

Anleitung zur Zucht und Mast der Schwarzen Soldatenfliege

Gewinnung von Futterprotein aus vegetarischen Reststoffen





Die Schweiz importiert über 80% des Rohproteins von Futtermitteln für landwirtschaftliche Nutztiere und die Aquakultur. Auch in der Biolandwirtschaft. Eine mögliche Strategie zur Deckung der Proteinversorgung ist daher die Entwicklung von Futtermitteln auf Insektenbasis. Damit liessen sich in der Schweiz anfallende Reststoffe aus der Lebensmittelproduktion weiterverarbeiten und die Lebensmittelverschwendung reduzieren. Knapp 60% der gesamten Lebensmittelabfälle wären für die Verfütterung an Nutztiere, zu denen auch die Futterinsekten gezählt werden, geeignet. Dieser Teil der Lebensmittelverluste kommt hauptsächlich aus der Verarbeitung (38%), direkt aus der Landwirtschaft (13%) oder dem Handel (8%). Die Zucht von Insektenlarven zur Futtermittelproduktion kann also dazu beitragen verschiedene Probleme zu lösen und gleichzeitig Synergien schaffen:

- Durch die Verfütterung an Insekten lassen sich verschwendete Lebensmittel dem Gesamtkreislauf wieder zuführen. Grosse Mengen an Food waste würden somit im Nährstoffkreislauf erhalten bleiben.
- Aus den gezüchteten Insekten lassen sich hochwertiges Rohprotein und Fette generieren. Damit liessen sich hohe Importe und weite Transporte vermeiden und der Land- und Wasserverbrauch sowie die Überfischung reduzieren.
- Durch den Aufbau effizienter und nachhaltiger Insektenproduktionsstätten liessen sich die Klimabilanz und der Ressourcenhaushalt der Schweizer Landwirtschaft verbessern.

Inhalt

Futtermittel: die Schwarze Soldatenfliege	
<i>Hermetia illucens</i>	3
Das Leben der Soldatenfliege	3
Hermetiamast	5
Zucht und Remontierung	12
Organisation der Hermetiazucht und -mast	21
Ausblick	23

Futtermittel: die Schwarze Soldatenfliege *Hermetia illucens*

Die Larve der Schwarzen Soldatenfliege wird unter der Vielzahl von Insekten hauptsächlich aus folgenden guten Gründen als Futtermittelinsekt bevorzugt:

- Sie verwertet ein breites Spektrum von zerfallenden organischen Substanzen.
- Sie lässt sich in hohen Dichten ohne Verbiss oder Kannibalismus halten.
- Sie leidet bisher an keinen bekannten Krankheiten, sondern vermag verschiedene Pathogene in ihrem Umfeld zu reduzieren.
- Sie produziert keine Abwehrgiftstoffe und überträgt keine Krankheitserreger an ihre Umwelt.

- Ihr Fortpflanzungszyklus ist gut zu kontrollieren.
- Sie hat einen hohen Proteingehalt mit günstigem Aminosäureprofil.
- Fütterungsversuche bei Fischen, Geflügel und Schweinen mit Beimischungen von Hermetiamehl waren erfolgreich.

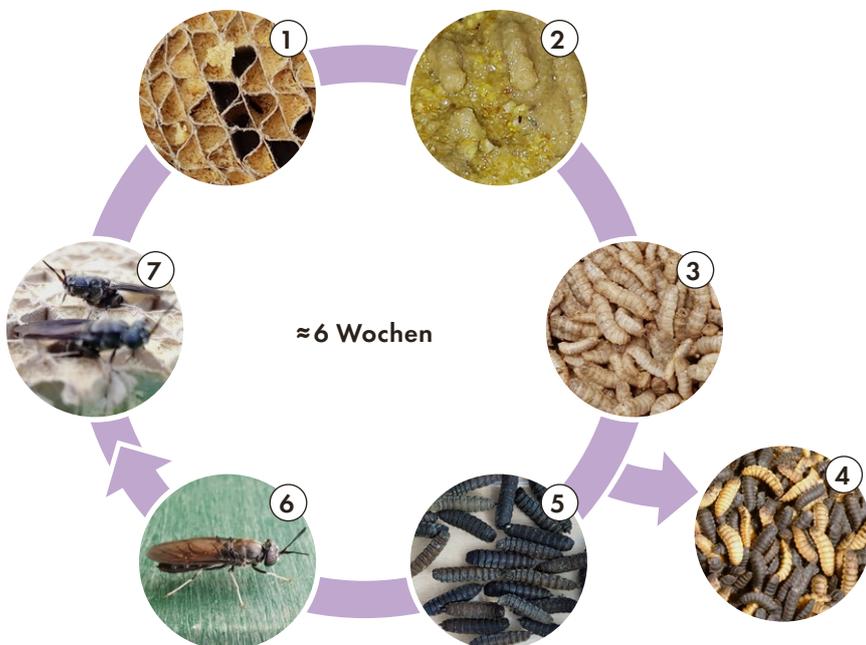
Durch diese Eigenschaften ist die schwarze Soldatenfliege in den Fokus zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen, abfallwirtschaftlicher Konzepte und agrarpolitischer Überlegungen gerückt.

Das Leben der Soldatenfliege

Die Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*), kurz «Hermetia» wird auch «Schwarze Wafflenfliege» und in der englischen Fachliteratur «Black Soldier Fly» (BSF) genannt. Sie gehört zur Ordnung

der Zweiflügler (*Diptera*) in die Familie der Wafflenfliegen (*Stratiomyidae*). Fliege und Puppe werden etwa zwei Zentimeter gross, wobei die männlichen Fliegen etwas kleiner als die weiblichen sind.

Abbildung 1: Lebenszyklus *Hermetia illucens* und Dauer der einzelnen Entwicklungsstadien



1. Eier: 3–5 Tage

2. Junglarven: 6–8 Tage

Vom Schlupf aus dem Ei bis Ende des 2. Larvenstadiums

3. Mastlarven: 12–16 Tage

Vom 3. bis zum 5. Larvenstadium

4. Ende der Mast und Ernte

Die Mast endet bevor die Larven im 6. Larvenstadium als dunkle Präpuppen die Nahrungsaufnahme stoppen und sich einen geeigneten Platz für das Puppenstadium suchen. Die Ernte erfolgt sobald die ersten Präpuppen auftauchen (spätestens bei Präpuppenanteil von 20 %, etwa Tag 18–22 der Larvenentwicklung).

5. Puppenstadium: 7–12 Tage

6. Adulte Fliege: 7–21 Tage

Die frisch geschlüpften Fliegen werden nach 2–3 Tagen geschlechtsreif; die Weibchen schlüpfen etwa 1–2 Tage nach den Männchen, die Kopulation erfolgt etwa 3 Tage nach dem Schlupf aus der Puppe.

7. Eiablage

Frühestens 2 Tage nach der Kopulation legt das Weibchen ein Paket von 200–1300 Eiern.

Generell gilt, dass die angegebenen Zeiten etwa zwei Drittel aller Individuen der jeweiligen Generationspopulation beschreiben. Auch unter optimalen und konstanten Bedingungen entwickeln sich einige Larven schneller und einige Larven deutlich verzögert. Durch diese genetisch verankerte Variabilität kann in der Natur zumindest ein Teil der Population etwaige ungünstige Entwicklungsbedingungen vermeiden (z.B. Nahrungsknappheit, Trockenphasen etc.).

Lebenszyklus

Die Zeitspanne einer Generation von Ei zu Ei beträgt bei optimalen Lebensbedingungen in geschlossenen Aufzuchtstationen etwa 6 Wochen. Der Lebenszyklus kann allerdings stark variieren. Während er sich in den ursprünglichen Verbreitungsgebieten der Tropen und Subtropen verkürzen kann, führen widrigere Umstände bei Temperatur, Feuchtigkeit, Nahrungsangebot und/oder Sonnenschein zu deutlichen Verzögerungen. Nach vielen Jahren des Aufbaus und der Optimierung einer Hermetiazuchtstation am FiBL in Frick können folgende Zeitangaben als Richtwerte betrachtet werden, siehe Abbildung 1 auf Seite 3:

Die adulte Fliege kann 1,5–3 Wochen überleben und nimmt während dieser Zeit nur noch Flüssigkeit aber keine Nahrung mehr auf. Sie lebt von ihren Energiereserven (Fett). Das Weibchen stirbt bald nach der einmaligen Eiablage, das Männchen je nach Konstitution.

Umwelt- und Aufzuchtbedingungen

Auch wenn *Hermetia* keine hohen Ansprüche an das Futter stellt, so hat sie doch einige Anforderungen an ihre künstliche Umwelt. Für die Erhaltung einer mehrjährigen Zucht ist etwa ein geeignetes Raumklima entscheidend. Die adäquate Haltung und Fütterung ist eine grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Aufzucht und effiziente Mast. Das kann ein Grund dafür sein, weshalb die Anzahl der professionellen Larvenproduktionen in ganz Europa nach wie vor überschaubar geblieben ist.

Die Ansprüche der *Hermetia* an die Umgebungstemperatur ändern sich mit dem jeweiligen Entwicklungsstadium. Die Fliegen, Eier und Junglarven benötigen 27 bis 30 °C und eine relative Luftfeuchte von mindestens 60 %. Die Fliegen brauchen zusätzlich eine starke Lichtquelle mit Anteilen im UV-A-Bereich, damit die Kopulation und Reifung der Eier ausgelöst werden kann. Die Mastlarven fühlen sich bei einer Temperatur von 25 bis 28 °C wohl. Temperaturen unter 23 °C verzögern die Entwicklung und unter 17 °C stoppen sie sogar. Ebenso können sich Temperaturen von über 32 °C nachteilig auswirken.

Welche Futtermittel für *Hermetia* erlaubt sind

Grundsätzlich ist die Hermetialarve äusserst anspruchslos, was die Auswahl der Futterkomponenten betrifft. Im Gegensatz zu spezialisierten Nahrungsverwertern kommt die *Hermetia* mit vielen verschiedenen Futterquellen zurecht, solange sich das angebotene Futtersubstrat in einem feuchten Zersetzungsprozess oder für ihre Mundwerkzeuge aufnahmefähigen breiartigen Zustand befindet.

Ausserhalb Europas wird die omnivore, also allesfressende *Hermetia* auch mit Tierresten oder Fäkalien gefüttert. Dies setzt unter dem Aspekt der Abfallreduktion, vor allem in tropischen Metropolregionen, einen weiteren interessanten Schwerpunkt.

In der Schweiz und der EU ist es nur erlaubt vegetarische Restströme aus der Landwirtschaft und der Weiterverarbeitungskette an *Hermetia* zu verfüttern, damit sie sich als Eiweissträger für Raubfische, Geflügel und Schweine einsetzen lässt. Das bisherige Verbot der EU und der Schweiz, dass prozessierte Proteine tierischen Ursprungs nicht an Nutztiere für die menschliche Ernährung verfüttert werden dürfen, wurde kürzlich entsprechend gelockert.



