



Möglichkeiten und Grenzen der Produktion und des Einsatzes von insektenbasierten Futtermitteln in der Landwirtschaft

Florian Leiber, **Jens Wohlfahrt**, **Christoph Sandrock**

IBLA, 11. Leguminosentag

25. November 2022

Insektenmehle: eine relevante Proteinquelle?



Potenzielle Substrate für die Erzeugung von Insektenmehlen

- Möglichkeit aus minderwertigen Reststoffen hochwertige Eiweisse zu produzieren?
 - Nebenprodukte aus Nahrungsmittelindustrie
 - Schlachtnebenprodukte
 - Gastro-Abfälle
 - Grünschnitt
 - Gülle / Mist
 - Klärschlämme
 - Rückstände aus Biogasanlagen
- Allen gemeinsam: Stickstoff ist schon im System und würde genutzt statt ausgewaschen oder verbrannt

Potenzielle Substrate für die Erzeugung von Insektenmehlen

Table 1
Groups of insect feeding source options and their legal status.

Group	Description	Legal status	Legal justification
A	Animal feed materials according to the EU catalogue of feed materials and authorized as feed for food producing animals.	✓	Regulation (EU) No 68/2013
B1	Food produced for human consumption, but which is no longer intended for human consumption for reasons such as expired use-by date or due to problems of manufacturing or packaging defects. Excluding meat and fish (processed animal proteins, PAPs).	✓	Former foodstuffs of vegetable origin: • Regulation (EU) No 68/2013 Permitted former foodstuffs of Animal origin (non-PAPs): • Regulation (EU) No 142/2011, Annex X, Chapter II, Section 10 • Regulation (EC) No 999/2001, Article 7(2) • Regulation (EU) No 142/2011, Annex X, Chapter II, Section 10 • Regulation (EC) No 1069/2009, Article 10(f) • Regulation (EC) No 999/2001, Article 7(2) • Regulation (EC) No 1069/2009, Article 10(b) • Regulation (EC) No 1069/2009, Article 11(1)b • Regulation (EC) No 1069/2009, Article 9(a) • Regulation (EC) No 767/2009, Annex III • Regulation (EC) No 68/2013 • Directive 2008/98/EC • Regulation (EC) No 767/2009, Article 6 • Directive 91/271/EEC • Directive 86/278/EEC
B2	Meat and fish produced for human consumption, but which is no longer intended for human consumption for reasons such as expired use-by date or due to problems of manufacturing or packaging defects.	X	
C	By-products from slaughterhouses (hides, hair, feathers, bones etc.) that do not enter the food chain but originate from animals fit for human consumption.	X	
D	Food waste from food for human consumption of both animal and non-animal origin from restaurants, catering and households.	X	
E	Animal manure and intestinal content.	X	
F	Other types of organic waste of vegetable nature such as gardening and forest material.	✓/X	
G	Human manure and sewage sludge.	X	

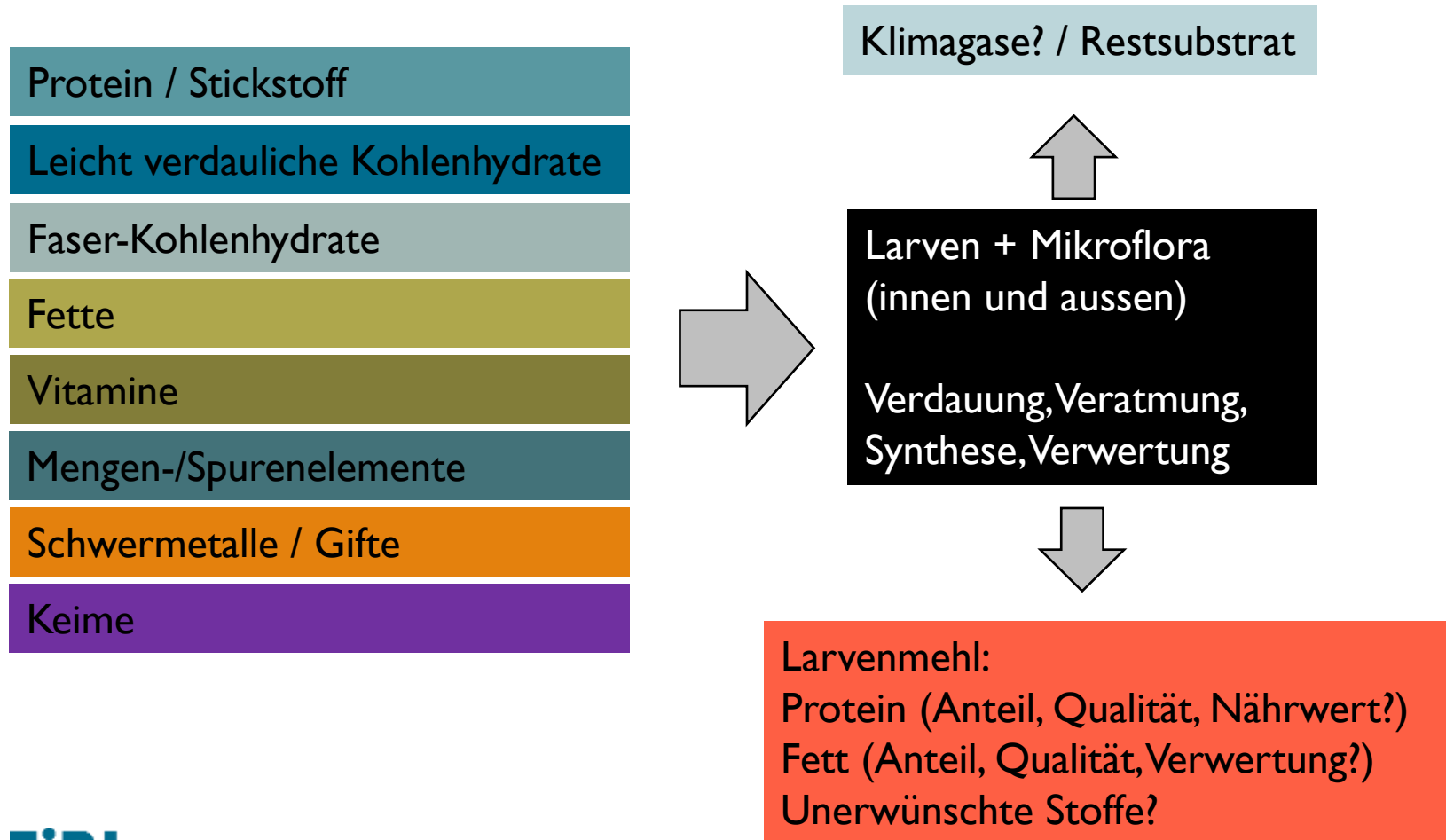
Insektenmehle: eine Lösung?

