



LFL



WEIHENSTEPHAN · TRIESDORF  
University of Applied Sciences



MEIKA  
ÖKOLOGISCHE  
TIERERNÄHRUNG



BAYERISCHE  
STAATSGÜTER  
Landwirtschaft gestalten

Entwicklung und Erprobung eines innovativen Verfahrens zur Produktion von hochwertigem heimischen Eiweißfutter aus Luzerne sowie Luzerne- und Klee gras für Schweine und Wiederkäuer

Förderkennzeichen: KL/21/04



# Projekt - Abschlussbericht

Projektförderung: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (StMELF)

Finanzierung: StMELF

Förderkennzeichen: KL/21/04

Projektlaufzeit: 01.01.2022 bis 31.12.2023

Projektleiter: Stefan Thurner (LfL), Prof. Dr. Gerhard Bellof (HSWT),  
Matthias Vögele (Futtertrocknung Lamerdingen - FTL)

Projektbearbeiter: Rosa Rößner (LfL), Dr. Jan Maxa (LfL), Michal Elisabeth  
Weber (HSWT), Peter Weindl (HSWT), Thomas Kaindl  
(FTL)

Stand: Juni 2024

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Arbeitspaket Technik</b> .....	<b>12</b>
2.1 Erprobung, Anpassung und Optimierung der Erntetechnik für den Hochschnitt.....	12
2.1.1 Erntetechnik „TopCut Collect“ .....	12
2.1.2 Alternative Erntemöglichkeiten .....	17
2.2 Untersuchung der Pflanzenbestände in Bezug auf den Hochschnitt.....	21
<b>3 Arbeitspaket Futtertrocknung</b> .....	<b>23</b>
3.1 Heißlufttrocknung mittels Trommeltrockner .....	23
<b>4 Arbeitspaket Fütterung</b> .....	<b>26</b>
4.1 Einsatz von Luzernespitzen im Milchleistungsfutter für hochleistende Kühe der Rasse Fleckvieh .....	26
4.2 Einsatz von Luzernestängeln in aufgewerteten Mischrationen für laktierende Milchkühe der Rasse Fleckvieh.....	31
4.3 Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe von eiweißreichen Luzerneprodukten für wachsende Schweine .....	36
4.4 Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Fütterung säugender Sauen .....	42
4.5 Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel in der Aufzucht abgesetzter Ferkel.....	44
<b>5 Arbeitspaket Wirtschaftlichkeit</b> .....	<b>50</b>
5.1 Vermarktungsmöglichkeiten Luzernespitzen und Luzernestängel .....	50
<b>6 Arbeitspaket Wissenstransfer</b> .....	<b>51</b>
6.1 Veröffentlichungen.....	51
6.2 Vorträge.....	52
6.3 Abschlussarbeiten.....	52
<b>7 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>53</b>
<b>8 Anhang</b> .....	<b>56</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Erntemaschine "Top Cut Collect" zur Ernte von Luzernespitzen (© R. Rößner)..... 12
- Abbildung 2:** Luzernebestand im Knospenstadium am Tag vor der Ernte (2. Schnitt, 21.06.2022, links); die Maschine „Top Cut Collect“ bei der Ernte von Luzernepflanzen (rechts) (© R. Rößner) ..... 15
- Abbildung 3:** Luzernebestand am Tag der Ernte beim vierten Schnitt im Herbst (links); Luzernespitzen auf dem Schwad am Tag nach der Ernte beim vierten Schnitt im Herbst (rechts) (© R. Rößner) ..... 17
- Abbildung 4:** Doppelmessermähkombination der Firma BB Umwelttechnik zur Ernte von Luzernespitzen im Transportzustand (links) und während des Mähens (rechts) (© J. Maxa)..... 20

---

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b>	Ertrag (Trockenmasse (TM) und Rohproteingehalt (XP i. d. TM) für verschiedene Luzerneprodukte.....	21
<b>Tabelle 2:</b>	Rohproteingehalt (XP in % i. d. Trockenmasse (TM)) von Luzernespitzen (heißluftgetrocknet)- nasschemische Analyse .....	21
<b>Tabelle 3:</b>	Rohnährstoffgehalte verschiedener Luzerneprodukte (Angaben in % i. d. Trockenmasse (TM), Luzerneganzpflanze (LGP), Luzerneblätter (LB)).....	22
<b>Tabelle 4:</b>	Gehalt an essentiellen Aminosäuren für verschiedene Luzerneprodukte (Angaben in g/100 g Rohprotein, Trockenmasse (TM), Luzerneblätter (LB), Luzerneganzpflanzensilage (LGPS)) .....	22
<b>Tabelle 5:</b>	Rohnährstoffgehalte der ko-Luzernespitzen im Verlauf der Werbungskette (Angaben in % i. d. Trockenmasse (TM) bzw. umsetzbare Energie (ME) Schwein in MJ/kg) .....	24
<b>Tabelle 6:</b>	Rohnährstoffgehalte der ko-Luzernespitzen im Vergleich zur Ganzpflanze derselben Ernte, frisch gemäht (Angaben in % i. d. Trockenmasse (TM) bzw. umsetzbare Energie (ME) Schwein in MJ/kg)	24
<b>Tabelle 7:</b>	Nährstoffgehalte, Proteinlöslichkeit und -fraktionen sowie UDP-Gehalt der im Milchviehftterungsversuch geprüften Luzernespitzen (heißluftgetrocknet) .....	27
<b>Tabelle 8:</b>	Nährstoff- und Energiegehalte (in % pro kg Trockenmasse (TM)) der eingesetzten Milchleistungsfutter- (MLF-) Mischungen .....	28
<b>Tabelle 9:</b>	Durchschnittliche tägliche Futter-, Nährstoff- und Netto-Energie-Laktation (NEL)- Aufnahme in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte)..	30
<b>Tabelle 10:</b>	Durchschnittliche tägliche Milchleistung und Lebendmasseveränderung in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte).....	30
<b>Tabelle 11:</b>	Inhaltsstoff- und Netto-Energie-Laktations- (NEL-) Gehalte (in g/kg Trockenmasse (TM) oder andere angegebene Einheiten) der Luzernestängel im Vergleich zum eingesetzten Futterstroh .....	33
<b>Tabelle 12:</b>	Durchschnittliche tägliche Futter-, Nährstoff- und Netto-Energie-Laktation- (NEL-) Aufnahme in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte)	35
<b>Tabelle 13:</b>	Durchschnittliche tägliche Milchleistung in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte).....	35
<b>Tabelle 14:</b>	Zusammensetzung und analysierte Inhaltsstoffe der eingesetzten Ergnzungsfuttermischung (Basaldiät) .....	38
<b>Tabelle 15:</b>	Analysierte Inhaltsstoffe der Prüffuttermittel Luzernespitzen, heißluftgetrocknet (LSH), Luzernespitzensilage (LSS) und Luzerneganzpflanzensilage (LGPS), in g/kg Trockenmasse (TM).....	39
<b>Tabelle 16:</b>	Verdaulichkeiten (VQ %) der Rohnährstoffe der Prüffuttermittel (LS-Mittelwerte und Standardfehler) .....	40