Als Tierfutter kommen Larven im 5. Larvenstadium zum Einsatz, bevor sie die Nahrungsaufnahme stoppen und sich als dunkle Präpuppe (6. Larvenstadium) einen geeigneten Platz für das Puppenstadium suchen. Sie werden tiefgefroren und dann zu Insektenmehl weiterverarbeitet.

Hermetiamast

Die eigentliche Mast der Hermetialarven beginnt nicht gleich mit den frisch geschlüpften Junglarven und endet auch nicht mit dem letzten Larvenstadium, der dunklen Präpuppe. Vielmehr wird die Periode der maximalen Nahrungsaufnahme – und damit der maximalen Gewichtszunahme – vom 3. bis zum 5. Larvenstadium genutzt. Alle anderen Arbeitsschritte werden im Kapitel Zucht und Remontierung ab Seite 12 beschrieben.

Den richtigen Mastzeitraum finden

Als Hermetiamast wird das Verfüttern von Abfallstoffen als Futtersubstrat bezeichnet. Dies ist schon bei der Junglarve möglich. Allerdings kann in dieser sensiblen Entwicklungsphase die Mortalitätsrate auf über 80 % steigen. Damit häuft sich das Risiko eines Totalausfalls. Um dies zu verhindern, ist eine angepasste Fütterung der Junglarven entscheidend. Aus Erfahrung, ist ein Mastbeginn zu diesem Zeitpunkt nicht zu empfehlen.

Nach der Häutung am Ende des 5. und letzten hellen Larvenstadiums geht die Larve in das dunkle Präpuppenstadium über. Ab diesem Zeitpunkt stoppt die Larve die Nahrungsaufnahme und zehrt fortan von ihren körpereigenen Energiereserven. Die Larve bildet ihre Mundwerkzeuge zu einem Wanderhaken um und begibt sich auf die Suche nach einem geeigneten trockenen Platz zur vollständigen Verpuppung. Dieser Zeitpunkt der Abwanderung der Präpuppe wurde in den Anfangsjahren der Hermetiaproduktion, in den USA, aber auch am FiBL zur Ernte genutzt. Da die Präpuppe zu diesem Zeitpunkt schon an Gewicht verliert, ist das Mastende heutzutage wie folgt empfohlen.

Optimaler Mastzeitraum

- Start mit 5–9 Tage alten Junglarven, nach der sensibelsten Entwicklungsphase
- Ende nach ca. 10–14 Tagen Mast (Alter der Larven nach dem Schlupf: 15–23 Tage), erkennbar mit dem Erscheinen von 10–20 % dunklen Präpuppen (6. Larvenstadium)



Entwicklungsphasen der Hermetialarve a) zu Beginn der Mast mit 6-Tage alten Junglarven und b) nach dem Mastende mit hohem Anteil dunklen Präpuppen.

Fütterung während der Mast

Fütterungsversuche zur Mastentwicklung

Versuche mit zwei verschiedenen Grundfuttern zur Larvenmast ergaben folgende Ergebnisse: Obwohl sich die Larven gleich schnell bis zur Präpuppe entwickelten, waren die Larven auf protein- und kohlenhydratreichem Birtreber und Pasta nach 2 Wochen gut ein Viertel grösser als die Vergleichsgruppe auf faserreichem Obst und Gemüse. Bei vergleichbarer Überlebensrate führt das zu entsprechend höherem Biomassezuwachs und Erntegewicht. Die Larvenentwicklung verlief über den gesamten Zeitraum von 15 Tagen analog. Der Gewichtsrückgang beim Übertritt der Larven in die Präpuppenphase war bei beiden Gruppen gleich.

Der Proteingehalt der auf Birtreber und Pasta gemästeten Larven war höher und Fettgehalt niedriger als bei denjenigen auf Obst und Gemüse. Diese Gehalte in den ausgemästeten Larven könnten aber entsprechend der Zusammensetzung der Einzelkomponenten im Mastfutter recht variabel ausfallen.

Zusammensetzung FiBL Standardfutter

Nach zahlreichen Versuchen hat das FiBL ein Standardfutter entwickelt, das die qualitativ hochwertigen Restströme von Biertreber und Pastaresten mit den schwerer verdaulichen und von anderen Nutztieren weniger begehrten Obst- und Gemüseresten kombiniert.

Rezept für Mastfutter

- 40 % noch feuchter Biertreber von der Brauerei, mit 20 % Trockenmasse (TS)
- 32 % Obst- und Gemüse-Ausschuss vom Grossverteiler, dessen TS saisonal bedingt zwischen 15 und 40 % schwankt.
- Restliche 28 % bestehen aus falsch-, test- oder überproduzierter Pasta vom Produzenten mit 30–40 % TS.

Des Weiteren lassen sich Apfel- und Gemüsetrester, Rüstabfälle und Backwaren ohne Probleme verfüttern. Theoretisch wäre es möglich, viele weitere organische Reste zu verfüttern. Die Futterkomponenten müssen aber direkt aus der Produktion kommen, also bevor sie auf dem Teller gelandet sind, was z.B. Kantinenabfälle, selbst wenn sie vegetarisch sind, ausschliesst siehe Info-Box A: Rechtliche Situation CH/EU auf Seite 8.

Zubereitung des Futters

Nach der Berechnung der benötigten Mengen, werden die jeweils verwendeten Zutaten in einem grossen Behälter grob gemischt und dann zerkleinert. Es empfiehlt sich, eine gesamte Wochenration in einem Arbeitsgang herzustellen und die Futterraationen gekühlt und dunkel zwischenzulagern.

Ob geschreddert, gemahlen oder gehäckselt: Bei der Herstellung des Futterbreis ist darauf zu achten, dass sämtliche Zutaten möglichst fein zerkleinert, nach Bedarf mit Wasser verdünnt oder wenn nötig mit einer bindigen Komponente angedickt werden. Als Praxistest sollte der Futterbrei erst ab einem Winkel von etwa 20° langsam von der Schaufel gleiten. Dies entspricht in etwa dem optimalen Trockenmassegehalt von 24 %. Ist das Futter zu trocken, kann sich eine feste Oberflächenkruste bilden, siehe Bild Seite 7, Mitte. Ist das Futter zu feucht, besteht akute Fluchtgefahr der Larven. Oft ist eine Zugabe von Wasser nicht nötig, da viele Obstsorten oder auch Tomaten und Gurken stark entsaften. Bei Kohlsorten, grossen Rüben oder ähnlichem empfiehlt sich vorangehend eine grobe Zerkleinerung zum Beispiel mit dem Rübenhäcksler.

Zerkleinerung der Zutaten

- Je kleiner, umso einfacher ist die Aufnahme der Partikel für die Larven.
- Erfolgt die Ernte der Larven nach Beendigung der Mast mit einem Sieb, empfiehlt sich eine maximale Korngrösse kleiner der Maschenweite von < 5 mm. In diesem Fall muss auch bedacht werden, dass sich beim Verfüttern von Steinobst die eventuell nicht zerkleinerten unverdaulichen Steinkerne (z.B. Kirschkerne) später in der Larven-Ernte ansammeln.

Nährstoffbedürfnisse

- **Rohproteingehalte** sollten in Futtersubstraten nicht unter 7 % liegen. Schon Gehalte unter 15 % führen zu vergleichsweise geringerer Biomasseproduktion und/oder verlangsamen den Entwicklungszyklus sowie die Futtermittelferwertung. Andererseits sind Rohproteingehalte über 20 % wegen der damit bedingten verringerten Stickstoffeffizienz nicht nötig. Gehalte über 25 % sind wegen potenziell kritischer Abbauprodukte unter Umständen sogar nachteilig. Ein Rohproteingehalt zwischen 15–20 % erscheint optimal. Dies ist aber stark abhängig vom Energiegehalt der Futtersubstrate.
- **Kohlenhydratgehalte** deutlich über 50 % sind nicht zu empfehlen. Das Verhältnis von Rohprotein zu Kohlenhydraten bzw. Stärke sollte idealerweise zwischen 1:2 und 1:3 liegen. Dies erlaubt schnellst- und grösstmögliche Biomassezuwächse.
- **Fett** lässt sich durch die Larven problemlos verstoffwechseln und kann somit allenfalls zu niedrige Stärkegehalte kompensieren. Fettgehalte über 15 % im Futter haben meist generell nachteilige Effekte auf die Larvenentwicklung.
- Abgesehen von Hemizellulose können die Larven **Pflanzenfasern** grundsätzlich nicht verdauen. Pflanzliche Fasern degradieren durch rein mikrobielle Aktivität, vor allem im Futtersubstrat und bieten somit eventuell eine indirekte Nahrungsquelle für Hermetia.
- Eine **Abweichung dieser Werte**, kann das Wachstum, die Entwicklungsdauer und die Ernte / Produktqualität deutlich beeinträchtigen. Auch ein Ausfall der gesamten Masteinheit ist möglich.



Start der Mast und Futterzugaben: Ringförmige Startfuttergabe mit den Junglarven mittig (Bild links), kritische Überfütterung mit Krustenbildung (Bild Mitte) und normale dritte von vier Futterzugaben (Bild rechts).

In der FiBL Zuchtstation konnten über mehrere Jahre einige Langzeitversuche durchgeführt werden und so die ökonomischsten Fütterungsraten und Fütterungsfrequenz ermittelt werden (Tabelle 1).

Eine Portionierung auf vier Futtergaben, also drei Zugaben nach dem Start der Mast, ergeben für diese Parameter die jeweils besten Ergebnisse:

- Ernteerfolg,
- Geringer Arbeitsaufwand
- Steuerung und Kontrolle

Fütterungszeitpunkte

Die Fütterungstermine an den Tagen 1, 4, 7 und 10 der Mastphase sind hierbei am ehesten auf das Fressverhalten im Zusammenhang mit dem Wechsel der Larvenstadien abgestimmt. Abweichungen der Termine aufgrund von Futterqualität, Temperatur und Feuchtigkeit sind möglich und lassen sich jederzeit anpassen. Unter besonders guten Bedin-

gungen lässt sich auch auf eine 3-fach Gabe (Startmenge + 2 weitere Zugaben) umstellen. Die Startfuttergabe (20 % der Gesamtmenge) wird zu Beginn der Mast ringförmig in die Masteinheit gefüllt und die abgezählten Junglarven in die Mitte des Kreises gegeben (Bild oben links). Alle weiteren Fütterungen lassen sich danach von oben dazu füllen (Bild oben rechts). Das Bild in der Mitte zeigt eine Krustenbildung bei Überfütterung, welche die Hermetialarven nur schwer durchbrechen können. Dies wirkt sich auf die Überlebensrate, die Verwertung des Substrats und somit auf den Ernteerfolg aus.

Die Berechnung der Gesamtfuttermenge basiert auf dem Erfahrungswert von 0,0714 g Frischmasse pro Larve pro Masttag. Hierbei wird allgemein von einer 14-tägigen Mastperiode ausgegangen (Tabelle 2). Vereinfacht umgerechnet bekommt jede Larve 1 Gramm Futter während der gesamten Mast.