Insekten als Futtermittel für Tiere bedeuten eine zusätzliche trophische Stufe in der Nahrungskette

Zwei wesentliche Fragen:

- wie **effizient** ist
 - **Die Erzeugung von Insektenprotein?**
 - **Die Verfütterung von Insektenprotein?**

Insektenmehle: black-box in der Nahrungskette?



Futtermittelverwertung durch die Schwarze Soldatenfliege I

Alle Angaben g/kg

Substrat	Hühnerfutter	Foodwaste	Hühnerkot
Futtermittelverwertung	274	197	72
N-Verwertung	556	485	113
TS Verluste	324	571	289



blown in the wind...

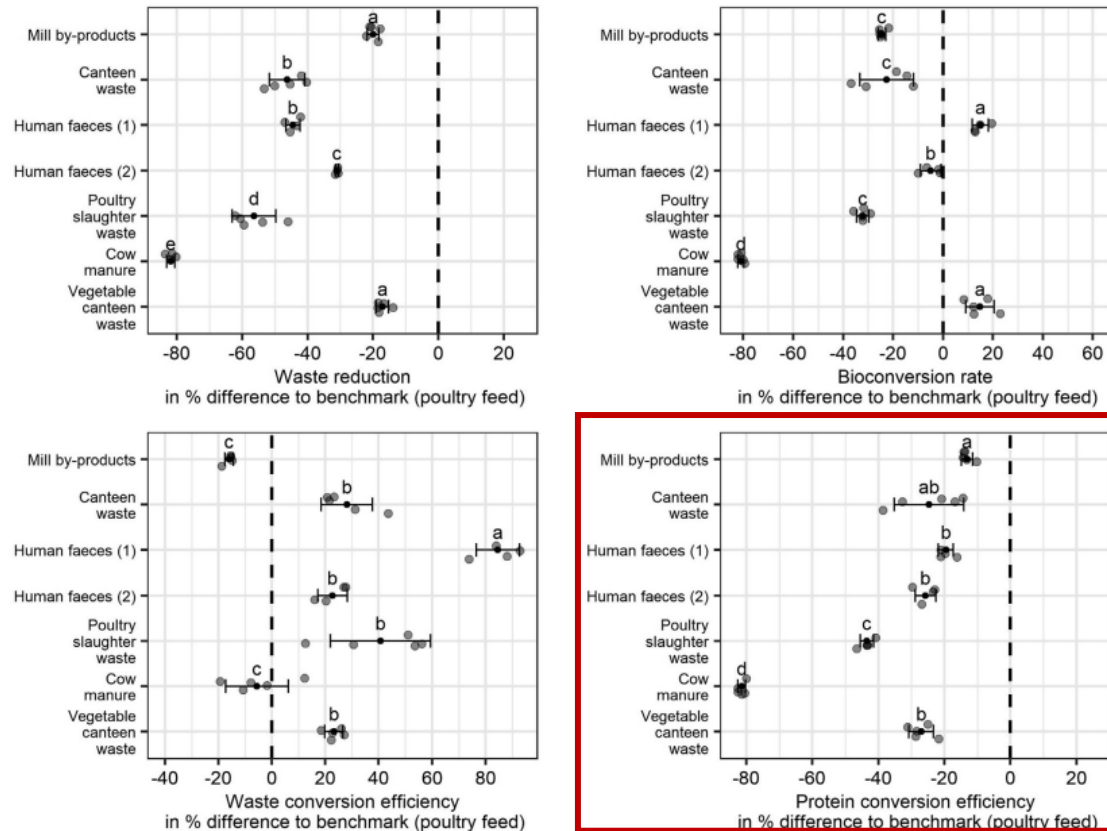
Quelle: Sandrock et al., 2022, *Insects* 13:424, Mittelwerte

Schwarze Soldatenfliege = Black Soldier Fly (**BSF**) = *Hermetia illucens*

Futtermittelverwertung durch die Schwarze Soldatenfliege II

326

M. Gold et al./Waste Management 102 (2020) 319–329



Quelle: Gold et al.