---

<b>Tabelle 17:</b> Zusammensetzung und kalkulierte umsetzbare Energie- (ME-), Lysin- und Methioningehalte der Säugefuttermischungen (in g bzw. MJ/kg Frischmasse).....	43
<b>Tabelle 18:</b> Ausgewählte Ergebnisse des Fütterungsversuches (LS-Mittelwerte) 43	
<b>Tabelle 19:</b> Zusammensetzung der eingesetzten Kraftfuttermischungen (Angaben in %) .....	46
<b>Tabelle 20:</b> Analysierte Inhaltsstoffe der im Fütterungsversuch eingesetzten Luzernespitzen und Futtermischungen (in g/kg Trockenmasse (TM)) ....	47
<b>Tabelle 21:</b> Tägliche Futteraufnahme (kg/Tier) in den Zeitabschnitten des Fütterungsversuchs (LS-Mittelwerte) .....	48
<b>Tabelle 22:</b> Merkmale der Mastleistung in den Zeitabschnitten des Fütterungsversuchs (LS-Mittelwerte) .....	49

## Zusammenfassung

Aktuelle Erkenntnisse zeigen, dass heimische Grünleguminosen wie Luzerne ein hohes Potenzial hinsichtlich des Eiweißertrags und des Gehalts an essentiellen Aminosäuren haben. Eine hohe Eiweißkonzentration ( $> 30\%$  Rohprotein, bezogen auf die Trockenmasse (TM)) ist jedoch nur in der Blattmasse und den jungen Trieben enthalten. Aus diesem Grund wurden im Vorgängerprojekt Grünlegum (BELLOF ET AL., 2021) Techniken zur Trennung von Blattmasse und Stängel bei der Ernte und im Bereich der Nacherntetechnik erprobt sowie bereits erste Versuche zur Luzernespitzenenernte durchgeführt. Ziel des Projekts NovaLuz war es, die Ernte und Konservierung von Luzernespitzen weiterzuentwickeln und zu optimieren sowie Anhand verschiedener Fütterungsversuche bei Milchkühen und Schweinen den Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißkomponente im Vergleich und ergänzend zu den bisherigen Eiweißkomponenten zu testen.

Das im Rahmen des Arbeitspakets „Technik“ des NovaLuz Projektes untersuchte Verfahren zur Ernte von Luzernespitzen mit einem hohen Eiweißgehalt (das sogenannte Hochschnittverfahren) wurde im Jahr 2022 während drei Schnittterminen (Mai, Juni und September) auf verschiedenen Standorten erprobt. Dafür wurde die Maschine „TopCut Collect“ der Firma Zürn Harvesting GmbH mit 12 m Arbeitsbreite eingesetzt, die für die Unkrautbekämpfung in Getreide entwickelt worden war. Es handelte sich dabei um ein adaptives Mähwerk (Schnitthöhe bis 140 cm) mit einem Doppelmesser- Schneidsystem, Spezialhaspeln, Förderbändern und einem Sammelbunker. Wegen geringer Kapazität des Sammelbunkers und der Gefahr der Erwärmung des Erntematerials schon während der Ernte wurden die geernteten Pflanzenspitzen (geerntet wurden die oberen 40 % der Pflanze) auf einen Schwad abgelegt und später mithilfe eines Ladewagens zur Futtertrocknung Lamerdingen zur weiteren Verarbeitung transportiert. An den unterschiedlichen Ernteterminen wurden verschiedene Schwächen des TopCut Collect Systems beim Einsatz im Luzernebestand ersichtlich: (i) Ablage eines dichten Schwads und damit keine Möglichkeit zum Vorwelken am Feld, (ii) geringe Durchsatzmenge bei hohen Aufwuchsmengen und (iii) geringe Flächenleistung durch eine niedrige realisierbare Fahrgeschwindigkeit. Es handelte sich weiterhin um ein Spezialgerät mit hohen Anschaffungskosten, welches nur eingeschränkt für andere Einsatzzwecke als ursprünglich gedacht (mechanische Unkrautkontrolle bei Resistenzproblemen oder chemiefreien Ackerbaustrategien) nutzbar ist. Aus diesen Erfahrungen wurden im Laufe des Projekts innerhalb der Belegschaft der Futtertrocknung Lamerdingen und zusammen mit der LfL (ILT) weitere Erntevarianten erarbeitet und daraus ein Anforderungsprofil erstellt. Aus diesem wurden weitere Verfahrensweisen in Betracht gezogen. Die vielversprechendste Technologie im Rahmen der Tests war die Doppelmessermähkombination der Firma BB Umwelttechnik. Insgesamt zeigten die Tests, dass die Doppelmessermähkombination die effizienteste und kostengünstigste Methode zur Ernte von Luzernespitzen darstellt. Diese Technologie ermöglicht eine schonende und zugleich effektive Ernte der proteinreichen Pflanzenspitzen, ohne die Pflanzenstruktur zu stark zu beeinträchtigen.

Das geerntete Material - Luzernespitzen und Luzernestängel (Pflanzenreste) - wurde in der Futtertrocknung Lamerdingen im Rahmen des Arbeitspakets „Futtertrocknung“ konserviert. Die Luzernespitzen wurden nach der Heißlufttrocknung zu Cobs gepresst, die Luzernestängel wurden ebenfalls heißluftgetrocknet und zu Quaderballen verpresst. Die Produkte wurden im Arbeitspaket Fütterung bei den Fütterungsversuchen mit Milchkühen, säugenden Sauen und abgesetzten Ferkeln eingesetzt.

Im Rahmen des Arbeitspakets „Fütterung“ fanden zwei Fütterungsversuche bei Milchkühen am Milchgewinnungszentrum der Landwirtschaftlichen Lehranstalten in Triesdorf statt. Dabei wurden ab September 2022 Luzernespitzen im Milchleistungsfutter von laktierenden Kühen eingesetzt. Ein weiterer Versuch mit heißluftgetrockneten Luzernestängeln fand im ersten Quartal 2023, nach Abschluss des ersten Versuchs statt. Ziel des ersten Versuchs war es zu testen, ob der Ersatz eines Teils der Eiweißkomponenten im Kraftfutter durch Luzernespitzen Auswirkungen auf die Milchleistung u. a. Parameter hat. Die Ergebnisse des Fütterungsversuchs haben gezeigt, dass die heißluftgetrockneten Luzernespitzen eine gute Strategie zur Eiweißversorgung für hochleistende Milchkühe darstellen. Das Milchleistungsfutter mit einem Mischungsanteil von 30 % Luzernespitzen wurde von den Milchkühen akzeptiert und in ähnlichen Tagesmengen wie in der Kontrollgruppe verzehrt. Die Milchleistungsergebnisse zwischen den beiden Gruppen zeigen keine statistisch gesicherten Unterschiede und es konnten keine Unterschiede bezüglich Tiergesundheit festgestellt werden. Somit ist der Einsatz eines Mischungsanteils von bis zu 30 % Luzernespitzen im Milchleistungsfutter ohne Leistungseinbußen möglich.