Tabelle 1: Zeit und Prozent der Fütterung einer Mastperiode

Fütterung Tag	% der Gesamtration	
	Start +3mal	Start +2mal
1 (Start)	20	28
4	26	32
7	32	-
8	-	40
10	22	-
total	100	100

Tabelle 2: Berechnung der Gesamtfuttermenge einer Mastperiode

g/Larve/ Tag	Larven	Tage	kg Futter
0,071	5000	14	5
0,071	70 000	14	70
0,071	100 000	14	100

Info-Box A: Rechtliche Situation CH/EU Stand Mai 2022

- **EU-Verordnung**
Verordnung (EU) Nr. 2021/1372 der Kommission zur Änderung des Anhangs IV der Verordnung (EG) Nr. 999/2001 hinsichtlich des Verbots der Fütterung von anderen Nutztieren als Wiederkäuern, ausgenommen Pelztiere, mit tierischem Protein:
eur-lex.europa.eu > Quick search: 2021/1372
- **CH: Insektenprotein als Futterkomponente**
Verordnung über tierische Nebenprodukte 916.441.22
Derzeit im Prozess der Harmonisierung mit den jüngsten EU-Verordnungen
fedlex.admin.ch > Systematische Rechtsammlung > 9 Wirtschaft - Technische Zusammenarbeit > 91 Landwirtschaft > 916.441.22
Verordnung vom 25. Mai 2011 über tierische Nebenprodukte (VTNP)
- **Futtermittelkontrolle – Gesetzliche Grundlagen**
agroscope.admin.ch > Themen > Nutztiere > Futtermittel > Futtermittelkontrollen > Gesetzliche Grundlagen
- **Haltungsbedingung der *Hermetia illucens***
Einschliessungsverordnung (ESV) nach Schweizerischem Bundesrecht:
Artikel SR 814.912 «Verordnung über den Umgang mit Organismen in geschlossenen Systemen» die Einschliessungsverordnung (ESV) für gebietsfremde Organismen.
admin.ch > Systematische Rechtsammlung > 8 Gesundheit - Arbeit - Soziale Sicherheit > 81 Gesundheit > 814.912 Verordnung vom 9. Mai 2012 über den Umgang mit Organismen in geschlossenen Systemen (Einschliessungsverordnung, ESV)
- **Bioregelwerk 2022 Schweiz**
Sammlung aller Verordnungen, Weisungen und Listen, die im Biolandbau Anwendung finden, bioaktuell.ch > Aktuell > [Das_Bioregelwerk](#) > Bio Suisse: Allgemein 2022 > Richtlinien (deutsch) > Teil II > 5.9 Insektenproduktion

Kompartimente und Besatzdichte

Bei der Wahl der Kompartimente für den Mastbetrieb sind ein paar wenige Regeln zu beachten.

Material des Behälters

Grundsätzlich sind Behälter zu benutzen, welche die Nahrungsmittelqualität nicht beeinträchtigen können. Der innere Bereich sollte säure- und laugenresistent sein. Beim Füttern zum Beispiel mit Früchten wird durch die Fruchtsäure ein niedriger pH-Wert eingetragen. Im Gegensatz dazu verursachen die Ausscheidungen der Larven und ihre Mikroben eher ein basisches Milieu (hoher pH-Wert). In diesem fühlen sich die Larven am wohlsten. Entsprechend muss die innere Wand des Behälters solchen chemischen Schwankungen gegenüber unempfindlich sein. Galvanisierte und korrosionsanfällige Materialien können nicht verwendet werden. Kunststoffe müssen als lebensmittelecht deklariert sein.

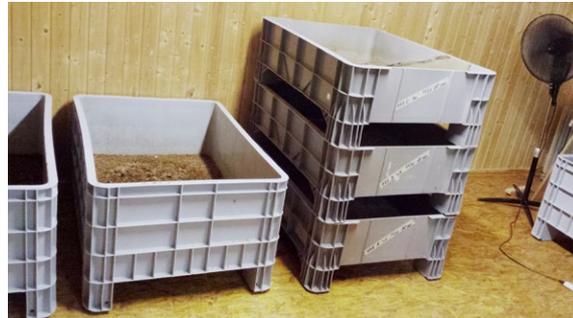
Form des Behälters

Neben dem Material gibt es bei der Form gewisse Einschränkungen. Je nach Besatzdichte wächst im Laufe der Mast die Füllmenge immer weiter an. Daher empfiehlt sich die Wandhöhe der Besatzdichte anzupassen:

- Die Wand sollte nicht zu hoch sein, damit noch genügend Luftaustausch gewährleistet ist und die Larven nicht an der eigenen CO₂- und Ammoniak-Produktion ersticken.
- Sie sollte aber auch nicht zu niedrig sein, damit die Larven die Wand auf ihren Wanderungen nicht einfach übersteigen können. Sollte es den Larven ungemütlich werden, hält sie allerdings keine noch so hohe senkrechte Wand zurück.
- Ein guter Kompromiss der Wandhöhe ergibt sich aus dem 4-fachen der Besatzdichte (Anzahl der Larven pro cm²) und ist aus Tabelle 3 auf Seite 9 den angeführten Beispielen zu entnehmen. Dort sind die verschiedenen Kompartimente aufgeführt, die in der Aufzuchtstation des FiBL im Einsatz sind (Bilder auf Seite 9). Die grössten, als Paloxen bezeichneten Kompartimente, haben die Grundfläche einer genormten EURO-Palette und sind stapelbar (Bilder oben auf Seite 9, Bild unten rechts zeigt gestapelte Kompartimente).



Kleine Eurostapelboxen (60 × 40 × 22 cm, oben) eignen sich für die Mast von 10 000 Larven. In den grosse Paloxen (120 × 80 × 30–50 cm, unten aufgestellt) ist das Ernte/Flächenverhältnis besser, als in Eurostapelboxen.



Je nach Besatzdichte ist die Wandhöhe der Paloxen anzupassen. Tiefere (55 cm) bieten einen guten Abwanderungsschutz, mittlere (35 cm) bieten einen besseren Luftaustausch und sind bei guter Futterkonsistenz (wenig Feuchte und Fett) stapelbar. Bei flacher Ausführung (25 cm) und sehr guter Futterkonsistenz sollte die Besatzdichte nicht höher als 50 000 Larven sein.

Behältergrößen und Besatzdichten

Je grösser die Fläche, umso höher die mögliche Dichte und umso variabler der Spielraum für Fütterungsfrequenz und Menge. Die Paloxengrösse lässt sich mit einem Besatz von 50 000 bis 90 000 Larven gut bearbeiten. Geringere Anzahl von Larven birgt die Gefahr, dass auf Grund der vergleichsweise grossen Oberfläche das Substrat zu schnell verkrustet. 100 000 und mehr Larven in Paloxen erhöhen den Fluchttrieb und der Ernteprozess wird deutlich schwieriger, da die unteren Bereiche kaum durchlüftet werden und der Inhalt kaum noch zu sieben ist. Generell lässt sich beobachten, dass bei hohen Dichten das Gewicht der einzelnen Larven abnimmt. Ein sehr klares Beispiel für Obergrenzen bei Massentierhaltung.

Bei noch grösseren Grundflächen von mehr als einem Quadratmeter lässt sich mit 100 000 Larven pro m² – also einer Besatzdichte von 10 Larven pro cm² kalkulieren. Die besten Ergebnisse im Verhältnis Futtereinsatz, Futterverwertung, Ernte und Arbeitsaufwand erzielt man bei diesen grossen Grundflächen mit Dichten von 8,5–9 Larven pro cm².

Die in Tabelle 3 aufgeführten Eurostapelboxen sind zwar leichter in der Handhabung und lassen sich auf angenehmer Arbeitshöhe auf Regalen stapeln. Doch sie bleiben beim Ernte / Flächenverhältnis hinter grösseren Kompartimenten zurück, da nur eine geringere Anzahl Larven pro cm² gehalten werden kann.

Tabelle 3: Empfohlene Innenmasse und Besatzdichten von verschiedenen Kompartimenten

Kompartimente	Länge cm	Breite cm	Höhe cm	Fläche cm ²	Larven Anzahl	Dichte F (Anzahl Larven/cm ²)	Wandhöhe cm (Dichte F × 4)
Palox	110	74	30–50	8140	70 000	8,6	34,4
Eurostapelbox	57	36,5	22	2081	10 000	4,8	19,2
Tupperbox	39	26,5	10	1034	3000	2,9	11,6

Ernte und Verarbeitung

Trennung von Larven und Restsubstrat

Um die Larven von ihren Futterrückständen und Ausscheidungen, dem Restsubstrat, zu trennen, empfiehlt sich bei geringeren Investitionen ein einfaches Siebverfahren. Es lassen sich aber auch andere hoch technisierte Trennverfahren modifizieren, zum Beispiel Zentrifugen- oder Verwirbelungssysteme. In nationalen und internationalen Forschungsprojekten wird weiterhin nach praktikablen Lösungen gesucht und erste spezifische Entwicklungen kommen auf den Markt. Aber ähnlich wie beim technischen Entfetten der Larven, übertreffen die Anschaffungskosten alle anderen Kosten der Larvenmast zum jetzigen Zeitpunkt noch um ein Vielfaches. Daher sollten solche Investitionen gut überlegt sein, auch wenn sie den Personalaufwand langfristig erheblich reduzieren können.

Grössere Larvenmengen lassen sich mit Hilfe eines Kompost- oder Rüttelsiebs einfach und effektiv vom Restsubstrat trennen. Grundsätzlich lässt sich das Restsubstrat als organischer Dünger verwenden, sogar im Bioanbau. Leider ist es in der Schweiz nicht erlaubt, dieses sofort unbehandelt weiter zu verarbeiten, da man nicht sicherstellen kann, dass sich keine Hermetialarven in diesen Rückständen befinden. Laut Einschliessungsverordnung (ESV) für gebietsfremde Organismen (Info-Box A, Seite 8) muss sichergestellt werden, dass *Hermetia illucens* zu keinem Zeitpunkt die Zucht- und Maststationen verlassen kann.

Kreuzung in Wildpopulationen verhindern

Mehrere Jahre hintereinander liessen sich im Tessin, Teilen der Westschweiz und am Oberrhein in «freier Wildbahn» Soldatenfliegen nachweisen. Tatsächlich konnte das FiBL zeigen, dass ganz Westeuropa, inklusive der Schweiz, vermutlich bereits vor Jahrzehnten von einer genetisch einzigartigen Population der *Hermetia illucens* besiedelt wurde,

die sich stark von den «domestizierten», nahezu weltweit in Gefangenschaft gehaltenen Zuchtstämmen unterscheidet. Dies geschah mehr oder weniger unbemerkt und zeigt, dass sich dieses ursprünglich tropische Insekt an unser Klima angepasst und Überwinterungsstrategien entwickelt hat. Diese *Hermetia*-Wildpopulationen gelten als nicht-invasiv. Genanalysen schliessen aus, dass die wildlebenden Populationen erst kürzlich von domestizierten Stämmen abstammen und dass aktuell nachweisbarer Genfluss besteht. Um die genetisch einzigartigen Wildpopulationen zu erhalten, ist auch zukünftig ein Genfluss tunlichst zu verhindern. Denn gehäuft auftretende Kreuzungen von domestizierten und wildlebenden Stämmen könnten möglicherweise doch ein invasives Potenzial auslösen.

