

Produktion von Wasserlinsen auf Hofdünger – Potenzial für kurze Nährstoffkreisläufe

Florian Leiber¹, Sai Chand Sabbireddi², Luke Robinson³, Cem Baki¹, Jens Wohlfahrt¹, Timo Stadtlander¹

¹Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 5070 Frick, Schweiz

²Universität Hohenheim, Fakultät für Agrarwissenschaften, 70599 Stuttgart, Deutschland

³Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, 4051 Basel, Schweiz

Auskünfte: Florian Leiber, E-Mail: florian.leiber@frib.org

<https://doi.org/10.34776/afs17-12> Publikationsdatum: 5. Februar 2026



Ertragsbestimmung in der Versuchsanlage. Foto: Jens Wohlfahrt, FiBL

Zusammenfassung

Mit der Produktion von Wasserlinsen auf nährstoffreichen Medien, wie zum Beispiel verdünnter Gülle, können gelöste Stickstoff- und Phosphorverbindungen aufgenommen und in proteinreiche pflanzliche Biomasse eingebaut werden. Theoretisch ergibt sich daraus ein Potenzial, N- und P-Kreisläufe in der Landwirtschaft abzukürzen, Überschüsse auf dem Land zu vermeiden und eine eiweißreiche Futterkomponente für Nutztiere zu erzeugen. Das FiBL hat daher in verschiedenen Versuchsansetzungen diese Potenziale untersucht und auf verdünnter Rinder- und Geflügelgülle Wasserlinsen erzeugt. Es zeigten sich in der Tat eine sehr hohe Aufnahme der gelösten N- und P-Verbindungen aus den Medien, gleichzeitig aber auch Stickstoffverluste, höchstwahr-

scheinlich als gasförmige Emissionen. Die Optimierung von Wachstumsraten und N-Verlusten hängt vor allem an den Verdünnungsraten. Eine Verdünnung von Gülle mit Wasser im Verhältnis 1:8, respektive ein Ammonium-N-Gehalt des Mediums von 19 mg/L führt zu den besten Wachstumsraten; die geringsten N-Verluste ergaben sich bei einer Verdünnung von 1:20. Die grössten Herausforderungen liegen derzeit in der vollständigen Quantifizierung der Stickstoffbilanzen und der sicheren Hygienisierung der Biomasse. Dieser Artikel fasst die Ergebnisse der FiBL-Forschung zum Thema zusammen.

Key words: duckweed; liquid manure; animal feed; nitrogen; phosphorus.

Einleitung

Wasserlinsen (*Lemnoideae*), sind kleine schnell wachsende Schwimmmpflanzen (Baek *et al.*, 2021), die hohe Proteininhalte mit bis zu 45 g/100 g Trockensubstanz (TS), im Mittel aber eher zwischen 20 und 35 g/100 g TS aufweisen können (Lambert *et al.*, 2025; Demann *et al.*, 2023; Islam, 2002). Da auch die Aminosäurenzusammensetzung mit der von Sojaschrot, und -kuchen vergleichbar ist (Islam, 2002), könnten Wasserlinsen eine interessante Futterkomponente für Nutztiere sein (Baghban-Kanani *et al.*, 2023; Demann *et al.*, 2023; Islam, 2002), zumal wenn sie so produziert werden, dass damit Stoffkreisläufe in der Landwirtschaft geschlossen werden können, wie zum Beispiel durch die Produktion auf aufbereiteter Gülle (Lambert *et al.*, 2025; Cheng & Stomp, 2009). Eine solche Produktion könnte situativ eine Option sein, um N- und P-Überschüsse aus dem Hofdünger abzureichern und in einem kleinen Kreislauf in die Tierfütterung zurückzuführen (Devlamynck *et al.*, 2021). Auf anderen Kontinenten ist die praktische Umsetzung bereits in kommerziellen Skalierungen realisiert (Chakrabarti *et al.*, 2018; Femeena *et al.*, 2022), in Europa steht die Produktion von Wasserlinsen jedoch noch am Anfang und insbesondere kleine Anlagen direkt auf tierhaltenden Betrieben gibt es noch nicht. Solche Ansätze könnten jedoch ein interessantes Potential für die Schliessung von Nährstoffkreisläufen und ein weiteres Instrument für Absenkpfade von Stickstoff und Phosphoreinträgen in die Umwelt haben.

Am Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) wurde in den vergangenen neun Jahren an diesem Thema geforscht. Die Produktion von Wasserlinsen auf verdünnter Gülle verschiedener Tierarten wurde untersucht und in einer Pilotanlage optimiert. Dabei wurden ferner die Nährstoffkinetik, die Nährstoffzusammensetzung der Wasserlinsen, die Weiterverarbeitung und die Eignung als Komponente im Fischfutter untersucht. Dieser Artikel bietet eine Übersicht über die Ergebnisse dieser Arbeiten mit Hinblick auf die Frage der Machbarkeit und des potenziellen Nutzens für eine nachhaltige Produktion alternativer Futtermittel.