Waste Management 102 (2020) 319–329

Fig. 2. Effects of the different individual wastes on waste reduction (top, left), bioconversion rate (top, right), waste conversion efficiency (bottom, left) and protein conversion efficiency (bottom, right) in comparison to the benchmark poultry feed (dashed vertical line). Means, standard deviations and results per replicate are displayed. Performance results with no shared letter are significantly different from each other. All results are given in dry mass.

Futtermittelverwertung durch die Schwarze Soldatenfliege II

M. Gold et al./Waste Management 102 (2020) 319–329

327

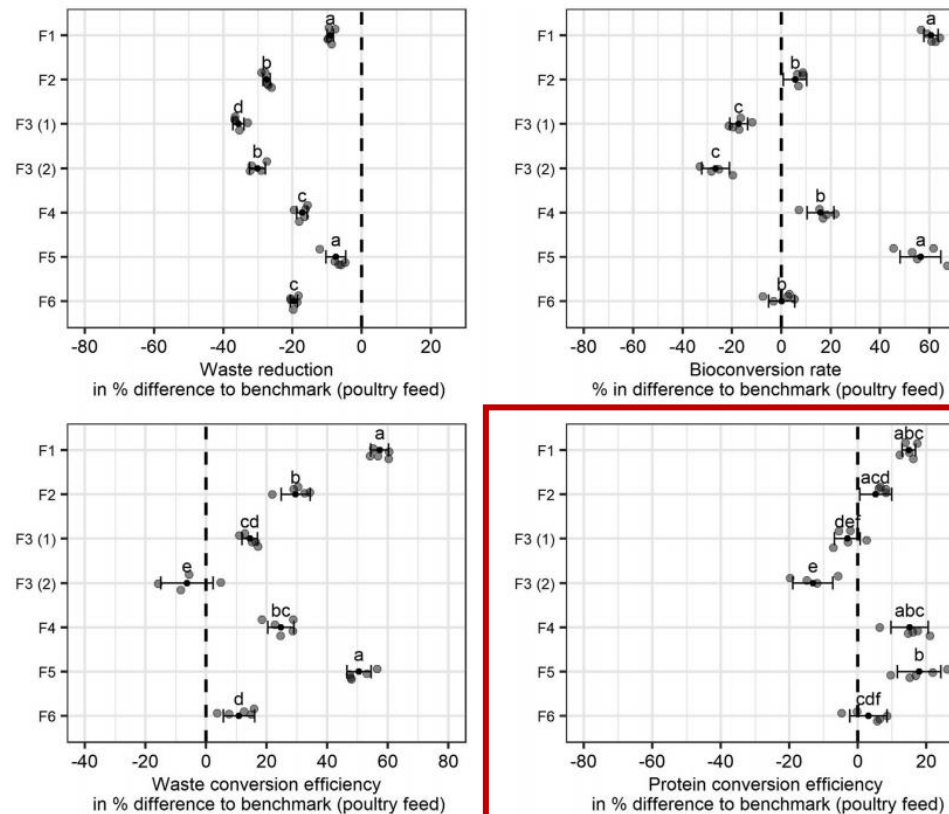


Fig. 3. Effects of the different waste formulations on the waste reduction (top, left), bioconversion rate (top, right), waste conversion efficiency (bottom, left) and protein conversion efficiency (bottom, right) of BSFL in comparison to poultry feed (dashed vertical line). Means, standard deviations and results per replicate are displayed. Performance results with no shared letter are significantly different from each other. All results are given in dry mass.

Quelle: Gold et al.

Waste Management 102 (2020) 319–329

Ökologischer Fussabdruck der Produktion von BSF

Table 5

Comparison between soybean meal and fishmeal and black soldier fly (BSF) larvae per kg protein for global warming potential (GWP; CO₂-eq), energy use (MJ) and land use (m²).

Parameter	Fishmeal	Soybean meal	BSF ^a		
			Food	Feed	Residual
GWP ^b	2.8	1.1	19	3	6
Energy use ^b	44	9	174	84	26
Land use	0.0	3.4	67	3	0

^a BSF-Food are larvae reared on products that humans can consume, BSF-Feed are larvae reared on co-products that are generally fed to livestock, and BSF-Residual are larvae reared on products that are not used as food and feed.

^b Drying is excluded, which, depending on the method, would increase GWP and energy use.