Ziel des Versuchs mit den Luzernestängeln war es, anhand eines Dosis-Wirkungs-Verfahrens herauszufinden, welche Anteile an Luzernestängeln in der aufgewerteten Mischration bei Milchkühen eingesetzt werden können bzw. welcher Anteil an Luzernestängeln in der aufgewerteten Mischration ausreicht, um ein gleiches Niveau an Rohfaserwirkung wie in der Kontrollration mit Stroh zu erzielen. Die Ergebnisse dieses Fütterungsversuchs haben gezeigt, dass mit heißluftgetrockneten Luzernestängeln die Strukturversorgung für hochleistende Milchkühe sichergestellt werden kann. Die tägliche Mischration mit einem Anteil von 1 kg Luzernestängel wurde von den Milchkühen akzeptiert und in ähnlichen Tagesmengen wie in der Kontrollgruppe (mit 1 kg Stroh) verzehrt. Die Milchleistungsergebnisse zwischen den beiden Gruppen zeigten keine statistisch gesicherten Unterschiede und es konnten keine Unterschiede bezüglich der Tiergesundheit festgestellt werden. Daher eignen sich Luzernestängel (heißluftgetrocknet) als Strukturkomponente in Mischrationen laktierender Milchkühe.

Drei weitere Versuche im Rahmen des Arbeitspakets „Fütterung“ umfassten die Überprüfung der Luzerneprodukte bei Schweinen. In einem Verdauungsversuch wurden die Verdaulichkeitswerte der Rohnährstoffe heißluftgetrockneter Cobs, Luzernespitzen-Silage und Luzerne-Ganzpflanzensilage an wachsenden Schweinen ermittelt. Die Luzernespitzen zeigten unabhängig von der Konservierungsart höhere Verdaulichkeitsquotienten (VQ) bei der Verdaulichkeit der organischen Substanz (VQ OS), der Rohfaser (VQ XP) und des Rohfetts

(VQ XF) als Luzerneganzpflanzensilage (LGPS). Eine Verminderung der Verdaulichkeit durch höhere Saponingehalte in den Luzernespitzen kann somit nicht bestätigt werden. Die Begrenzung der Verdaulichkeit durch den erhöhten Rohfasergehalt der LGPS zeigte sich auch hier als bedeutsame Einflussgröße. Die Luzernespitzen können eine sinnvolle Eiweißquelle für die Fütterung von Schweinen darstellen.

In zwei Leistungsversuchen wurde der Einsatz von getrocknet Luzernespitzen in Futtermischungen für säugende Sauen und für abgesetzte Ferkel geprüft. Dabei wurde ein Mischungsanteil von 20 % Luzernespitzen in der Futtermischung anstelle von Sojaprodukten eingesetzt. Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass Luzernespitzen ein sinnvolles Eiweißfuttermittel für die ökologische Sauenfütterung darstellen können. Eine frühzeitige Gewöhnung an die Spitzen ist erforderlich, um die Akzeptanz zu verbessern. Die vorliegenden Ergebnisse des Fütterungsversuchs mit abgesetzten Ferkeln zeigten, dass der Einsatz von getrockneten Luzernespitzen in den geprüften Mischungsanteilen von 20 % in Alleinfuttermischungen für abgesetzte Ferkel realisierbar ist. Es wurden zwar anfängliche Einbußen in der Futteraufnahme verzeichnet und die Gewichtsentwicklung blieb zunächst hinter der Kontrollgruppe zurück. Für das Merkmal Futterwertung ergaben sich aber keine Unterschiede zur Kontrollgruppe. Die Futterumstellung auf Mischungen mit Luzernespitzen sollte ähnlich wie bei den Sauen gleitend vorgenommen werden, um die Tiere an den bitteren Geschmack der LS zu gewöhnen.

Im Arbeitspaket „Wirtschaftlichkeit“ wurden in Gesprächen mit Landwirten, Verarbeitern und Händlern die Vermarktungsmöglichkeiten von Luzernespitzen und Luzernestängeln erläutert. Als potenzieller Absatzmarkt wurde der Rindermarkt identifiziert.

Während der gesamten Projektlaufzeit fanden Aktivitäten im Bereich „Wissenstransfer“ statt - u. a. wurde im zweiten Projektjahr themen- und projektspezifisch ein „Luzerne-Fachtag“ für Landwirte und andere Interessierte in Lamerdingen durchgeführt. Weiterhin wurden die erarbeiteten Ergebnisse im Rahmen von 11 Publikationen sowie 6 Fachvorträgen verschiedenen Zielgruppen präsentiert und zugänglich gemacht. Zudem konnten drei qualifizierende studentische Arbeiten im Rahmen des Projekts erstellt werden.

## 1 Einleitung

Bisherige Erkenntnisse weisen für die heimischen Grünleguminosen wie Luzerne und Rotklee ein hohes Potenzial beim Eiweißtrag und insbesondere bei den Gehalten an essentiellen Aminosäuren aus (SOMMER ET AL., 2014a, 2014b; WELTIN ET AL., 2014). Die für ein Eiweißfuttermittel erstrebenswerte Eiweißkonzentration ( $> 30\%$  Rohprotein, bezogen auf die Trockenmasse (TM)) ist jedoch nur in der Blattmasse und den jungen Trieben enthalten. Aus diesem Grund wurde von SOMMER und SUNDRUM (2015) eine Trennung von Blattmasse und Stängel bei der Ernte der Grünleguminosen vorgeschlagen, um die höhere Konzentration von Eiweiß und Aminosäuren im Blatt für die monogastrische Ernährung gezielt zu nutzen.

Nach Modellrechnungen von BELLOF (2014) kann eine Fläche von einem Hektar Luzerne-Ganzpflanze unter ökologischen Anbaubedingungen (Ertrag 85 dt TM/ha) ca. 2.300 kg Rohprotein mit 150 kg Lysin und 45 kg Methionin liefern. Von einem Hektar Luzerne könnte somit rechnerisch der Lysin- und Methioninbedarf von 60 Mastschweinen abgedeckt werden. In einem Fütterungsversuch mit Mastschweinen konnten Mischungsanteile von bis zu 20 % Luzernetrockenblatt in Alleinfuttermischungen erfolgreich, ohne Leistungsunterschiede in Bezug auf die Kontrollgruppe, eingesetzt werden (MESSINGER ET AL., 2021).