Abtötung, Trocknung und Entfettung

Nach der Separation wird die Ernte am besten zur eigenen Dokumentation gewogen und bei -18°C für mindestens 2 Tage eingefroren. Dies dient der Abtötung der Larven, die bereits bei 16°C ihre Aktivitäten einstellen.

Vor der Entfettung sind die Larven, ähnlich wie Ölsaaten, zu trocknen. Der Trocknungsvorgang dauert bei 60°C etwa 30–36 Stunden. Dies sind Richtwerte und die Dauer kann bis zum optimalen Trocknungsgrad abweichen. Wenn die getrockneten Larven sich leicht zwischen den Fingern aufbrechen lassen, ist die Trocknung beendet. Höhere Temperaturen sind mit Rücksicht auf die Proteinqualität zu vermeiden.

Das Entfetten der Larven liess sich bisher von Forschende am FiBL nicht vollends zufriedenstellend standardisieren. Zum einen schwankt der Fettgehalt der Larven je nach Futter zwischen 20 und 50 % Rohfett in der Trockensubstanz und zum anderen lassen sich die Larven nicht auf einen einheitlichen Wassergehalt trocknen. Beide Faktoren führen dazu, dass sich der im Presskuchen verbleibende Anteil Fett nicht genau festlegen lässt.

Tabelle 4: Umrechnung von frischen Mastlarven mit einem Durchschnittsgewicht von 0,165 g in Hermetia-Mehl mit ca. 15 % Restfett auf Nebenströme der Nahrungsmittelproduktion

Larven Anzahl	Larven frisch geerntet (kg)	Larven trocken (kg)	Larvenmehl 15 % Fett (kg)	benötigtes Futter (kg)	Paloxen Anzahl
70 000	11,6	5,2	3,1	66,5	1
100 000	16,5	7,4	4,5	95	2
5 000 000	825	371	223	4750	70
22 450 000	3704	1667	1000	21 328	320

Zumindest verglichen mit industriellen Verfahren mancher Grossproduzent*innen, die mit kostspieliger Infrastruktur den Restfettgehalt auf bis zu 5 % reduzieren können, ist dieser in der FiBL Produktion mit durchschnittlich annähernd 20 % recht hoch.

Eine einfache und praktikable Entfettung lässt sich mit Ölsaatenpressen durchführen. Die Verwendung des Larvenfetts in der Nutztierfütterung erscheint aufgrund der überwiegend kurz- und mittelkettigen gesättigten Fettsäuren in den Fettsäureprofilen nur bedingt erstrebenswert. Eine Weiterverarbeitung des Fettes zu Biodiesel wäre denkbar.

Um die Ertragsleistung von der Larve bis zum teilentfetteten Hermetiamehlendprodukt abschätzen zu können, werden für die jeweiligen Prozessschritte folgende Mittelwerte angenommen: durch den Trocknungsprozess verringert sich das frische Erntegewicht um ca. 55–60 %, bei der Entfettung werden davon noch einmal ca. 40 % in Form von Öl und Wasserdampf abgeschieden. Daraus ergibt sich, dass 22,5 Mio. Larven, die mit 21 t organischen Resten gefüttert werden, eine Larven-Biomassenernte von knapp 4 t ergeben – was ca. 1 t Hermetiamehlendprodukt entspricht (siehe unterste Zeile Tabelle 4 auf Seite 10).

Kritische Situationen und Problemlösungen

Da unter normalen Bedingungen etwa 90 %, oft sogar 100 % der eingesetzten Larven nach zwei Wochen auch wieder geerntet werden können, sind erhöhte Mortalitäten in der Mast ein Indiz für grundlegende Probleme.

Larven wachsen nicht

Sollten die Starterlarven direkt zu Beginn bis zur zweiten Fütterung nicht deutlich an Grösse und Aktivität zugelegt haben, ist davon auszugehen, dass das Futter Inhaltsstoffe aufweist, welche die Larven nicht verwerten können. Für weitere Fütterungen sollte das Futter frisch zubereitet oder auf andere Lebensmittelreste ausgewichen werden. Mit hoher Wahrscheinlichkeit hat sich dann aber bereits ein Zersetzungskonkurrent in Form von Mikroben und Pilzen etabliert. Dieser vermindert die Nährstoffverwertung der Larven und ihrer Bakterien des Verdauungstrakts. Betroffene Larven wandern ohne Fressaktivität herum, verhalten sich inaktiv oder sammeln sich in Ecken. Sollte ein Futterwechsel nicht zu sofortigem Fressverhalten führen, ist es sinnvoll, diesen Mastansatz zu eliminieren. Vor

dem Start mit neuen Larven und frischem Futter, ist das Kompartiment gründlich zu reinigen.

Larven wandern ab

Sehr grosse, sehr feuchte oder sehr fettige Futtermengen können zu jedem Zeitpunkt während der Mast zu Flucht- und Abwanderungsverhalten führen. Die Futtergabe engt den nutzbaren Platz vorübergehend stark ein. Auf einem feuchten Gleitfilm können die Larven die senkrechte Wand bis über den Rand heraufsteigen. Diese beeindruckende Fähigkeit ist aber für eine erfolgreiche Larvenmast unerwünscht. Sie deutet auf ungünstige Fütterung oder Haltungsbedingungen hin.



Junge Mastlarven die bereits nach der ersten Futtergabe die Eurostapelbox verlassen wollen.



Abgewanderte Präpuppen (mittleres Bild) und ihre Spuren an der Innenwand der Palox (unteres Bild).

Eine Abwanderung lässt sich durch ein Bestreuen der feuchten Ecken mit Mehl, Weizenkleie oder Ähnliches unterbinden. Die ausgebrochenen Larven lassen sich zwar zusammenfegen, aber viele kriechen in vorhandene Ritzen und kommen erst später vereinzelt wieder zum Vorschein.

Überfütterung durch reduzierte Larvenanzahl

Die Verluste durch Mortalität oder Ausbruch führen zu weniger Larven im Kompartiment und damit zu Überfütterung oder ineffizienterer Verwertung bei der nächsten Futtergabe, falls diese nicht der neuen Situation entsprechend reduziert wird. Zu viel Feuchtigkeit durch Überfütterung oder limitierte Larvenaktivität erschwert zum Erntezeitpunkt das Aussieben der Larven deutlich.

Hohe Temperatur in den Behältern

Ein weiteres Problem, das besonders ab Mitte der Mastphase auftreten kann, ist eine extrem hohe

Temperatur innerhalb des Kompartiments. Durch die hohe Aktivität der Larven und biologische Abbauprozesse von Bakterien und Pilzen kommt es zu immer stärkerer Hitzeentwicklung. Die Larven bewegen sich immer hektischer und durchwühlen das Substrat immer stärker, was die Temperatur noch weiter steigen lässt. Es können zeitweise punktuelle Temperaturen bis 50 °C erreicht werden, was bei den überlebenden Larven eine irreparable Schädigung hervorruft. Dieser Prozess ist schnellstmöglich zu stoppen, beispielsweise durch massvolle Zugabe von kaltem Futter, höhere Belüftungsfrequenzen oder durch vorzeitige Ernte. Die Zugabe von kaltem Wasser ist möglich, aber riskant. Zu wenig Wasser heizt den Wärmeprozess nach kurzer Zeit weiter an, und zu viel Wasser erschwert das Aussieben bei der Ernte und verhilft den Larven zur Flucht. Die Larven aus einer solchen Charge sind nicht zur Weiterzucht zu verwenden. Sie können aber, wenn keine toten Larven an der Oberfläche liegen bleiben, den normalen Prozess zur Mehlherstellung durchlaufen.

Zucht und Remontierung

Wer den ganzen Lebenszyklus betreuen möchte, wird schnell feststellen, dass die Aufzucht zur Remontierung der deutlich schwierigere und arbeitsintensivere Teil einer Hermetiazucht ist.

Viele kleinere Schritte greifen hier zusammen, um ganzjährig einen verlässlichen Nachschub an Junglarven zu gewinnen: der Schlupf der Fliegen, erfolgreiche Kopulationen, die gezielte Eiablage,

das Bebrüten der Eier und die Aufzucht der frisch geschlüpften Larven sind alles Momente, die über den Erfolg der Zucht entscheiden. Gelingt einer dieser Punkte nicht, zum Beispiel durch zu wenig Licht bei den Fliegen oder zu kühle Nachttemperaturen bei den Eiern, kann die gesamte Hermetiazucht scheitern.



Fliegenetz mit Tränke (weiss mit grünem Vlies als Docht), Lockbox (grün mit Karton) und Schlupfbox mit Puppen und Blumenerde (weiss).

Präpuppen und Puppen

Um den Lebenszyklus der *Hermetia* nach der Mast fortzuführen und die Kolonie zu erhalten, werden zwei parallele Einheiten in je einer Palox empfohlen (Tabelle 3 auf Seite 9). Für jede der zwei Paloxen werden mindestens 250–300 g dunkle Präpuppen für ca. 2000 Fliegen benötigt, die den Nachwuchs von 70 000 Junglarven sicherstellen. Insgesamt sind also mindestens 4000 Präpuppen (2 × 250–300 g) notwendig. Sie sind in einem flachen Behälter an einem dunklen, trockenen und ca. 27 °C warmen Ort in Ruhe zu lagern. Die Grösse und Form des Behälters ist nebensächlich, aber eine Dichte von 3–4 Puppen pro cm² sollte möglichst nicht überschritten werden. Ob der Behälter mit einem atmungsaktiven Stoff oder Netz bedeckt wird, richtet sich danach, ob die Fliegen kontrolliert an einem bestimmten Zeitpunkt «freisetzbare» sein sollen. Bei einer grossen Anzahl von Puppen lassen sich diese auch ohne Abdeckung im Fliegenkäfig lagern. Diese Präpuppen wandern dann so lange umher, bis sie sich nach mehreren Tagen zuerst versteifen und dann verpuppen. Mit Streu, Mulch oder Blumenerde verpuppen sie sich sehr viel schneller, einheitlicher und mit mehr Energiereserven.

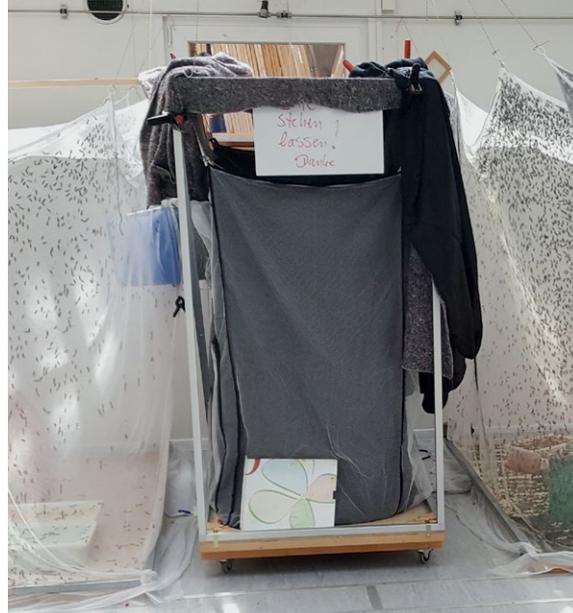
Fliegen und Eiablage

Nach einem durchschnittlich 9-tägigen Puppenstadium schlüpfen die Fliegen. Die frisch aus der Puppenhülle geschlüpften Fliegen verharren einige Stunden am Schlupfort. Währenddessen härtet ihr neues Chitinskelett und die Flügel breiten sich aus.