Emissionen bei der Produktion von BSF

Respirationskammer-Experiment FiBL / ETH

Zwei experimentelle Rationen

Komponente	A	B
Ausschussbananen	30%	10%
Apfeltrester	15%	5%
Karottentrester	15%	5%
Rübenschnitzel	15%	5%
Biertreber	15%	45%
Pasta	10%	30%

A: Faserbetont

B: Proteinbetont

Alle Futterchargen waren auf 23.7% TS standardisiert

Fütterungsregime

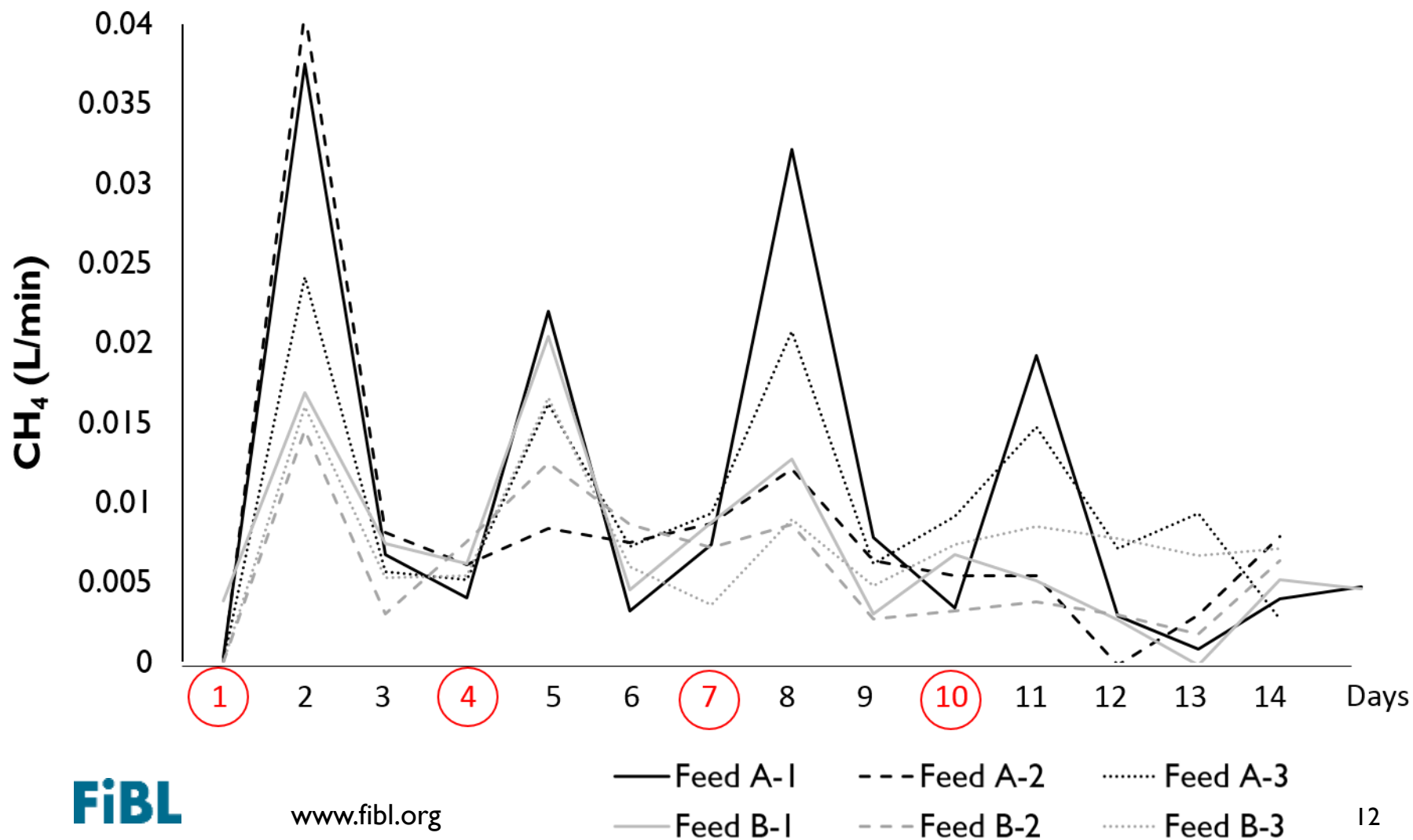
Tag	Portion (FM)
1	1800g
2	-
3	-
4	2500 g
5	-
6	-
7	3000 g
8	-
9	-
10	2200 g

(~16 mg TS/Larve/Tag)