Auch für die Milcherzeugung werden zunehmend Fütterungskonzepte gefordert, die auf der Basis regional erzeugter (Eiweiß-)Futtermittel basieren. Die proteinreichen Luzerneprodukte stellen nach schonender Trocknung ein geeignetes Eiweißfuttermittel für hochleistende Milchkühe dar (Proteine mit hohen Anteilen an pansenstabilem Protein (UDP) werden durch die Wärmebehandlung erzielt). Die stängelreichen Nebenprodukte (mit noch nennenswerten Rohproteingehalten von bis zu 16 %) können in getrockneter Form zum gezielten Ausgleich strukturschwacher Rationen ebenfalls sinnvoll in der Fütterung von Milchkühen und Mastrindern eingesetzt werden.

Aufgrund der bisher nur ansatzweise existierenden großtechnologischen Lösungen zur Trennung von Blatt und Stängel bei der Ernte der Grünleguminosen (die Techniken befindet sich bisher nur im Prototypenstadium) wurden am ILT in Zusammenarbeit mit der Futtertrocknung Lamerdingen eG und der Firma Zürn Harvesting GmbH & Co. KG im Rahmen des Verbundprojekts „Grünlegum“, das durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert wurde, im Jahr 2020 die ersten Untersuchungen zum sogenannten "Hochschnittverfahren" bei Luzerne durchgeführt. Dabei wurde das innovative System Top Cut Collect verwendet, das ursprünglich für die mechanische Unkrautkontrolle bei Resistenzproblemen oder chemiefreien Ackerbaustrategien bei der Firma Zürn Harvesting GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit französischen Partnern entwickelt wurde. Die ersten Ergebnisse waren vielversprechend, da sich zeigte, dass Luzernepflanzenspitzen (ab ca. 60 - 70 % der Pflanzenhöhe) ebenfalls sehr hohe Gehalte an Rohprotein ( $> 30\%$  in der TM) und essenziellen Aminosäuren aufweisen (MAXA und

THURNER, 2020; MAXA ET AL., 2021). Mit diesem Verfahren kann somit die anfänglich angestrebte, aufwändige Trennung der Leguminosenblätter von den Stängeln entfallen. Weiterhin bietet sich dieses Verfahren gegebenenfalls auch für Klee gras- bzw. Luzernegrasbestände an, bei denen die Techniken für die Blatt-Stängel-Trennung nicht erfolgreich eingesetzt werden können.

Ziel des Projekts war es, in Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie einen neuen, innovativen Ansatz, das sogenannte "Hochschnittverfahren", zur Werbung von Grünleguminosen als Eiweißfuttermittel zu erarbeiten. Wichtiger Teil war dabei die Konservierung und Weiterverarbeitung zu einem hochverdaulichen Eiweißfuttermittel für Schweine und Wiederkäuer aus den Pflanzenspitzen als Hauptprodukt sowie der Restpflanze als Nebenprodukt in Form von Cobs und Strukturheu, ebenfalls für Wiederkäuer. Neben der (i) Erprobung und Weiterentwicklung des innovativen Technikeinsatzes beim "Hochschnittverfahren" sollte dabei auch die (ii) Konservierung und Weiterverarbeitung zu einem hochkonzentrierten Eiweißfuttermittel für Schweine und Wiederkäuer optimiert werden. Insbesondere war es Ziel die Verfahrensschritte und die Eiweißqualität bei den geernteten und getrockneten Pflanzenspitzen als Hauptprodukt sowie bei der Werbung, Konservierung und Weiterverarbeitung der Restpflanze zu Cobs und Strukturheu für Wiederkäuer als Nebenprodukt zu untersuchen. Weiterhin sollten (iii) Einsatzempfehlungen bezüglich der Verfütterung des proteinreichen (Luzernepflanzenspitzen aus dem Hochschnitt) an Milchkühe und Mastschweine sowie Muttersauen sowie stängelbetonten (Luzernepflanzenreste) Pflanzenmaterials an Milchkühe erstellt werden. Während des Vorhabens war es zudem das Ziel das neue Ernteverfahren auf (iv) wirtschaftliche Aspekte zu untersuchen bzw. das Ernteverfahren dahingehend zu optimieren sowie (v) das generierte Wissen in die breite Öffentlichkeit zu transferieren.

## 2 Arbeitspaket Technik

### 2.1 Erprobung, Anpassung und Optimierung der Erntetechnik für den Hochschnitt

#### 2.1.1 Erntetechnik „TopCut Collect“

Mit dem Ziel der Futterherstellung für die geplanten Fütterungsversuche, wurden im Jahr 2022 Erprobungen an drei Schnittterminen auf drei Flächen (insgesamt 21,75 ha) durchgeführt.

Zum Mähen der Pflanzenspitzen (Hochschnittverfahren) kam die Maschine „TopCut Collect“ der Firma Zürn Harvesting GmbH zum Einsatz. Dabei handelte es sich um ein adaptives Mähwerk (Schnitthöhe 20- 140 cm) mit einem Doppelmesser-Schneidsystem. Mithilfe von Spezialhaspeln wurde das Erntegut auf ein Querförderband (Arbeitsbreite 12 m) geschoben und in der Mitte zusammengeführt. Die geernteten Pflanzenspitzen wurden auf einem Schwad abgelegt, anstatt sie im Sammelbunker direkt aufzunehmen, da dieser nur eine geringe Kapazität hat und die Gefahr der Erwärmung des Materials bereits während der Ernte bestand.



**Abbildung 1:** Erntemaschine "Top Cut Collect" zur Ernte von Luzernespitzen  
(© R. Rößner)

Der erste Hochschnitt fand im Mai 2022 auf einer Fläche von 2,0 ha statt. Der Luzernebestand der Sorte „Franken neu“ war im 2. Hauptnutzungsjahr. Die Wuchshöhe betrug am Erntetag durchschnittlich 62 cm. Die Erntehöhe im Hochschnitt wurde auf 37 cm oberhalb des Bodens eingestellt. Der Trockenmasse (TM)- Gehalt der Luzernepflanzenspitzen lag bei 20 % am Tag vor der Ernte. Es wurden 15,8 dt TM/ha Luzernespitzen geerntet, woraus mittels Heißlufttrocknung 12,2 dt TM/ha Cobs hergestellt wurden. Die Pflanzenreste (23,6 dt TM/ha) wurden ebenfalls mittels Heißlufttrocknung konserviert. Agrar-LKW`s mit Ladewagen übernahmen die Bergung und den Transport zur Futtertrocknung.

Es stellte sich heraus, dass die Ernte mit dieser Maschinenausführung nur eingeschränkt möglich ist. Es gab mehrere Probleme. Zum einen waren ölführende Leitungen undicht (schlechte Montage im Werk). Diese konnten im Feld notdürftig nachgezogen werden. Zum anderen wurden baulich einige Schwächen der Maschine sichtbar. Die Borsten der Haspel waren für die Erntematerialmenge zu schwach ausgelegt und nicht ausreichend befestigt. Bei den Luzernespitzen wird mehr und schwereres/feuchteres Material geschnitten als im Vergleich zum Unkraut (z. B. Ackerfuchsschwanzzähren) und muss von den Borsten über den Mähbalken befördert werden. Deshalb wurden die geschnittenen Luzernespitzen nicht gut über das Messer zum Querförderband transportiert. Ein weiterer Schwachpunkt war der Haspelantrieb selbst. In Fahrtrichtung rechts war dieser zu schwach ausgelegt, da der Ölantrieb für beide Haspeln parallel geschaltet war. Sobald etwas mehr Material gemäht wurde, blieb die Haspel stehen. Daraufhin musste die Maschine zurückgesetzt werden und die Verstopfung löste sich wieder. Daher waren bei der Ernte nur Vorfahrtgeschwindigkeiten von maximal 1 km/h möglich.

