierter Larven-Ernte Funktion	
Konzept 3	Stapelbare Box im stapelbaren System	
Konzept 4	Modulares System	
Konzept 5	Box mit Drainage	
Konzept 6	Stecksystem	

Abb.: 4.2.1 Konzeptauswahl Box, 2018



Kesselringmethode

Globalkonzepte

	Konzept 1	Konzept 2	Konzept 3	Konzept 4	Konzept 5	Konzept 6	Ideal	Gewichtungsfaktor
1 Gebrauchsanforderung/Funktionen								
1.1 Temperaturmessung	9	6	8	10	5	8	10	5
1.2 Herstellungsverfahren Thermoformen	5	6	7	10	6	2	10	5
1.3 Luftzirkulation	6	7	10	8	4	7	10	3
1.4 Anheben der Box	6	5	4	8	3	6	10	4
1.5 Technik wird nicht nass	8	4	3	7	5	8	10	4
1.6 Einfache Konstruktion	5	2	7	4	9	2	10	2
1.7 Stapelbar	7	7	10	4	8	8	10	2
1.8 Fixierung der Box	10	3	8	7	6	8	10	2
Zwischensumme	192	141	183	214	145	163	270	
Anteil in Prozent	71,11%	52,22%	67,77%	79,20%	53,70%	60,30%	100%	
2 Herstellungsanforderung								
2.1 Produktionsaufwand	4	4	7	7	6	2	10	4
2.2 Zeitaufwand	4	5	7	10	8	4	10	4
2.3 Menge der Einzelteile	6	5	6	6	7	4	10	3
2.4 Kosten	2	3	7	7	5	3	10	4
2.5 Demontagemöglichkeit	10	9	6	9	5	10	10	3
Zwischensumme	88	90	120	146	112	78	180	
Anteil in Prozent	48,88%	50%	66,66%	81,11%	62,22%	43,33%	100%	
Gesamtsumme	280	231	303	360	257	241	450	
Anteil in Prozent	62,22%	51,30%	67,33%	80%	57,11%	53,55%	100%	

Abb.: 4.2.3 Kesselringmethode Box, 2018

Auswahl des Konzepts

Das vierte Konzept schneidet bei den Gebrauchsanforderungen mit 79,2 % und bei den Herstellungsanforderungen mit 81,11 % ab. Die Kultivierungsbox als modulares System beinhaltet einen PCB mit einem Temperatursensor. Per Computer kann jederzeit auf diesen PCB zugegriffen und Informationen ausgelesen werden. Die Vorrichtung für die Brutstätte ermöglicht dem Züchter die Ausbrütung der Eier und die Fütterung der Larven in nur einer Box. Darüber hinaus kann sie mit dem Herstellungsverfahren Thermoformen, dem favorisierten Verfahren des Kunden kostengünstig hergestellt werden.

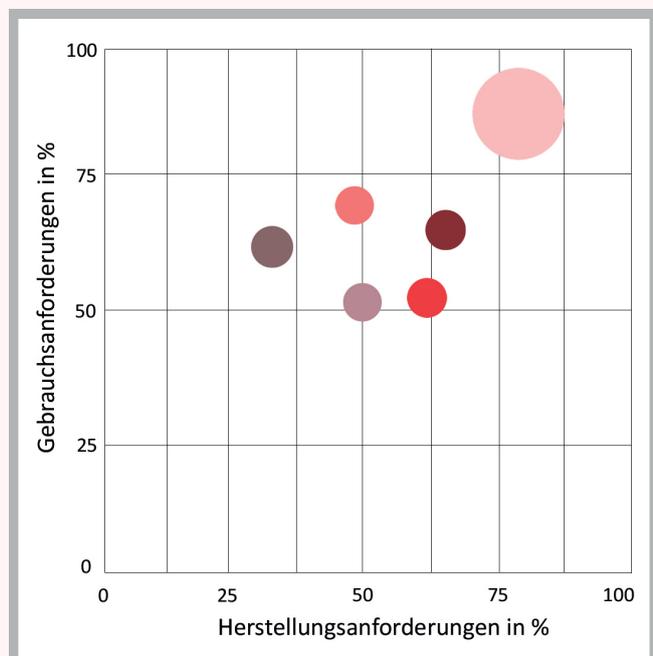


Abb.: 4.2.4 Konzeptwahl Box, 2018

4.2.1 Teillösungen der Box

Das Grundkonzept der Kultivierungsbox wurde anhand der Kesselringmethode bestimmt und festgelegt. An erster Stelle müssen die Funktionen bestimmt werden, welche im weiteren Verlauf das Design definieren. Damit geeignete Teillösungen besser gefiltert

werden können bietet sich die Morphologische Übersicht an. Diese wird auf den nächsten Seiten auf die Kultivierungsbox, die Temperaturmessung und die Eierbrutstätte angewendet.

Kultivierungsbox							
Position	Funktionen	Teilfunktionen					
1	Box anheben						
2	Stelle der Temperaturmessung						
3	Material						
4	Grundform						
5	Größe	 600 x 400 x 150	 400 x 400 x 150	 400 x 300 x 150	 500 x 300 x 200	 600 x 300 x 150	
6	Aufteilung						
7	Herstellungsverfahren						
8	Technik						
9	Stromversorgung Temperatur						

Abb.: 4.2.1.1 Morphologische Übersicht Box, 2018

Auswahl

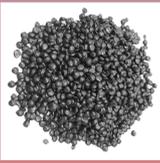
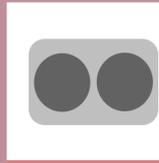
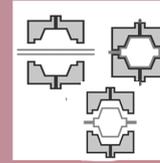
Stelle der Temperaturmessung	Material	Grundform	Größe	Aufteilung	Herstellungsverfahren	
Fixierung 						
Technik 	Stromversorgung Temperatur 					

Abb.: 4.2.1.2 Auswahl Teillösungen der Box, 2018

Ergebnisse der Teillösungen

Für die Herstellung und Automatisierung eines Kultivierungssystems für die Schwarze Soldatenfliegenlarve ist von hoher Wichtigkeit die einzelnen Teilfunktionen klar zu definieren. Bei Position eins wird bestimmt, wie die Box angehoben wird. Für eine gute Handhabung der Box, muss dies per Hand und maschinell funktionieren können. Die Kultivierungsbox wird über zwei Öffnungen verfügen, welche die Versetzbarkeit der Box sicherstellt. Das verwendete Material ist PE-HD (Polyethylen High Density). Die Grundform der Kultivierungsbox ist recht-

eckig und weist eine Größe von 600 x 400 x 150mm auf. Diese Größe passt sich an die Euro-Norm an und kann so problemlos auf Euro-Paletten gestapelt werden. Da in der Box verschiedene Entwicklungsstadien der Larve stattfinden, wird sie in zwei Bereiche aufgeteilt. Dieser Teil wird in der nächsten Morphologischen Übersicht näher erläutert. Die Temperaturmessung wird über einen PCB ausgeführt und kontrolliert. Die Stromversorgung findet über eine Knopfzelle, die auf dem PCB installiert wird statt.

4.3 Konzeptentwicklung der Temperaturmessung

Die Temperaturmessung innerhalb der Box ist für die Überwachung des Insektensubstrats von sehr hoher Wichtigkeit. Die ideale Temperatur innerhalb der Box beträgt 27°C. Während der Fütterung der Larven steigt die Temperatur bis auf 40°C an. Für das Abfallen der Temperatur können folgende Dinge in Betracht kommen:

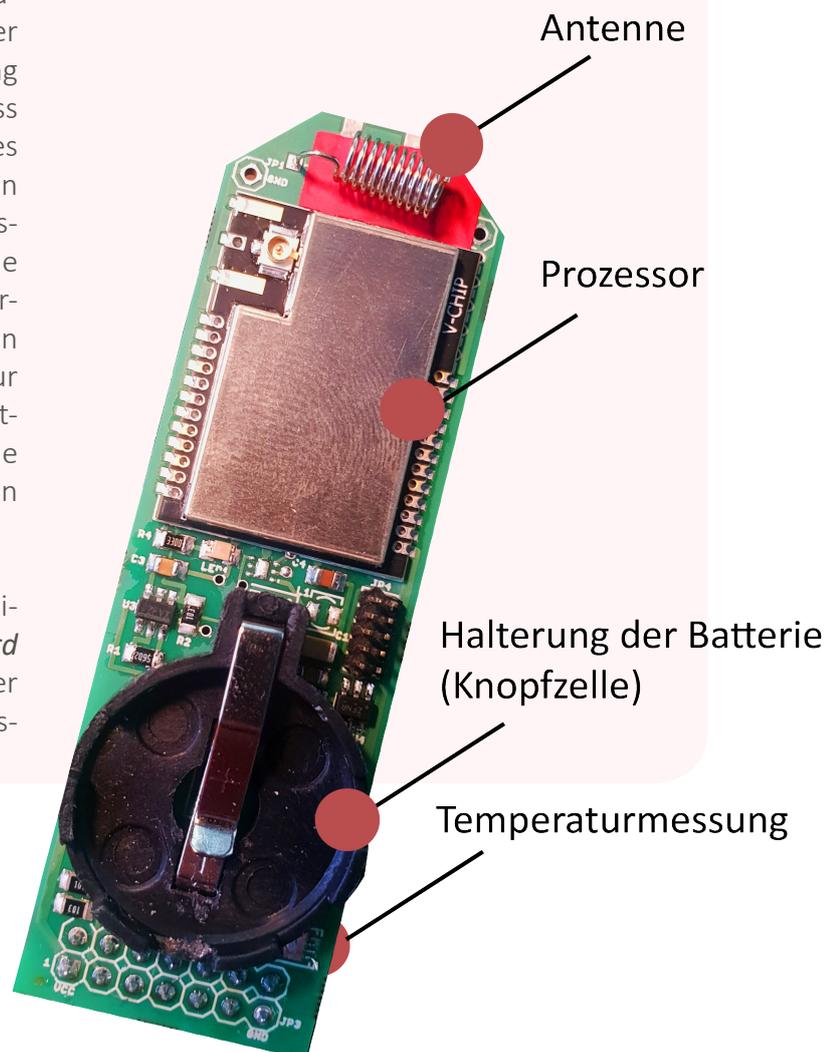
- Schimmelbefall
- Milbenbefall
- Starten der Verpuppung

Damit diese Risiken auf ein Minimum reduziert werden können und die Automatisierung weiter fortschreitet, wird in der Kultivierungsbox eine Temperaturmessung installiert. Forschungen haben ergeben, dass eine oberflächliche Messung mit Hilfe eines Infrarotgeräts nicht ausreichen. Messungen haben ergeben, dass Temperaturen im Substrat höher als an der Oberfläche sind, da die Larven sich bewegen und beim Fressen Wärme produzieren. Aber warum ist das so von hoher Bedeutung? Wenn die Temperatur zu hoch ist, verlassen die Larven das Substrat und kommen an die Oberfläche, weil sie unter Stress stehen und mit der erhöhten Temperatur nicht umgehen können.

Die Messung der Temperatur findet über einen PCB statt. Ein PCB - *Printed Circuit Board* ist ein Träger für elektronische Bauteile. Der PCB ist mit eigener Antenne, einem Prozes-

sor, einer Halterung mit Knopfzelle und einem Temperaturmesser ausgestattet.

Damit eine exakte Messung stattfinden kann, ist es von hoher Bedeutung, dass das Messgerät für die Temperatur im Substrat steckt. Zunächst wurden einige Skizzen angefertigt, die eine Aufbewahrung des PCB's im Substrat gewährleisten. Des Weiteren wurden vier Konzepte ausgewählt. Anhand dieser wurde eine Kesselringmethode und eine Morphologische Übersicht ausgearbeitet, um das Endkonzept der Temperaturmessung festzulegen.



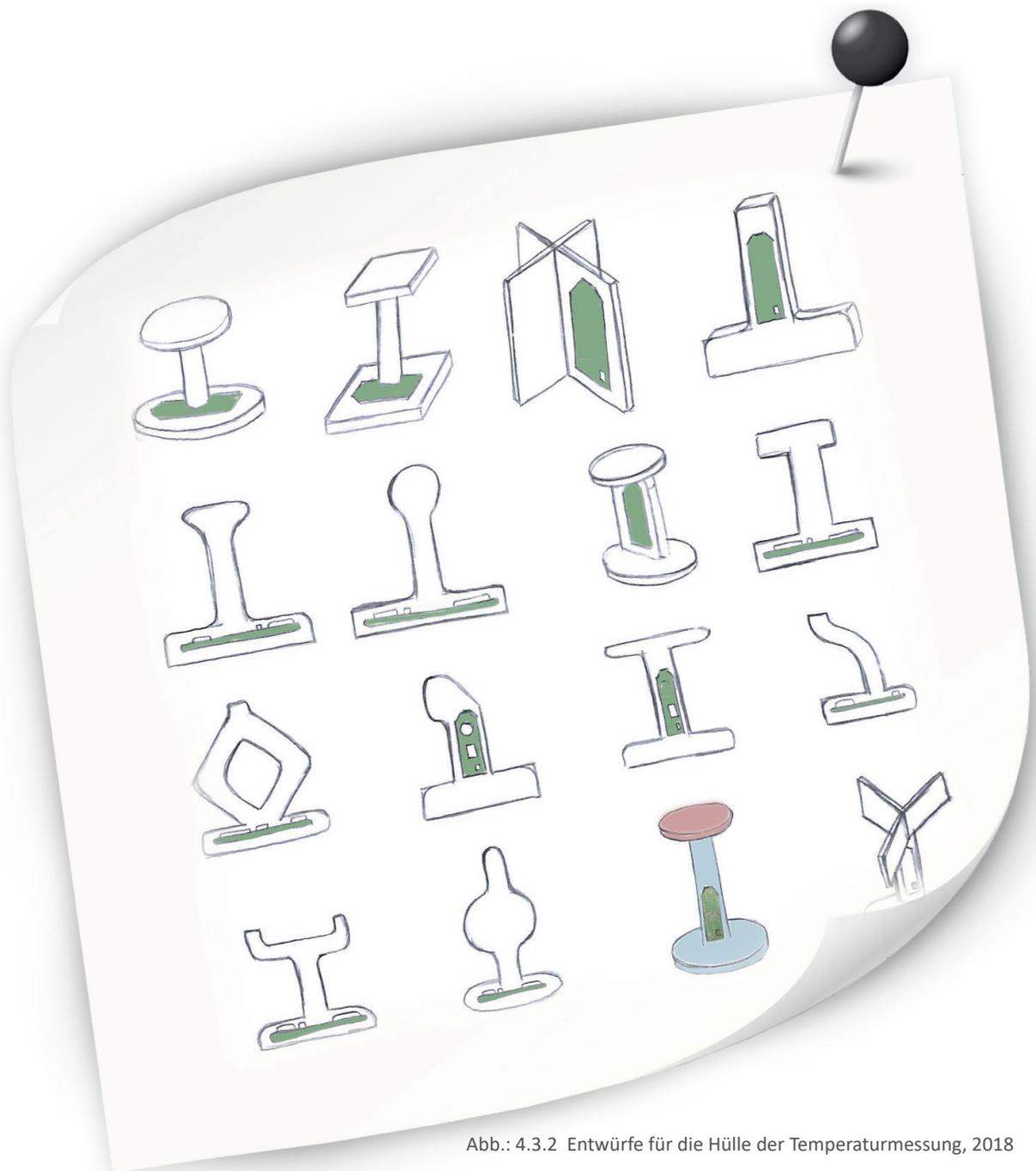
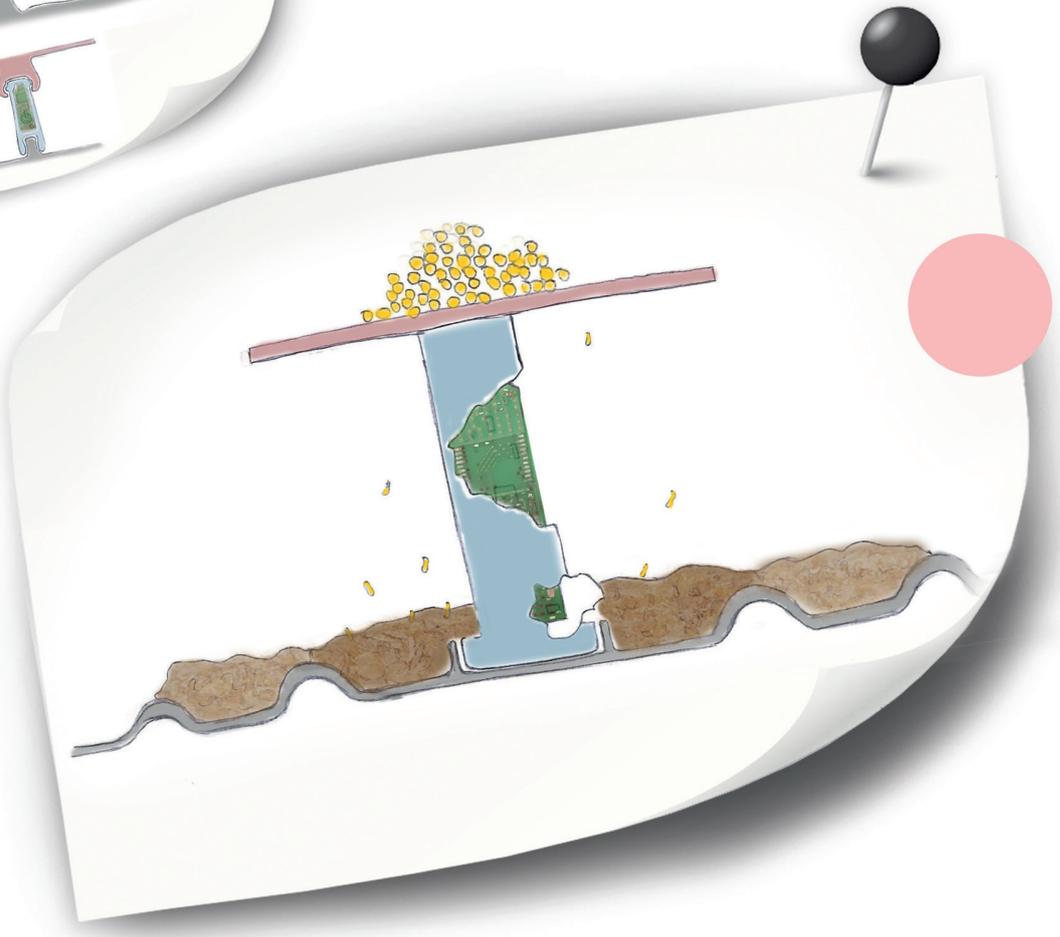
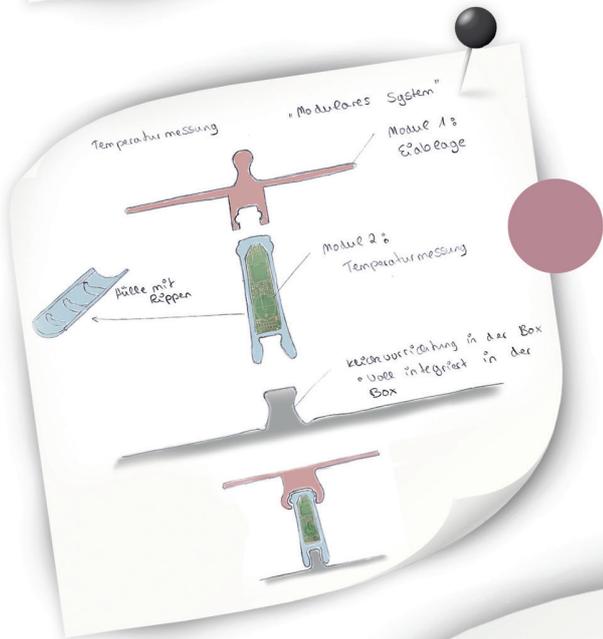
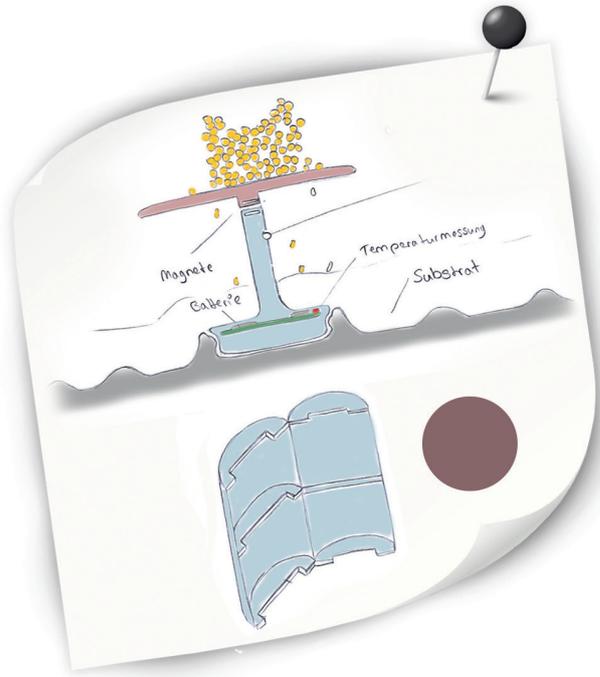
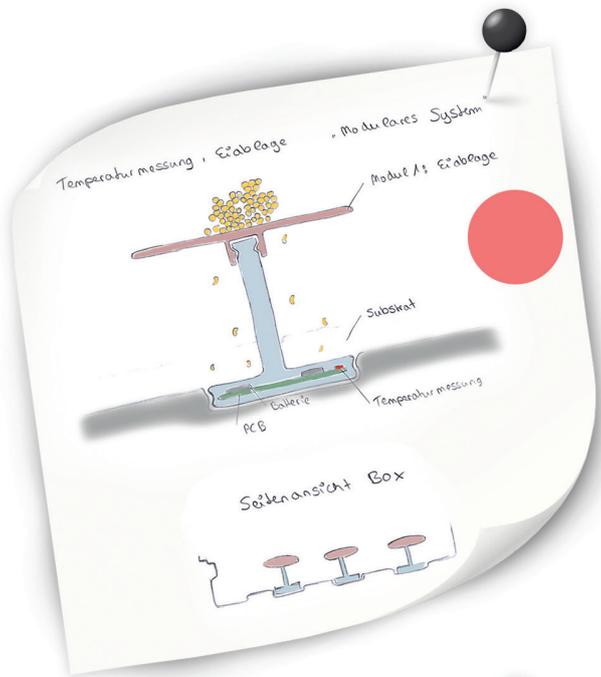