Emissionen bei der Produktion von BSF

Resultate: CH₄-Emissionen

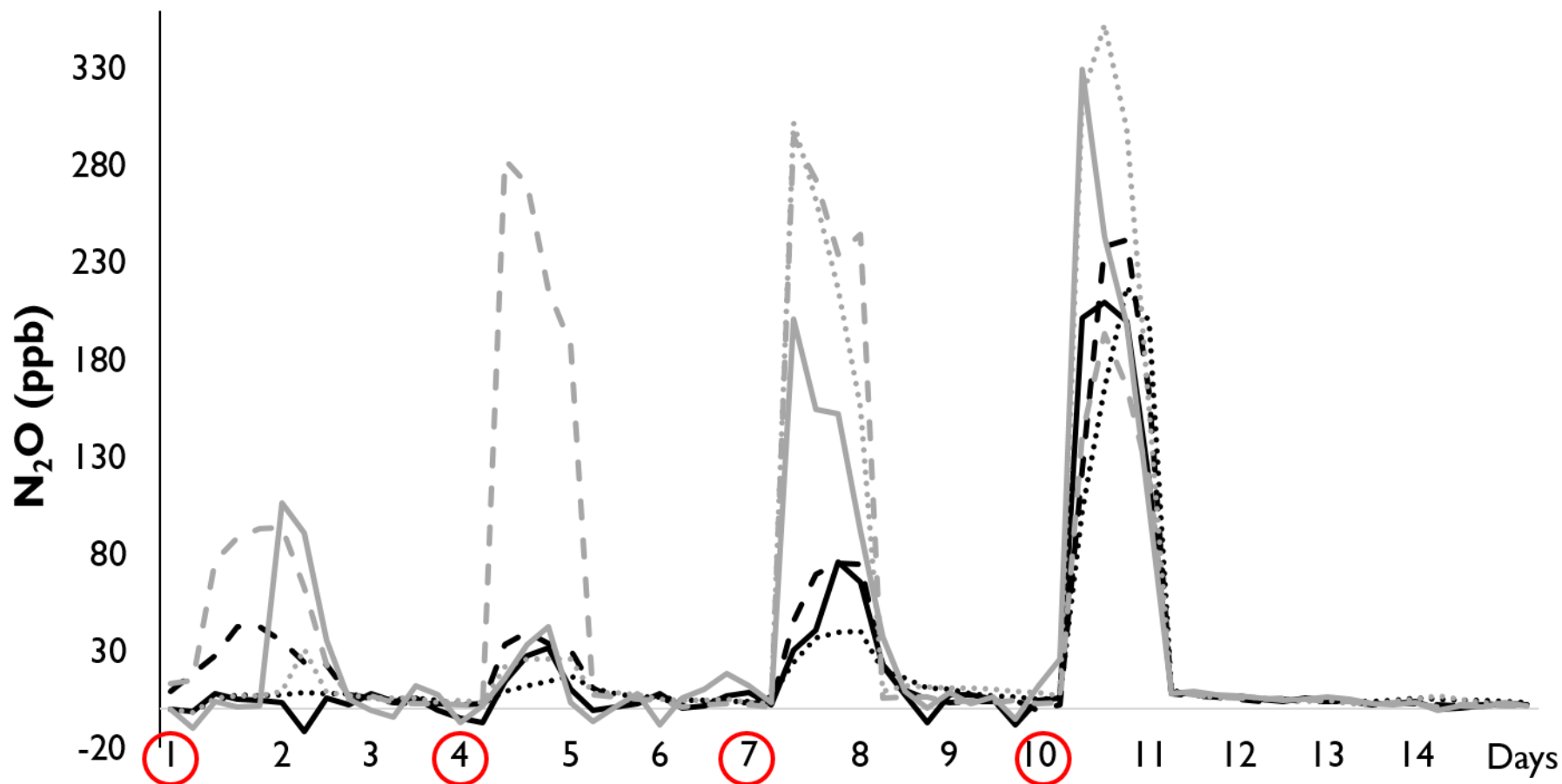
Quelle: Sandrock et al. (FiBL, unveröffentlicht)



Emissionen bei der Produktion von BSF

Resultate: N₂O-Emissionen

Quelle: Sandrock et al. (FiBL, unveröffentlicht)



Emissionen bei der Produktion von BSF

Resultate: Emissionen pro kg Larven-Biomasse

	FutterA	FutterB
CO₂ (g)	2144	1646
CH₄ (g)	49	26
N₂O (mg)	33	45
tot. g CO₂ eq.	3379	2309

Gemessen z.B. an der direkten CO₂ und CH₄ Ausscheidung je kg Lebendgewicht bei Mastrindern (Renand et al., 2019) sind diese Mengen zwar deutlich weniger als 20%, aber sie sind nicht verschwindend gering.

Vergleich der Aminosäuregehalte von *Hermetia*-Mehl und Sojaextraktionsschrot

	Gehalt (g/100g TS)		
Aminosäure	BSF-Mehl, enfettet ¹	Sojakuchen (4.5-6.0% RL) ²	Sojaextraktions- schrot (1.3-2.55% RL) ²
Lysin	2.36 - 3.63	2.99	3.22
Methionin + Cystin	1.10 - 1.64	1.45	1.46
Threonin	2.28 - 2.77	1.91	2.02

¹Datenbereich für drei verschiedene entfettete BSF-Mehle, am FiBL hergestellt.