Produktionsversuche am FiBL

Produktion von Wasserlinsen auf verdünntem Hofdünger

Die Produktion von Biomasse aus Wasserlinsen wurde auf verschiedenen Skalen untersucht und optimiert. Zum Einsatz kamen dabei drei verschiedene Wasserlinsen Arten, *Landoltia punctata*, *Spirodela polyrhiza*

und *Lemna minor*. Die ersten Versuche wurden mit 1:10 verdünnter Rindergülle sowie autoklavierten Haushaltsabwässern in 5,5-Liter Boxen in einer Klimakammer durchgeführt (Stadtlander *et al.*, 2019); es folgte ein Verdünnungsversuch mit Rindergülle in etwas grösseren Boxen im Gewächshaus (Stadtlander *et al.*, 2022), und ein weiterer Versuch im Gewächshaus mit verdünntem Hofdünger aus der Hühnerhaltung (Stadtlander *et al.*, 2024). Zudem wurden für Fischfütterungsversuche grössere Mengen in zwei 20 m² Pools an der ZHAW Wädenswil produziert (Stadtlander *et al.*, 2023, 2025). Seit 2022 werden am FiBL Wasserlinsen auf verdünnter Rindergülle in vier Pools von je 7 m² Fläche und rund 6,4 m³ genutztem Volumen produziert.

Es zeigte sich trotz der unterschiedlichen Versuchsanordnungen und -dauern eine weitgehend konstante Wachstumsrate in der Grössenordnung von (hochgerechnet) 10–20 kg TS/100 m²/Monat (Tab. 1). Eine wesentliche Rolle spielten dabei die Verdünnung und daraus resultierenden Ammonium-N-Konzentrationen im Medium. Aus einem systematischen Verdünnungsversuch im Gewächshaus (Stadtlander *et al.*, 2022) resultierte ein Wachstums-Optimum bei 1:8 (Gülle:Wasser), was einem Ammonium-N-Gehalt von 19 mg/L entsprach. In den kontinuierlich unter freiem Himmel betriebenen Pools wurde dann entsprechend dieser Erkenntnis der Ammonium-N-Gehalt durch regelmässiges Nachfüllen von Gülle auf diesem Niveau eingestellt. Damit konnte in den Jahren 2023 und 2024, das gleiche Ertragsniveau wie in dem systematischen Exaktversuch erzielt werden, welches zwischen 17 und 18 kg TS/100 m²/Monat liegt (Tab. 1). Diese Mittelwerte umfassen auch die Wintermonate, und liegen zwischen März und Oktober auf diesem Niveau.

Im Juni 2025 betrug das Wachstum in den Pools während sehr hoher Temperaturen (ca 21 °C Monatsmittel) und gleichzeitig einer überdurchschnittlich hohen Niederschlagsmenge (>100 mm im Juni; Meteo Schweiz, 2025) fast 50 g TS/m²/Tag, was dem Zehnfachen des üblichen Wachstums entsprach. Gleichzeitig waren die Pools mit 40–60 mg/L Ammonium-N zu diesem Zeitpunkt überdüngt, was in der Folge zu starker Algenbildung und dem Absterben der Wasserlinsen führte.

In einem Versuch mit *L. minor* auf verdünntem Hühnerkot, wurden Ammonium-N-Konzentrationen zwischen 20–40 mg/L bei einer Verdünnung von 1:16 erreicht (Stadtlander *et al.*, 2024). Die Wachstumsrate lag dann mit bei 1,9 g/m²/Tag deutlich unter jener auf Rindergülle. Höhere Konzentrationen an Hühnerkot (1:12 und 1:8) führten zu sehr geringem, respektive keinem Wachstum.

Tabelle 1 | Biomasse-Erträge (TS^a) aus verschiedenen Versuchsanlagen mit verdünnter Rindergülle am FiBL