Abb.: 4.3.2 Entwürfe für die Hülle der Temperaturmessung, 2018

Konzept	Art der Temperaturmessung	
Konzept 1	PCB im Fuß verankert, Eiablage per Klickverbindung mit der Temperaturmessung verbunden	●
Konzept 2	PCB sitzt senkrecht im Kunststoffteil und wird per Klickverbindung mit der Box und mit der Eiablage verbunden	●
Konzept 3	PCB liegt Waagrecht im Fuß der Temperaturmessung, Eiablage wird mit einem Magneten mit der Temperaturmessung verbunden.	●
Konzept 4	Die Temperaturmessung wird in den Boden der Box geklickt, die Verbindung zwischen Eiablage und Temperaturmessung ist eine Wurfpassung.	●

Abb.: 4.3.3 Konzeptauswahl Temperaturmessung 2018



Kesselringmethode

Temperaturmessung

	Konzept 1	Konzept 2	Konzept 3	Konzept 4	Ideal	Gewichtsfaktor
1 Gebrauchsanforderung/Funktionen						
1.1 Verbindung zur Eiablage	4	7	2	8	10	3
1.2 Herstellungsverfahren Spritzgießen	7	7	4	9	10	3
1.3 Lage des PCB's	8	4	6	9	10	5
1.4 Temperaturmessung	9	4	6	9	10	5
1.5 Technik wird nicht nass	9	9	9	9	10	5
1.6 Einfache Konstruktion	4	4	8	8	10	3
1.7 Fixierung der Temperaturmessung	8	5	7	9	10	3
Zwischensumme	199	154	168	237	270	
Anteil in Prozent	73,71%	57,03%	62,22%	87,77%	100%	
2 Herstellungsanforderung						
2.1 Produktionsaufwand	4	3	8	9	10	4
2.2 Zeitaufwand	5	4	7	8	10	4
2.3 Menge der Einzelteile	7	7	7	7	10	3
2.4 Kosten	5	5	7	9	10	4
Zwischensumme	77	69	109	125	150	
Anteil in Prozent	51,33%	46%	72,67%	83,33%	100%	
Gesamtsumme	276	223	277	362	420	
Anteil in Prozent	65,71%	53,09%	65,95%	86,19%	100%	

Abb.: 4.3.5 Kesselringmethode Temperaturmessung, 2018

Auswahl des Konzepts

Das vierte Konzept schneidet bei den Gebrauchsanforderungen mit 87,77 % und bei den Herstellungsanforderungen mit 83,33 % am besten ab. Das vierte Konzept ist einfach aufgebaut. Die Eiablage liegt nur auf und ist mit der Temperaturmessung über eine Wurfpassung verbunden. Der Sensor der Temperaturmessung liegt direkt im Substrat und kann perfekt die Temperatur messen. Die Hülle der Temperaturmessung besteht aus Kunststoff und kann mit dem 3D-Druckverfahren hergestellt werden.

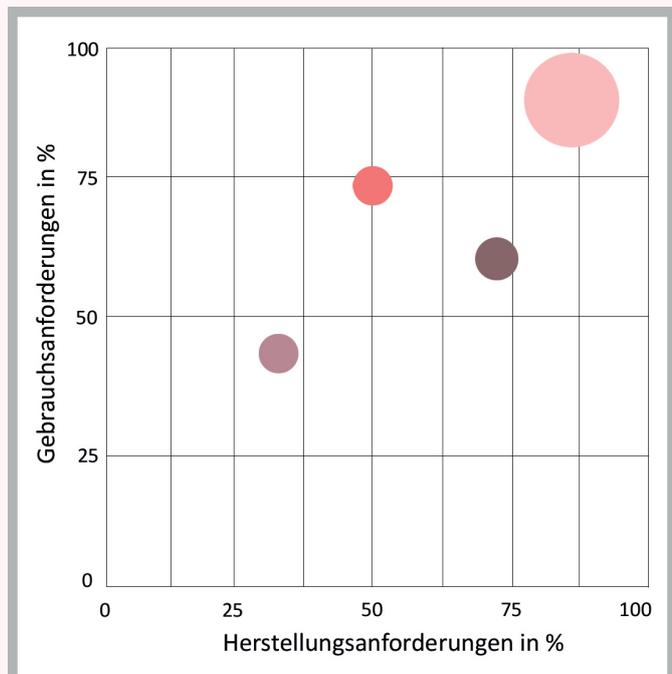


Abb.: 4.3.6 Konzeptwahl Temperaturmessung, 2018

4.3.1 Teillösungen der Temperaturmessung

Das Grundkonzept der Temperaturermittlung wurde anhand der Kesselringmethode bestimmt und festgelegt. Im nächsten Schritt wird eine morphologische Übersicht erstellt, welche die Teillösungen aufführt und eine Lösung definiert.

Temperaturmessung							
Position	Funktionen	Teilfunktionen					
1	Fixierung						
2	Position						
3	Material						
4	Grundform						
5	Struktur						
6	Verbindung der Einzelteile						
7	Herstellungsverfahren						
8	Technik						
9	Stromversorgung						

Abb.: 4.3.1.1 Morphologische Übersicht Temperaturmessung, 2018

Auswahl

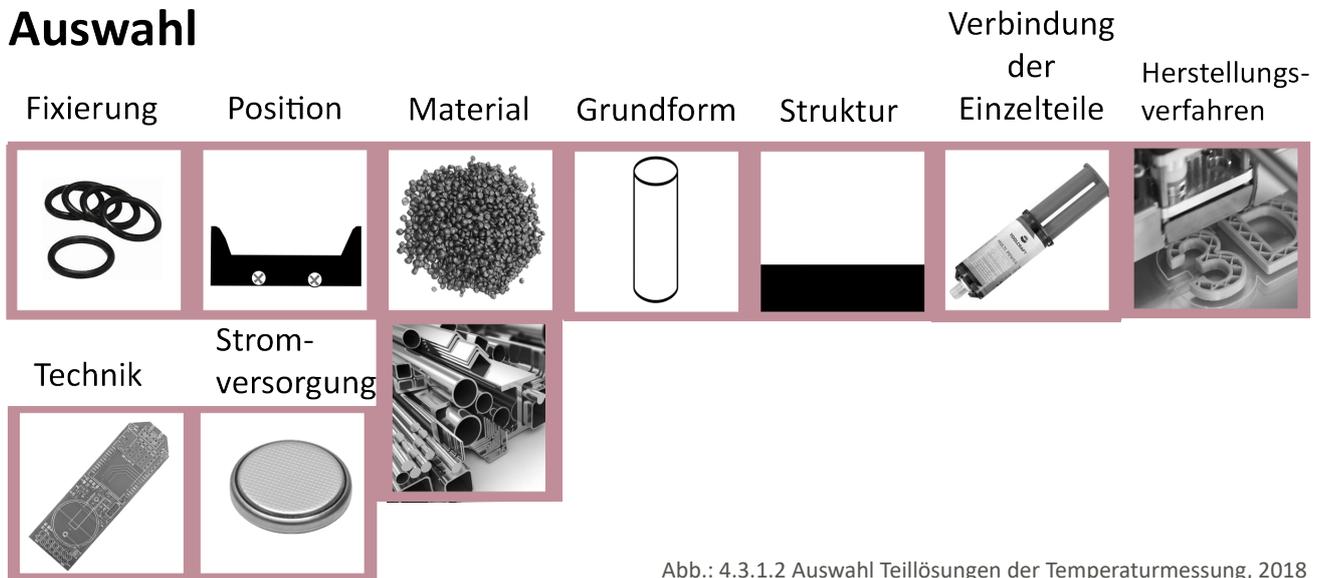


Abb.: 4.3.1.2 Auswahl Teillösungen der Temperaturmessung, 2018

Ergebnisse der Teillösungen

Die Teilfunktionen der Temperaturmessung werden klar definiert. Die Halterung der Temperaturmessung wird in der Kultivierungsbox fixiert, so dass ein Umkippen ausgeschlossen werden kann. Der PCB wird anhand einer Knopfzelle mit Strom versorgt,

steckt in einem Metallfuß und wird mit einer Kunststoffhülle verklebt. Die Form ist länglich zylindrisch. Zur Abdichtung der Technik wird zusätzlich Kleber verwendet. Der Fuß aus rostfreiem Stahl wird aus Rundmaterial gefräst.

4.4 Konzeptentwicklung der Eierbrutstätte

Für die Automatisierung der Züchtung der Schwarzen Soldatenfliegenlarve wurde ein weiterer Teil des Zyklus der Fliege betrachtet. Das Ausbrüten der Eier ist bis zum jetzigen Zeitpunkt noch sehr arbeitsaufwendig. Die Fliegen legen ihre Eier in sogenannte Eggies und diese werden über einer anderen Box auf Metallstangen positioniert. Die Larven schlüpfen nach etwa 4-5 Tagen und fallen in das Kraftfutter, welches sich in der Box unter den Eggies befindet. (Abbildung 4.4.1.)



Abb.: 4.4.1 Alte Eierbrutstätte, 2018

Die Boxen mit den Metallstangen und den Eggies nehmen viel Platz in Anspruch und können in einem Paternostersystem nicht verwendet werden. Des Weiteren ist ein zusätzlicher Raum notwendig.

Um diesen Prozess zu vereinfachen, wurde die Brutstätte für die Eier in derselben Kultivierungsbox installiert, in der auch die Larven heranwachsen. So werden viele Arbeitsschritte gespart und es wird weniger Raum benötigt. Die neue Brutstätte befindet sich direkt über dem Kraftfutter. Die Larven fallen ausschließlich in das Kraftfutter und wachsen dort in einem begrenzten Bereich zu einer Minilarve heran.

Das Konzept für die Eierbrutstätte wurde anhand der Kesselringmethode bestimmt und festgelegt. Drei Konzepte kamen in die nähere Auswahl. Eine eckige Eierbrutstätte und zwei runde mit unterschiedlicher Oberfläche. (Abbildung 4.4.2)

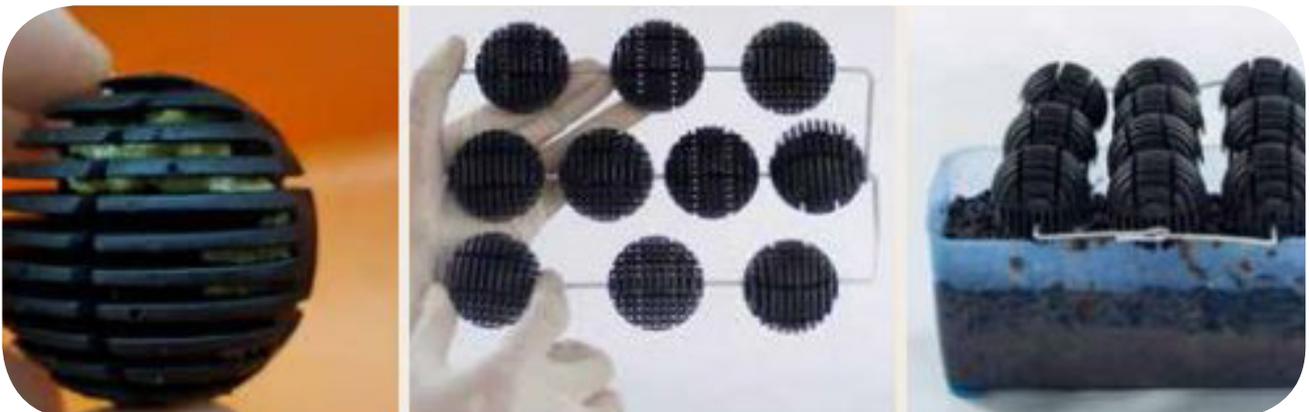


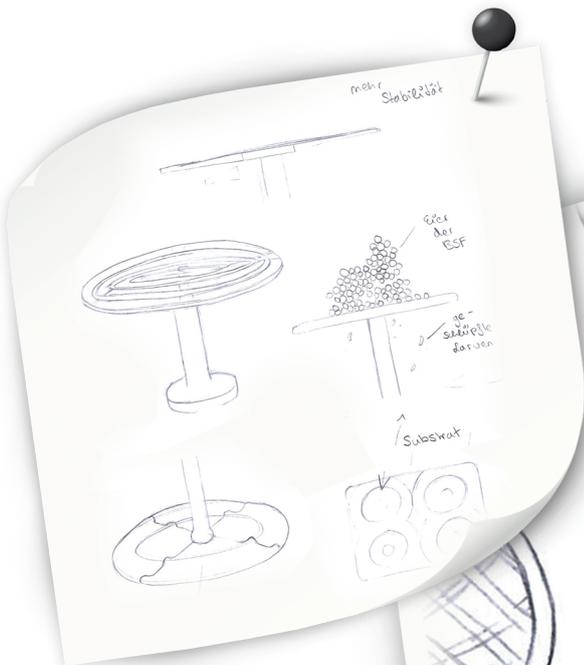
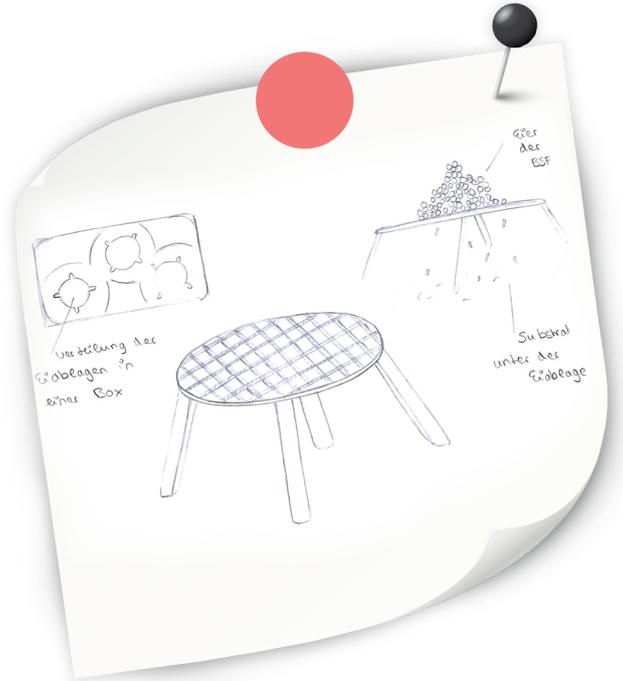
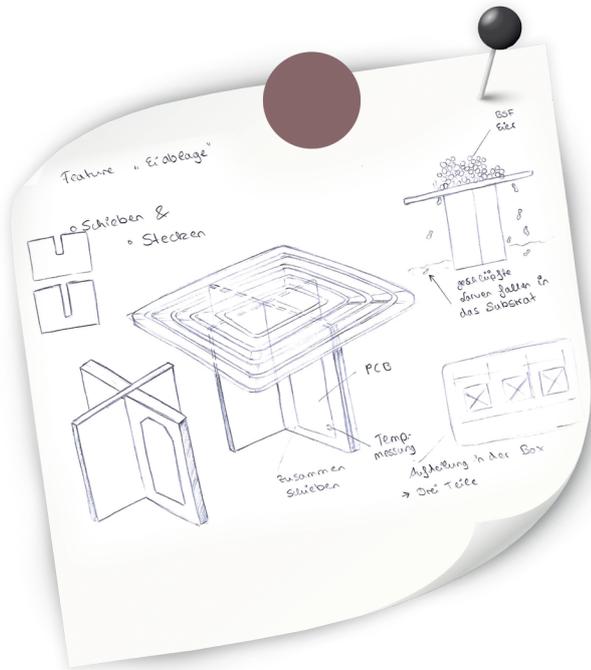
Abb.: 4.4.2 Eggies, 2018



Abb.: 4.4.3 Entwürfe Eierbrutstätte, 2018

Konzept	Art der Eiablage	
Konzept 1	Eckige Eiablage	●
Konzept 2	Runde Eiablage mit gerasterter Oberfläche und vierbeinigem Gestell	●
Konzept 3	Runde Eiablage mit kreisförmiger Oberfläche	●

Abb.: 4.4.4 Konzepte Eierbrutstätte, 2018



Kesselringmethode

Eiablage

	Konzept 1	Konzept 2	Konzept 3	Ideal	Gewichtungsfaktor
1 Gebrauchsanforderung/Funktionen					
1.1 Verbindung zur Temperaturmessung	3	1	8	10	4
1.2 Herstellungsverfahren Spritzgießen	7	7	7	10	3
1.3 Einfache Konstruktion	8	8	8	10	3
1.4 Oberflächenstruktur	7	4	8	10	5
1.5 Form	7	7	9	10	4
Zwischensumme	120	97	133	190	
Anteil in Prozent	63,16%	51,05%	70%	100%	
2 Herstellungsanforderung					
2.1 Produktionsaufwand	5	6	7	10	4
2.2 Zeitaufwand	6	7	8	10	4
2.3 Menge der Einzelteile	9	9	9	10	3
2.4 Kosten	7	7	7	10	4
Zwischensumme	99	107	115	150	
Anteil in Prozent	66%	71,33%	76,67%	100%	
Gesamtsumme	219	204	248	340	
Anteil in Prozent	64,41%	60%	72,94%	100%	

Abb.: 4.4.6 Kesselringmethode Eierbrutstätte, 2018

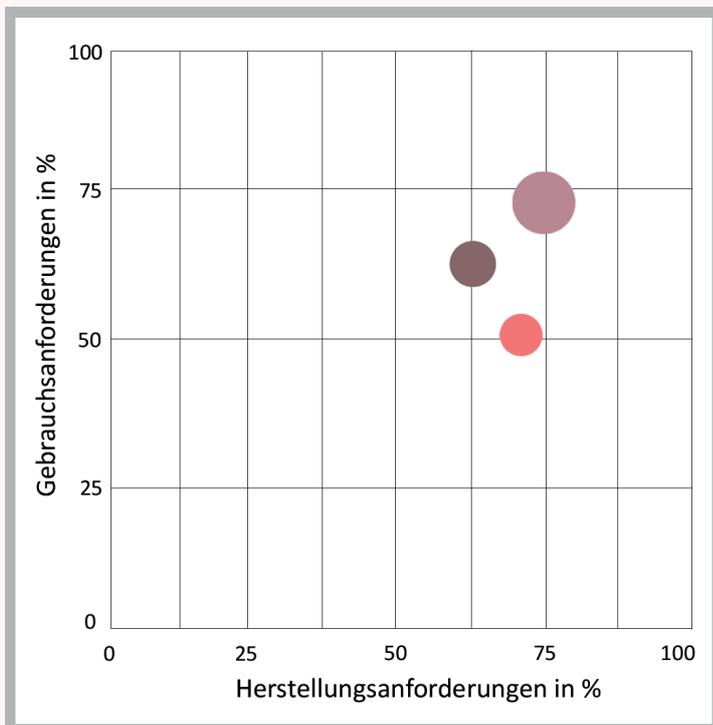


Abb.: 4.4.7 Konzeptauswahl Eierbrutstätte, 2018

Auswahl des Konzepts

Das Konzept wurde mit Hilfe der Kesselringmethode konkretisiert und festgelegt. Bewertet wurden Gebrauchs- und Herstellungsanforderungen, die wiederum in wichtige Funktionen unterteilt wurden. Das dritte Konzept hat mit 72,94 Prozent am besten abgeschnitten.

4.4.1 Teillösungen der Eierbrutstätte

Nach der Kesselringmethode wird im nächsten Schritt eine Morphologische Übersicht erstellt, welche die Teillösungen aufführt und eine Lösung definiert.

Eierbrutstätte							
Position	Funktionen	Teilfunktionen					
1	Fixierung						
2	Position						
3	Material						
4	Grundform						
5	Reinigung						
6	Verbindung der Einzelteile						
7	Herstellungsverfahren						
8	Trennung von Temperaturmessung						

Abb.: 4.4.1.1 Morphologische Übersicht Eierbrutstätte, 2018

Auswahl

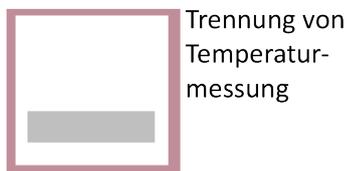
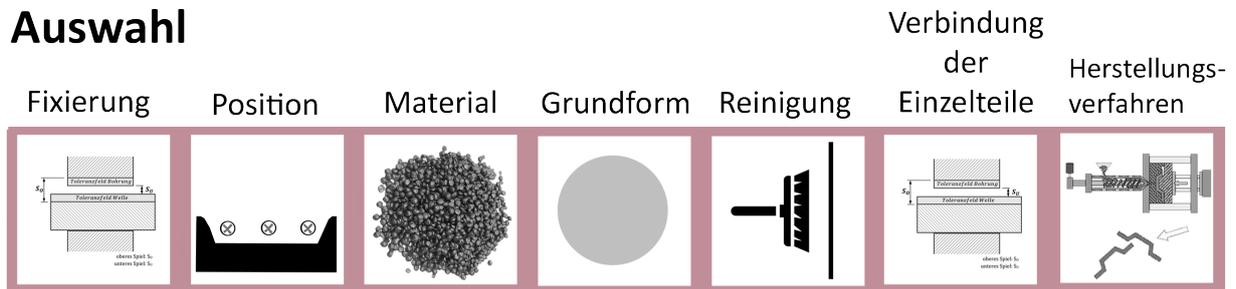


Abb.: 4.4.1.2 Auswahl Eierbrutstätte, 2018

Ergebnisse der Teillösungen

Die Teilfunktionen der Eierbrutstätte ergeben die nachfolgenden Lösungen. Da die Eiablage auf der Halterung der Temperaturmessung positioniert wird und nur aufgelegt werden muss, reicht eine Wurfpassung aus. So besteht die Möglichkeit, maschinell oder von Hand die Eiablage, nachdem die Larven geschlüpft sind, ohne weiteres zu entfernen.