²Schweizerische Futtermitteldatenbank, feedbase.ch

Verfütterung von BSF Mehlen an Geflügel

Legehennen – Experiment FiBL

	Control	H12	H24	
Δ live weight (g/21 days)	22.5	30	-5.0	n.s.
Laying performance (%)	79.0	84.4	83.4	n.s.
Feed intake (g/d)	116	131	107	n.s.
Feed intake (g/egg)	148	159	134	n.s.
Feed intake (g/g egg weight)	2.15	2.38	2.03	n.s.
Weight of egg yolk (g)	19.2	18.6	18.6	n.s.
Weight of albumen (g)	39.6	39.2	36.6	n.s. trend
Weight of egg shell (g)	9.4	9.3	9.3	n.s.
Total egg weight (g)	68.5	67.3	64.8	n.s.

Verfütterung von BSF Mehlen an Geflügel

Mastbroiler – Experiment FiBL

	Control	BSF-Alf	BSF-Pea	Alf-Pea	Pea-Alf
Main protein sources [g/100g DM]					
Soybean meal	25.5	12.5	12.5	12.5	12.5
BSF meal	0	7.8	7.8	0	0
Alfalfa meal	0	5.2	0	7.8	5.2
Pea meal	0	0	5.2	5.2	7.8
Nutrients [g/100g DM]					
Dry matter	88.0	88.2	87.5	87.4	88.8
Crude protein	22.4	22.3	22.3	19.7	18.9
Crude fat	5.07	5.23	5.15	3.70	4.46
Crude fibre	5.65	5.60	5.80	6.75	6.75
Crude ash	7.22	6.46	5.62	6.64	6.20

Verfütterung von BSF Mehlen an Geflügel

Mastbroiler – Experiment FiBL

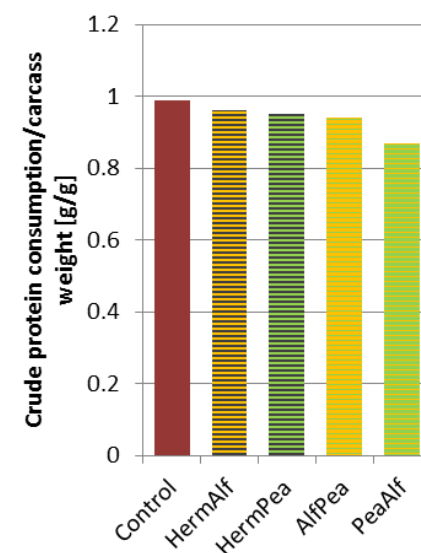
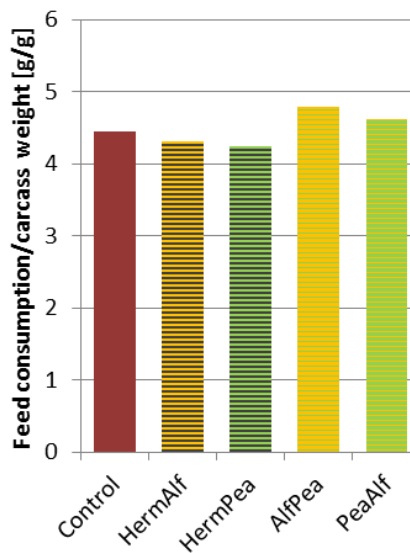
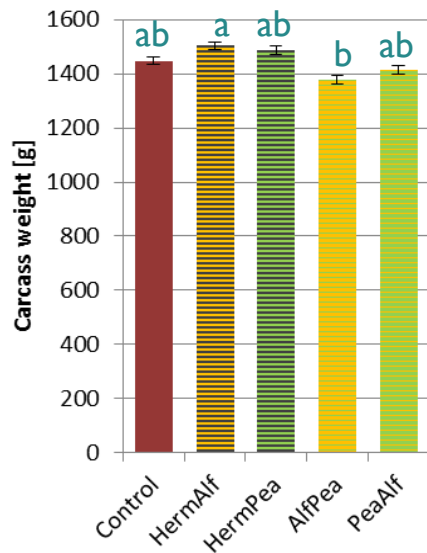
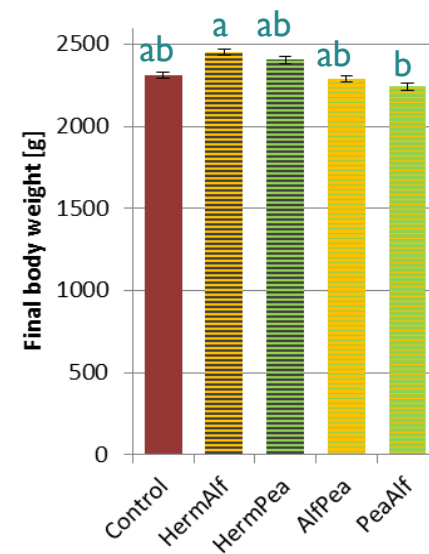
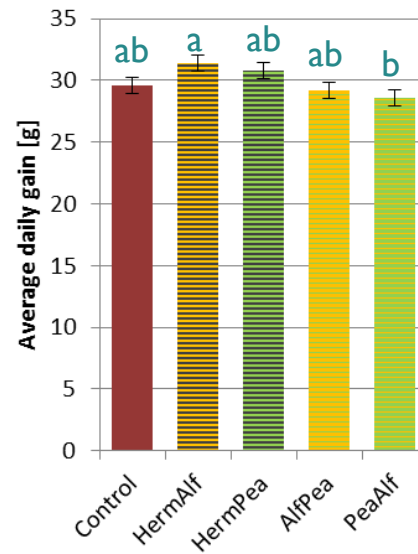
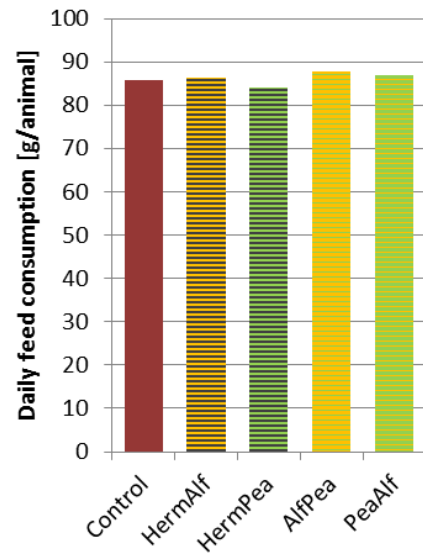