Kontrollierte Freisetzung der Fliegen

Bei der Methode der kontrollierten Freisetzung lässt sich ein «Dunkelnetz» einsetzen. Das ist ein verdunkeltes Käfigmodul, zur Lagerung der Puppen bis sie nach und nach schlüpfen. Aufgrund des fehlenden Lichtreizes im Dunkelnetz lassen sich die frisch geschlüpften Fliegen dort sammeln. Sie fliegen nicht weg und verlieren so kaum Energie. Damit sind Start und Ende einer Fortpflanzungsperiode gut und einfach bestimmbar.

Nachdem die Fliegen mit dem Schlupf begonnen haben, wird das Modul an einen Fliegenkäfig oder ein Fliegennetz gekoppelt. Die Verbindungsstelle ist zugleich eine Schleuse, durch die zum einen Licht in das Innere des Moduls fällt, und zum anderen die so angelockten Fliegen in den lichtdurchfluteten Käfig entweichen können. Auf diese Weise ist es möglich, in wenigen Stunden ein



Abgedunkeltes Modul (Dunkelnetz) zur Lagerung der Puppen und der kontrollierten Freisetzung der geschlüpften Fliegen durch Koppelung an Fliegennetz.

ganzes Fliegennetz oder einen Käfig von mehr als 6 m³ Raumvolumen zu füllen. Diese Prozedur lässt sich mit Hilfe der Schleuse auch auf mehrere Tage oder auf mehrere Käfige verteilen. Zwar sind hier die Fliegen unterschiedlich alt, haben aber aufgrund ihrer Passivität im abgedunkelten Modul weniger Energiereserven verbraucht. Dadurch ist die hormonelle Steuerung zur Fortpflanzung aufgrund des zeitgleichen Lichtreizes besser synchronisiert.

Kopulation

Zwei bis drei Tage nach dem Schlupf sind die Fliegen geschlechtsreif. In den folgenden Tagen kommt es besonders in den Mittags- und frühen Nachmittagsstunden, zu Kopulationen. Das etwas kleinere Männchen greift sich das Weibchen im Flug und beide stürzen zu Boden. Dabei kann es vorkommen, dass sich das Weibchen dem Männchen wieder entzieht oder dass weitere Männchen versuchen den Platz des ersteren einzunehmen. Nicht jeder Kopulationsversuch ist auch erfolgreich. Die Kopulation kann von einer bis zu zwanzig Minuten andauern und ist an den am Hinterleib miteinander verbundenen Fliegenpaaren gut zu erkennen.



Kopulation (Paarung) der Soldatenfliege



Eiablage in Waben-Karton über dem Locksubstrat in der Lockbox

Eiablage

Zwei bis drei Tage nach einer erfolgreichen Kopulation sind die Eier im Weibchen gereift und es sucht einen geeigneten Ort zur Eiablage. Dabei bevorzugt es einen trockenen Platz in der Nähe von feuchten verrottenden Nahrungsquellen. Das Weibchen legt die Eier nacheinander mit dem lang ausfahrbaren Eiablageapparat in Ecken, Kanten und Öffnungen. Senkrecht geschnittene Wellpappkartons (siehe Bild oben) über einem kleinen Behälter mit sehr feuchtem sich zersetzendem Lockstoffmaterial bieten dafür einen guten Platz. Die Eiablage selbst dauert mindestens 10 Minuten, kann sich aber auch deutlich verlängern. Bereits zuvor abgelegte Eier veranlassen die Weibchen dazu, ihre eigenen Eipakete daneben zu legen.

Dieser Effekt und die 3–5tägige Reifung lässt sich nutzen, indem man die frisch gelegten Eier nicht täglich, sondern nur alle zwei bis drei Tage entnimmt. Dadurch und durch den entsprechenden Lockstoff unter den Kartons lässt sich der unkontrollierten Eiablage entgegenwirken, da Eipakete, zum Beispiel in Ritzen am Boden verloren sind und die Effizienz reduzieren.

Lockmittel

Eine Lockbox ist ein kleiner bis mittelgroßer Behälter. Sie enthält eine geruchsintensive Mischung aus verrottendem organischem Material und etwas Restsubstrat von den Mastabfällen, vermischt mit ausreichend Wasser. Dieser Cocktail soll trüchtige Weibchen zur Eiablage anlocken. Die Weibchen legen ihre Eier auf einen Werkstoff mit geschlitzter, poröser oder gitterartiger Struktur, der über der Lockbox platziert ist. Hier bieten sich etwa Wellpappkartons an, die zum einen den Geruch durchströmen lassen und zum anderen den Weibchen Falten, Kanten und Öffnungen zur Eiablage bieten. Diese Elemente, welche die frisch gelegten Eier sammeln, müssen einfach und schnell austauschbar sein. Der Austausch ist im besetzten Fliegenkäfig am besten morgens oder vor den Mittagsstunden zügig vorzunehmen.

Versorgung mit Wasser

Wichtig ist im Fliegenstadium eine Tränke. Auch wenn die Fliegen keine Nahrung mehr aufnehmen, müssen sie immer wieder Wasser trinken. Besonders in einer Umgebung mit geringer Luftfeuchte kann es schnell zu Dehydrierung der Fliegen kommen. Zusätzlich zu einer Tränke sollte das Netz immer wieder mit einem feinen Sprühnebel angefeuchtet werden. Die Fliegen nehmen dann die kleinen Tröpfchen begierig auf. Eine Zugabe von Zuckerwasser, die das Fliegenleben verlängern kann, ist aus Sicht einer effizienten Hermetiazucht nicht erforderlich. Hier ist eine möglichst zeitlich begrenzte Kopulation und Eiablage das Ziel. Nach gut anderthalb Wochen sollte der Peak der Eiablage überschritten sein. Danach beginnen die Fliegen zu sterben.



Zur Eiablage eignet sich ein Wabenkarton, der über einem Locksubstrat in der Lockbox gelegt wird. Hellgelb sind die bereits gelegten Eipakete zu sehen.

Netz- und Käfigvolumen je nach Koloniegrösse

Für den Aufbau einer chargenweisen Hermetiakolonie – also der Betreuung von immer nur einer Generation über die 6-wöchige Entwicklungsphase hinweg – braucht es mindestens 4000 Fliegen. Dafür sind grosse Mosquito- oder Fliegennetze von ca. 200 × 180 cm Grundfläche und 170 cm Höhe sehr praktikabel. Auch kleine Steckkäfige (80 × 40 × 40 cm) oder ein eigenes System (Bild oben rechts) eignen sich. Die Netze oder Käfige brauchen einen dichten Bodenbereich, sodass keine Fliegen entweichen können. Eine Tränke und eine Lockbox für die Eiablage gehören zur Grundausstattung (Bild Seite 12).

Die grossen Netze bieten bis zu 12 000 Fliegen Platz. Das entspricht einer Dichte von 2000 Fliegen pro m³ oder 2 Fliegen pro dm³. Bei 500 Fliegen in einem kleineren Steckkäfig wird schon eine doppelt so hohe Dichte erreicht (4 Fliegen pro dm³). Allerdings stossen beide Grössen jeweils damit an ihre Funktionalitätsgrenzen. Ab einem bestimmten Verhältnis von Netzgrösse zu Anzahl der Fliegen wird die Zucht deutlich ineffizienter. Das liegt nicht allein am Volumen, sondern wird deutlich von der vorhandenen Aufsitzfläche bestimmt. *Hermetia illucens* ist eine durchschnittlich begeisterte Fliegerin und verbringt mehr Zeit hockend als im Flug. Das bedeutet, dass das Verhältnis von Aufsitzfläche / Volumen bei einer Vergrösserung des Raumvolumens



Ein grosses Fliegennetz bietet den 4000–8000 Fliegen für eine Hermetiakolonie ausreichend Platz. Sind darin kleine Käfige zum zusätzlichen Ausbruchschutz platziert, lassen sich je kleinem Käfig 500 Fliegen, also insgesamt 2000 Fliegen halten.



Auch in selbstgebauten Käfigen ist auf ein ausgeglichenes Verhältnis von Netzgrösse und Fliegenanzahl zu achten.

durch zusätzliche Aufsitzelemente aufrecht zu erhalten ist. Die Fliegen behindern sich sonst ständig gegenseitig. Ebenso sind zusätzliche Tränken und Lockboxen aufzustellen.

Besetzung der grossen Netze

200 × 180 cm Grundfläche, 170 cm Höhe,
Raumvolumen: 6 m³
Optimal: 4000 bis 8000 Fliegen

Lichtverhältnisse

Auch die Lichtverhältnisse spielen bei der Fliegenzucht eine entscheidende Rolle. Die verwendeten Leuchtmittel sind über den Fliegennetzen zu platzieren. Das Licht mit einer Beleuchtungsintensität von > 1500 Lux in den Wellenlängen Gelb (600 nm) bis UV-A (345 nm) sollten das gesamte Netz ausleuchten. Das ist wichtig, da diese Lichtverhältnisse die Geschlechtsreife und den Fortpflanzungstrieb in Gang setzen. Es wird ein Zusammenhang zwischen dem namensgebenden durchscheinenden (illucen) Körpersegment der Hermetiafliege und dem durchscheinenden Wellenanteil des Lichts vermutet. Mittlerweile gibt es schon mehrere Anbieter von speziellen «black soldier fly breeding lights». Die Ausleuchtung der Fliegenzucht sollte jedenfalls nicht nur von einem LED-Strahlertyp mit sehr begrenztem Wellenlängenbereich stattfinden, egal wie viele davon installiert werden. Bei der empfohlenen Verwendung von speziellen LED-Strahlern mit UV-A Anteilen ist in jedem Fall mittels entsprechender Schutzbrillen auf die Arbeitssicherheit zu achten.

Falls die Möglichkeit für natürliche Tageslichteinstrahlung, etwa durch Fenster, besteht, kann das zu erfreulich hoher Reproduktionsaktivität der Fliegen führen. Allerdings ist dann speziell im Hochsommer einer starken Aufheizung durch den Treibhauseffekt mittels Kühlung oder Vermeidung der Sonneneinstrahlung entgegenzuwirken.