Zeitraum	Anlage	Spezies	g/m ² /Tag	kg/100 m ² /Monat	RP-Gehalt [g/100 g TS]	Referenz
2017	Klimakammer	<i>L. punctata</i>	6,2	18,6	138	Stadtlander <i>et al.</i> , 2019
2017	Klimakammer	<i>S. polystachya</i>	7,2	21,6	306	Stadtlander <i>et al.</i> , 2019
2020	Gewächshaus 1:4–1:20 ^c	<i>L. punctata</i>	4,9	14,7	330	Stadtlander <i>et al.</i> , 2022
2020	Gewächshaus 1:4–1:20 ^c	<i>S. polystachya</i>	5,0	14,9	340	Stadtlander <i>et al.</i> , 2022
2020	Gewächshaus 1:8 ^d	<i>L. punctata</i>	5,9	17,7	325	Stadtlander <i>et al.</i> , 2022
2020	Gewächshaus 1:8 ^d	<i>S. polystachya</i>	5,7	17,1	325	Stadtlander <i>et al.</i> , 2022
08.2022	Freiluft Boxen	<i>L. minor</i>	5,3	15,9	316–338	FiBL, nicht publiziert
09.2022	Freiluft Boxen	<i>L. minor</i>	2,9	8,7	341–344	FiBL, nicht publiziert
07.2023–12.2023 ^b	Freiluft Pools	<i>L. minor</i>	6,2	18,5	n.A.	FiBL, nicht publiziert
01.2024–06.2024 ^b	Freiluft Pools	<i>L. minor</i>	5,7	17,2	n.A.	FiBL, nicht publiziert
06.2025 ^b	Freiluft Pools überdüngt	<i>L. minor</i>	46,7	140	290	FiBL, nicht publiziert

^aTS: Trockensubstanz 7,5 g/100 g Frischmasse (Stadtlander *et al.*, 2022, 2024)^bDurchschnittswerte hochgerechnet aus regelmässigen Ernten (alle 2–7 Tage)^cMittelwert aus fünf verschiedenen Verdünnungsstufen (1:4, 1:6, 1:8, 1:10, 1:20).^dOptimalwert. Wurde erreicht bei Verdünnung vom 1:8 (Gülle:Wasser), respektive 19 mg/L Ammonium-N im Medium.

Nährstoffgehalte

Abgesehen von einem Ausreisser nach unten lagen die erzielten Rohproteingehalte in den Versuchen am FiBL konstant im Bereich zwischen rund 30–34 % der TS (Tab 1). Die Gehalte an den in der Tierernährung wichtigen essenziellen Aminosäuren waren im Klimakammerversuch am FiBL vergleichbar mit den in der Literatur angegeben Daten (Tab. 2).

Nährstoffaufnahme aus dem Medium

Ein wichtiger Aspekt der Produktion von Wasserlinsen auf Hofdünger ist die Nährstoffaufnahme aus dem Medium. Im ersten Versuch in der Klimakammer (Stadtlander *et al.*, 2019) zeigte sich mehrfach ein nahezu vollständiges Verschwinden von Ammonium und ein starker Rückgang von Orthophosphat im Laufe von jeweils sechs Tagen, bevor wieder neu gedüngt wurde. Auch die Nitrat- und Nitritwerte gingen in dieser Zeit jeweils deutlich zurück. Im Verdünnungsversuch (Stadtlander *et al.*, 2022) wurde zudem die effektive N-Aufnahme in die Wasserlinsen quantifiziert. In den Konzentrationen 1:10, 1:8, 1:6 und 1:4 fanden sich weniger als 100 % des Ammonium-, Nitrat- und Nitrit-Stickstoffs, der aus dem Medium verschwunden war, in den Wasserlinsen wieder (80 % bei 1:10, 20 % bei 1:4). Das deutet auf Emissionen von Ammoniak und Lachgas hin, welche in einem noch nicht fertig ausgewerteten Versuch auch gefunden wurden. Allerdings waren in diesem noch nicht publizierten Versuch die gemessenen Ammoniakemissionen aus mit Wasserlinsen bedeckten Boxen um den Faktor 10 geringer als aus Boxen mit Medium ohne Bewuchs. Ein deutliches Lachgassignal wurde hingegen 2–4 Tage nach

der Düngung nur in Boxen mit Wasserlinsenbewuchs gemessen. Eine quantitative Einordnung dieser Emissionen steht noch aus.

Mit der Verdünnung 1:20 war die Wiederfindung des NH₄, NO₂ und NO₃-Stickstoffs in der Biomasse der Wasserlinsen bei 150 %, was auf eine Mobilisierung von N aus organischen Verbindungen hindeutet.

Verarbeitung

Die Verarbeitung der Wasserlinsen-Biomasse um ein Futtermittel zu produzieren, ist ein wesentlicher Aspekt eines solchen Konzeptes. In Frage kommen die Trocknung, Extrusion, Fermentierung oder frische Verfütterung, die hygienische Unbedenklichkeit vorausgesetzt.