Die Position der Eierbrutstätte ist über der Temperaturmessung. Als Herstellungsverfahren wird das Spritzgießen ausgewählt, dementsprechend kommt der Kunststoff PE-HD auch hier zum Einsatz. Die Grundform ist rund und die Reinigung funktioniert über eine sich drehende runde Reinigungsbürste.

4.5 Lösungen der Konzeptentwicklung

Die Bewertungsmethoden Morphologischer Übersicht und Kesselringmethode, sind auf die drei Konzepte des Kultivierungssystems angewandt worden und die Anforderungen an das Produkt haben sich konkretisiert. Die Morphologische Übersicht hat neue Ideen und Teillösungen geliefert. Im nächsten Schritt werden die ausgewählten Konzepte erneut analysiert und auf die Anforderungen geprüft. Darüber hinaus wurden erste Konzepte in Solidworks nachgebaut und weiterentwickelt, um im nächsten Schritt weitere Selektionen vorzunehmen.

Der erste Konzept ist eine Kultivierungsbox bestehend aus drei Teilen. Die Temperaturmessung wird dabei im Boden fixiert. Die Erhöhungen im Boden sind Halterungen für eine weitere Bodenplatte. Darüber hinaus verfügt diese Box über eine Larventreppe, welche das eigenständige Ernten der Larven zum Vorteil hat. Die Larven werden über den Fuß der Kultivierungsbox in ein anderes Gefäß geleitet. Diese Kiste ist allerdings schwierig herzustellen und die Füße nehmen zu viel Platz in Anspruch. Der PCB ist schlecht positioniert und könnte Feuchtigkeit aufnehmen.

Das zweite Konzept ist ein modulares System, welches ein Regalsystem beinhaltet. Die Temperaturmessung wird im Regal eingeklickt und die Kultivierungsbox eingeschoben. Zwischen Box und Temperaturmessung ist eine Schicht Kunststoff, welche die Wärme nur schlecht leitet. Das System ist durch die vielen Einzelteile recht teuer, auf Grund der aufwendigen Produktion.

Das dritte Konzept ist sehr schlicht gehalten und kantig. Diese Box verfügt über vier verschiedene große Ringe. Diese Ringe dienen der Fütterung der Larven in den ersten 4-5 Tagen. Die Herstellung mit dem Verfahren

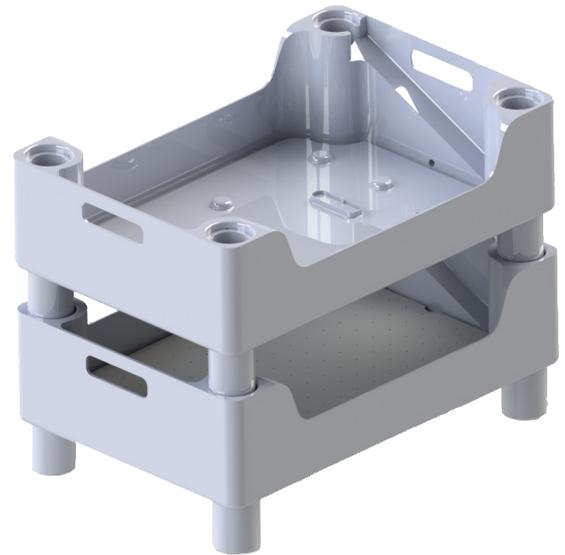


Abb.: 4.5.1 Konzept 1, 2018



Abb.: 4.5.2 Konzept 2, 2018



Abb.: 4.5.3 Konzept 3, 2018



Abb.: 4.5.4 Konzept 4, 2018

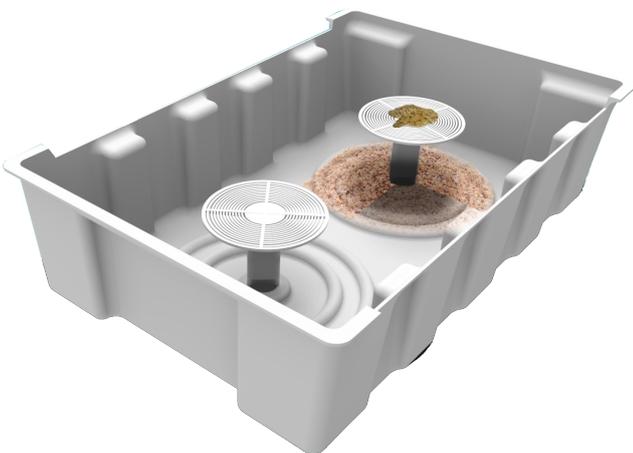


Abb.: 4.5.5 Konzept 5, 2018

Thermoformen wäre möglich, allerdings weisen die Wände eine mangelhafte Stabilität auf.

Beim vierten Konzept wurde darauf geachtet, dass die Wände stabiler werden. Eine Stapelung ist jedoch nicht möglich. Des Weiteren wurden vier Futterringe auf drei reduziert. In der Mitte der Ringe ist eine Halterung für ein Temperaturmessgerät. Das hätte den Vorteil, dass die Temperaturmessung in die Box geklickt wird, vor Feuchtigkeit geschützt ist und eine Halterung für eine Eierbrutstätte aufgelegt werden könnte. Problematisch wird das Anheben der Box, weil die Einkerbungen zu schmal sind.

Das vierte Konzept wurde im fünften weiterentwickelt. Die Wände sind durch seine Wölbungen zusätzlich verstärkt worden. Außerdem wurde eine Temperaturmessung integriert, welche die Möglichkeit vorsieht, eine Eierbrutstätte zu positionieren.

Nach der gründlichen Analyse und der Besprechung im GreenTechLab Team, stellte sich heraus, dass das fünfte Konzept ein großes Potenzial bietet. Die Kultivierungsbox weist eine gewisse Stabilität und Drehstapelbarkeit auf.

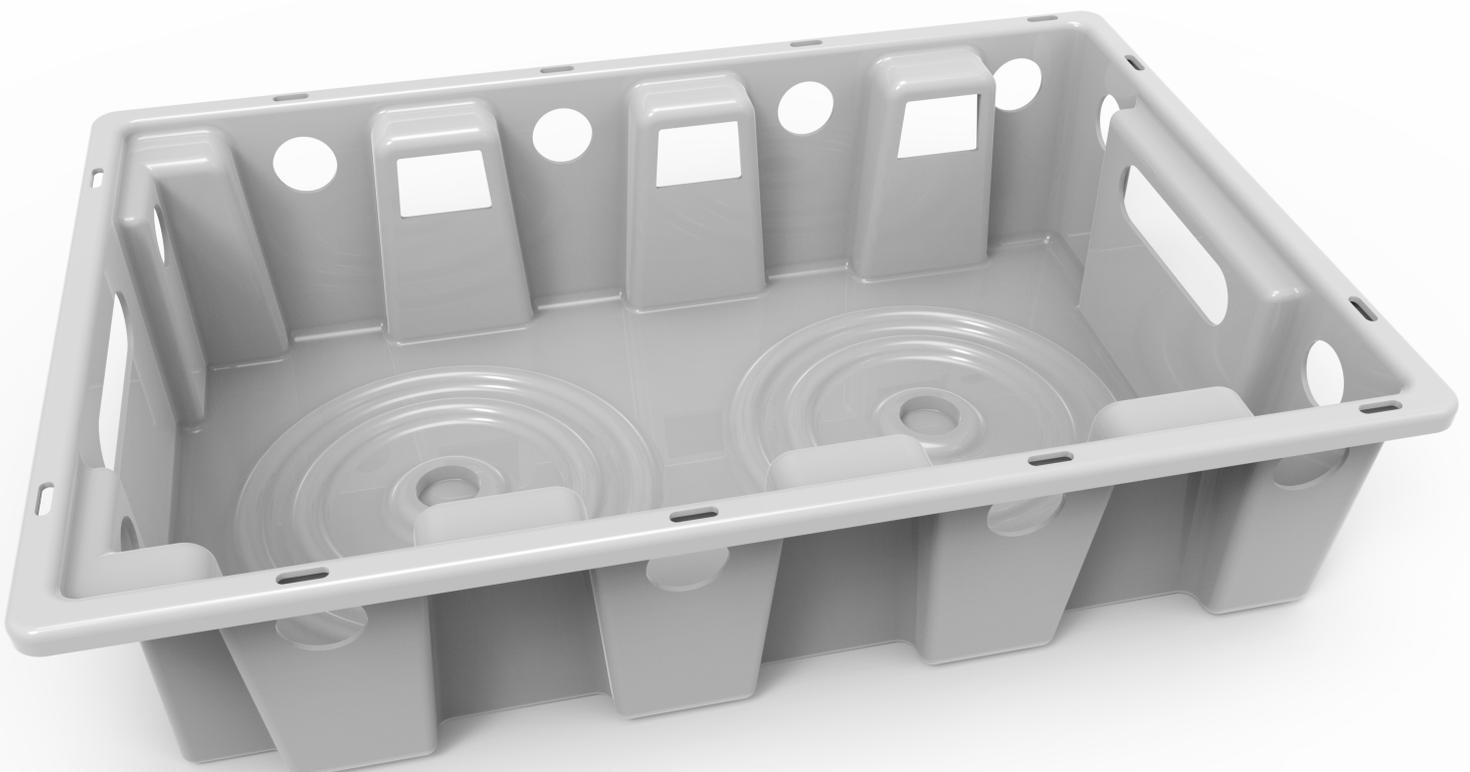
4.6 Weiterentwicklungen und endgültiges Konzept

Die Konzeptgrundlagen liefern die Lösung des finalen Konzept: Das modulare Kultivierungssystem. Unter Berücksichtigung der Voruntersuchungen hat sich eine deutliche Formsprache entwickelt. Die Kultivierungsbox als modulares System beinhaltet einen PCB mit einem Temperatursensor, welcher senkrecht in die Box eingefügt und fixiert wird, umgeben von einer Hülle. Diese Hülle ermöglicht die Installation einer Eierbrutstätte.

"Die Form folgt der Funktion."

Dieser Leitsatz bestimmt das Design der Kultivierungsbox. Die Funktionen dieser stehen in Bezug auf die Wichtigkeit weit über dem Design der Box. Wichtige Funktionen der Box sind die Stabilität und die Belüftung dieser. Erhöhungen und Vertiefungen dienen

der Stabilität. Um eine gute Stabilität zu erreichen ist bei der Anforderung, die Box im Thermoformverfahren herzustellen, eine Herausforderung. An den Seiten können keine zusätzlichen Streben eingebaut werden, die für weitere Stabilität sorgen. Auf Grund dessen muss die Stabilität auf eine andere Weise erreicht werden. Vertiefungen und Erhöhungen bestimmen das Design der Box und sind die Lösung für eine gute Stabilität. In diesen Vertiefungen sind Löcher angebracht, die zur Belüftung dienen. Vier große Kreise dominieren den Innenraum der Box. Es handelt sich um spezielle Futterbereiche, die einerseits die Stabilität der Box um ein Vielfaches erhöhen und andererseits eine Begrenzung für Futterregionen darstellen, die in den ersten 4-5 Tagen der Aufzucht der Larve von hoher Bedeutung sind.



4.7 Fazit der Konzeptentwicklung

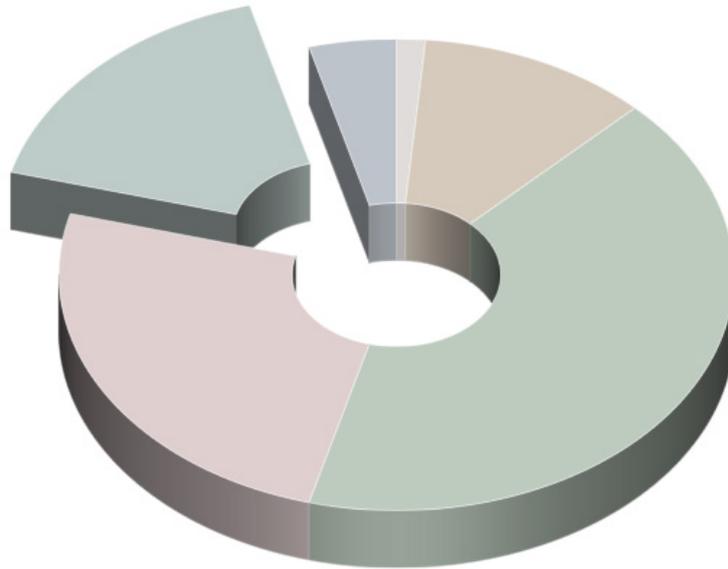
Die Entwicklung des Endkonzepts war eine große Herausforderung. Die Insektenzucht steht erst in den Startlöchern und die Forschungen und Erkenntnisse rund um die Aufzucht der Larven entwickeln sich stetig weiter.

Um auf die zentrale Frage aus dem zweiten Kapitel "Wie ist es möglich, ein Kultivierungssystem zu entwickeln, welches nicht nur den Anforderungen der Larve der Schwarzen Soldatenfliege gerecht wird, sondern auch Arbeitsprozesse verkürzt

und erleichtert, eine Temperaturmessung beinhaltet und über eine Minibrutstation verfügt?" zurück zu kommen, wurde diese mit dem finalen Konzept beantwortet. Das Kultivierungssystem ist den Anforderungen der Larve der Schwarzen Soldatenfliege gerecht geworden und darüber hinaus werden Arbeitsschritte erleichtert und verkürzt. Die Temperaturmessung findet an zwei Stellen statt und kann über einen PC regelmäßig ausgelesen werden. Zusätzlich dient die Hülle dieser, als Halterung für die Eierbrutstätte.



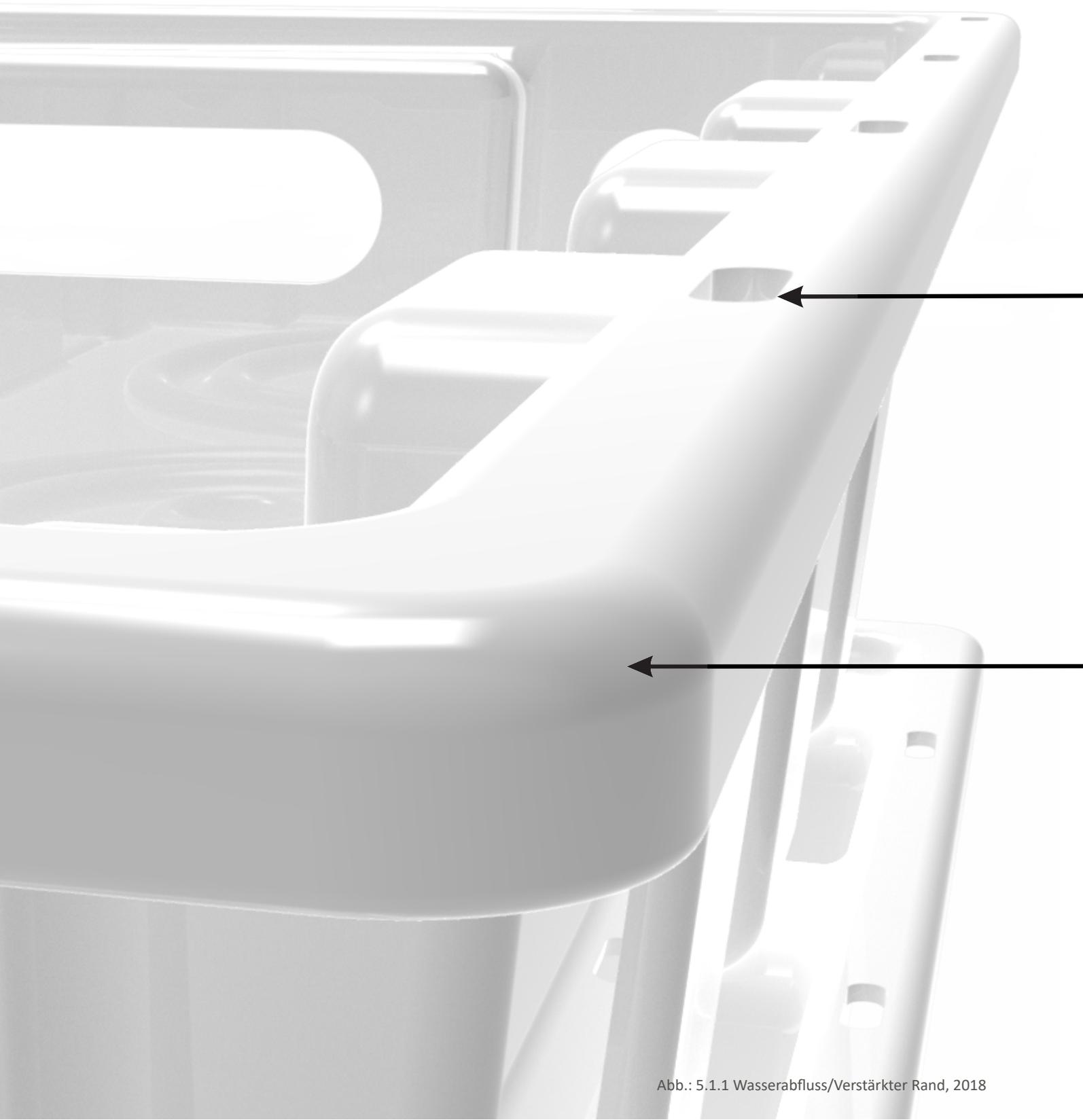
Abb.: 4.7.1 Endgültiges Konzept - Temperaturmessung/Eierbrutstätte, 2018



05 Ergebnisse

- 5.1 Anforderungen an die Box
- 5.2 Herstellung der Box durch Thermoformen
- 5.3 Heizzeit des Halbzeugs
- 5.4 Anbringung der Löcher
- 5.5 Vorrichtung für Etiketten
- 5.6 Anwendungsbeispiele
- 5.7 Anforderungen an die Temperaturmessung
- 5.8 Herstellung der Temperaturmessung mit 3D-Druck
- 5.9 Herstellung der Eierbrutstätte durch Spritzgießen
- 5.10 Prototyping
- 5.11 Nutzerszenario

5.1 Anforderungen an die Box



Wasserabfluss

Die Hygiene der Kultivierungsboxen ist ein wichtiger Gesichtspunkt. Da die Larven in diesem Kreislauf über das Futtermittel der Fische wieder zum Menschen zurückkehren, ist es wichtig Hygienevorschriften einzuhalten. Damit keine Wasseransammlungen an überstehendem Material zustande kommen, wurden rundherum Abflusslöcher angebracht. So kann die Box ohne Probleme die Waschstraße passieren und lagert nach der Säuberung kein überflüssiges Wasser ein. Dieses Merkmal ist für den Benutzer von Kistenspülmaschinen von hoher Bedeutung. Kisten, die viel Wasser einlagern, erfordern mehrere Arbeitsschritte, da sie von Hand umgedreht werden müssen, damit das Wasser ablaufen kann.

Verstärkter Rand

Da beim Herstellungsverfahren des Thermoformens keine Streben und Rippen integriert werden können, ist es wichtig auf andere Weise Stabilität herzustellen. Damit die Kultivierungsbox über eine gute Stabilität verfügt und angehoben werden kann, wurde der obere Rand der Box umgeschlagen und dadurch verstärkt.