Zwischen den beiden Förderbändern war ein Holm (aus Stabilitätsgründen) verschweißt, unter welchem das gemähte Gut durchgeführt werden musste. Dieser Holm führte in regelmäßigen Abständen zu einem Aufschieben des gemähten Materials im Schwad, was die Arbeitsgeschwindigkeit zusätzlich verringerte. Das Aufschieben führte zu einem Verdichten der Luzernespitzen und zu einer Knäuel-Bildung im Schwad. Eine Belüftung des Schwads um das Material etwas nachzutrocknen war damit nicht mehr möglich. Die Ernte wurde an einem sonnigen Tag ohne Niederschlag durchgeführt.

Die auf dem Feld verbliebenen Luzernestängel wurden am selben Tag mit einem Scheibenmäherwerk mit Schwadzusammenführung gemäht und auf Schwad abgelegt. Die Stängel wurden bis zum folgenden Tag am Feld angewelkt.

Aufgrund der relativ geringen Mengen an Ausgangsmaterial und gleichzeitig einem großen Volumen des Kühlbehälters, kam es in der Trocknungsanlage zu einer Durchmischung der Luzernespitzen mit Material der vorhergehenden Trocknungscharge. Die Durchmischung machte sich an den Laborergebnissen der produzierten Cobs in Form eines geringeren Rohproteingehalts bemerkbar.

Der zweite Schnitt fand im Juni 2022 auf der oben beschriebenen Fläche, sowie auf einem 2,75 ha großen Schlag im 3. Hauptnutzungsjahr mit der gleichen Luzernesorte statt. Die Wuchshöhe betrug am Erntetag durchschnittlich 58 cm (Schlag 1) bzw. 57 cm (Schlag 2). Die Erntehöhe im Hochschnitt wurde auf 35 cm (Schlag 1) bzw. 34 cm (Schlag 2) oberhalb des Bodens eingestellt. Der TM-Gehalt der Luzernepflanzen spitzen lag bei 27 % (Schlag 1) bzw. 25 % (Schlag 2) am Tag vor der Ernte. Beim zweiten Aufwuchs wurde versucht mit mehr Ausgangsmaterial eine geringere Durchmischung in der Trocknungsanlage zu erreichen und somit höhere Rohproteingehalte zu erzielen.

Aufgrund der im 1. Schnitt gewonnenen Erfahrungen, wurden einige Veränderungen sowohl an der Erntetechnik, als auch in der Verarbeitung vorgenommen.

Erntetechnik Feld: Die Borsten der Haspel wurden durch stabilere ersetzt. Außerdem konnte mit neuen Zahnrädern die Übersetzung des Haspelantriebs reduziert werden, wodurch der Haspel ein höheres Drehmoment zur Verfügung stand. Mit diesen zwei Änderungen konnte die geschnittene Luzerne effektiver über das Messer auf das Förderband geräumt werden und es waren höhere Arbeitsgeschwindigkeiten von 3 – 6 km/h möglich. Begrenzender Faktor für die Arbeitsgeschwindigkeit war aber dennoch der Haspelantrieb. Die Ölmotoren der Haspel waren parallel geschaltet. Deshalb bekam immer dieser Antrieb mehr Öl und damit mehr Leistung, an dem der geringere Widerstand anlag. Kurzfristig war für dieses Problem keine Lösung realisierbar, da es einen Umbau des Ölkreislaufs zur Folge gehabt hätte.

Die neuen Borsten der Haspel führten zu einem Werfen des geschnittenen Materials. Sobald mehr Luzerne auf dem Querförderband lag, blieben Pflanzen in den Borsten hängen und wurden über das Förderband nach hinten auf den Boden geworfen.

Ein Vorwelken der geernteten Luzernespitzen wurde auf folgende Arten versucht:

- Mittelablage bei steiler gestelltem Schneidwerk. Dadurch sollte mehr Platz für den Materialfluss unter dem Schneidwerksholm sein. Ein Aufschieben und Komprimieren der Luzernespitzen wurde dadurch teilweise vermieden. Es zeigte sich aber, dass es Probleme beim Übergang vom Messer auf das Förderband gab. Die Haspel musste mehr Kraft aufwenden um das Erntematerial über diese Engstelle zu räumen, sodass nur noch eine Arbeitsgeschwindigkeit von 1 km/h möglich war.
- Das Erntematerial wurde mittels Bunkerförderband über den Bunker geworfen und landete hinter dem TOPCut Collect auf den Stopplern. Aufgrund der großen Blattoberfläche war das übergeworfene Material sehr windanfällig und erreichte in den meisten Fällen das hintere Ende des Erntegeräts nicht, sondern landete im Bunker. Die Breitverteilung war aber gering.
- Der Bunker wurde aufgeklappt und das Bunkerband förderte die Luzernespitzen nach hinten, um diese vor dem Bunker auf den Boden fallen zu lassen. Auch diese Möglichkeit brachte keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Die Geschwindigkeit des Bunkerbandes musste relativ hoch sein, damit die Luzernespitzen abtransportiert wurden. Das führte aber dazu, dass das abgeförderte Material an den aufgeklappten Bunker geworfen wurde, was wieder eine Knäuel-Bildung zur Folge hatte.

Keine der Möglichkeiten war somit vielversprechend. Die Ernte wurde daher mit modifiziertem Gerät analog zur Ernte des ersten Schnitts durchgeführt. Die Wettersituation war am Tag der Ernte nicht optimal. Während des Mähens war der Himmel bedeckt; es fiel jedoch kein Niederschlag.

Die auf dem Feld verbliebenen Luzernestängel wurden eine Woche nach dem Hochschnitt mit einem Scheibenmäherwerk gemäht. Das Schwaden erfolgte wiederum am Folgetag mit einem Kreiselschwader.