Für Fütterungsexperimente mit Fischen verwendeten wir entweder Luft- und Ofen-getrocknete Wasserlinsen oder solche, die vor der Trocknung noch mit Laktobakterien und Hefen (EM1, EM Schweiz AG) sowie *Pediococcus pentosaceus* (PP100-25, BIOAGRO, Italien) für 14 Tage bei 32 °C in luftdichten Gläsern siliert worden waren. Beide Formen liessen sich ohne Probleme als Kompo-

Tabelle 2 | Gehalte essenzieller Aminosäuren im Rohprotein von Wasserlinsen (g/100g RP)

	Stadtlander <i>et al.</i> , 2019	Appenroth <i>et al.</i> , 2017		
	<i>S. polystachya</i>	<i>L. punctata</i>	<i>S. polystachya</i>	<i>L. minor</i>
Methionin	1,72	1,6	1,6	1,6
Cystin	1,11	1,1	0,8	0,9
Lysin	5,11	4,1	4,2	5,0
Threonin	4,17	4,1	4,2	4,0

nenten in ein Fischfutter weiterverarbeiten und verfüttern (Stadtlander *et al.*, 2023, 2025). In einem detaillierteren Fermentationsversuch untersuchten wir eine Mischung aus Weizenkleie, Weizenvollkornmehl und *Lemna minor* (2:3:11,5, Frischsubstanz). Diese wurde in vierfacher Wiederholung mit, respektive ohne Siliermittel (Laktobakterien) in luftdichten Gläsern fermentiert und gelagert. Abbildung 1 zeigt, dass unabhängig vom Siliermittel ein wünschenswerter Verlauf und Stabilität der Fermentation, sowie Proteingehalte und *In-vitro*-Proteinverdaulichkeit stattfanden, die Fermentierung als Konservierungsmethode also eine Option darstellt.

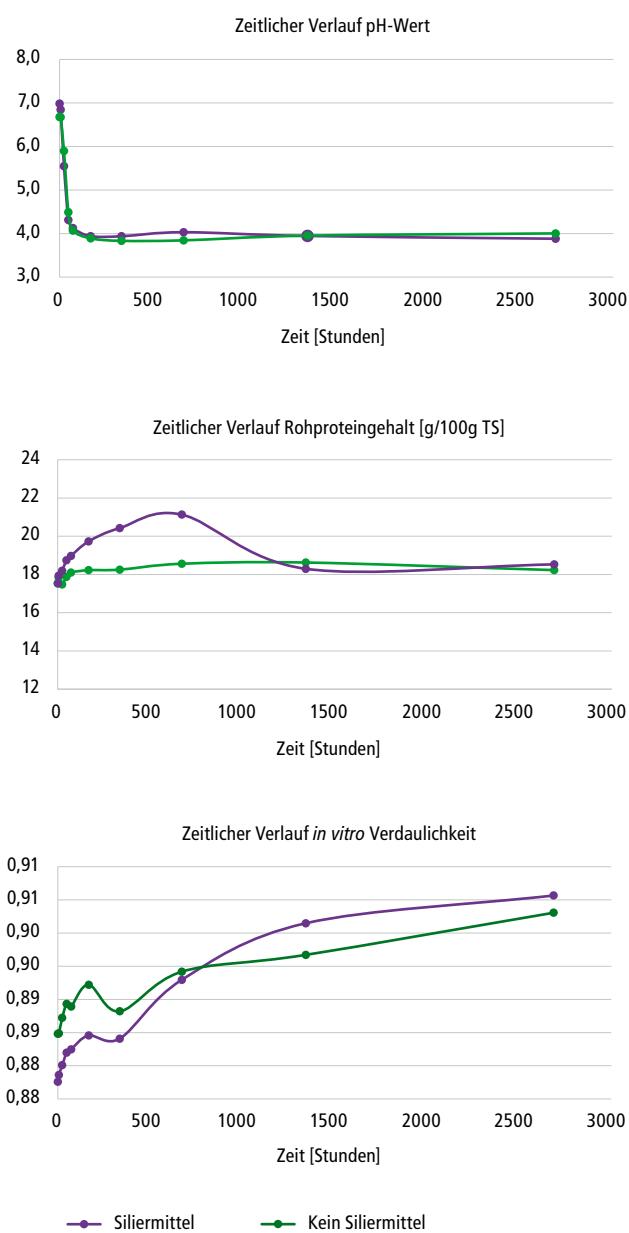


Abbildung 1 | Siliereigenschaften einer Mischung aus Wasserlinsen und Weizen.

Da die Trocknung energieaufwendig ist und frisch geerntete Wasserlinsen viel Wasser auf ihrer Oberfläche haben (Abb. 2), ist es wichtig, dieses vorgängig mechanisch zu entfernen. Dafür kommen Schleudern und Pressen in Betracht; bei Letzterem besteht die Gefahr von Nährstoffverlusten über austretenden Zellsaft. In einem Pressversuch mit einer hydraulischen Obstpresse (Motorgeräte Fischer GmbH, Typ OPRAH23) zeigten sich bereits bei einem Druck von 5 kN numerische Verluste im Stärke-, Zucker und Rohprotein gehalt. Signifikant waren diese Unterschiede aber nur bei 20 kN und dies nur für Stärke (Tab. 3). Bereits mit 5 kN liess sich die Gewichtsmasse aber um rund 30 % reduzieren, was bei nachfolgender Trocknung eine erhebliche Energieeinsparung bedeuten würde. Mit einem Druck von 10 kN ist eine weitere deutliche Massereduktion erzielbar, allerdings scheint hier – wenn auch nur numerisch – das Risiko eines erheblichen Verlustes an Rohprotein zu bestehen. Zudem ist ersichtlich, dass eine Verdopplung des Pressdrucks nur noch eine geringe zusätzliche Gewichtsreduktion erzielte.