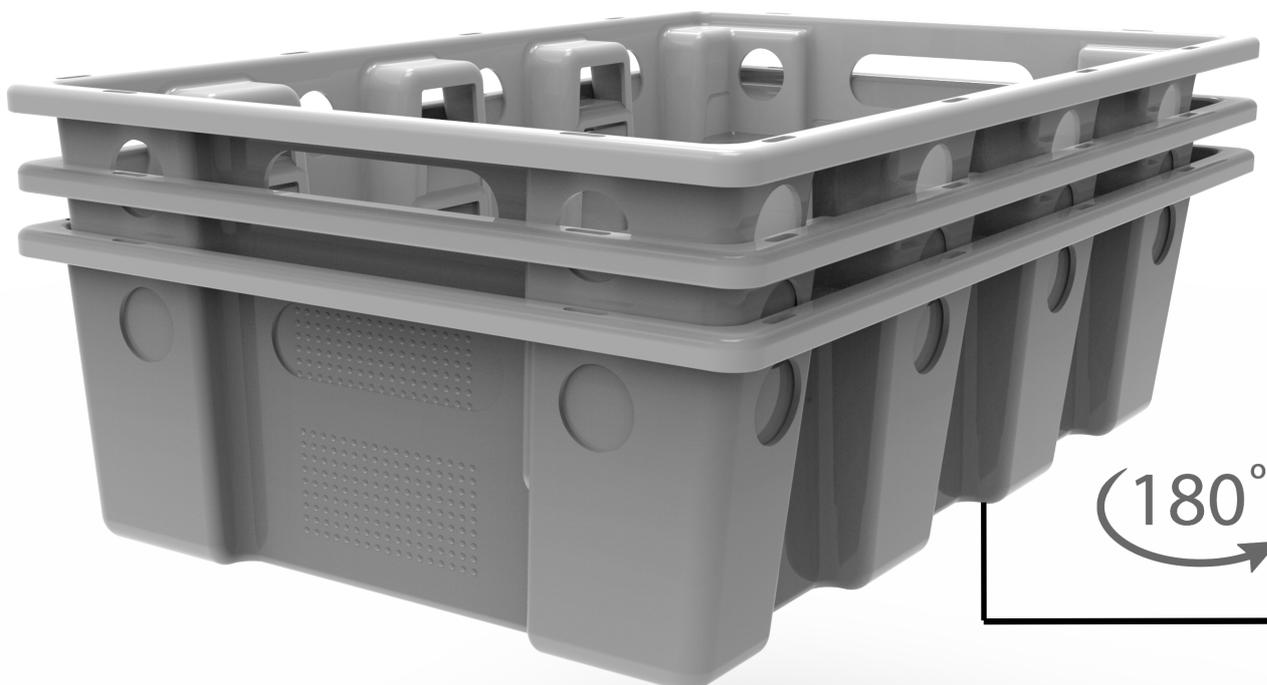
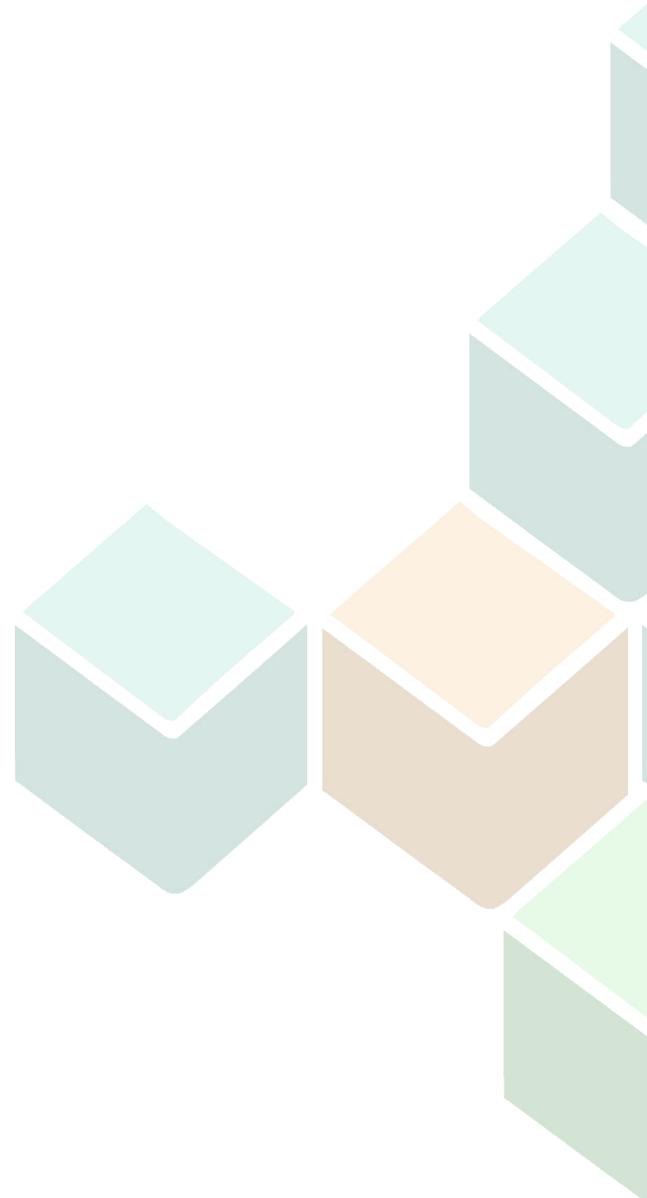


Stapelung der Kultivierungsbox

Die Kultivierungsbox für die Schwarze Soldatenfliegenlarve ist nicht nur ineinander sondern auch aufeinander stapelbar. Die Symmetrie der Box wurde ungleich gestaltet, auf Grund dessen ist die Box in zwei Varianten stapelbar. Im Nachfolgenden werden die zwei Stapeltypen aufgeführt und näher erklärt:

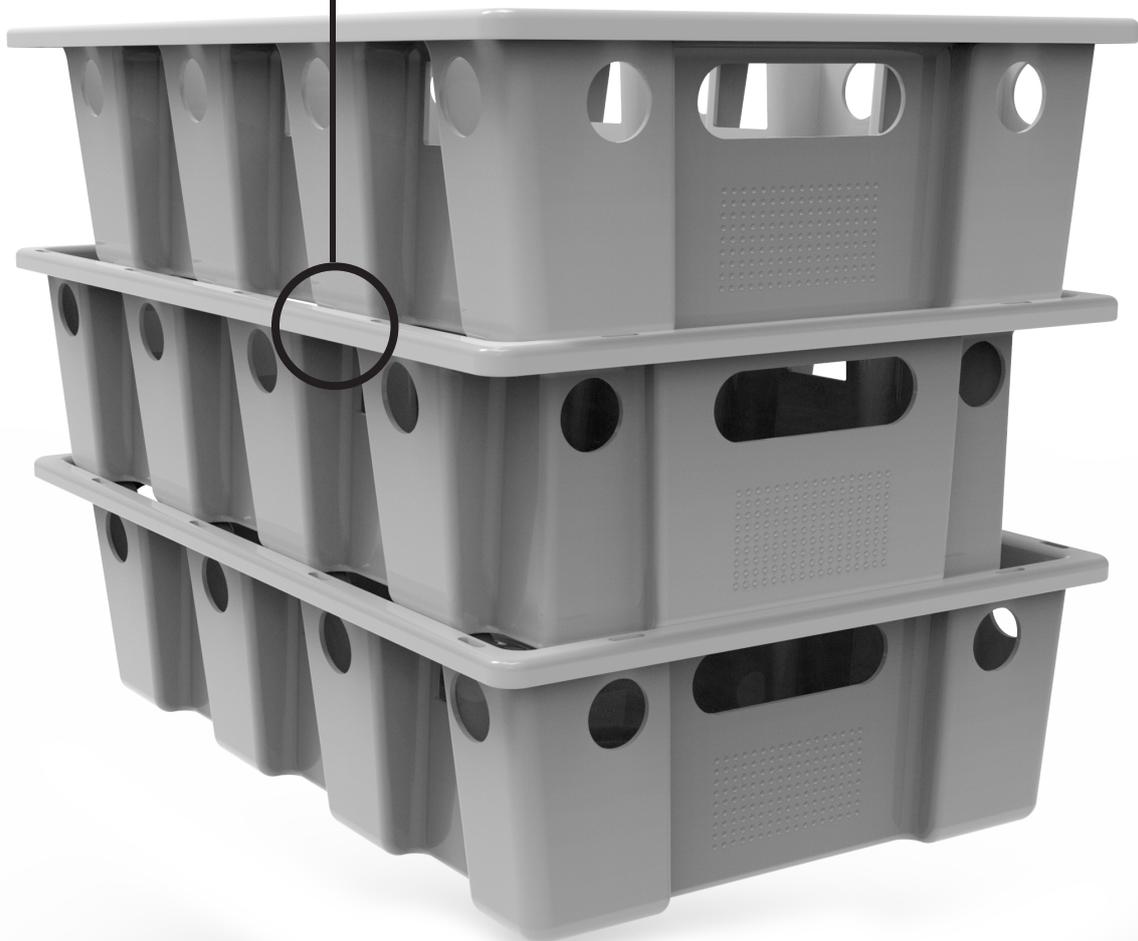
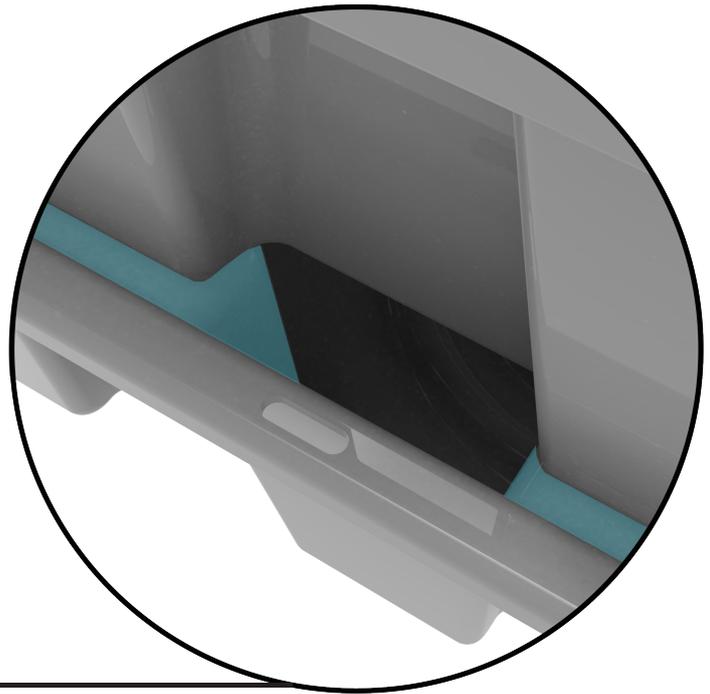
Stapelung ineinander

Das Stapeln ineinander, macht die ungleiche Symmetrie der Box möglich. Man nennt diese Funktionen auch Drehstapelbarkeit. Das besagt, dass die Kultivierungsbox horizontal um 180° gedreht werden muss, um ineinander stapelbar zu sein. Durch diese Stapelung kann bis zu $\frac{2}{3}$ Platz bei der Lagerung und Logistik eingespart werden.



Stapelung aufeinander

Die Kultivierungsbox verfügt an den langen Seiten über vier Auflageflächen. Diese Auflageflächen machen das Stapeln von weiteren Boxen möglich. An den kurzen Seiten sind weitere Auflageflächen, welche die Box zusätzlich fixieren. In einem Stapelsystem kann diese Stapelung bei der Aufzucht der Larven verwendet werden.

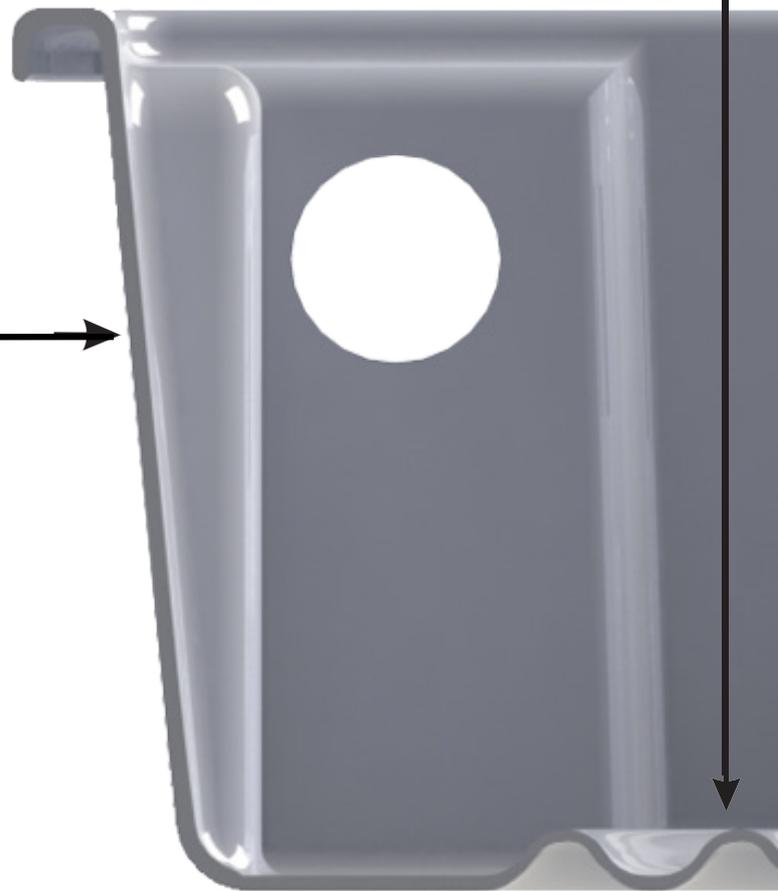


Keine Ecken und Kanten

Ein großer Vorteil des Thermoformens sind die Rundungen, die während des Prozesses entstehen. Da die Hygiene eine wichtige Rolle spielt, sind Rundungen die optimale Lösung. Eine Kultivierungsbox ohne Ecken und Kanten ist viel einfacher zu reinigen.

Verstärkter Boden durch Ringe

Der Boden der Kultivierungsbox wurde mit mehreren Ringen versehen. Zum einen haben sie die Funktion, in den ersten Tagen die Minilarven der Schwarzen Soldatenfliege einzugrenzen und die Aufzucht dieser auf eine kleine Fläche zu begrenzen, zum anderen verleiten sie der Kultivierungsbox eine bessere Bodenstabilität.

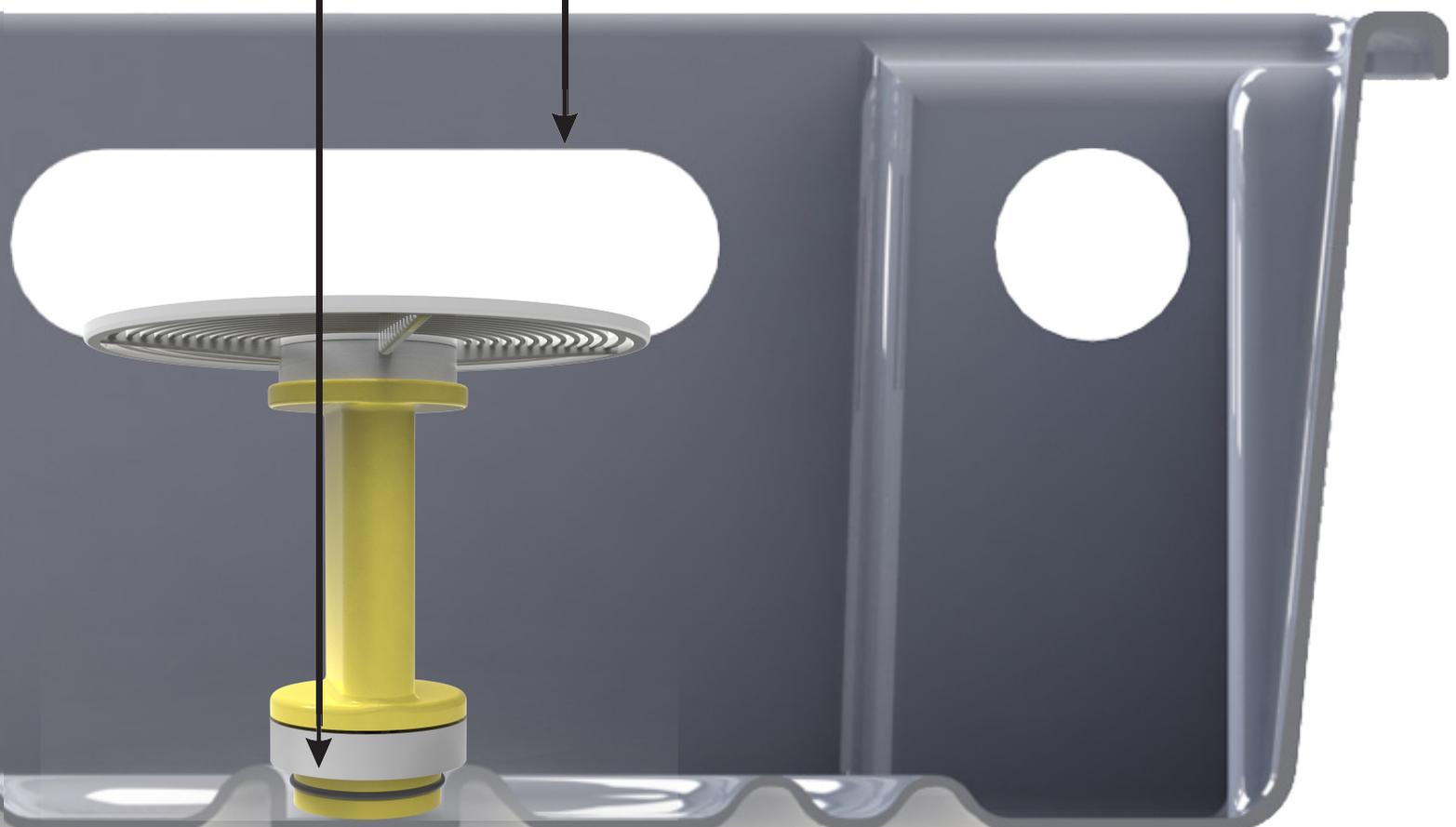


Befestigung der Temperaturmessung

Die Messung der Temperatur findet über einen Temperatursensor statt, welcher von einem wasserfesten Gehäuse ummantelt ist. Dieses Teil wird mit Hilfe von einem O-Ring in der Box fixiert. Darüber hinaus, dichten O-Ringe zusätzlich ab und verhindern das Eindringen der Larve.

Anheben der Box

Damit die Box problemlos angehoben werden kann, sind an den kurzen Seiten zwei längliche Öffnungen entstanden. Mit Handschuhen wird die Box an dieser Stelle umfasst und ein Teil der Hand verschwindet dabei in der Kultivierungsbox.





Farbe Grau

Die Farben der Kisten im Bereich der Insektenindustrie sind sehr unterschiedlich. Ein Mix aus hell und dunkel. Beim Marktresearch fällt auf, dass im Allgemeinen ein Großteil der Kisten die Farbe Grau aufweisen. Die Larven verhalten sich in Weißen, Grauen und Schwarzen Kisten gleich, auf Grund dessen geht man davon aus, dass die Farbe keinen Einfluss auf die Larve der Schwarzen Soldatenfliege hat.



Abb.: 5.1.5 Aktuelle Boxenfarben, 2018

Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es keine Forschungen darüber, dass Larven auf bestimmte Farben anders reagieren. Weiße Kisten haben den Vorteil, dass Drecksrückstände nach

dem Waschen schnell gesehen werden können, allerdings vergilben sie schnell. Schwarze Kisten sind in Bezug auf die Hygiene eher ungeeignet, da Rückstände schwer erkennbar sind. Graue Kisten werden in der Industrie am häufigsten verwendet und erfüllen die Voraussetzungen, auf Grund dessen fällt die Wahl auf ein helles Grau.

Kunststoff PE-HD als Materialauswahl

Der Kunststoff PE-HD ist einer der Kunststoffe, die am häufigsten beim Thermoformen verwendet werden. Vor allem Lebensmittelbehälter werden aus diesem Material hergestellt. Das Material ist sehr stabil und widerstandsfähig und kann auf Grund der hohen Reißfestigkeit in sehr dünnen Stärken produziert und verarbeitet werden.

Ebener Boden

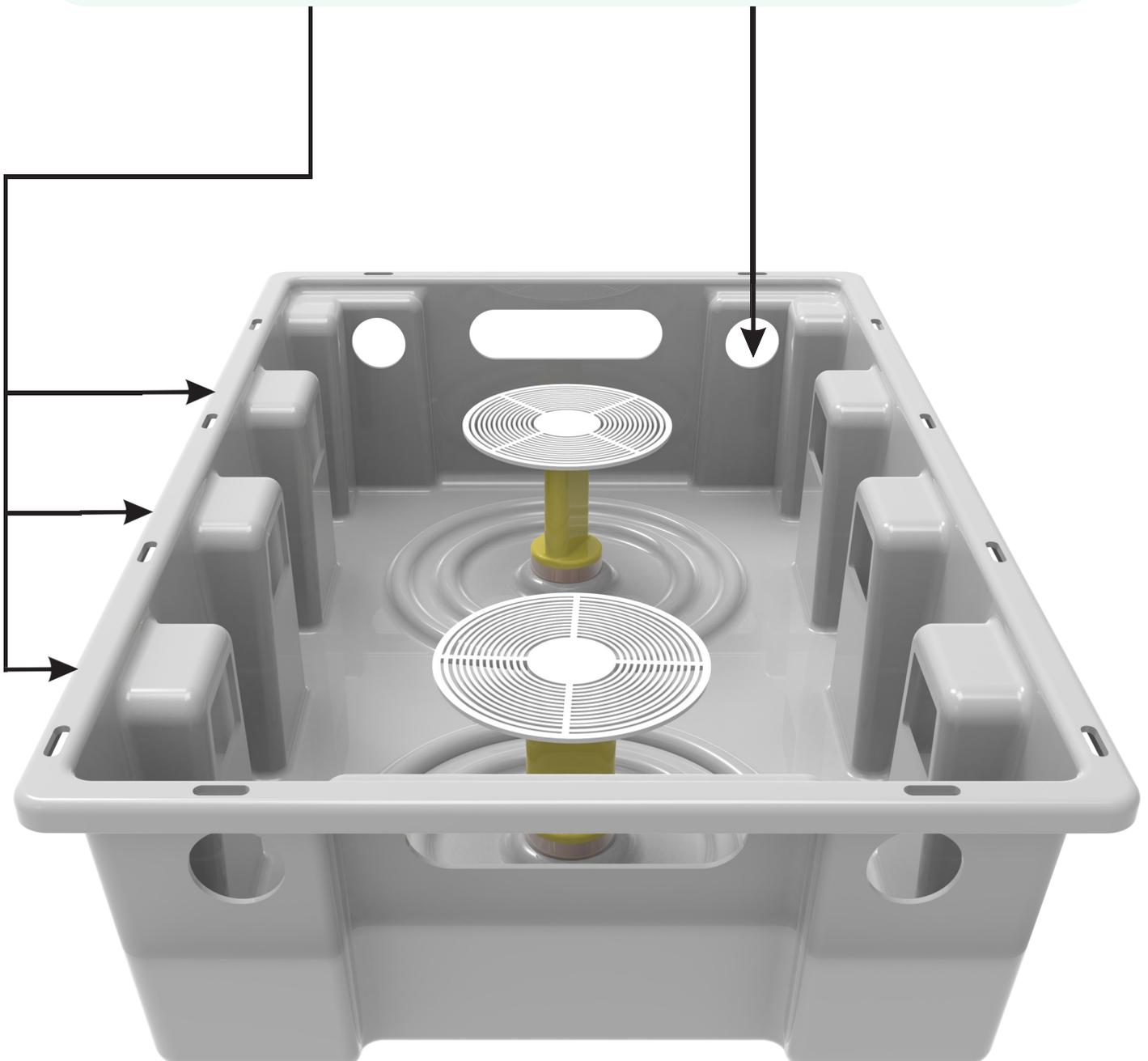
Die Kultivierungsbox verfügt über einen ebenen Boden, der optimal für die Automatisierung ausgelegt ist. Dieser ist an der Unterseite durchgängig glatt und kann problemlos über ein Roll- oder Fließband geschoben werden.