Table 3. Performance of the laying hens fed the experimental diets for 49 d (n = 10 per treatment; n = 6 per treatment for the digestibility of the amino acids).

Diet ¹	SS	AS	AA	AB	BB	SEM	P-value
Daily intake							
Total diet (g as fed)	122	123	120	121	114	2.8	0.199
Methionine (Met; mg)	330 ^b	369 ^a	359 ^{a,b}	350 ^{a,b}	343 ^{a,b}	8.0	0.013
Digestible Met (mg)	287	n.a. ²	310	n.a.	297	8.1	0.150
Met + cysteine (Cys; mg)	685 ^a	653 ^{a,b}	647 ^{a,b}	628 ^{a,b}	606 ^b	14.9	0.008
Digestible Met + Cys (mg)	605 ^a	n.a.	548 ^{a,b}	n.a.	511 ^b	15.7	0.003
Lysine (Lys; mg)	906 ^{a,b}	937 ^a	935 ^a	894 ^{a,b}	835 ^b	20.7	0.007
Digestible Lys (mg)	795 ^a	n.a.	792 ^a	n.a.	693 ^b	20.9	0.005
BW (kg)	1.93	1.94	1.97	1.96	1.89	0.052	0.797
Laying performance (%)	98.6	99.2	98.8	97.9	96.5	0.93	0.306
Egg weight (g)	65.0 ^{a,b}	69.2 ^a	67.0 ^{a,b}	65.5 ^{a,b}	63.2 ^b	1.24	0.018
Egg mass (g/day)	64.1 ^{a,b}	68.6 ^a	66.2 ^{a,b}	64.1 ^{a,b}	61.0 ^b	1.40	0.007
Feed efficiency (g of feed/g of egg)	1.91	1.79	1.81	1.89	1.88	0.314	0.063
Apparent digestibility (%)³							
Methionine	84.2	n.a.	85.9	n.a.	84.1	0.61	0.078
Cysteine	86.9 ^a	n.a.	82.3 ^b	n.a.	79.3 ^c	0.64	<0.001
Lysine	85.1 ^a	n.a.	84.3 ^a	n.a.	80.7 ^b	0.50	<0.001
Metabolizability (%)							
Nitrogen	49.8 ^{a,b}	53.1 ^a	45.9 ^b	46.7 ^b	40.9 ^c	1.09	<0.001
Energy	76.6 ^b	79.6 ^a	76.6 ^b	77.5 ^b	75.9 ^b	0.46	<0.001
ME (kcal/kg feed DM)	3,153 ^b	3,272 ^a	3,153 ^b	3,129 ^b	3,177 ^b	19.1	<0.001
Nitrogen utilization ⁴ (%)	35.1	34.0	33.9	33.7	36.7	0.77	0.051
Supply over requirements⁵ (%)							
CP	-14.4	-18.3	-18.5	-16.3	-17.6	1.27	0.146
Methionine	-14.7 ^b	-10.0 ^{a,b}	-9.9 ^{a,b}	-9.7 ^{a,b}	-7.2 ^a	1.40	0.009
Methionine + cysteine	1.0 ^a	-9.0 ^b	-7.4 ^b	-7.7 ^b	-6.6 ^b	1.46	<0.001
Lysine	16.2	13.5	16.5	14.4	12.1	1.77	0.389

^{a-c}Least square means within a row with no common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

¹SS = control, soybean cake and soybean oil; AS = larvae meal A and soybean oil; AA = larvae meal A and larvae fat A; AB = larvae meal A and larvae fat B; BB = larvae meal B rich in larvae fat B.

²Not analyzed.

³Calculated as outlined by Vukić Vranješ et al. (1994) for indicator techniques.

⁴Nitrogen excretion along with the egg in relation to nitrogen intake.

⁵Requirements of the experimental animals were calculated according to NRC (1994), and then related to the actual supply per hen.