Inkubation

Die Wabenkartons mit den darin enthaltenen Eiern werden bis zum Schlupf der frischen Junglarven über sehr feuchtem Futtersubstrat gelagert, damit sie nach dem Schlüpfen aus der Eihülle direkt auf ihr Futter fallen und mit der Nahrungsaufnahme beginnen können. Der zeitliche Ablauf könnte beispielsweise so aussehen:

- Montag und Dienstag legen die Weibchen Eier.
- Die Eier am Mittwochmorgen entnehmen und über dem Aufzuchtfutter platzieren.
- Am Freitag beginnen die Larven zu schlüpfen.
- Samstag, Sonntag, Montag schlüpfen nahezu alle Larven aus den Eiern.
- Am Dienstag den alten Karton entsorgen.

Schätzen der Eianzahl

Das Abschätzen der Eieranzahl ist überaus schwierig und mit grossen Unsicherheitsfaktoren verbunden. Zudem ist die Schlupfrate sehr unterschiedlich und kaum exakt kalkulierbar. Weshalb es schwer ist die Eieranzahl des Hermetiazzyklus zu schätzen:

- Anzahl und Gewicht der Eier sind von Weibchen zu Weibchen unterschiedlich.
- Nicht alle Eier sind befruchtet.
- Einzelne Eier können bereits ausgetrocknet oder verschimmelt sein.
- Nicht alle Junglarven sind geschlüpft und haben den Sprung in den Futternapf geschafft.

Dies kann viele Ursachen haben, wie die lichtabhängige Paarungsaktivität, oder die Altersstruktur. Daher ist der Anzahl Eier nicht allzu viel Bedeutung beizumessen. Es entwickelt sich schnell ein Blick dafür ob nur wenige, einige, viele oder sehr viele Eier gelegt wurden. Spätestens zum Ende der Junglarvenaufzucht lässt sich die Anzahl wieder schätzen.

Schätzmethode

- Einzelne Eipakete schätzen, mit durchschnittlichen Eiablagerrate von 250 bis 750 Eier pro Weibchen multiplizieren.
- Wiegen des Objekts mit den abgelegten Eiern, Differenz ergibt das Gewicht aller Eier, dividiert durch das Gewicht eines einzelnen Eis (0,000023–0,000027 g), ergibt Eieranzahl. Verschmutzungen oder Feuchte können bei diesen kleinen Werten allerdings schon grosse Abweichungen verursachen.

Empfehlung: Eier ungezählt lassen

Stattdessen für optimale Lege-, Brut- und Schlupfbedingungen sorgen:

- Im Fliegennetz: Temperaturen von 28 °C am Tag und nicht unter 24 °C in der Nacht einhalten (auch nicht im unteren Bodenbereich, wo eventuell die Eiablage positioniert ist).
- Austrocknung während der Brutphase vermeiden, Eier und Junglarven am besten bei einer relativen Luftfeuchte von 60–70 % halten.
- Je nach Isolierung, extrem feuchtes Raumklima wegen möglicher Schimmelbildung vermeiden.

Einfaches Verfahren vom Ei bis zur Junglarvenaufzucht

Für das Ausbrüten und Aufziehen bieten sich zwei verschiedene Systeme an. Bei dem einfacheren Verfahren werden die Kartons mit den Eiern in einer kleinen Box auf einem Gitter direkt über den Futterbrei gelegt.

Die Boxen sind so dicht zu verschliessen, dass keine Junglarven entweichen können, aber noch ausreichend Luftaustausch stattfindet. Das lässt sich etwa durch eine sehr feine Gaze im Deckel erreichen. Die Kartons mit den leeren Eihüllen und das Gitter sind am besten 3–4 Tage nach Schlupf oder eine Woche nach Eiablage wieder zu entfernen. Dabei sind der Entwicklungsfortschritt und die Anzahl der Junglarven sehr gut abschätzbar.

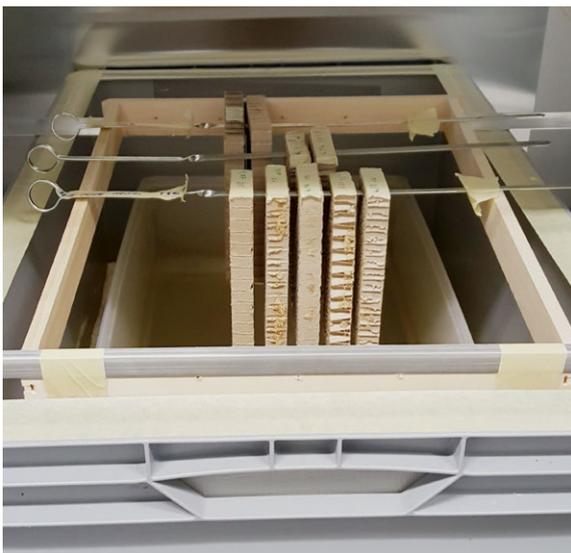


Beim einfachen System sind die Hermetiaeier im Karton auf einem Gitter über dem Futterbrei platziert. Als Futter für die Junglarven lässt sich Hühnerfutterbrei verwenden, siehe nächste Seite unter dem Kapitel «Junglarven».

Komplexeres Verfahren vom Ei bis zur Junglarvenaufzucht

Das zweite System gewährt eine grössere Homogenität der Junglarven und basiert auf der räumlichen Trennung von einer Eiereinheit und einer Junglarven-Futter-Einheit. Hierbei werden die Kartons mit den Eiern über die Box mit dem Aufzuchtfutter platziert (gehängt, auf ein Gitter gestellt).

Es fallen beständig frisch geschlüpfte Larven aus den Kartons nach unten. Die Aufzuchtboxen, in welche die Larven fallen, lassen sich unabhängig von den Eierkartons austauschen. Über mehrere Tage lassen sich so verschieden alte Eierkartons nach und nach über der Aufzuchtbox sammeln, gleichzeitig aber die Aufzuchtbox mit den frisch geschlüpften Junglarven täglich oder alle zwei Tage auswechseln. Daher ist die Entwicklung der gleichaltrigen Junglarvenkohorte innerhalb einer Aufzuchtbox wesentlich homogener und der Zeitpunkt für den Mastbeginn lässt sich einfacher kontrollieren. Die Gefahr der übermässigen Schimmelbildung ist geringer, aber die Futteroberfläche kann durch die anfangs offene Lagerung auch schneller trocknen und verkrusten. Daher werden die ausgetauschten Aufzuchtboxen nach der Entnahme mit Wasser benetzt und dann mit einem gut luftdurchlässigen Deckel mit Gaze verschlossen. Je nach Anzahl Larven empfiehlt sich eine zweite geringere und weniger feuchte Futterbreigabe während einer Kontrolle um den 4.-5. Tag nach dem Schlupf.



Bei dem kontinuierlichen Verfahren werden die hängenden Eierkartons nach und nach über einer austauschbaren Box mit Futterbrei platziert, in welche die geschlüpften Larven rieseln.



In einem Klimaschrank lassen sich die optimalen Brutbedingungen einstellen. Über den Futterboxen sind je 40 000 Eier in Wabenkartons platziert.



Stufenweise Erhöhung des Proteingehalts im Junglarven-Aufzucht-futter: Vier verschiedene Junglarvenfuttermischungen mit Hühnerfutterpellets (18 % Protein), mit Forellenfutter (46 %) und zwei Mischungen mit 25 % und 32 % Protein.

Junglarven

Die frisch geschlüpften Junglarven sind vorzugsweise mit einem Brei aus Hühnerfutter mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 30 % für 5–9 Tage in Aufzuchtboxen aufzuziehen. Das trockene Hühnerfutter wird dazu mit etwa der doppelten Menge an Wasser gemischt. Bei 1:2 als Richtwert wird mit 750 g Hühnerfutter und 1500 g Wasser für ungefähr 200 000 Eier pro Tag gestartet. Davon überleben etwa 100 000 Junglarven bis zur Mast. Optimal sind pelletierte Hühnerfutterwürfel die keine groben Schrotanteile wie etwa Maisschrot aufweisen und bei der Zugabe von Wasser zunächst noch eine Oberflächenstruktur behalten. Ein Anteil von etwa 18 % Rohprotein im Hühnerfutter ist dabei ausreichend. Versuche mit stufenweiser Erhöhung des Proteingehaltes bis 46 % haben keine signifikanten Verbesserungen ergeben – weder bei der Überlebensrate, dem Wachstum oder der Entwicklungsgeschwindigkeit. Inwieweit sich der Proteingehalt im Futter für die Junglarven reduzieren lässt und welchen Einfluss die essenziellen Aminosäurekonzentrationen auf die Entwicklung haben, wird in einem kommenden FiBL Forschungsprojekt untersucht.



Ergebnis nach Brut, Schlupf und 7 Tage Aufzucht bei gleicher Temperatur (27 °C) und von links 40 %, 50 %, 60 %, 70 % und 80 % relative Luftfeuchte: Der Farbverlauf der Substrate lässt sich auf unterschiedliche Oxidation und Trockenheit zurückführen.

Junglarven zum Futter locken

Eine der kritischsten Phasen der gesamten Hermetiazucht beginnt ab dem Zeitpunkt, an dem die geernteten Eier über dem Futter platziert werden. Die frisch geschlüpften Junglarven sind zwingend vor Austrocknung zu schützen. Andererseits sollte der Ort des Schlupfes trockener sein als der Futterplatz. Dies lockt die Junglarven zum Futter und lässt sie dort verweilen. Den Karton mit den Eiern oder die Wände zusätzlich zu befeuchten ist dabei hinderlich. Zusätzlich darf das Futter während dieser Zeit nicht frühzeitig eine geschlossene Schimmelschicht bilden. Kleinere Schimmelflecken stellen kein Problem dar und werden später von den Larven konsumiert.

Maximale Besatzdichte der Junglarven

Die Junglarven lassen sich kurzzeitig in unglaublich hohen Dichten halten, aber 100 Junglarven pro cm² sollten nicht überschritten werden. Das entspricht 120 000 Junglarven in einer 40 × 28 cm Box.

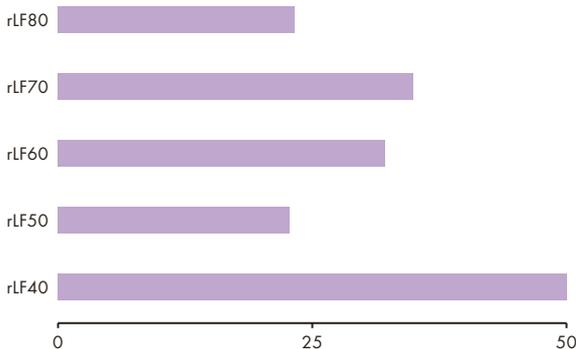
Luftfeuchtigkeit beeinflusst Überlebensrate und Gewicht der Junglarven

Allgemein wird immer beschrieben, dass eine hohe relative Luftfeuchtigkeit (rLF) erforderlich ist, um eine möglichst hohe Schlupfrate und eine erfolgreiche Junglarvenaufzucht zu gewährleisten. Ein Versuch am FiBL hat gezeigt, dass in Inkubatoren mit Raumfeuchten von 50 % bis 80 % gute Ergebnisse zu erwarten sind.