Hygienisierung

Bei der Produktion von Wasserlinsen auf verdünnter Gülle ist die Grundannahme unsererseits eine mögliche Kontamination des finalen Produkts durch in tierischen Fäkalien präsenten und potentiell pathogenen Mikroorganismen. Aufgrund von Kostengründen haben wir uns für zwei Indikatororganismen entschieden, *Escherichia coli* (*E. coli*) und *Clostridium* spp. Beide Bakterientaxa sind bekannte Mikroorganismen in Güllen von Säugetieren und insbesondere *E. coli* dient auch in der Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit als Indikator für Verunreinigungen durch Fäkalien.

In einem Versuch wurden frisch geerntete und entweder auf verdünnter und zwei Monate unter Luftabschluss gelagerter Rindergülle oder auf Kunstdünger produzierte Wasserlinsen ungewaschen genutzt oder für zwei Minuten mit Leitungswasser gespült. Anschliessend wurden je drei Replikate bei 120 °C für 15 oder 30 Minuten in einem vorgeheizten Trockenschrank hitzebehandelt und auf *E. coli* oder *Clostridium* spp. untersucht. Bis auf ein Ausreißer bei *E. coli* (4400 KBE, Kolonie-bildende Einheiten) lagen sämtliche Werte unterhalb der Nachweisgrenze (10 KBE für *E. coli* und 100 KBE für *Clostridium* spp.) oder innerhalb der für Lebensmittel als unbedenklich geltenden Grenzen (<100 KBE) für *E. coli*. Beim grössten Anteil der Proben konnten jedoch gar keine *E. coli* und bei keiner Probe *Clostridium* spp. nachgewiesen werden. Dies war unabhängig von der Behandlung (ungewaschen/gewaschen oder 15/30 Minuten Hitzebehandlung).

Tabelle 3 | Nährstoffgehalte (g/100g TS) in frischen Wasserlinsen (*L. minor*) nach unterschiedlichem Druck in einer Obstpresse

Druck [kN]	Stärke	Zucker	Rohprotein	Rohfett	Masse [%]
0	1,38 ± 0,14a	0,19 ± 0,17	27,50 ± 1,96	3,66 ± 0,48	100
5	1,06 ± 0,01ab	0,06 ± 0,03	25,98 ± 0,42	3,18 ± 0,08	71,3
10	1,05 ± 0,22ab	n.A.	24,08 ± 0,84	2,94 ± 0,09	63,2
15	1,01 ± 0,17ab	0,05 ± 0,03	24,10 ± 2,14	24,10 ± 2,14	63,8
20	0,88 ± 0,08b	0,06 ± 0,01	24,74 ± 0,90	3,29 ± 0,10	62,9

Da auch bei den komplett frischen unbehandelten Negativkontrollen keine *E. coli* und *Clostridium* gefunden wurden liegt die Vermutung nahe, dass die anaerob gelagerte Gülle selbst weitestgehend unbedenklich war. Frisch geerntete und entweder gewaschene oder ungewaschene *L. minor* zeigten anfangs *E. coli* und *Clostridium* spp. KBEs unterhalb der Nachweisgrenze oder innerhalb der Lebensmitteltoleranz. Erst durch sonnen-trocknen stiegen die *E. coli* KBEs auf >64.000 an während *Clostridium* spp. weiter unterhalb der Nachweisgrenze blieben.

Damit ist deutlich, dass bakterielle Hygiene eine ernst zunehmende, aber lösbare Herausforderung ist, deren

Lösung Voraussetzung für einen regulären Einsatz in der Tierernährung ist.

Ein weiteres Problem sind Cyanobakterien (*Phormidium* spp., Abb. 3), die sich immer wieder stark in den Kulturen ausbreiten. Starker Regen, bzw. Duschen der Kulturen ist eine wirkungsvolle Behandlung die jedoch regelmässig wiederholt werden muss. Ein Versuch durch UV-C Bestrahlung und Wasserumwälzungen durch Pumpen die Cyanobakterien zu bekämpfen, führte in allen Kombinationen zu deren verstärktem Wachstum (Abb. 4). Allerdings führte eine Düngung zu verstärktem Wachstum der Wasserlinsen und damit Verdrängung der Cyanobakterien (Abb. 4).