Belüftungslöcher

Damit ein stetiger Luftaustausch stattfinden kann, ist die Anbringung von Lüftungslöchern von hoher Bedeutung. Je mehr Luft in die Kultivierungsbox einströmen kann, desto besser. Die Luftfeuchtigkeit hängt allerdings auch vom Futter ab. Nicht gut abgestimmtes sehr nasses Futter, produziert mehr Luftfeuchtigkeit.

Runde Belüftungslöcher

Die runden Belüftungslöcher sind darüber hinaus wichtig für das Paternostersystem. Über diese Löcher findet ein regelmäßiger Luftaustausch statt, in dem Luft durch die Box geleitet wird.

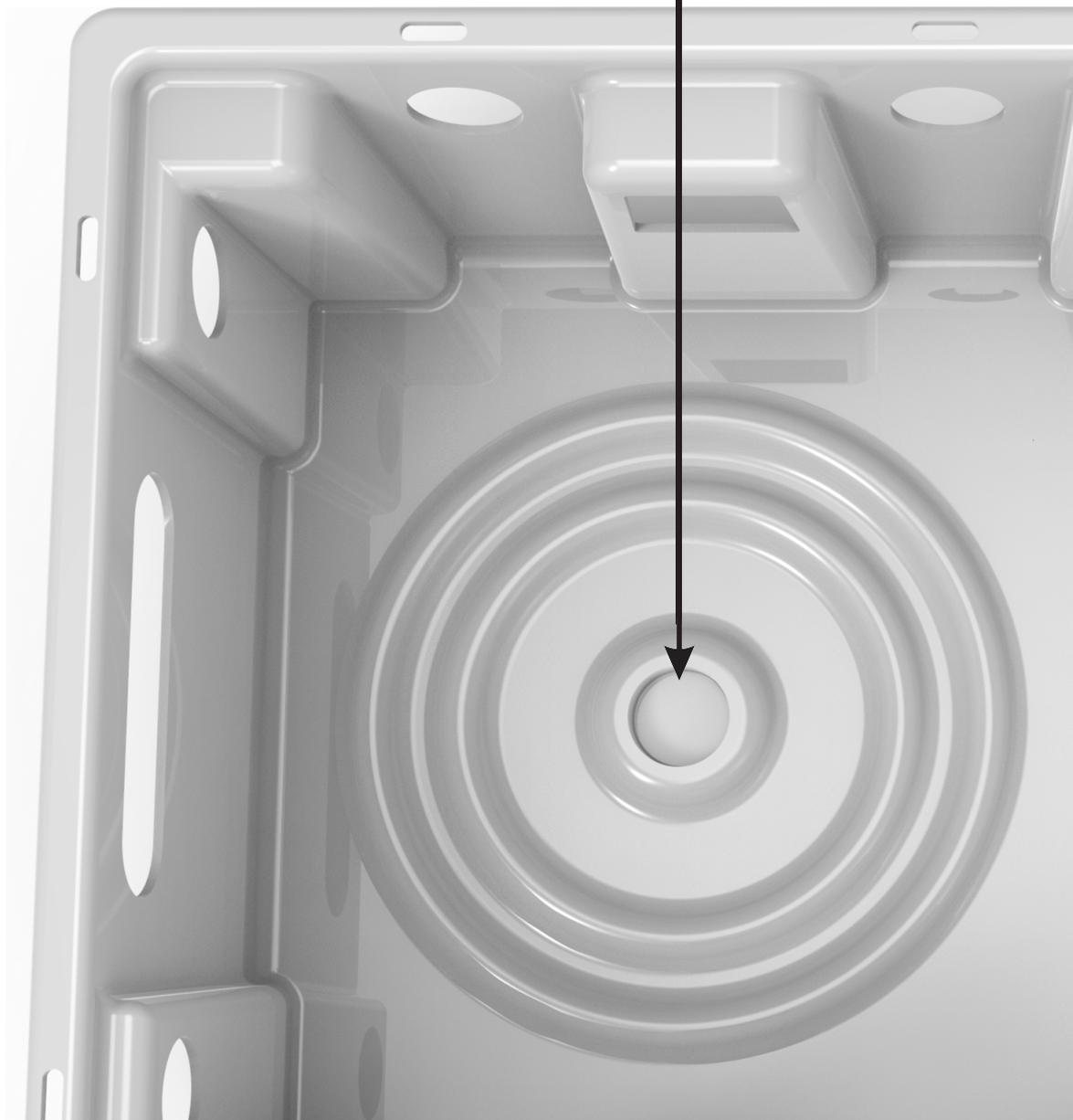


Futerringe: Anfangsstadium der Mini-Larve

Der Boden der Kultivierungsbox ist in mehrere runde Bereiche aufgeteilt. Diese Ringe dienen zum einen der Stabilität, zum anderen dienen sie als Futerringe. Die einzelnen Ringe unterscheiden sich in ihrer Funktion wie folgt:

Innerer Ring

Die mittige Vertiefung ist 10 mm tief und hat einen Durchmesser von 35 mm. Diese Vertiefung dient der Fixierung der Temperaturmessung. Über dieser Fixierung befindet sich die Temperaturmessung, die über eine integrierte Platte aus rostfreiem Stahl gemessen wird.



Mittiger Ring

Der mittlere Ring hat einen Durchmesser von 135 mm. Über diesem Ring ist die Eierbrutstelle positioniert, welche es den geschlüpften Larven ermöglicht, direkt in das Minilarven-Anzuchtfutter zu fallen. Damit die Minilarven schnell Nahrung aufnehmen und zur Larve heranwachsen, befindet sich in der ersten 4-5 Tagen im inneren Ring das energiereichste Futter des Larvenzyklus.

Äußerer Ring

Die Larven der Schwarzen Soldatenfliege haben es gerne feucht und warm. Der äußere Ring hat einen Durchmesser von 200 mm. In den ersten 4-5 Tagen wird der äußere Ring mit trockener Weizenkleie befüllt. Das hat den Vorteil, dass die Minilarven aus dem feuchten Innenring nicht ausbrechen und zusammengehalten werden. Nachdem die ersten Tage vergangen sind wird Futter in der ganzen Box großflächig aufgefüllt und die Larven verteilen sich in der gesamten Kultivierungsbox.

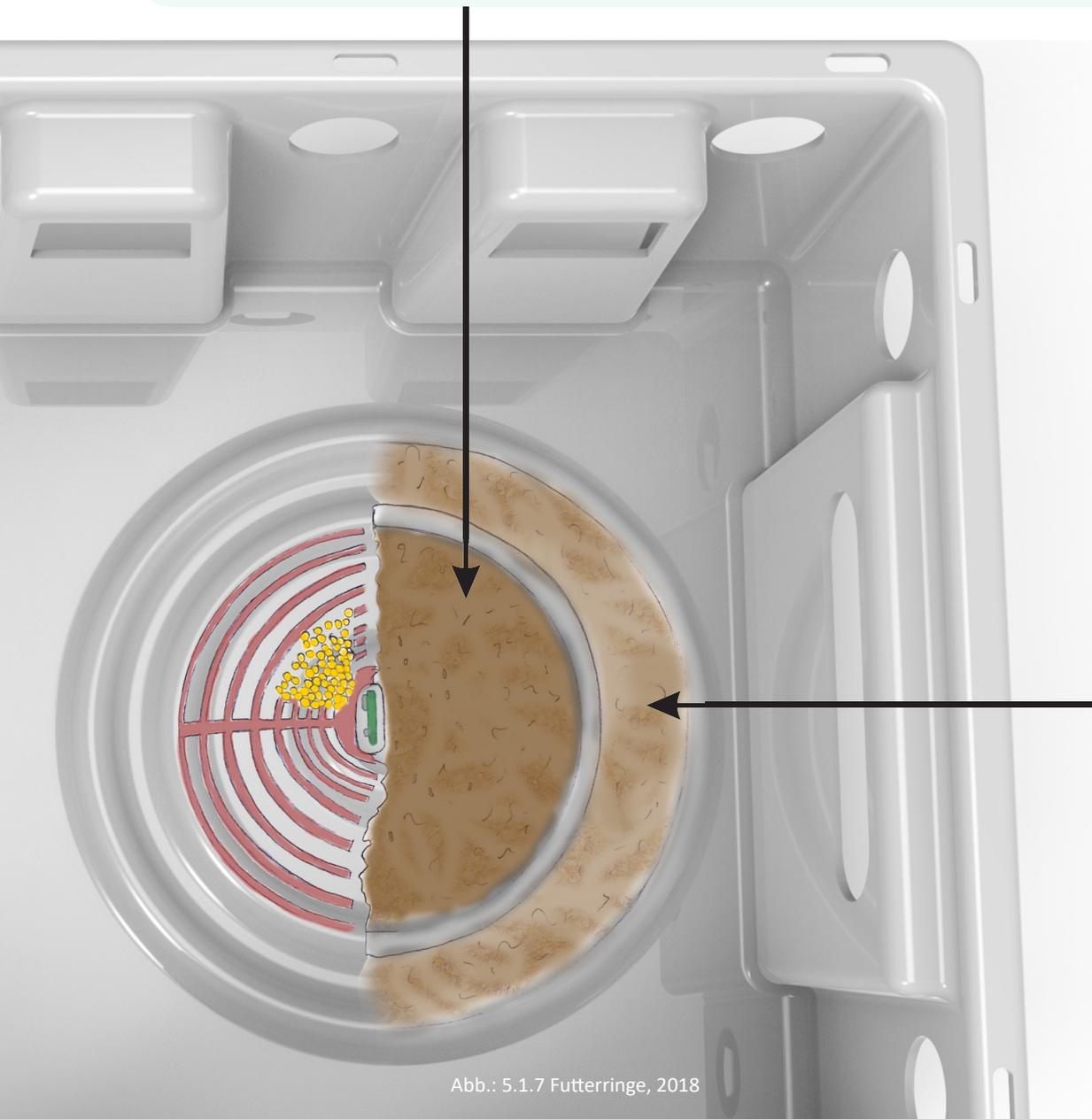


Abb.: 5.1.7 Futterringe, 2018

5.2 Herstellung der Box durch Thermoformen

Als Grundwerkstoffe oder Halbzeuge für unterschiedliche Formgebungsverfahren, eignen sich besonders gut Thermoplaste, da sie durch Erwärmung in den gummielastischen Zustand überführt werden und dann leicht verformt werden können. Die durch Erwärmung aufgeprägte Gestalt behalten sie nach der Abkühlung in der Form bei. Bereits bei der Wahl der Wanddicke des Halbzeugs wird berücksichtigt, dass das Formteil in der Regel eine größere Oberfläche als das Halbzeug aufweist, so dass eine Reduzierung der Wanddicke einhergeht. Die Wanddicke ist beim Thermoformen zwar reproduzierbar, aber nicht überall am Fertigteil gleich dick. Auf Grund dessen ist es wichtig Berechnungen durchzuführen, damit eine Abweichung der geringsten und der größten Wanddicke von der durchschnittlichen Wanddicke von +/- 30 % angenommen werden kann. Im folgenden wird die Wanddickenstärke der Kultivierungsbox die aus dem Material PE-HD hergestellt wird berechnet und erläutert:

F1 = Fläche des Halbzeugs ohne Spannrand

F2 = Oberfläche des Thermoformteils

s1 = Dicke des Halbzeugs

s2 = Theoretische durchschnittliche Wanddicke des Thermoformteils

Dünnste Stelle = $0,7 \times s2$

Dickste Stelle = $1,3 \times s2$

Wanddickenberechnung Kultivierungsbox

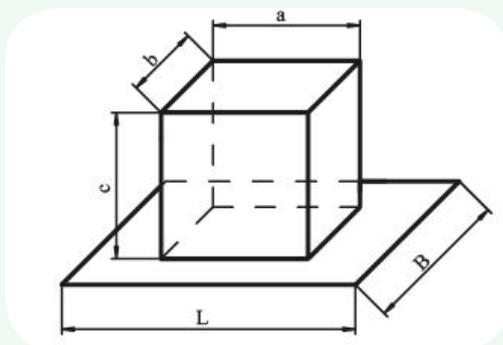


Abb.: 5.2.1 Maße, 2018

$$a = 600 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$c = 150 \text{ mm}$$

$$L = 700 \text{ mm}$$

$$B = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Ausgangsstärke} = 6 \text{ mm}$$

$$F1 = L \times B = 350.000 \text{ mm}^2$$

$$F2 = L \times B + 2bc + 2ac = 650.000 \text{ mm}^2$$

$$F1/F2 = 0,538 \text{ mm}$$

$$F2/F1 = 1,857 \text{ mm}$$

Theoretische, durchschnittliche Stärke:

$$6 \times 0,538 = 3,228 \text{ mm}$$

Wahrscheinlich, praktisch erreichte Stärke:

$$3,228 \text{ mm} \pm 30\%$$

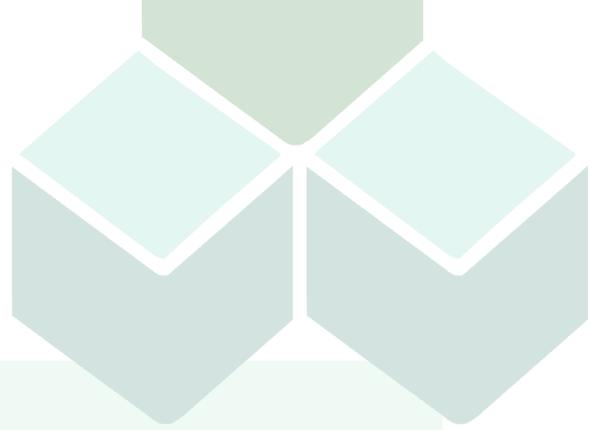
$$3,228 \times 30/100 = 0,968 \text{ mm}$$

$$3,228 + 0,968 = 4,196 \text{ mm}$$

$$3,228 - 0,968 = 2,26 \text{ mm}$$

$$= 2,26 \text{ bis } 4,196 \text{ mm}$$

Zur Erreichung einer guten Stabilität, wird die Ausgangsdicke mit 6 mm festgelegt. Die Berechnung der Wandstärke der Kultivierungsbox ergab eine durchschnittlich praktisch erreichte Stärke von 3,228 mm. Da beim Thermoformen die Wandstärken variieren können, wurde eine Wandstärke von +/- 30 % angenommen. Infolge dessen liegt die dünnste Wandstärke bei 2,26 mm und die dickste bei 4,196 mm.



Entformungsschrägen

Als Entformungsschräge bezeichnet man den Winkel zwischen Seitenwand und Entformrichtung. Sobald die dickste Stelle der geformten Box bis unterhalb der Erweichungstemperatur abgekühlt ist, wird entformt. Für das sichere Entformen, muss das Formteil steif genug sein. Eine anzustrebende Entformungsschräge für Negativ- Formwerkzeuge und Positiv-Formwerkzeuge liegt zwischen $\alpha = 3-5^\circ$. (Abbildung 5.2.3)

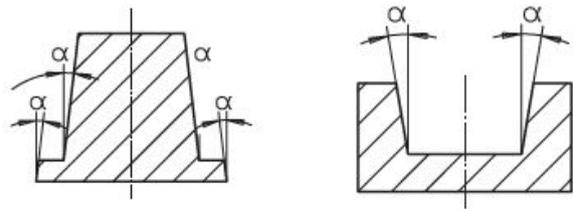


Abb.: 5.2.2 Entformungsschrägen, 2018

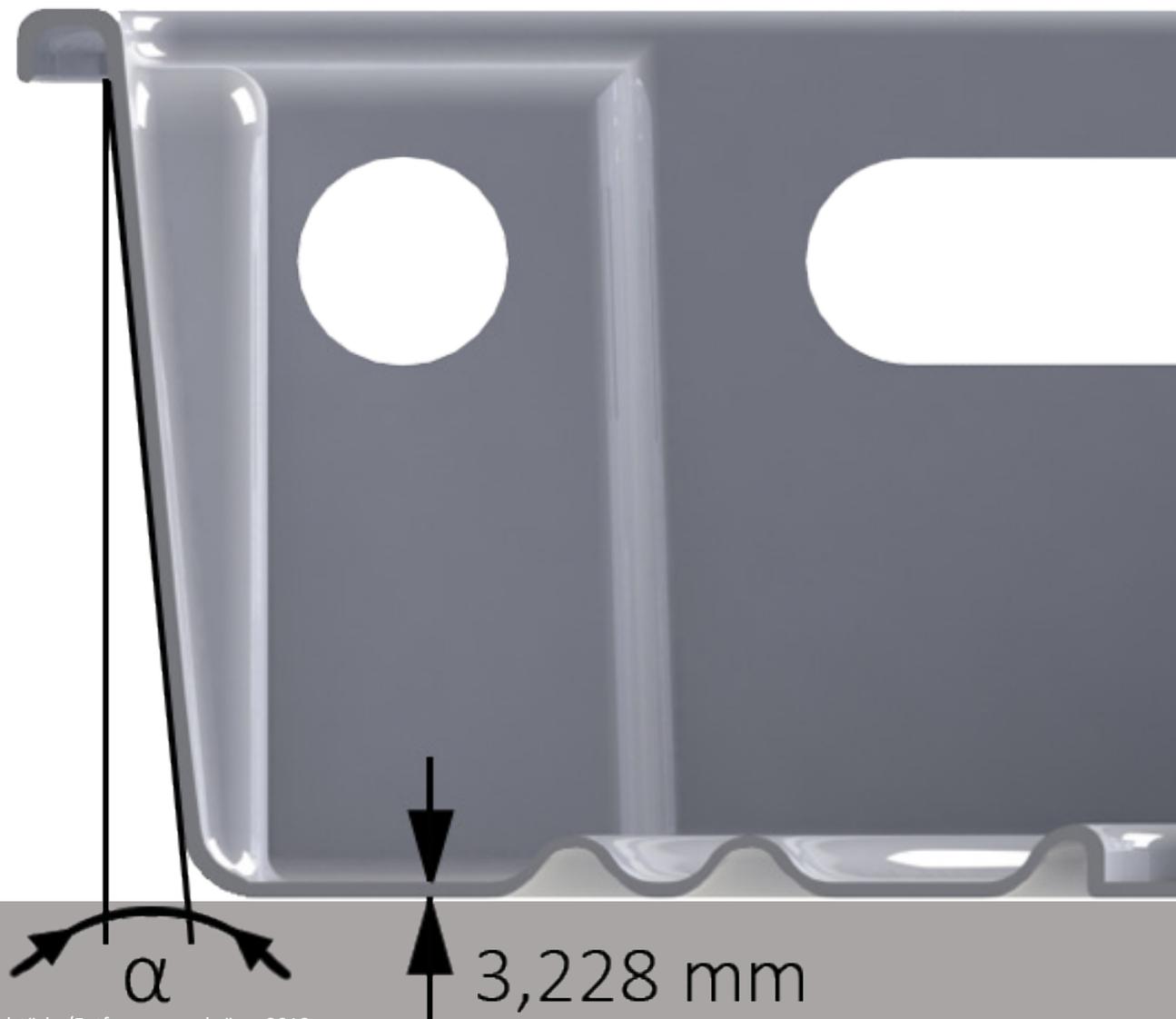


Abb.: 5.2.3 Wandstärke/Entformungsschräge, 2018

Teilkristalliner Thermoplast PE-HD

Teilkristalline Thermoplaste sind in der Regel transluzent bis opak. Unterhalb der Glasübergangstemperatur T_G sind sie sehr schlagempfindlich und spröde, wie Abbildung 5.2.4 deutlich macht. Hier werden teilkristalline Kunststoffe nur unter besonderen Bedingungen eingesetzt.

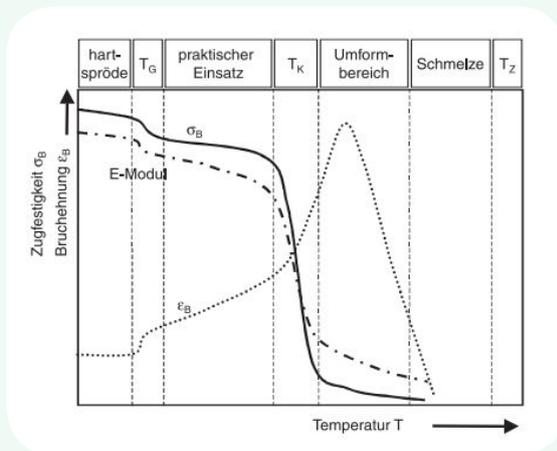


Abb.: 5.2.4 Teilkristalline Kunststoffe, 2018

Zwischen T_G und T_K dem Kristallitschmelzbereich fallen die mechanischen Eigenschaften, der Elastizitätsmodul und die Bruchspannung σ_B leicht ab, während die Dehnung ϵ_B zunimmt. In der Praxis werden die teilkristallinen Werkstoffe in diesem Temperaturbereich eingesetzt und bearbeitet.