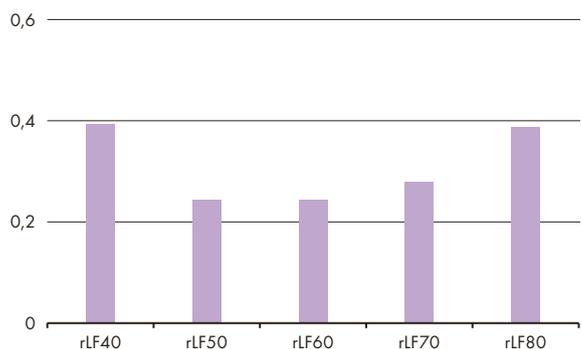
Dazu wurden kontinuierlich jeweils 400 000 Eier im Rieselfverfahren (2. kontinuierliches Larvenaufzuchtverfahren) je in einem Klimaschrank bei 40 %, 50 %, 60 %, 70 % und 80 % rLF und konstanten 27 °C bebrütet und über 7 Tage aufgezogen. Die einzelnen Larven sind bei einer Luftfeuchtigkeit von 80 % und 40 % zum Teil um das 1,6-fach schwerer als Larven der 50 % rLF-Testreihe. Aber die Gründe dafür sind unterschiedlich, siehe Abbildung 2 auf Seite 18. Eine relative Luftfeuchte von 80 % im Aufzuchtbereich ist zwar optimal für die Larven – bedenkt man jedoch den zusätzlichen Energieaufwand, sind die Anzahl und das Gewicht

Abbildung 2: Sterblichkeit und Durchschnittsgewicht während Brut, Schlupf und 7 Tage Aufzucht bei gleicher Temperatur (27 °C) und unterschiedlicher relative Luftfeuchte

Sterblichkeit (%)



Durchschnittsgewicht Larve (g)



rLF = relative Luftfeuchte

Eine rLF von 80 % ist im Aufzuchtbereich optimal. Deshalb überleben hier die meisten Larven die Schlupfphase und haben ein hohes Durchschnittsgewicht. Anders bei einer rLF von 40 %. Hier werden die Larven nur deshalb so gross weil die Hälfte abstirbt und die Überlebenden die doppelte Futterration zur Verfügung haben. Unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs sind auch rLF von 50-70 % zu empfehlen.

der Larven bei 50–70 % rLF durchaus akzeptabel. Für die gleiche Anzahl Junglarven bräuchte man bei trockener Luft unter 50 % rLF ungefähr 1,5-mal mehr Eier, um die höheren Verluste an Junglarven durch Trocknung wieder auszugleichen, und somit entsprechend grössere Zuchtkapazitäten und höheren Materialaufwand. Deshalb sind rLF unter 50 % nicht zu empfehlen.

Separierung und Portionierung der Junglarven

Wenn die meisten der Junglarven die Grösse eines ungekochten Reiskorns erreicht haben (ca. 7-Tage alt), lassen sie sich von ihrem Futter und ihren Ausscheidungen, dem sogenannten Restsubstrat trennen und zahlenmässig schätzen. Danach werden sie portioniert und in die Mast überführt, womit sich der Hermetiakreislauf schliesst. Dieser letzte Schritt vor dem Beginn der Mast erscheint zunächst mühsam, ist aber für die Kontrolle der Mastphase unverzichtbar. Die Schätzung der Junglarvenanzahl ermöglicht es, die Besatzdichte der Mastboxgrösse anzupassen und bestimmt die zu berechnende Futtermenge. Zum Separieren bieten sich zwei Verfahren an.

1) Aussieben

Beim Aussieben lassen sich eher gleich grosse Larven gewinnen, da die winzigen Nachzügler durch die Maschen fallen. Gesiebt wird von Hand mit einer auf die Larvengrösse angepassten Maschenweite zwischen 1 bis 3 mm. Die Aufzuchtboxen mit den Junglarven sollten vor dem Absieben soweit getrocknet sein, dass sich Larven und Material zügig sieben lassen und nicht verklumpen.

2) Abschöpfen

Ähnliches, aber von geringerer Bedeutung, trifft auch auf das Abschöpfverfahren zu. Je trockener der Inhalt der Aufzuchtbox umso einfacher das Verfahren. Hierbei werden die Junglarven in ihrer Aufzuchtbox kurzzeitig gestört, z.B. durchwühlt, vom Rand her geklopft oder leicht erwärmt. Als Reaktion darauf sammeln sich die meisten Junglarven auf einem oder zwei Flecken und befördern das Restsubstrat durch ihre Bewegungen von sich weg. Danach lassen sich die angehäuften Larvensammlungen mit einem Löffel oder einer Kelle in einen sauberen Behälter umfüllen.



Am Ende der Aufzuchtphase ist die Junglarvenanzahl zu schätzen. Dies dient zur Vorbereitung für die Mastphase.

Schätzen der Junglarvenanzahl

Sind die Junglarven weitestgehend von ihrem Restsubstrat getrennt, werden sie alle zusammen gewogen und dann geschätzt. Notwendiges Material: kleines Probengefäss, kleiner Löffel, Unterlage, Feinwaage (Auflösung 0,01 g), eventuell ein Handzähler (siehe Bild oben).

- Alle Junglarven zusammen wiegen.
- Kleine repräsentative Stichprobe von etwa 1–2 g mit einem kleinen Löffel in ein kleines Probengefäss füllen und exakt wiegen.
- Junglarven aus dem Probengefäss nach und nach – immer nur wenige – auf die Unterlage verteilen, zählen bis alle Probenlarven gezählt sind.
- Gewicht der Stichprobe durch die Anzahl der Junglarven dividieren, ergibt das Durchschnittsgewicht der Junglarven.
- Gesamtgewicht der geernteten Junglarven durch das Durchschnittsgewicht dividiert, ergibt die Gesamtzahl der zur Verfügung stehenden Junglarven.
- Durchschnittsgewicht mit der gewünschten Einsatzzahl an Larven pro Mastkompartiment, z.B. 70 000 oder 100 000 multipliziert, ergibt das Portionsgewicht.
- Alle Larven mischen und in kleinere Behälter entsprechend der gewünschten Einsatzmenge abwiegen und portionieren.
- Die frisch portionierten Junglarven im Mastbereich in den entsprechenden Ringen aus Futter ausleeren.

Kritische Situationen, Probleme

Winterdepression / Winterblues

Gerade während der kühlen und dunklen Jahreshälfte können Abweichungen vom optimalen Raumklima zu deutlichen Schwierigkeiten in der Hermetiaaufzucht führen. Die adulten Fliegen und besonders die frisch gelegten Eier sind gegenüber starker Nachtabskühlung speziell im Bodenbereich sehr empfindlich.

Bei der Bildung eines Kältesees innerhalb des Fliegenetz kommt es vor, dass Fliegen, die auf kühlen Oberflächen oder innerhalb dieser Kälteschicht landen, sich für den Rest ihrer Lebenszeit nicht mehr weiterbewegen und ohne äusseren Reiz an Ort und Stelle sterben – auch wenn 30 cm darüber 27 °C warme Luft und mehr zirkuliert. Solche Situationen sind kurzfristig kein Problem, können aber unbemerkt zu einer stetigen Abnahme der Eiproduktion und der Reduktion fertiler schlüpfender Junglarven führen und so einen Wintereinbruch der Hermetiapopulation herbeiführen.

Viele der Schwierigkeiten im Winter ergeben sich aus der Kombination mehrerer Faktoren:

- Intensive Tagesbeleuchtung erzeugt zusätzliche Wärmestrahlung.
- Nachtabskühlung, kühle und trockene Frischluftzirkulation, benötigt zusätzliche lichtunabhängige Wärmeleistung.
- Austrocknung der Luft, benötigt zusätzliche Befeuchtung.
- Verdunstungskälte, insbesondere auf Futtersubstrat kühlt dessen Oberfläche ab.

Je komplexer das Klima- und Beleuchtungssystem, umso wichtiger ist die Kontrolle und Regulation. Kalte Luftschichtung und Verdunstungskälte kann auch bei der Mast zu Schwierigkeiten führen, wenn auch mit deutlich abgeschwächten Auswirkungen.

Unkontrollierte Eiablage

Eine weitere Schwierigkeit, die immer wieder und zu jeder Jahreszeit auftauchen kann, sind unkontrollierte Eiablagen abseits der dafür vorgesehenen Lockboxen. Geruchsintensive Störfaktoren oder eine Überpopulation an adulten Fliegen innerhalb eines Netzes oder Käfigs veranlassen die trächtigen Weibchen ihre Eier an die verschiedensten Plätze abzulegen. Bei zu vielen Fliegen in einem Netz ist die Anzahl der Lockboxen und der Aufsitzflächen zu erhöhen, sowie die Eiablagekartons frühzeitig auszutauschen. Dennoch wird es auf Grund der hohen Anzahl von Fliegen zu abseits platzierten Eiablagen an anderen geruchsattraktiven Stellen kommen. Hermetiaweibchen bevorzugen dafür Ecken, Kanten und Falten, die zusätzlich durch Fliegenurin und Feuchtigkeit einen bakteriellen Biofilm bilden. Besonders die Ränder der Tränken sind dabei im Auge zu behalten. Auch zu viele bereits gestorbene Fliegenkörper am Boden werden zur Eiablage genutzt.

Grundsätzlich lässt sich das Alter der gelegten Eier an ihrem Farbverlauf von milchig-weiss bei ganz frisch gelegten Eiern, über hellgelb während der Entwicklungsphase, bis dunkelgelb beim Schlupf abschätzen. Ist das Netz oder der Käfig allzu stark mit fehlgelegten Eiern «kontaminiert» muss das Fliegengehege kurz vor dem Schlupf dieser Junglarven mitsamt dem Fliegenbestand beendet und eingefroren werden. Kleinere fehlgelegte Eiansammlungen in normal dicht besetzten Fliegennetzen stellen kein Problem dar und kommen immer wieder vor. Junglarven aus fehlgelegten Eiern haben keine lange Lebenserwartung, da für sie kein ausreichendes Nahrungsangebot vorliegt. Anders bei einem Überangebot von mikrobiellen Flächen auf verunreinigten Bereichen oder sich zersetzenden Fliegenkörpern. Hier können sich die Junglarven weiter entwickeln und verunreinigen durch ihre Ausscheidungen den gesamten Netz-/Käfigbereich. Das Handling, der Abbau und die Hygienisierung werden dann sehr aufwendig. Durch die grossflächige Verschmutzung entstehen Geruchsirritationen im gesamten Fliegenaufzuchtbereich, die in anderen Fliegennetzen wiederum zu fehlgeleiteten Eiablagen führen können.



Im Aufzuchtbereich lassen sich grosse Fliegennetze mit kleinen Steckköfigen im Inneren verwenden.