**Abbildung 2** | Frisch geerntete Wasserlinsen. Bild: Timo Stadtlander, FiBL.

Verfütterung

Bislang haben wir nur Fütterungsexperimente mit Flussbarschen und Regenbogenforellen (Stadtlander et al., 2023) sowie mit Larven von Karpfen (Stadtlander et al., 2025) durchgeführt. Bis zu 12 % des Fischmehls konnten im Forellenfutter mit fermentierten oder nur getrockneten Wasserlinsen (*S. polyrhiza*) ohne negative Effekte ersetzt werden; 24 % Fischmehlersatz waren mit Wachstumseinbussen von ca. 10 % verbunden. Bei Flussbarschen führten alle Stufen und Formen zu geringeren Wachstumsraten im Ausmass von mehr als 10 %. Für Karpfenlarven konnten bis zu 45 % des Fischmehls mit getrockneten Wasserlinsen und bis zu 30 % mit fermentierten und getrockneten Wasserlinsen ohne negative Effekte ersetzt werden.

Somit ist für bestimmte Fischarten ein teilweiser Ersatz von Fischmehl durch Wasserlinsen möglich. In einem nächsten Schritt sind nun Fütterungsversuche mit Legehennen und Mastpoulet geplant, um hier die Eignung als Futterkomponente zu testen.

Diskussion und Perspektiven

Wasserlinsenproduktion auf Hofdünger zur Gewinnung einer Futterkomponente könnte eine Option zur Schließung von N- und P-Kreisläufen in der tierhaltenden Landwirtschaft darstellen (Devlamynck et al., 2021). In verschiedenen Versuchsanordnungen am FiBL konnten wir zeigen, dass sich auf verdünnter Gülle, v.a. der von Rindern, Wasserlinsen mit hohen Wachstumsraten und einem Rohproteingehalt von meist über 30 % erzeugen lassen und dabei effizient N- und P-Verbindungen aus dem Medium aufnehmen (Stadtlander et al., 2019, 2022). Die für Wachstum und Erzeugung von Rohprotein optimale Verdünnung 1:8 (Gülle zu Wasser) hatte eine N-Wiederfindung von 70 % in den Wasserlinsen im Verhältnis zum verschwundenen Ammonium-, Nitrat- und Nitrit-N aus dem Medium (Stadtlander et al., 2022). Es liegt nahe, die fehlenden 30 % als Emissionen in Form von Ammoniak und Lachgas anzunehmen.



Abbildung 3 | gesunde Kultur (links) und starker Befall mit Cyanobakterien (rechts). Bild: Timo Stadtlander, FiBL.