Oberhalb von T_K nehmen die mechanischen Eigenschaften stark ab und die Dehnung zu. Der gummiartige Zustand wird erreicht, in dem der Werkstoff leicht umgeformt werden kann. Bei weiterer Temperaturerhöhung plastifiziert der Werkstoff, schmilzt und kann urgeformt werden.

Verfahrensverlauf

Zunächst wird das thermoplastische Halbzeug auf die Umformtemperatur gebracht.

Danach beginnt das Vorformen des beheizten Halbzeugs durch das Vorstrecken, welches in unterschiedlichen Varianten passieren kann. Zum einen gibt es das Vorstrecken durch Vorblasen; das heißt, dass eine Blase mit Druckluft gebildet wird. Zum anderen das Vorstrecken durch das Vorsaugen, hier wird eine Blase mittels Vakuum erzeugt. Im darauf folgenden Arbeitsschritt, wird das beheizte Halbzeug entweder mit Vakuum oder mit Druckluft ausgeformt. Der maximale Anpressdruck beträgt $1\text{bar} = 0,1\text{N/mm}^2$. Nach dem Ausformen wird das Halbzeug mittels Luftzugabe gekühlt, so wird im Normalfall Luft von der Umgebung angesaugt oder durch Gebläse zugeführt. Nachdem der thermoplastische Kunststoff unterhalb seiner Erweichungstemperatur erkaltet ist, also steif genug ist, wird entformt.

Positiv- und Negativformung

Im unten stehenden Bild wird deutlich, dass bei der Positivformung die Abformung an der Außenkontur der Form stattfindet. Beim Negativformen funktioniert es genau anders herum. Die Abformung findet an der Innenkontur der Form statt. Bei positiv geformten Teilen können Falten am Rand oder Schreckmarken an den Ecken und am Übergang vom Boden zu den Seitenwänden entstehen. Diese können allerdings mit der richtigen Lufttemperatur und der Luftgeschwindigkeit auf ein Minimum reduziert werden.

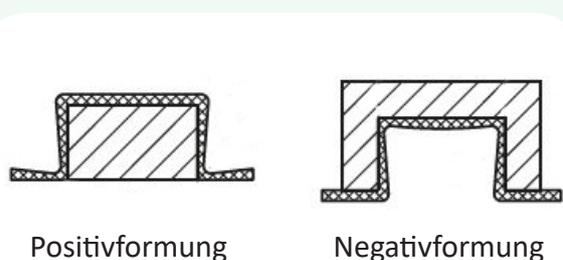


Abb.: 5.2.5 Positiv- und Negativformung, 2018

Da beim Negativformen die Wanddicke praktisch unverändert zur Ausgangsdicke ausfällt, also ringsum einen gleichmäßig dicken Rand aufweist, wird dieses Verfahren favorisiert. Darüber hinaus entstehen beim Nega-

tivformen keine Falten. Allerdings entscheiden letztendlich der Preis, die Stückzahl, die Form und die Qualität über die Formgebungsmethode.

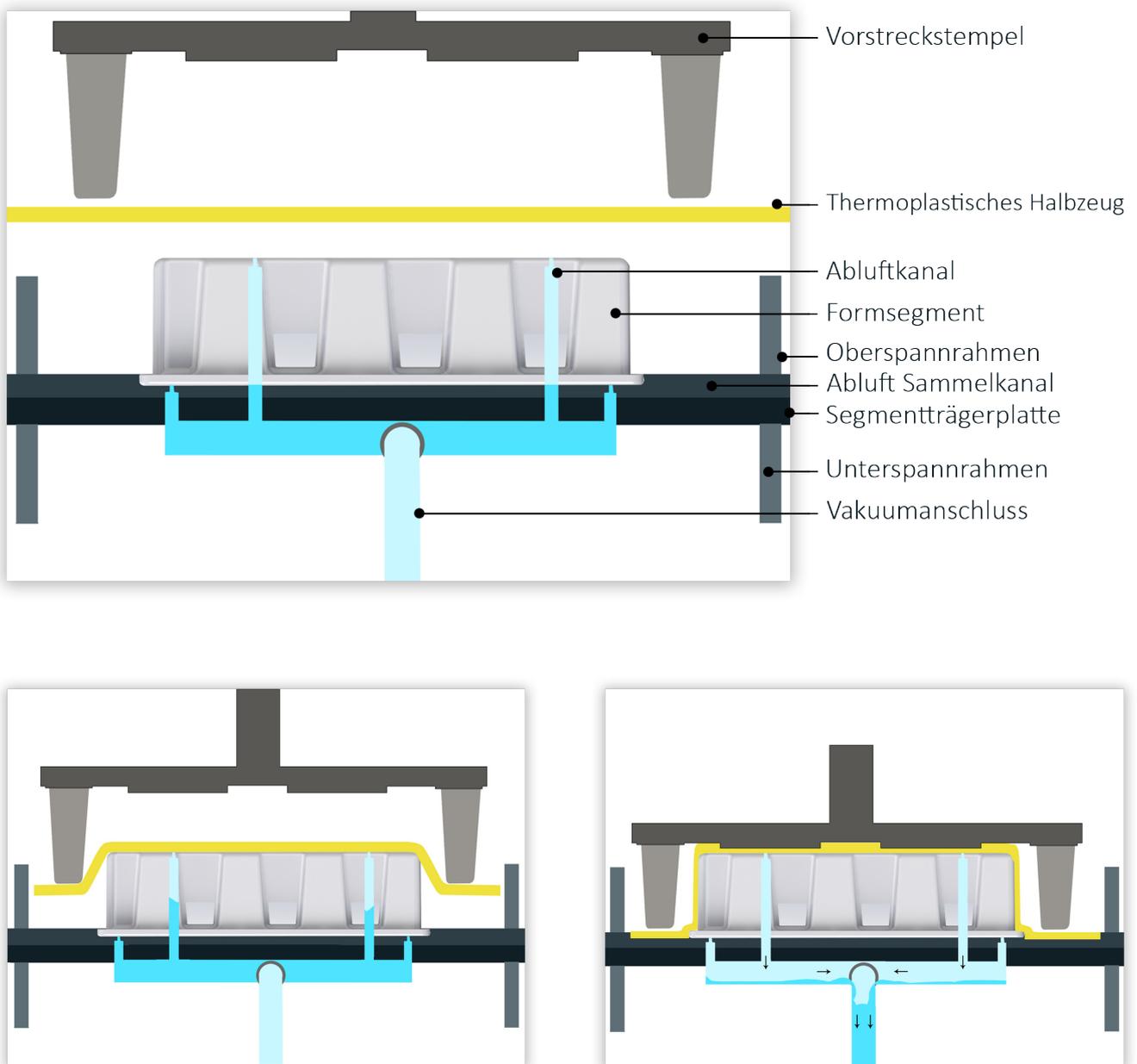


Abb.: 5.2.6 Herstellungsvorgang des Thermoformen, 2018

5.3 Heizzeit des Halbzeug

Für das Thermoplast PE-HD wird pro 1 mm Wanddicke, bei einseitiger Beheizung eine Heizzeit von 45 Sekunden benötigt. Für das Halbzeug aus dem teilkristallinen Thermoplast PE-HD mit der Stärke von 6 mm wird demnach eine Heizzeit von $6 \times 45 = 270$ Sekunden benötigt. Da zu langes Erwärmen die Oberfläche schädigen kann, empfiehlt sich eine beidseitige Beheizung der Platte. Die Anwärmzeit wird verkürzt und die Oberfläche nicht geschädigt. Darüber hinaus zahlt

sich diese Arbeitsweise in längerer Lebensdauer der Teile aus.

Die optimale Verarbeitungstemperatur von PE-HD liegt zwischen 160 und 180°C. Die Schwindung bei Positiver Formung beträgt zwischen 2-3 %. Bei negativer Schwindung sind es ≥ 3 %. Die Werkzeugtemperatur sollte zwischen 50- 70 °C liegen.

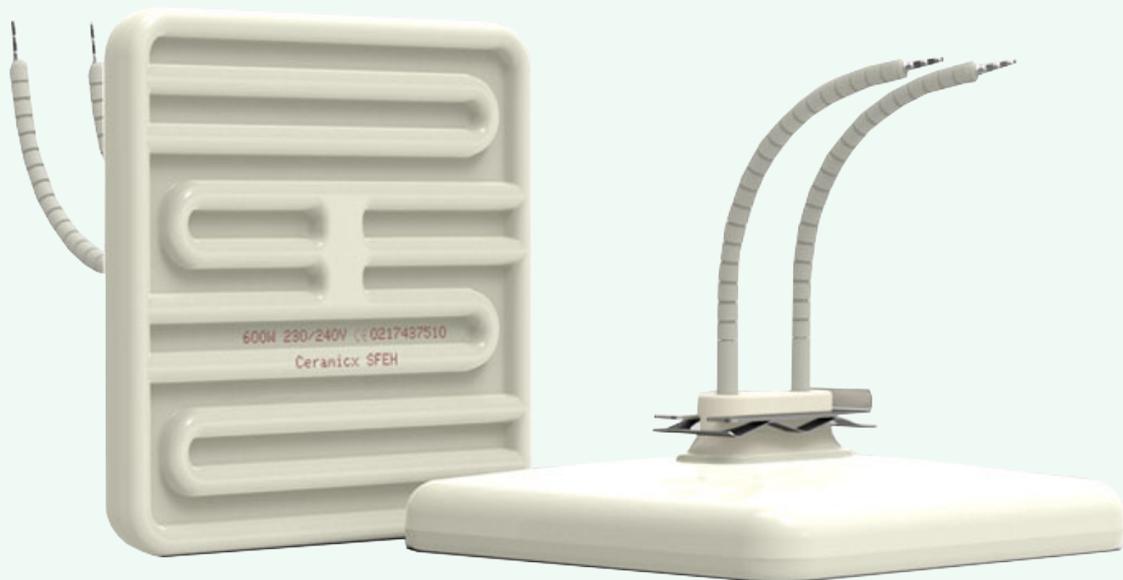


Abb.: 5.3.1 Langwelliger Keramikstrahler, 2018

Werkstoff	Name	Maximales Verstreckungsverhältnis ^{1,6}	Schwindung in Extrusionsrichtung ²		Verarbeitungstemperatur ³ in °C	Werkzeugtemperatur in °C
			in % Formung Positiv	Negativ		
PE-HD/PE 80	PE-HWU/PE-HWST PE-HWV ⁴ PE-EL	1 : 4 1 : 5 1 : 3,5	2-3	> 3	160-180	50-70

² In Querrichtung ca. die Hälfte des Wertes

³ Oberflächentemperatur

Abb.: 5.3.2 Schwindung von PE-HD, 2018

5.4 Anbringung der Löcher

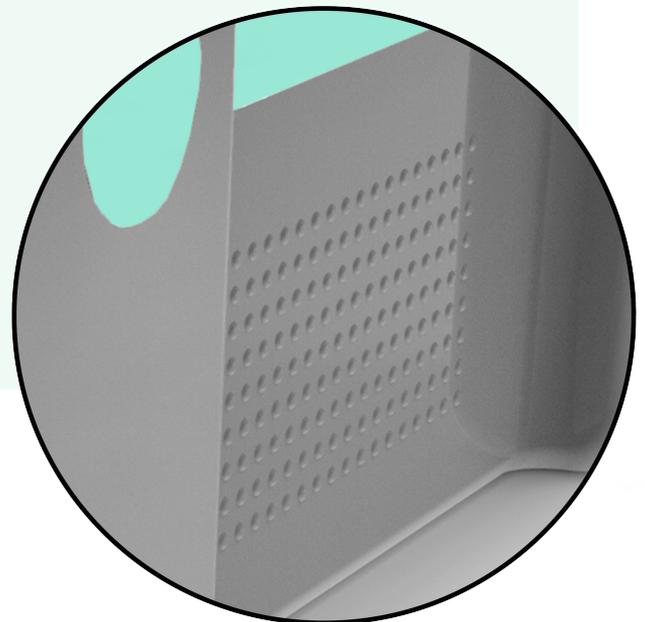
Damit eine Luftzirkulation innerhalb der Kultivierungsbox stattfinden kann, ist die Anbringung von Löchern von hoher Wichtigkeit. Beim Thermoformen besteht nicht die Möglichkeit, die Löcher direkt zu integrieren, auf Grund dessen müssen die Boxen ein Nachbearbeitungsprogramm durchlaufen. Bei der Nachbearbeitung der Boxen aus PE-HD sind einige Dinge zu beachten:

- Spannungsfreies Aufspannen
- Sehr scharfer Fräser
- Kühlung direkt am Fräser
- Kleine Drehzahlen für das Werkzeug
- Nach dem Fräsen sauber entgraten

Wichtig ist, dass die Materialeigenschaften von PE-HD beachtet werden, damit sich die Kultivierungsbox beispielsweise bei der Entnahme aus der CNC-Maschine nicht verzieht.

5.5 Vorrichtung für Etiketten

Die Kultivierungsbox verfügt an den kurzen Seiten über jeweils ein Raster der Größe 50x100 mm, aus leicht erhöhten Kreisen, die für die Anbringung der Etiketten dienen. Durch die leichten Erhöhungen wird das Ablösen der Etiketten erheblich vereinfacht und keine Etikettenreste bleiben haften.



5.6 Anwendungsbeispiele





5.7 Anforderungen an die Temperaturmessung

(1) Fixierung in der Box durch den O-Ring

Die Hülle der Temperaturmessung wird in der Kultivierungsbox mit der Hilfe eines O-Rings fixiert. Das unterste Teil der Temperaturmessung ist eine Kunststoffplatte, welche die darauf folgende RVS-Platte vor externer Luftzirkulation schützen soll. Diese Kunststoffplatte wird mit der Platte aus rostfreiem Stahl (RVS) verbunden, indem sie miteinander verklebt werden. Der angebrachte O-Ring sorgt für die richtige Fixierung und Abdichtung.

Berechnung des O-Ring

Für die Fixierung der Temperaturvorrichtung in der Box sorgt ein O-Ring. Dieser befindet sich nach dem Fügen zwischen dem Kunststoffteil 35 mm und dem inneren Ring am Boden der Kultivierungsbox. Die Größe des O-Rings wurde anhand eines Online O-Ringrechners durchgeführt. Die Schnurstärke wurde auf 2 mm festgesetzt. Die ermittelte Nuttiefe t beträgt somit 1,55 mm und die Nutbreite sollte 2,7 mm nicht überschreiten. Der Radius r liegt zwischen $0,3 \pm 0,1$

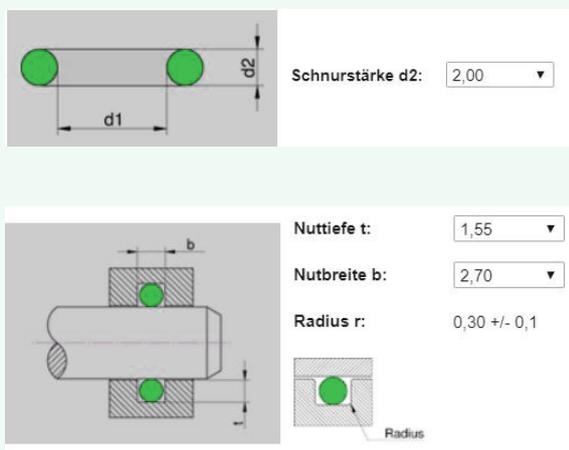


Abb.: 5.6.1 Angaben des O-Ring, 2018

(2) RVS-Platte 44 mm

Damit die Wärmeentwicklung der Larven durch die Temperaturmessung problemlos gemessen werden kann, sorgt eine integrierte Platte aus rostfreiem Stahl für die optimale Wärmeübertragung.

(3) Temperaturmessgerät

Für die Messung der Temperatur in der Kultivierungsbox ist ein Temperaturmessgerät notwendig. Diese ist auf der Leiterplatte fest installiert und wird mit Hilfe von einer Wärmeleitpaste mit der RVS - Platte fest verbunden (Abbildung 5.6.2) Diese Komposition verbindet sich mit der Stahlplatte und stellt eine gute Leitung her. Würde dieses Messgerät allein im Kunststoff liegen, wäre nur eine ungenaue Messung möglich, da Kunststoff und Luft schlechte Wärmeleiter sind.

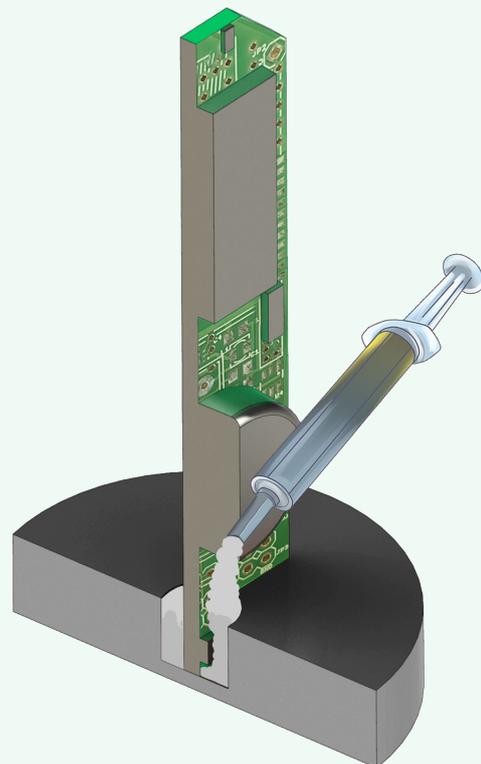
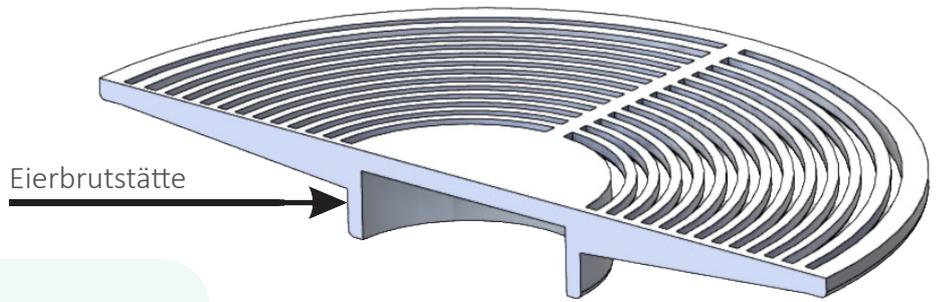


Abb.: 5.6.2 Wärmeleitpaste, 2018



(4) Knopfzelle

Die Knopfzelle ist eine Batterie, die mit der Leiterplatte verbunden wird. Sie weist eine Lebensdauer von 8 Jahren auf, auf Grund dessen ist es möglich Teile der Temperaturmessung miteinander zu verkleben und abzudichten.

(5) Hülle der Leiterplatte

Die Hülle der Leiterplatte dient zum Schutz der Elektronik und wird mit der Platte aus rostfreiem Stahl zusammengeklebt. Zusätzlich dient die Hülle der Fixierung und Halterung der Eierbrutstätte.