Organisation der Hermetiazucht und -mast

Die Einbindung der Hermetiamast in andere Infrastrukturen, wie der Gewinnung von Strom und Wärme oder in landwirtschaftliche und abfallwirtschaftliche Stoffströme ist ein Standort- und Kostenvorteil. Der Standort sollte für die Hermetiazucht auf jeden Fall räumlich in mindestens vier Bereiche unterteilt sein:

- Grosser Mast- und Vorproduktionsbereich
- Etwas kleinerer Aufzuchtbereich für Reproduktion und Junglarvenfütterung
- Bereich für Hygiene und Futteraufbereitung
- Press- und Lagerbereich

Mast- und Aufzuchtbereiche müssen am Eingang durch eine Schleuse (z.B. mehrlagige Vorhänge) gesichert sein, um das unerlaubte Entweichen einer *Hermetia* ins Freie zu verhindern.

Regulation des Raumklimas

Das Raumklima sollte entweder durch Mess- und Steuertechniken (Klimaanlage, Wärmetauscher) oder als einfacheres Verfahren durch Heizung, Ventilator, Luftbe- und Entfeuchter und häufige Kontrollen, regulierbar sein. Zugleich ist im Mastbereich eine ausreichende Belüftung erforderlich. Die Kombination aus Lebensmittelresten, Hunderttausenden von Hermetialarven und Millionen von Mikroorganismen, die den Luftsauerstoff verbrauchen, aber gleichzeitig vor allem sehr viel CO₂ und Ammoniak produzieren, erfordert einen ständigen Frischluftaustausch – auch zum Schutz der menschlichen Gesundheit.

Unterschiedliche Umweltansprüche

Der Aufzuchtbereich muss räumlich von der Mast abgetrennt sein. Zum einen sind in der Zucht die Hygienestandards deutlich höher, damit sich keine ungewollten Fremdorganismen wie andere Fliegen, Käfer, Milben oder Pilze etablieren können – die in der Mast zeitweise tolerierbar bzw. nicht zu vermeiden sind. Andererseits sind Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Fliegen- und Aufzuchtbereich höher und möglichst konstant zu halten. Bei der Mast sind geringere Temperaturen durch die Eigendynamik innerhalb des Kompartiments ausgleichbar und eine niedrigere Luftfeuchte ist sogar von Vorteil. Die Larven meiden das Licht und sind auch nachts aktiv. Die Fliegen benötigen viel Licht und eine Ruhephase während der Nacht. Schliesslich ist die Schwierigkeit einer gezielten Eiablage nicht zu unterschätzen. Riecht es im ganzen Raum stark nach Abfallresten, nehmen die Lockboxen an Attraktivität für die Fliegen ab und die abgelegten Eier sind überall im Fliegennetz zu finden.

Inkubation nahe des Fliegenbereichs

Die Inkubation, also das Ausbrüten und das Aufziehen der Junglarven, kann praktischerweise in unmittelbarer Nähe zur Fliegenstation stattfinden. Die Ansprüche an Temperatur und Luftfeuchte sind ähnlich. Kurze Arbeitswege, ein Wasseranschluss, eine grosse Arbeitsfläche und ausreichend Stauraum für die zahlreichen Arbeitsmaterialien sind von Vorteil. Ein Klimaschrank oder Klimaraum zur konstanten Regulierung von Temperatur und Luftfeuchte ist zwar empfehlenswert, aber kosten- und wartungsintensiv und bei entsprechendem Raumklima nicht erforderlich. Zumal das Fassungsvermögen eines Klimaschranks bei einer grösseren Junglarvenaufzucht schnell überschritten wird und zusätzliche Geräte nötig werden.

Hermetia benötigt ausreichend Platz

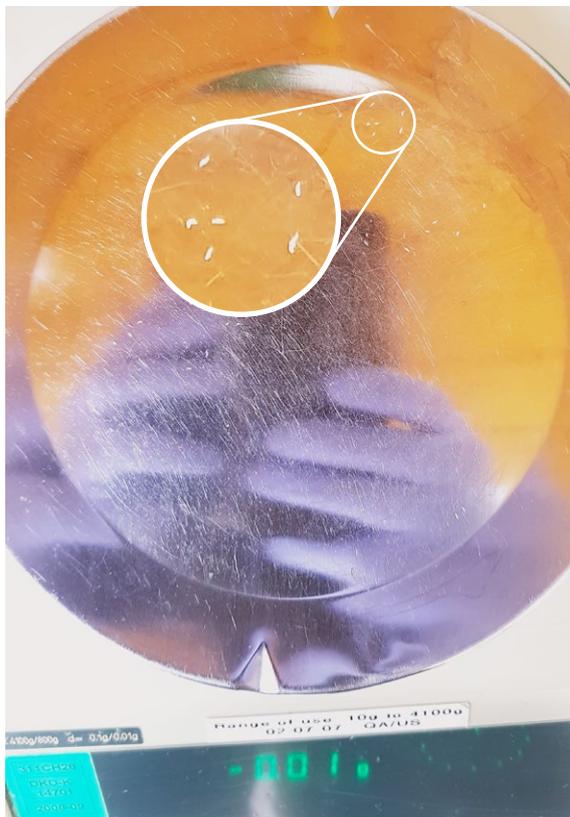
Die vielen Arbeitsmaterialien und unterschiedlich grossen Boxen und Behälter, die im Laufe eines Hermetialebenszyklus verwendet werden, verdeutlichen den Umfang dieses sechswöchigen Prozederes. Zumal in der Regel ja mehrere überlappende Generationen zeitgleich kultiviert werden müssen.

Die Dimension und das Potenzial der Hermetiazucht vom ersten bis zum fünften Larvenstadium sind vergleichbar mit einem Feldhamster der innerhalb von drei Wochen zu einem ausgewachsenen afrikanischen Elefantenbullen heranwächst (siehe Fotos und Tabelle unten).

Bei gutem Management der Zucht können mehrere 100 000 Larven täglich die Mast beginnen. Diese benötigen Platz und eine entsprechende Anzahl an Behältnissen. Der Platzbedarf kann eine Expansion der Mast limitieren. Bei 5 gestarteten Paloxen pro Arbeitstag sind bis zu 60 Paloxen in Rotation. Das sind bei einem 14-tägigen Mastzyklus 50 Paloxen im Maststand, zusätzlich je 5 für die Ernte und die Neuansätze, plus weitere 3–5 Paloxen für die Nachzucht und Remontierung.

Behandlung der Restsubstrate

Sämtliche Restsubstrate sind so zu behandeln, dass sich nicht versehentlich eine Wildpopulation ausserhalb der Mast- und Zuchtgebäude etablieren kann und der EinschliessungsVO Sorge getragen wird. Der sicherste Weg, dies zu gewährleisten, ist, sämtliche Reste aus der Hermetiazucht für mindestens 48 Stunden bei -18 °C einzufrieren. Auch andere thermische Verfahren sind möglich, müssen aber sicherstellen, dass keine Fliegen, Eier, Larven oder Puppen ausserhalb der Zuchtanlage überleben können.



Frisch geschlüpfte Junglarven auf Wiegefläche links und eine «fette Larve» aus der Mast im Bild rechts zum Vergleich.

Tabelle 5: Wachstumspotenzial der Hermetialarve im Vergleich

Wachstum	g		kg
Junglarve 1. Stadium	0,00002	Feldhamster	0,5
Junglarve 2.-3.Stadium	0,001		
Mastlarve 5.-6. Stadium	0,2	Elefantenbulle	5200
Faktor 1./5. Stadium	10000	Faktor Hamster/Elefant	10 000

Ausblick

Was auf viele andere Nutztiere zutrifft, könnte auch die Verbreitung von Hermetiazuchten in klein oder mittelständigen Betrieben unterstützen: die Aufteilung auf mehrere, eher dezentrale Mastbetriebe und wenige eher zentrale Aufzuchtbetriebe. So gibt es dann Unternehmen, die sich aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes bei der Aufzucht nur der Mast widmen. Andere, welche Zucht betreiben und Junglarven produzieren und an Mastbetriebe liefern oder solche, welche die geernteten Mastlarven zu Insektenmehl weiterverarbeiten.

Allein durch die enormen Mengen an organischen Restströmen und die vielfältige Einsatzmöglichkeit der Hermetialarve ist auch in der Schweiz ein Potenzial für die Hermetiaproduktion als Futtermittel vorhanden. In jüngster Zeit haben intensive Forschungen die ursprünglichen Risikobewertungen und Einschränkungen im regulatorischen Bereich relativiert.

Somit sollte es theoretisch zukünftig nicht an Absatzmöglichkeiten für diesen alternativen Proteinträger mangeln. Vor allem da er verglichen mit Soja und Fischmehl nachhaltiger ist. Es gilt nun aber spezifische Infrastrukturen aufeinander abzustimmen und die benötigte Aufskalierung von entsprechenden Produktionen zu gewährleisten. Aktuell dürfen die Insektenlarven nur mit Substraten gemästet werden, die Futtermittelqualität aufweisen, oder aber direkt aus der Lebensmittelproduktion stammen und damit nicht als Abfall gelten. Ob hier zukünftig weitere, die Nachhaltigkeit insgesamt verbessernde Lockerungen erfolgen werden, bleibt offen.



Insektenmehl und Lebendverfütterung

Inzwischen bestehen EU-weite Zulassungen von **Insektenmehl** nicht nur im Aquakultursektor, sondern auch für die Geflügel- und Schweinefütterung. Eine gesetzliche Angleichung der Schweiz ist in absehbarer Zukunft zu erwarten. (Stand Dezember 2022)

Nach derzeitigen Schweizer Rahmenbedingungen ist eine **Lebendverfütterung** von gezüchteten Insektenlarven kaum umsetzbar. blv.admin.ch > Tiere > Tiergesundheit > [Verfütterung von tierischen Proteinen und Insekten](#).



Weiterführende Information

FiBL Faktenblatt

Stadtlander T. et al. (2021):
Insektenmehl im Geflügel und Fischfutter – Potenzial
und Grenzen der alternativen Proteinquelle.
Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Frick.
Verfügbar unter shop.fibl.org, Artikelnummer: 1161

Impressum

Herausgeber

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL
Ackerstrasse 113, Postfach 219, 5070 Frick, Schweiz
Tel. +41 (0)62 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Autoren: Jens Wohlfahrt, Christoph Sandrock (beide FiBL)

Durchsicht: Timo Stadtlander (FiBL)

Redaktion: Vanessa Gabel, Sophie Thanner (beide FiBL)

Grafik: Brigitta Maurer (FiBL)

Fotos: Thomas Alföldi (FiBL): S. 2, 5, 4, 23, 24; Jens Wohlfahrt (FiBL):
S. 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21

FiBL Artikelnummer: 1160

DOI: 10.5281/zenodo.7440125

ISBN: 978-3-03736-457-4

Das Merkblatt steht unter shop.fibl.org zum kostenlosen Download
zur Verfügung.

Alle Angaben in diesem Merkblatt basieren auf bestem Wissen und
der Erfahrung der Autoren. Trotz grösster Sorgfalt sind Unrichtigkeiten
und Anwendungsfehler nicht auszuschliessen. Daher können Autoren
und Herausgeber keinerlei Haftung für etwa vorhandene inhaltliche
Unrichtigkeiten sowie für Schäden aus der Befolgung der Empfehlungen
übernehmen.

1. Auflage 2023; © FiBL