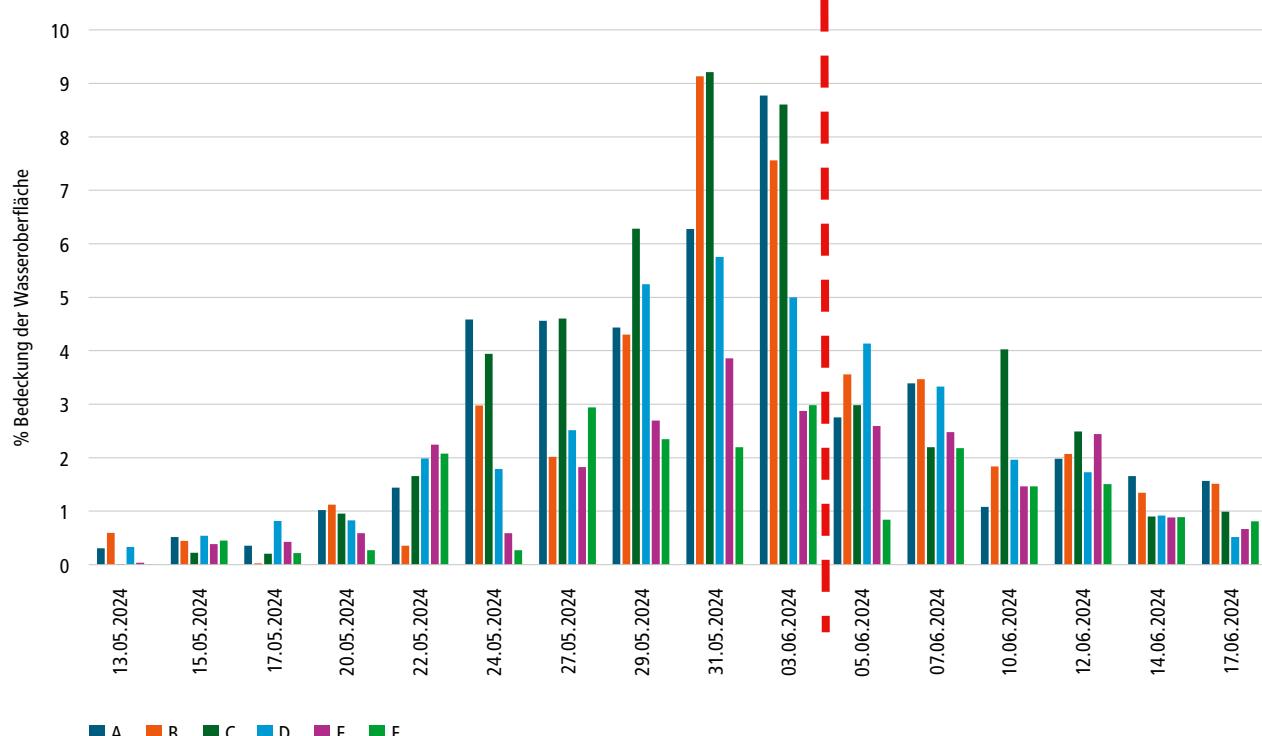


Abbildung 4 | Entwicklung von Cyanobakterien (*Phormidium* spp.) in Wasserlinsenkulturen (*L. minor*). Behandlungen: A, UV-C Bestrahlung und Wasserumwälzung mit Pumpe 3×3h/Tag. B, UV-C Bestrahlung und Wasserumwälzung mit Pumpe 2×3h/Tag. C, UV-C Bestrahlung und Wasserumwälzung mit Pumpe 1×3h/Tag. D, nur Wasserumwälzung 2×3h/Tag. E, nur UV-C Bestrahlung 2×3h/Tag. F, Kontrolle; keine Behandlung. Vier Replikate pro Behandlung. Rote Linie, frische Düngung mit Gülle.

Es ist somit eine absolute Voraussetzung für die Sinnhaftigkeit solcher Anlagen, dass Stickstoffverluste in gelöster oder flüchtiger Form geringer sind als bei der Lagerung und Ausbringung von Hofdünger, und dafür muss eine solide Datengrundlage noch geschaffen werden. Die Verdünnungen sind mithin auf ihre N-Kinetik und -Bilanz unter wechselnden Praxisbedingungen zu untersuchen und mit den üblichen Hofdünger-bezogenen N-Bilanzen zu vergleichen, um den gesamten ökologischen Effekt einer solchen Wasserlinsenproduktion richtig zu prognostizieren.

Weitere Voraussetzungen sind die energieeffiziente Prozessierung und gleichzeitig sichere Hygienisierung der Biomasse, um eine brauchbare Futterkomponente zu erzeugen. Fütterungsversuche für Fische liegen vor, und zeigen, dass der Einsatz von Wasserlinsen als Fischmehlersatz möglich ist (Stadtlander *et al.*, 2023, 2025). Des Weiteren erscheint ein Einsatz in der Geflügelhaltung als sinnvoll, ist aber bislang v.a. für asiatische Systeme beschrieben (Islam *et al.*, 2002; Baghban-Kanani *et al.*, 2023). Europäische *In-vitro*-Versuche zur Protein- und Phosphorverdaulichkeit beim Geflügel zeigen kein ein-

heitliches Bild, mit sowohl hohen als auch sehr niedrigen Werten (Demann *et al.*, 2023). Fütterungsversuche mit Legehennen und Mastpoulet sind am FiBL in naher Zukunft geplant.

Schlussfolgerungen

Im Schweizer Kontext erscheint ein Wasserlinsenkonzept denkbar, in dem auf kleinen Anlagen (100–500 m²) auf landwirtschaftlichen Betrieben Biomasse erzeugt und im engen regionalen Kontext als Futtermittelkomponente wieder eingesetzt wird. Die bislang durchgeführten Versuche zeigen eine grundsätzliche Praktikabilität der Produktion. Die wichtigsten Voraussetzungen für eine Weiterentwicklung sind derzeit die Quantifizierung von gesamthaften Stickstoffbilanzen und -verlusten sowie die Gewährleistung der hygienischen Sicherheit. Um die Entwicklung der Wasserlinsenproduktion generell weiterzuführen, ist jedoch auch der mögliche Einsatz in der Geflügelernährung im Schweizer Kontext aufzuzeigen. ■

Dank

Wir danken herzlich (in chronologischer Reihenfolge) der Landolt Duckweed Collection, dem Bundesamt für Landwirtschaft, der Stiftung Mercator Schweiz, der Vontobel Stiftung sowie der Leopold Bachmann Stiftung für die grosszügige finanzielle und ideelle Unterstützung der verschiedenen Etappen dieses Projektes.