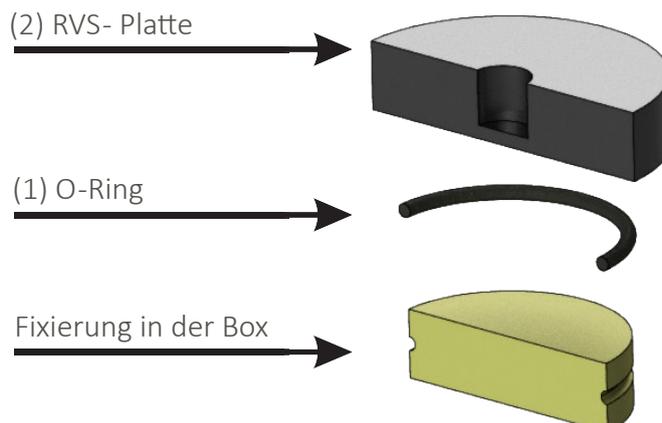
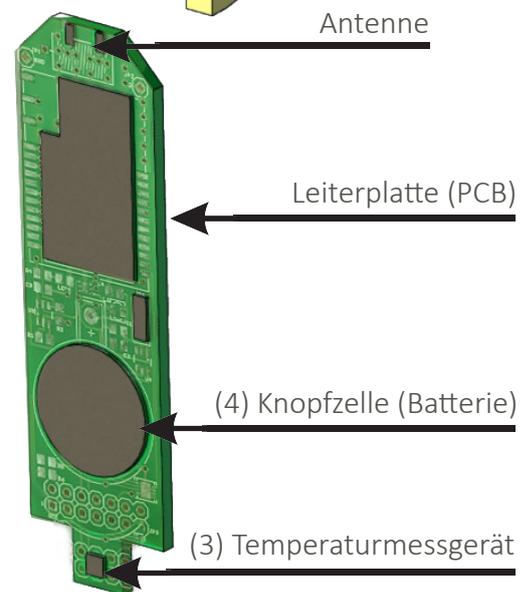
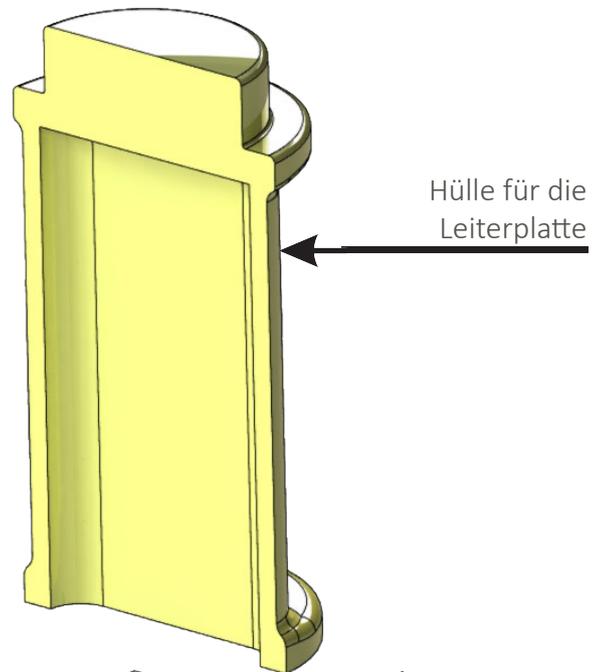
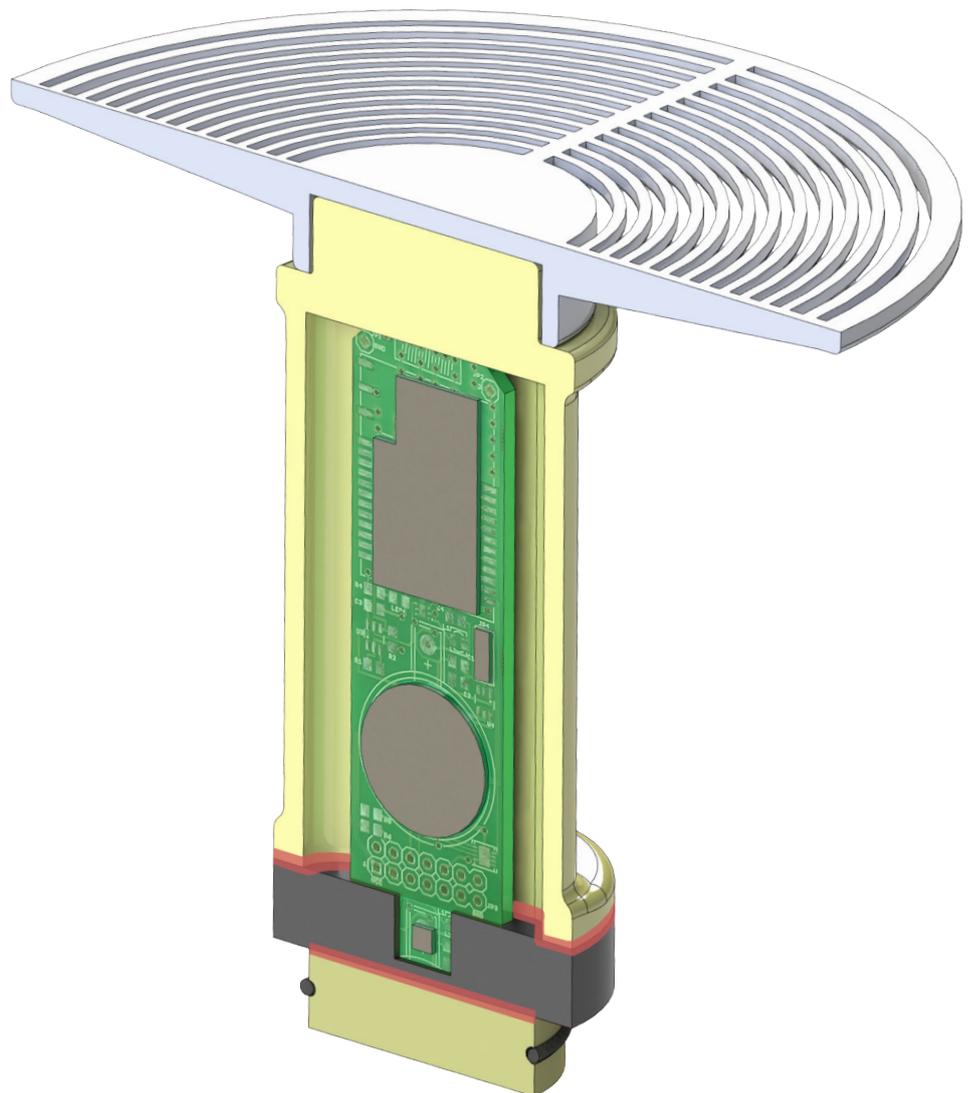


Abb.: 5.6.3 Explosionszeichnung Temperaturmessung/Brutstätte, 2018

Verklebung

Die Temperaturmessung besteht aus drei Teilen, die miteinander verbunden werden müssen. In der unteren Grafik sind die Bereiche, die verklebt werden rot markiert. Bei dem Einsatz für die Temperaturmessung müssen zwei verschiedene Materialien zusammengefügt werden. Zum einen das Metall RVS, zum anderen der Kunststoff ABS. Damit die Verklebung auf lange Sicht erhalten bleibt, ist es wichtig bei der Wahl des Klebstoffes auf einige Dinge zu achten. Zum

einen sollte diese Verbindung temperaturbeständig sein, damit diese Temperaturen eines Waschvorgang in der Spülmaschine standhalten kann. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Wärmeausdehnung der einzelnen Materialien. Der Kleber sollte eine gewisse Elastizität aufweisen und für einen Spannungsausgleich sorgen. Diese Bedingungen erfüllen 2-Komponenten-Konstruktionsklebstoffe auf Epoxidharzbasis und Hybrid-Klebstoffe.

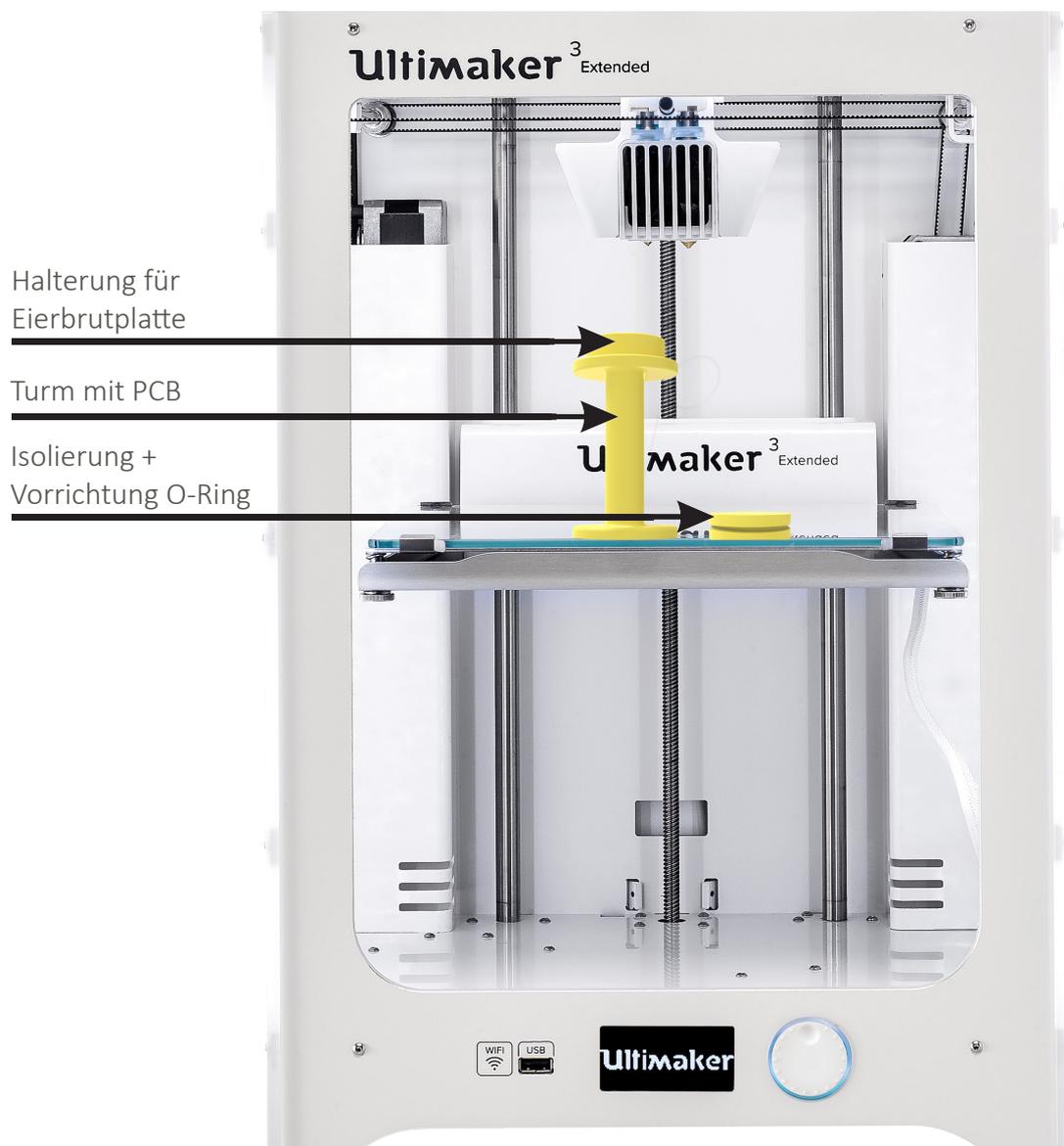


5.8 Herstellung der Temperaturmessung mit 3D-Druck

Prototyping mit dem Ultimaker 3 Extended

Die Hülle der Temperaturmessung besteht aus zwei Teilen. Zum einen der Turm, in dem sich der PCB befindet. Zum anderen das Kunststoffteil, welches zur Wärmedämmung unter der RVS-Platte positioniert wird. Die Hülle der Temperaturmessung wird mit Hilfe eines 3D-Druckers hergestellt. Zunächst werden einige Prototypen hergestellt, damit sie in einer Insektenzucht getestet werden kön-

nen. Das GreenTechLab verfügt über zwei 3D-Drucker des Unternehmens Ultimaker. Die Möglichkeit Prototypen zu drucken und diese direkt in der Insektenzucht auszuprobieren ist perfekt und treibt die Forschung schnell voran. Die ersten Prototypen werden im GreenTechLab gedruckt und können zum Testen direkt zum Unternehmen Inagro nach Belgien verschickt werden.



5.9 Herstellung der Eierbrutstätte durch Spritzgießen

Eierbrutstätte - Spritzgießverfahren

Mit einer Spritzgießmaschine wird der Werkstoff plastifiziert und in einer Form, dem Spritzgießwerkzeug, unter Druck eingespritzt. Im Werkzeug kühlt der Werkstoff ab und geht wieder in den festen Zustand über. Nach dem Öffnen des Werkzeugs kann nun das fertiggestellte Spritzgussteil ausgeworfen werden.

Mit dem Spritzgießverfahren lassen sich direkt verwendbare Formteile in großer Stückzahl kostengünstig herstellen. In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit hat sich das Spritzgießen zum weit verbreiteten Verfahren zur Massenherstellung von Kunststoffteilen in praktisch allen Bereichen durchgesetzt.

Die Matrize für die Eierbrutstätte besteht aus zwei Teilen: Dem Kern und der Kavität. Die Kavität, der Hohlraum des Werkzeugs, bestimmt dabei die Form und die glatte Oberflächenstruktur der fertigen Eierbrutstätte. Des Weiteren wird die aufgeschmolzene Kunststoffmasse mit einem Verteilersystem bis an die Kavität geleitet. Die Auswerfer sorgen dafür, dass das Produkt nach dem Erstarren vom Kern abgestoßen wird.

In Abbildung 5.8.1 wird sichtbar, wie die Form aus der Kavität ausgestoßen wird.