Verfütterung von BSF Mehlen an Geflügel

Mastbroiler – Experiment FiBL

Auch für das Geflügel gilt:

Prinzipiell ähnliche Ergebnisse in der Literatur,
vgl. **Gasco et al.**, Animals 2019, 9, 170;
doi:10.3390/ani9040170

-> Äquivalenz des BSF mit Sojamehl in Bezug auf die Leistungsparameter und die meisten Qualitätsparameter mit Ausnahme der Fettsäurenmuster, welche weniger PUFA (insbesondere n-3) enthalten (Heuel et al., 2021, Lipids).

-> Verdaulichkeitsdepressionen treten jedoch bei verschiedenen Experimenten auf.

coming soon

Ende 2022 zum download
auf

<https://www.fibl.org/de/shop>

Anleitung zur Zucht und Mast der Schwarzen Soldatenfliege

Gewinnung von Futterprotein aus vegetarischen Reststoffen



Zum Nachlesen

zum download

auf

<https://www.fibl.org/de/shop>

Insektenmehl im Geflügel- und Fischfutter

Potential und Grenzen der alternativen Proteinquelle



Schlussfolgerung

- Insektenmehle könnten ein Potential für die Erzeugung von proteinreichem Tierfutter haben.
- Die Nachhaltigkeit hängt dabei extrem stark von den verwerteten Substraten ab, und ist unter Europäischen Rechtsbedingungen eingeschränkt, da minderwertige Substrate meist nicht zulässig sind und hochwertige Substrate meist auch direkt als Futtermittel taugen.
- Unter diesen Bedingungen ist der ökologische Fussabdruck (und die ökonomischen Kosten) als Futtermittel zu hoch.
- Die physiologische Eignung von Insektenmehlen als Futtermittel für Fische, Geflügel und Schweine ist jedoch deutlich erwiesen.
- Auch die Äquivalenz mit Soja- bzw. Fischmehl in Bezug auf die erzielbaren Leistungen ist bei Anteilen unter 40% der Ration für Geflügel und Fische meistens gegeben; allerdings können Beeinträchtigungen bei der Verdaulichkeit auftreten.

Recycling with duckweed: a solution?

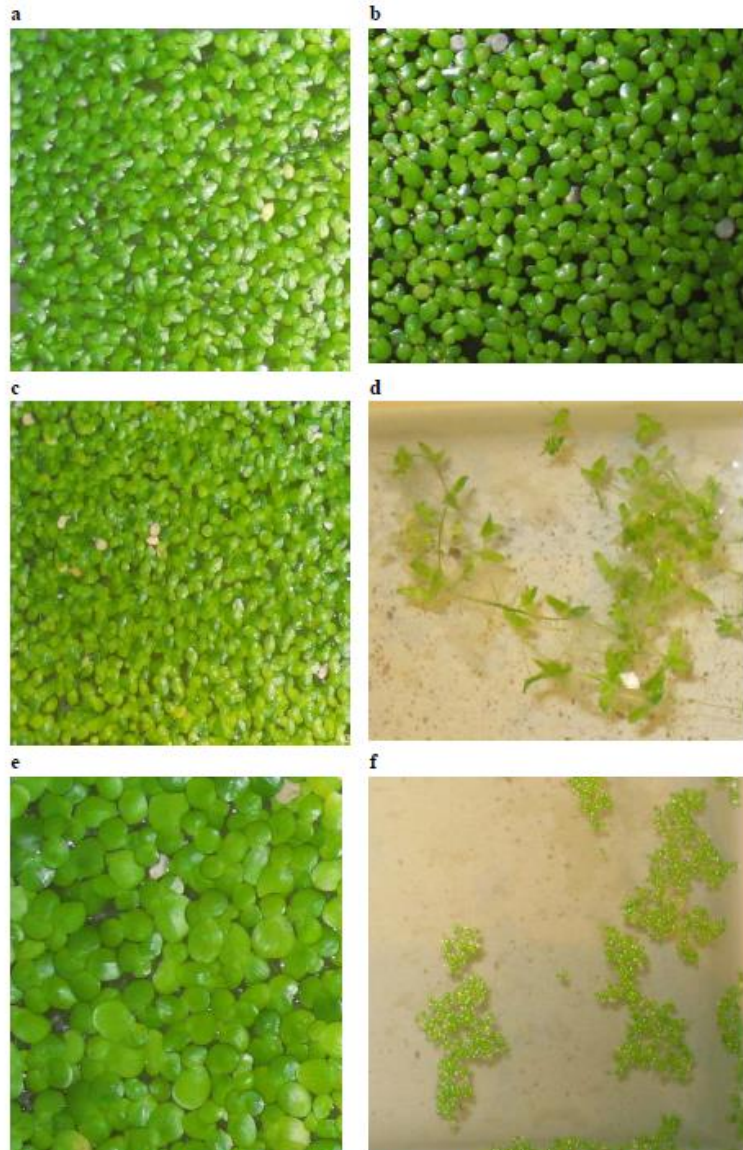


Figure 1 Photographs of the six investigated duckweed species: (a) *Landoltia punctata*, (b) *Lemna gibba*, (c) *Lemna minor*, (d) *Lemna trisulca*, (e) *Spirodela polyrrhiza* and (f) *Wolffia arrhiza*.