**Abbildung 2:** *Luzernebestand im Knospenstadium am Tag vor der Ernte (2. Schnitt, 21.06.2022, links); die Maschine „Top Cut Collect“ bei der Ernte von Luzernepflanzenspitzen (rechts) (© R. Rößner)*

Die ersten beiden Schnitte wurden mit dem Ziel der Futterproduktion für den Versuch mit Milchkühen und den Praxisversuch mit abgesetzten Ferkeln durchgeführt. Bei beiden Schnitten wurden von folgenden Fraktionen Proben genommen:

Ganzpflanze, Luzernespitzen, Pflanzenreste (am Tag vor dem Hochschnitt, manuell):

- Schnitthöhen obere 20, 30 und 40 % (je 1 qm)

Pflanzenspitzen (ab dem Tag der Ernte):

- Ausgangsmaterial am Feld (Tag der Ernte, manuell auf anvisierter Schnitthöhe)
- Schwad
- unmittelbar vor der Trocknung
- nach der Trocknung
- nach dem Cobsen

Pflanzenreste:

- unmittelbar nach der Mahd
- vor der Trocknung
- nach der Trocknung

Der Mangel an Niederschlag führte zu einem Ausfall des dritten Schnitts auf den oben genannten Flächen. Die geringen Aufwuchsmengen wurden von den Landwirten geerntet und zur Futtertrocknung geliefert, um im vierten Schnitt einen schnellen Austrieb zu gewährleisten. Zudem war eine Ernte mit dem TOPCut Collect aufgrund der niedrigen Wuchshöhe nicht möglich. Damit konnte eine weitere Erprobung des Verfahrens und der Futtergewinnung für die Fütterungsversuche erst im vierten Schnitt fortgeführt werden.

Der dritte Hochschnitt beim vierten Schnitt wurde für die Futterproduktion für den Fütterungsversuch mit säugenden Sauen und den Verdauungsversuch mit wachsenden Schweinen durchgeführt. Hierbei handelte es sich um eine ökologisch bewirtschaftete Fläche.

Das Öko-Luzernefeld hatte eine Größe von ca. 17 ha. Die Luzerne wurde 2020 als Untersaat in einen Roggenbestand eingesät. Die Luzerne blieb nach der Roggenernte bestehen und hatte somit 2022 ihr zweites Hauptnutzungsjahr. Am 21.09.2022 erfolgte die Ernte mittels Hochschnittverfahren. Es war der vierte Schnitt auf der Fläche in diesem Jahr. Das Wetter war mild und trocken bei 14 °C. Die Wuchshöhe betrug am Erntetag durchschnittlich 49,2 cm. Die Erntehöhe wurde im Hochschnitt auf 30 cm oberhalb des Bodens eingestellt. Der TM-Gehalt der Luzernepflanzenspitzen lag bei 28 % am Tag der Ernte. Am nächsten Vormittag lag der TM-Gehalt im Schwad bei 32,5 %. Die Luzerneblätter waren in den unteren zwei Dritteln der Pflanzen bereits gelblich verfärbt und angewelkt. Möglicherweise trugen die frostnahen Nächte in den vorigen Tagen (3 - 6 °C) zu dieser Gelbfärbung bei.

Außerdem wurden die Spitzen erst einen Tag nach dem Mähen mit dem Ladewagen geborgen. Dies war möglich, da die Aufwuchsmenge sehr gering war und somit der kleinere Schwad den Schneidwerksholm am TOPCut Collect ohne Knäuel-Bildung passieren konnte. Bei trockenen und leicht windigen Bedingungen trockneten die Spitzen am Feld nach. Eine angedachte Auflockerung des Schwads mit einem Mähwerk inkl. Aufbereiter wurde nicht durchgeführt. Die gemähten Luzernespitzen sanken zu tief in die stehenden Stoppeln ein. Damit hätten wir die Stoppeln teilweise abschneiden müssen, um die Luzernespitzen mit dem Aufbereiter auflockern zu können. Dies hätte eine Reduktion der Nährstoffdichte zur Folge gehabt.



*Abbildung 3: Luzernebestand am Tag der Ernte beim vierten Schnitt im Herbst (links); Luzernespitzen auf dem Schwad am Tag nach der Ernte beim vierten Schnitt im Herbst (rechts) (© R. Rößner)*

### 2.1.2 Alternative Erntemöglichkeiten

Die unterschiedlichen Erntetermine mit dem TOPCut Collect zeigten die Schwächen des Systems. Diese waren:

- Verdichtung des Schwads bei der Ablage und damit keine Möglichkeit zum Vorwelken am Feld
- geringe Durchsatzmenge bei hohen Aufwuchsmengen
- geringe Flächenleistung durch niedrige realisierbare Fahrgeschwindigkeit
- hoher Anschaffungspreis
- Spezialgerät, welches schwer für andere Einsatzzwecke nutzbar ist

Aus diesen Erfahrungen wurden im Laufe des Jahres innerhalb der Belegschaft der Futtertrocknung Lamerdingen und zusammen mit dem ILT weitere Erntemöglichkeiten diskutiert und erarbeitet. Die Anforderungen an die Technik waren dabei folgende:

- hohe Flächenleistung
- Schnitt in unterschiedlichen Höhen
- entweder direkte Schwadablage beim Mähen oder einfache Schwaderstellung nach dem Mähen
- Vorwelkung am Feld muss möglich sein
- schonende Behandlung der Luzernespitzen
- auch für die Ernte anderer landwirtschaftlicher Früchte geeignet
- möglichst keine Spezialmaschine, sondern Nutzung von bereits vorhandenen Maschinen, um Kosten zu reduzieren bzw. gering zu halten

Aus diesem Anforderungsprofil können folgende Maschinen oder Verfahrensweisen in Betracht gezogen werden:

- Bandschneidwerk an der Dreipunktaufnahme des Schleppers
- Scheibenmähdreschwerk mit oder ohne Schwadzusammenführung inklusive Hochschnittkufen
- Messerbalken mit Hochschnittkufen und nachfolgendem Schwader im absätzigen Verfahren

Im Folgenden soll auf die einzelnen Verfahren detaillierter eingegangen werden:

### **2.1.2.1 Bandschneidwerk am Schlepper angebaut**

Es konnte ein Bandschneidwerk der Firma MC Don in Luzerne getestet werden. Dabei handelte es sich um ein Bandschneidwerk mit Haspel, das an das Heckhubwerk eines Schleppers angebaut und dann in Schubfahrt gefahren wurde. Grundsätzlich war die Funktionsweise wie bei einem Mähdrescherschneidwerk für Getreide. Die Pflanze wurde mit einem Messerbalken geschnitten und dann über ein Förderband auf Schwad gelegt. Eine Haspel konnte liegende Pflanzen aufheben und dem Messer zuführen. Der Schwad wurde wahlweise auf beiden Seiten des Tisches oder in der Mitte abgelegt. Die Höhenführung des Schneidwerk erfolgte über das Heckhubwerk des Schleppers und konnte damit auch die oberen Triebe der Luzerne schneiden und schonend auf Schwad fördern.

Es stellte sich bei diesem Test heraus, dass ein Bandschneidwerk nur eingeschränkt für die Luzernespitzenenernte nutzbar ist. Zum einen führte das hohe Eigengewicht von über 3 t, welches über das Heckhubwerk des Schleppers getragen wurde, zusammen mit der Arbeitsbreite von 7,5 m dazu, dass die Schnitthöhe relativ schwer eingehalten werden konnte. Das ganze Gerät wankte hin und her. Dieses Problem könnte eventuell mit Stützrädern oder Hochschnittkufen behoben werden. Außerdem lies das sehr hohe Eigengewicht des Schneidwerk, welches im Hochschnitt ausschließlich auf den Hinterrädern des Schleppers lastete, eine Ernte unter ungünstigen Bedingungen nicht zu. Auch war der Bodendruck sehr hoch.