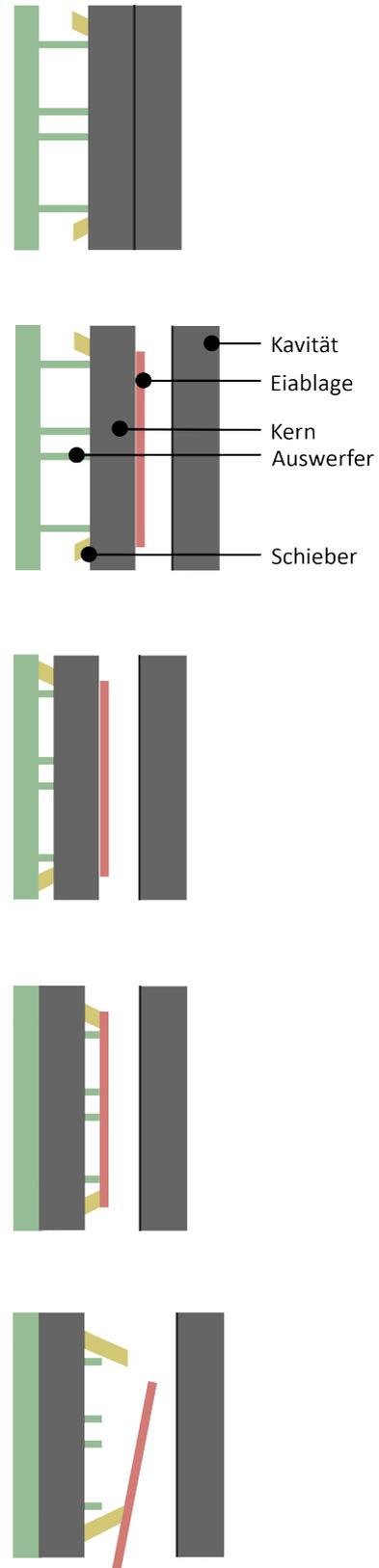


Abb.: 5.8.1 Ausstoßen der Eierbrutstätte aus der Form, 2018

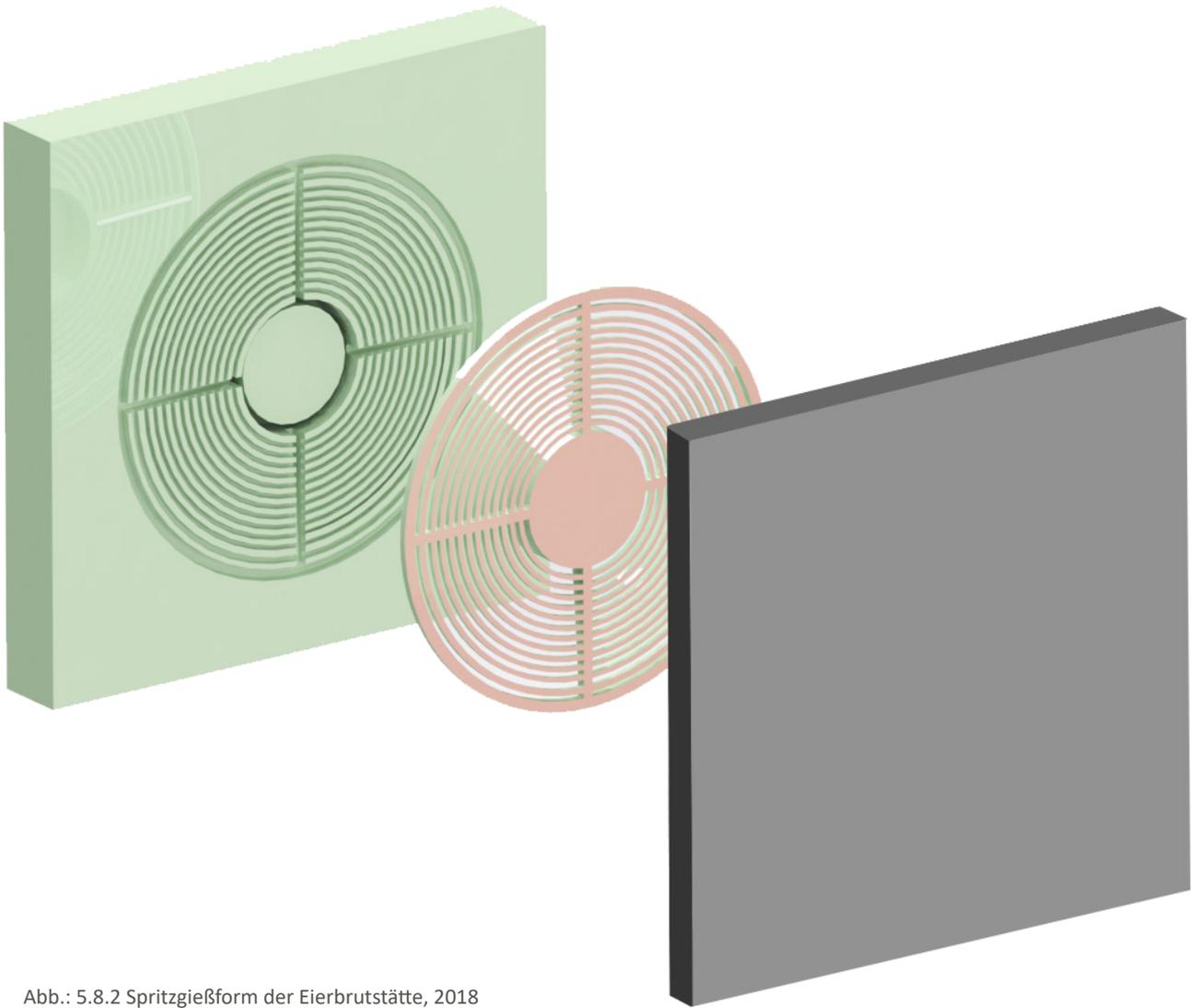


Abb.: 5.8.2 Spritzgießform der Eierbrutstätte, 2018

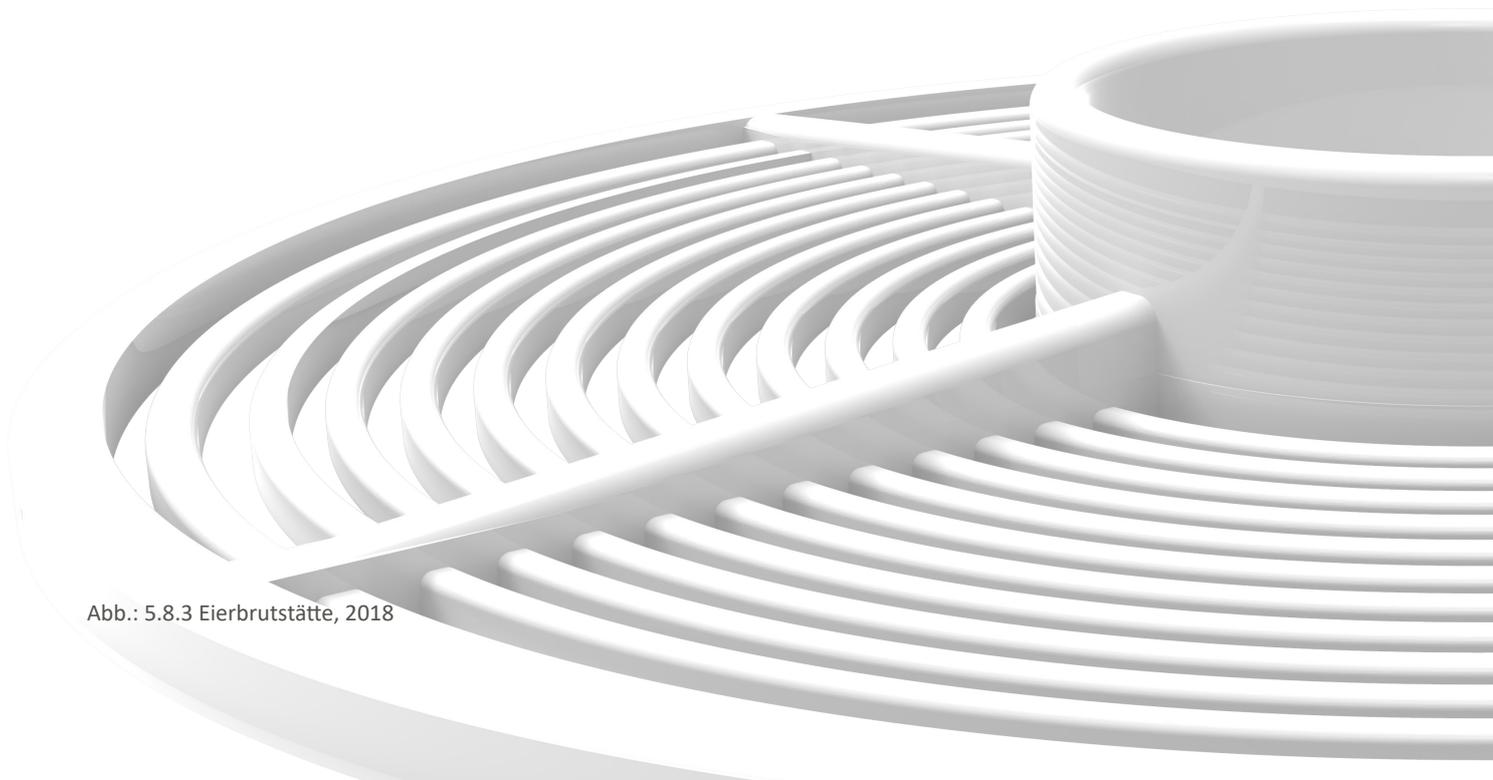
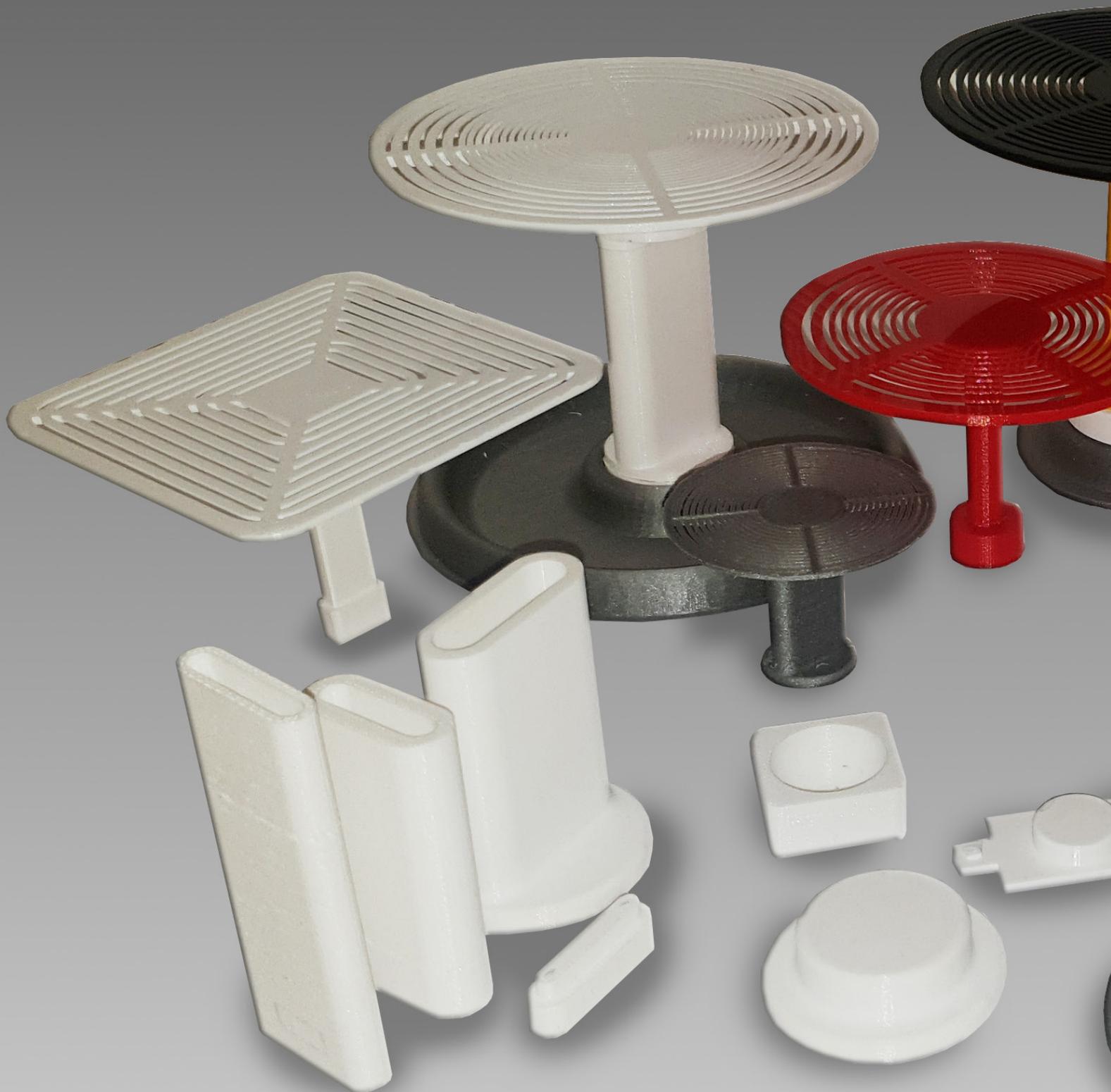
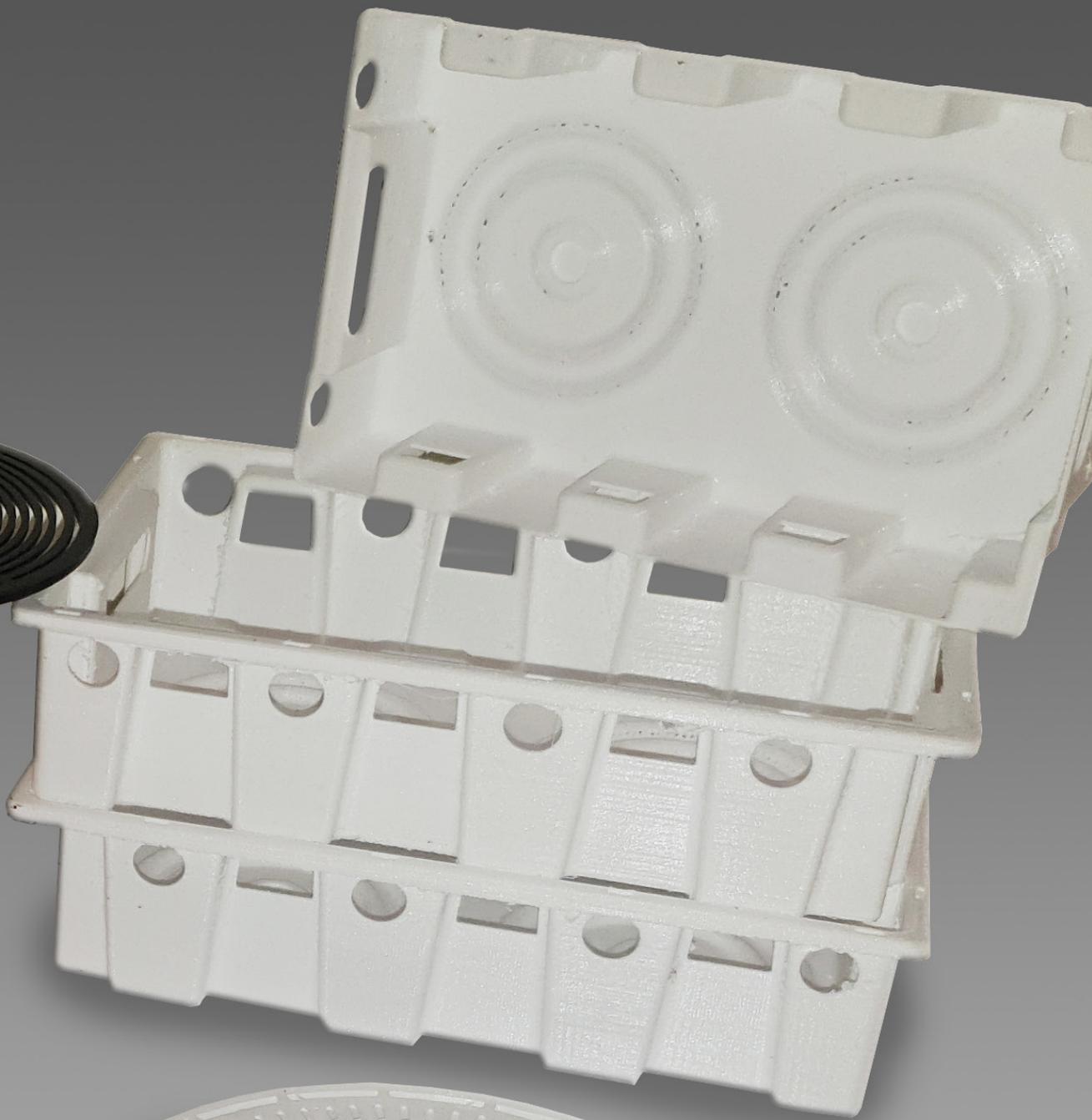


Abb.: 5.8.3 Eierbrutstätte, 2018

5.10 Prototyping





5.11 Nutzerszenario

Die Kultivierungsboxen werden mit dem Temperaturmessgerät ausgestattet.



Abb.: 5.10.1 Fixierung der Temperaturmessung, 2018

Der innere Futterring wird mit nassem Futter befüllt.



Abb.: 5.10.2 Beschickung innerer Ring, 2018

Der äußere Futterring wird mit trockenem Futter befüllt.



Abb.: 5.10.3 Beschickung äußerer Ring, 2018

Die Eierbrutstätte wird positioniert.

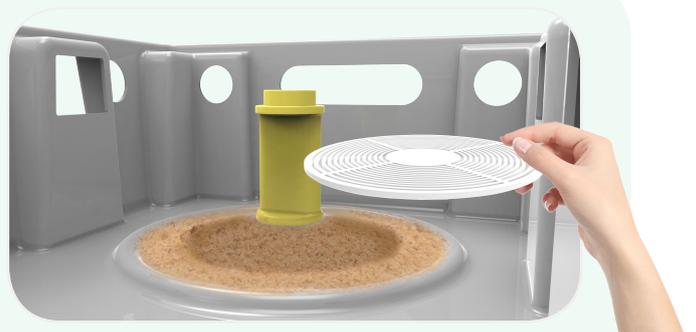


Abb.: 5.10.4 Positionierung der Brutstätte, 2018

Auf der Eierbrutstätte werden Eier der Schwarzen Soldatenfliege positioniert und die Kultivierungsboxen werden im Patenostersystem positioniert.



Abb.: 5.10.5 Positionierung der Eier, 2018

Nach 4-5 Tagen wird das Futter aufgefüllt.

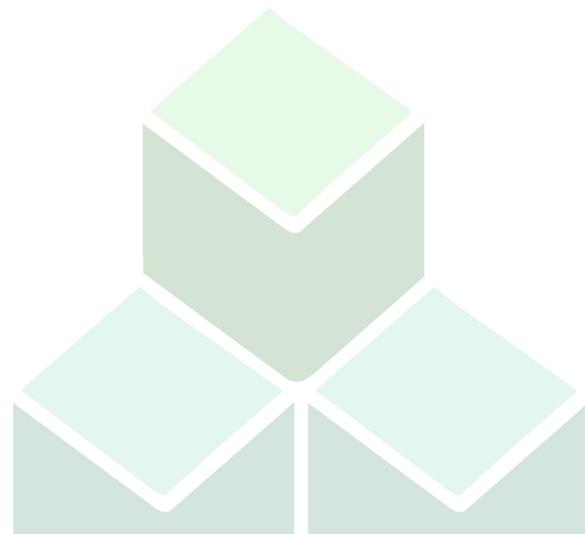


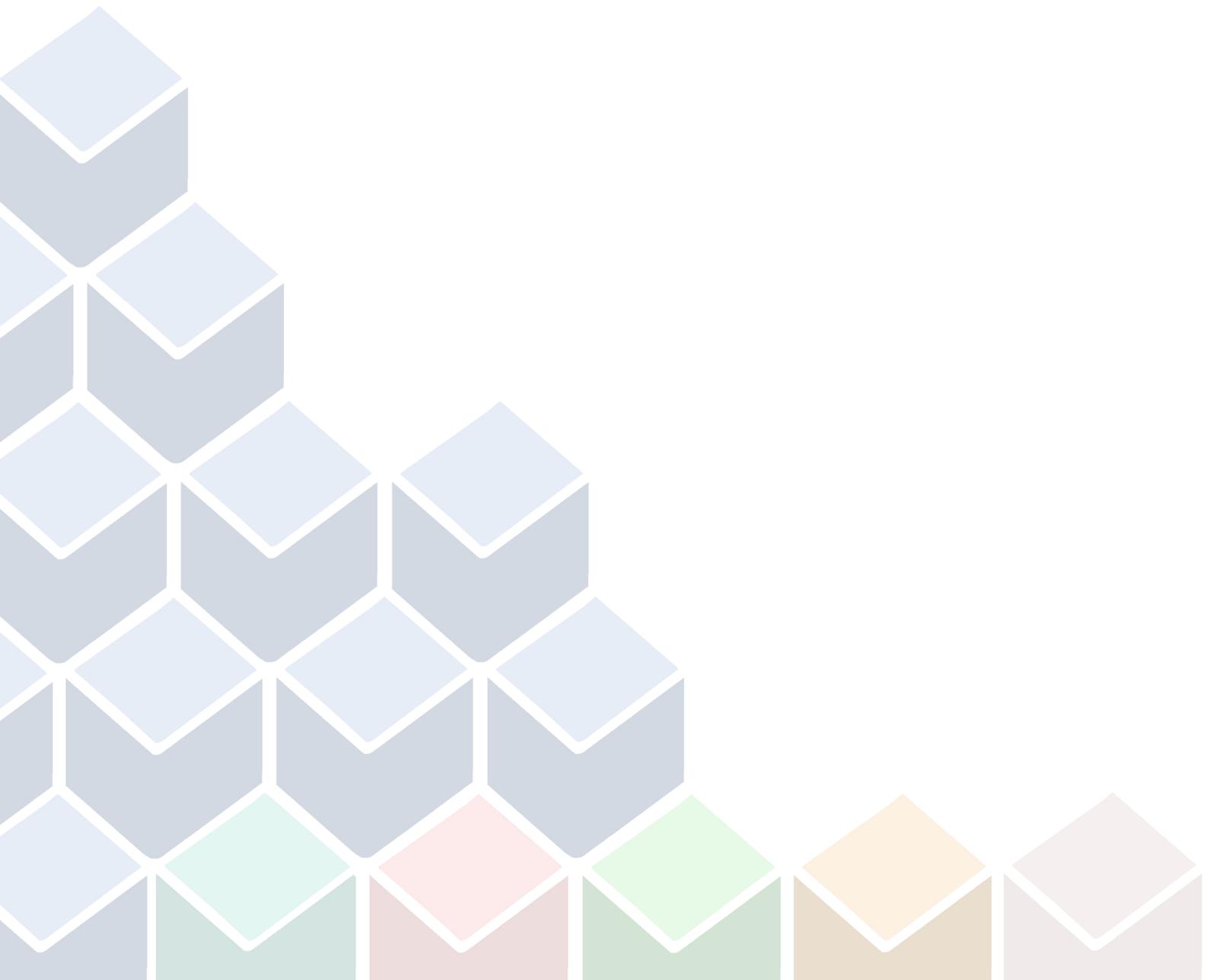
Abb.: 5.10.6 Auffüllen des Futters, 2018

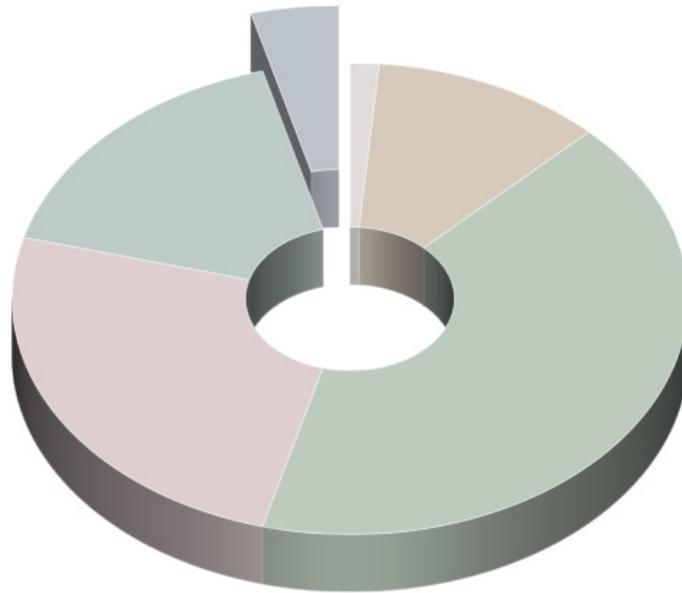
Nach 3-4 Tagen werden die Larven auf weitere Boxen verteilt und ins Paternostersystem gestellt.



Abb.: 5.10.7 Verteilung des Futters, 2018







06 Abschlussanalyse

- 6.1 Evaluation zum Prozess
- 6.2 Evaluation zum Produkt
- 6.3 Empfehlungen

6.1 Evaluation zum Prozess

Während des Probearbeitens beim Unternehmen GreenTechLab, wurde das Thema der Bachelorarbeit detaillierter besprochen und festgelegt. Von Anfang an war klar, dass es ein sehr umfangreiches und komplexes, aber vor allem spannendes Projekt sein wird. Das Thema der Bachelorarbeit ist Teil des Projektes Entomospeed, welches von der Europäischen Union gefördert wird. Das hat den Vorteil, dass wichtige Materialien bis hin zum fertigen Produkt finanziert und letztendlich produziert werden können.

Des Weiteren verfügt das GreenTechLab über sehr gute Partner, die auch Partner des Entomospeed Projekts sind. Frühzeitig wurden Meetings mit Kooperationspartnern organisiert, die einen perfekten Einstieg in das Projekt möglich machten. Vor allem im Bereich der Forschung ist es wichtig, großflächig mit anderen Unternehmen Informationen auszutauschen und zu kooperieren, um schneller einen tiefen Einblick in die Materie zu erhalten und stetig up to date zu sein.

Darüber hinaus war das Team vom GreenTechLab eine sehr große Unterstützung.

Team-Brainstormings öffneten neue Türen und förderten das Querdenken. Durch wöchentliche Meetings mit dem Manager des GreenTechLabs Marcel Roosen, wurden aufkommende Missverständnisse und Unklarheiten rechtzeitig aus dem Weg geräumt und neuer Input geliefert, der das Projekt gut voran brachte. Während des ganzen Prozesses wurde deutlich wie wichtig die Kommunikation innerhalb des Team ist. Teilprobleme wurden so schneller erkannt, stetig wurde man neu inspiriert.

Die sehr in die Tiefe gehende Voruntersuchung, machte es möglich ein Produkt zu entwickeln, welches genau auf die Aufzucht von Insekten und insbesondere der Larve der Schwarzen Soldatenfliege zugeschnitten ist. Auch die eigene Aufzucht der Larven verschaffte einen guten Einblick in den Zyklus. So konnten Besonderheiten im Fliegenzyklus hautnah miterlebt werden.

Im Gesamten war der Entwicklungsprozess sehr zufriedenstellend.

6.2 Evaluation zum Produkt

Durch den großen Research-Teil, die Definition von Zielgruppe, Problem- und Zielstellung, war es möglich ein neues Kultivierungssystem zu entwerfen. Betrachtet wird zunächst die Zentrale Frage, die am Anfang des Projekts gestellt wurde:

"Wie ist es möglich, ein Kultivierungssystem zu entwickeln, welches nicht nur den Anforderungen der Larve der Schwarzen Soldatenfliege gerecht wird, sondern auch Arbeitsprozesse verkürzt und erleichtert, eine Temperaturmessung beinhaltet und über eine Minibrutstation verfügt?"

Das Endergebnis des Produkts ist gelungen und sehr zufriedenstellend, da die Anforderungen erfüllt wurden. Ein funktionales und modulares Kultivierungssystem ist entstanden, welches ein hochwertiges, innovatives Produkt verkörpert. Arbeitsprozesse wurden verkürzt und eine Temperaturmessung integriert.

Durch den 3D-Druck konnte ein Prototyp im Maßstab 1:3 entwickelt und gedruckt werden. Vor allem für die Handhabung der Temperaturmessung und der Eierbrutstätte

konnten Test durchgeführt und Verbesserungen vorgenommen werden.

Die Forschung im Bereich der Aufzucht von Insekten wurde stetig weiter entwickelt. Das war zugleich eine Chance, aber auch ein Risiko. Bei einem Pilotprojekt verändern sich stetig Dinge, so dass neue Erkenntnisse kommuniziert und im Kultivierungssystem fortlaufend berücksichtigt werden mussten. Die Larve der Schwarzen Soldatenfliege ist die neue Proteinquelle der Zukunft und dieses stetig wachsende und immer öfter in den Medien diskutierte Thema, wurde in einem Kultivierungssystem vereint. Auf Grund dessen ist die Produktion dieses Systems ein empfehlenswertes, realistisches Ziel, so dass dieses Produkt die Automatisierung der Larvenproduktion voranbringen kann.



6.3 Empfehlungen

Der allgemeine Prozess und seine Merkmale wurden im Vorfeld des Projektbeginns geplant und in fünf Kapitel unterteilt. Jede Phase wurde mit spezifischen Aufgaben versehen. Aus heutiger Sicht ist es nicht immer möglich, sich in jedem Detail an einen Projektplan zu halten. Insbesondere die Zeitplanung spielt eine große Rolle für ein erfolgreiches Projektergebnis. Die Vorhersage, wie viel Zeit für eine bestimmte Aufgabe benötigt wird, ist sicherlich schwierig, wenn man die Forschungsphase noch nicht durchlaufen hat. Die Einschätzung der zukünftigen Wissenstiefe und die Beurteilung der Ausdehnung bestimmter Fachgebiete ist ein Faktor, der stark von allgemeinen Projekterfahrungen beeinflusst wird. Der Projektplan ist allerdings eine gute Möglichkeit, immer den Überblick von wichtigen Aufgaben und Schritten zu behalten.

Das Thema *Herstellung und Automatisierung eines Kultivierungssystems für die Schwarze Soldatenfliegenlarve* war als Thema der Bachelorarbeit sehr komplex. Der fünfmonatige Entwicklungsprozess für drei unterschiedliche Produkte, ist für diesen Umfang zu knapp bemessen, weshalb einige Empfehlungen zur Umsetzung und Herstellung ausgesprochen werden müssen:

Zum einen ist die Hülle der Temperaturmessung zu überarbeiten, da sie bis dato nur im 3D-Druckverfahren hergestellt werden könnte. Auch die Klebeverbindungen der Temperaturmessung sollten überdacht werden,

damit das Eindringen von Wasser oder Substratflüssigkeit auf ein Minimum reduziert werden kann. Eine Klebung ist sehr haltbar, allerdings könnte die Klebung im Laufe der Zeit rissig werden, da RVS und ABS verschiedene Ausdehnungskoeffizienten aufweisen.

Eine feste Vorgabe des Kunden, war die Herstellung der Kultivierungsbox durch das Thermoformverfahren. Bei kleinen Produktionsmengen von ca. 1000 Stück ist das durchaus sinnvoll. Wenn allerdings mehr Kästen produziert werden müssen, ist es ratsam das Herstellungsverfahren Thermoformen mit dem Spritzgießverfahren auszutauschen. Die Nachbearbeitung ist sehr aufwendig weil viele Löcher gefräst werden müssen.

Das GreenTechLab war zum einen Praktikumsbetrieb, zum anderen auch Kunde des Projekts, auf Grund dessen wurden wöchentliche, regelmäßige Treffen abgehalten, um Anforderungen zu ermitteln und festzusetzen. Die Besprechungen halfen weitere Entwicklungen stetig zu aktualisieren und mit dem Kunden abzuklären und wichtige technische und organisatorische Details festzulegen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Praktikum und die Beziehung zwischen Kunden und Praktikantin sehr professionell und gelockert war. Das Projekt war eine Herausforderung und hat wirklich Spaß gemacht!