Literatur

- Appenroth, K.-J., Sowjanya Sree, K., Böhm, V., Hammann, S., Vetter, W., Leiterer, M., & Jahreis, G. (2017). Nutritional value of duckweeds (Lemnaceae) as human food. *Food Chem.* **217**, 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.116>
- Baek, G.Y., Saeed, M., & Choi, H-K. (2021). Duckweeds: their utilization, metabolites and cultivation. *Appl. Biol. Chem.* **64**, 73. <https://doi.org/10.1186/s13765-021-00644-z>
- Baghban-Kanani, P., Oteri, M., Hosseintabar-Ghasemabad, B., Azimi-Youvali, S., Di Rosa, A.R., Chiofalo, B., Seidavi, A., & Phillips, C.J.C. (2023). The effects of replacing wheat and soyabean meal with duckweed (*Lemna minor*) and including enzymes in the diet of laying hens on the yield and quality of eggs, biochemical parameters, and their antioxidant status. *Anim. Sci. J.* **94**, e13888. <https://doi.org/10.1111/asj.13888>
- Chakrabarti, R., Clark, W.D., Sharma, J.G., Goswami, R.K., Shrivastav, A.K., & Tocher, D.R. (2018). Mass Production of *Lemna minor* and Its Amino Acid and Fatty Acid Profiles. *Front. Chem.* **6**:479. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00479>
- Cheng, J.J., & Stomp, A.M. (2009). Growing Duckweed to Recover Nutrients from Wastewaters and for Production of Fuel Ethanol and Animal Feed. *Clean* **37**, 17–26. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/clen.200800210>
- Demann, J., Petersen, F., Dusel, G., Bog, M., Devlamynck, R., Ulbrich, A., Olfs, H-W., & Westendarp, H. (2023). Nutritional Value of Duckweed as Protein Feed for Broiler Chickens-Digestibility of Crude Protein, Amino Acids and Phosphorus. *Animals* **13**, 130. <https://doi.org/10.3390/ani13010130>
- Devlamynck, R., Fernandes de Souza, M., Leenknecht, J., Jackxsens, L., Eeckhout, M., & Meers, E. (2021). *Lemna minor* Cultivation for Treating Swine Manure and Providing Micronutrients for Animal Feed. *Plants* **10**, 1124. <https://doi.org/10.3390/plants10061124>
- Femeena, P.V., House, G.R., & Brennan, R.A. (2022). Creating a Circular Nitrogen Bioeconomy in Agricultural Systems through Nutrient Recovery and Upcycling by Microalgae and Duckweed: Past Efforts and Future Trends. *J. ASABE* **65**, 321–346. <https://doi.org/10.13031/ja.14891>
- Islam, K.M.S. (2002). Feasibility of duckweed as a poultry feed – a review. *Ind. J. Anim. Sci.* **72**, 486–491.
- Lambert, M., Devlamynck, R., Fernandes de Souza, M., Leenknecht, J., Raes, K., Eeckhout, M., & Meers, E. (2022). The Impact of Salt Accumulation on the Growth of Duckweed in a Continuous System for Pig Manure Treatment. *Plants* **11**, 3189. <https://doi.org/10.3390/plants11233189>
- Meteo Schweiz. (2025) Klimabulletin Juni 2025. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/publikationen/berichte-und-bulletins/climate-bulletins/klimabulletin-2025-6.html> abgerufen 14.12.2025.
- Stadtlander, T., Bandy, J., Rosskothen, D., Pietsch, C., Tschudi, F., Sigrist, M., Seitz, A., & Leiber, F. (2022). Dilution rates of cattle slurry affect ammonia uptake and protein production of duckweed grown in recirculating systems. *J. Cleaner Prod.* **357**, 131916. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131916>
- Stadtlander, T., Förster, S., Rosskothen, D., & Leiber, F. (2019). Slurry-grown duckweed (*Spirodela polyrhiza*) as a means to recycle nitrogen into feed for rainbow trout fry. *J. Cleaner Prod.* **228**, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.196>
- Stadtlander, T., Schmidtko, A., Baki, C., & Leiber, F. (2024). Duckweed production on diluted chicken manure. *J. Anim. Feed Sci.* **33**, 128–138. <https://doi.org/10.22358/jafs/169431/2023>
- Stadtlander, T., Surber, J., Tschudi, F., Seitz, A., Sigrist, M., Pietsch, C., Kreuzer, M., & Leiber, F. (2025). Utility of dried and fermented meal from the duckweed species *Spirodela polyrhiza* as fishmeal-protein replacer in diets for common carp fry. *J. Anim. Feed Sci.* **34**, 131–138. <https://doi.org/10.22358/jafs/192512/2024>
- Stadtlander, T., Tschudi, F., Seitz, A., Sigrist, M., Refardt, D., & Leiber, F. (2023). Partial Replacement of Fishmeal with Duckweed (*Spirodela polyrhiza*) in Feed for Two Carnivorous Fish Species, Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*) and Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacult. Res.* **2023**, 6680943. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/6680943>