Die Luzerne wurde zu einem kompakten Schwad abgelegt. Ein Anwelken am Feld war somit nicht möglich. Die untenliegende Luzerne verlor nach 24 Stunden Feldliegezeit ihre grüne Farbe und wurde gelb.

Das Mähen der ganzen Luzernepflanze war sehr gut möglich. Auch hier konnte ein Anwelken aufgrund des verdichteten Schwads nicht erreicht werden.

In der Fachliteratur wurde im ersten Projektjahr über ein neues Schneidwerk für Hanf der Firma F.X.S. Sauerburger Traktoren und Gerätebau berichtet (BLW, 2022). Es handelt sich dabei um eine Kombination aus einem Front-Doppelmessermähdreschwerk an einem Hublift und einem Heck-Doppelmessermähdreschwerk. Das Front-Doppelmessermähdreschwerk war somit höhenverstellbar und erleichterte die Ernte des üppig wachsenden Faserhanfs. Von Vorteil war

die geringe benötigte Antriebsleistung für beide Mähwerke von insgesamt nur 36,7 kW. Der Einsatz des neuen Schneidwerks bei der getrennten Ernte von Luzernepflanzenstängeln und Stängeln wäre theoretisch möglich. Dazu müsste allerdings eine zusätzliche Schwadbildung und -trennung vom Frontmähbalken und Heckmähbalken integriert werden.

### **2.1.2.2 Scheibenmähwerk mit oder ohne Schwadzusammenführung inklusive Hochschnittkufen**

Hochschnittkufen sind für fast alle Scheibenmähwerke verfügbar. Mit den im Handel erhältlichen Hochschnittkufen kann die Schnitthöhe auf maximal 16 cm erhöht werden. Dies war für unseren Anwendungsfall zu niedrig. Deshalb wurden Adapterplatten angefertigt, die die Schnitthöhe auf 20 cm, 30 cm oder 40 cm erhöhten. Diese wurden an ein Pöttinger NovoCut 265 Heckmähwerk angebaut, um die Funktion zu überprüfen. Das gemähte Gut wurde auf den Stoppeln abgelegt. Am Frontmähwerk wurden keine Hochschnittkufen montiert. Hier übernahm das Hubwerk die Höhenführung. Da kein Mähwerk mit Schwadzusammenführung verfügbar war, wurde das Schwaden mit einem handelsüblichen Kreiselschwader durchgeführt. Auch hier waren Umbaumaßnahmen erforderlich. Diese bezogen sich auf das Anheben der Arbeitshöhe, damit die Zinken nur in dem Bereich rechen konnten, in dem auch Luzerne lag.

Die ersten Beobachtungen waren positiv, wenn auch weitere Anpassungen nötig sein werden. Die Luzerne konnte sauber in unterschiedlichen Höhen geschnitten werden. Bei 40 cm Schnitthöhe musste die Fahrgeschwindigkeit auf 8 km/h reduziert werden, da die Luzerne sonst vor dem Schnitt umgedrückt wurde. Ein gleichmäßiger Schnitt war damit nicht mehr gegeben. Die gemähten Luzernespitzen wurden auf der Fläche angewelkt und konnten mit einem höheren TM-Gehalt geerntet werden. Inwiefern der Kreiselschwader die optimale Technik zur Schwadbildung ist, muss noch untersucht werden. Der Einsatz eines Bandschwaders sollte in Betracht gezogen werden, da niedrigere Bröckelverluste zu erwarten sind.

### **2.1.2.3 Messerbalken mit Hochschnittkufen und nachfolgendem Schwader im abschließenden Verfahren**

Hierfür konnten keine eigenen Versuche durchgeführt werden. Von einer anderen Forschungsgruppe wurden aber sehr positive Ergebnisse gemeldet. Am ZALF in Müncheberg wurde zu einem ähnlichen Thema geforscht, wobei hier der Fokus auf der stofflichen Nutzung der Luzerne lag. Die Forscher des ZALF schnitten die Luzerne auf 15 - 22 cm Schnitthöhe mit einem modifizierten Doppelmesser-Messerbalken, bei einer Gesamtwuchshöhe von 42 - 48 cm und erhielten somit auch höhere Rohprotein-Gehalte in den Luzernespitzen. Die Vorteile des Messerbalkens waren neben der niedrigen Antriebsleistung, das geringe Maschinengewicht und ein sehr sauberer Schnitt, der den Wiederaustrieb der Luzerne begünstigt.

#### 2.1.2.4 Feldhäcksler mit Mähdrescher Tisch

Eine weitere getestete Technologie war der Einsatz eines Feldhäckslers in Kombination mit einem Mähdrescher-Tisch. Bei dieser Methode wurde der obere Teil der Luzernepflanzen geschnitten, gehäckselt und direkt auf einen Hänger übergeladen. Diese Technik sollte eine schnelle und effiziente Ernte ermöglichen, indem sie das Schneiden und Häckseln in einem Arbeitsgang kombinierte. Jedoch zeigte sich in der Praxis, dass diese Methode zu erheblichen Nachteilen führte. Durch den Einsatz schwerer Maschinen wurde ein großer Teil der Luzernepflanzen überfahren und auf den Boden gedrückt, was zu erheblichen Ernteverlusten führte. Zudem waren die Kosten für diese Technologie aufgrund des hohen Energie- und Maschinenaufwands deutlich höher als bei anderen Methoden.

#### 2.1.2.5 Doppelmessermähkombination der Firma BB Umwelttechnik

Die vielversprechendste Technologie im Rahmen der Tests war die Doppelmessermähkombination der Firma BB Umwelttechnik (Abbildung 4). Diese Technologie verwendet hohe Kufen, um etwa 20 % der Wuchshöhe (von oben) der Luzerne zu mähen. Das abgeschnittene Material wurde breit auf der Stoppel abgelegt, anschließend geschwadet und mit einem Ladewagen aufgeladen. Diese Methode erwies sich als besonders effektiv, da sie die Pflanzen weitgehend unbeschädigt ließ und somit die Ernteverluste minimierte. Durch die hohen Kufen wurde verhindert, dass die Luzernepflanzen überfahren und auf den Boden gedrückt wurden, was zu einer deutlich besseren Ausbeute führte. Zudem waren die Kosten für diese Technologie im Vergleich zu den anderen getesteten Methoden geringer, da der Energie- und Maschinenaufwand moderat war.



**Abbildung 4:** Doppelmessermähkombination der Firma BB Umwelttechnik zur Ernte von Luzernespitzen im Transportzustand (links) und während des Mähens (rechts) (© J. Maxa)

Insgesamt zeigten die Tests, dass die Doppelmessermähkombination der Firma BB Umwelttechnik die effizienteste und kostengünstigste Methode zur Ernte von Luzernespitzen darstellte. Diese Technologie ermöglichte eine schonende und zugleich effektive Ernte der

proteinreichen Blattmasse, ohne die Pflanzenstruktur zu stark zu beeinträchtigen. Die Erkenntnisse aus diesen Tests sind von großer Bedeutung für die Weiterentwicklung und Optimierung der Luzerneernte und können daher maßgeblich zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung in der Produktion von hochwertigem Eiweißfutter beitragen.

## 2.2 Untersuchung der Pflanzenbestände in Bezug auf den Hochschnitt

Bei der Ernte der konventionell bewirtschafteten Flächen wurden die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse erzielt. Beim zweiten Schnitt konnten keine schlagbezogenen Erträge ermittelt werden. Die Rohproteingehalte basieren auf Einzelwerten.

Für den zweiten Hochschnitt konnten keine Erträge in Trockenmasse pro Hektar berechnet werden, da das Material der beiden Schläge aus logistischen Gründen mit einem Ladewagen zur Futtertrocknung Lamerdingen transportiert wurde. Das Wiegen des geernteten Materials erfolgte bei der Trocknungsanlage mit einer Fuhrwerkswaage durch Wiegen des Ladewagens vor und nach dem Abladen des Ernteguts.

**Tabelle 1:** Ertrag (Trockenmasse (TM) und Rohproteingehalt (XP i. d. TM) für verschiedene Luzerneprodukte

Produkt	1. Schnitt		2. Schnitt <sup>1</sup>	
	TM <sup>2</sup> [dt/ha]	XP <sup>3</sup> [%]	TM <sup>2</sup> [dt/ha]	XP <sup>3</sup> [%]
Spitzen (Feld)	15,82	33,2	-	27,2
<b>Cobs (getrocknet)</b>	<b>12,17</b>	<b>24,0</b>	-	<b>25,5</b>
Reste (Feld)	23,62	-	7,52	-
<b>Stängel (getrocknet)</b>	<b>13,86</b>	<b>19,0</b>	-	<b>17,7</b>

<sup>1</sup>Ernte 2. Schnitt: Schlag 1 und 2, <sup>2</sup>Trockenmasse, <sup>3</sup>Rohprotein

Die Analyse des Rohproteingehaltes der heißluftgetrockneten Luzernespitzen (Cobs) wurden zum einen mit dem NIRS- (Nahinfrarotspektroskopie-) Verfahren, zum anderen nasschemisch durchgeführt. Da es sich bei den Luzernespitzen um ein atypisches Material handelt, eignete sich die NIRS-Analyse nicht, weil es hierfür noch keine Kalibration gibt. Die Ergebnisse der nasschemischen Analysen sind in Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2:** Rohproteingehalt (XP in % i. d. Trockenmasse (TM)) von Luzernespitzen (heißluftgetrocknet)- nasschemische Analyse

Analysemethode	XP <sup>1</sup> [%], Cobs 1. Schnitt	XP [%], Cobs 2. Schnitt
Nasschemie	29,0	24,3

<sup>1</sup>Rohprotein

Die folgende Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Rohnährstoffanalyse der Luzernepflanzen-  
spitzen und der Luzerneganzpflanze (LGP) derselben Ernte (ökologischer Luzernebestand)  
im Vergleich zu den Luzerneblättern (LB) (Vergleichsdaten aus dem Projektendbericht  
Grünlegum (AULRICH ET AL., 2021)):

**Tabelle 3:** *Rohnährstoffgehalte verschiedener Luzerneprodukte (Angaben in % i. d. Trockenmasse (TM), Luzerneganzpflanze (LGP), Luzerneblätter (LB))*

<b>Inhaltstoff</b>	<b>LGP<sup>1</sup></b>	<b>Luzernepflanzen- spitzen</b>	<b>LB<sup>2</sup></b>
Rohasche (% i. d. TM <sup>3</sup> )	9,1	9,1	11,9
Rohprotein (% i. d. TM)	23,1	27,4	32,5
Rohfaser (% i. d. TM)	22,1	15,2	16,3
Rohfett (% i. d. TM)	2,8	2,4	4,9
Zucker (% i. d. TM)	9,4	10,8	5,6

<sup>1</sup>Luzerneganzpflanze, <sup>2</sup>Luzerneblätter, <sup>3</sup>Trockenmasse

Die folgende Tabelle zeigt den Gehalt an essentiellen Aminosäuren der Öko-Luzernepflanzen-  
spitzen im Vergleich zur Luzerneganzpflanzensilage (LGPS) und den Luzerneblättern  
(LB) aus dem Projekt Grünlegum (AULRICH ET AL., 2021):

**Tabelle 4:** *Gehalt an essentiellen Aminosäuren für verschiedene Luzerneprodukte (Angaben in g/100 g Rohprotein, Trockenmasse (TM), Luzerneblätter (LB), Luzerneganzpflanzensilage (LGPS))*

<b>Inhaltstoff</b>	<b>Luzernepflanzen- spitzen</b>	<b>LB<sup>2</sup></b>	<b>LGPS<sup>3</sup></b>
Rohprotein (g/kg TM <sup>1</sup> )	274	325	226
Lysin (g/100 g XP <sup>4</sup> )	4,67	5,69	5,84
Methionin (g/100 g XP)	1,65	1,66	1,50
Methionin + Cystin (g/100 g XP)	2,59	2,92	1,99
Threonin (g/100 g XP)	1,25	3,85	3,45

<sup>1</sup>Trockenmasse, <sup>2</sup>Luzerneblätter, <sup>3</sup>Luzerneganzpflanzensilage, <sup>4</sup>Rohprotein

### **3 Arbeitspaket Futtertrocknung**

Die Luzernespitzen und die Luzernestängel (Pflanzenreste) von allen Schnitfterminen wurden in der Futtertrocknung Lamerdingen eG mittels Heißlufttrocknung konserviert. Die Luzernespitzen wurden anschließend zu Cobs gepresst, die Luzernestängel zu Quaderballen.

#### **3.1 Heißlufttrocknung mittels Trommeltrockner**

Im Rahmen des Projekts wurde zur Trocknung der Luzerne die Methode der Heißlufttrocknung mittels Trommeltrockner eingesetzt. Diese Trocknungstechnologie erwies sich als besonders geeignet, um die wertvollen Inhaltsstoffe der Luzerne, insbesondere den Proteingehalt, zu erhalten. Die Wahl fiel auf den Trommeltrockner aufgrund seiner Effizienz und seiner Fähigkeit, große Mengen an Erntegut schnell und gleichmäßig zu trocknen.

##### **Effizienz der Trocknungsmethode**

Die Heißlufttrocknung mittels Trommeltrockner funktioniert durch die kontinuierliche Zufuhr von heißer Luft, die durch eine rotierende Trommel strömt, in der sich die Luzerne befindet. Das Prinzip basiert darauf, dass die heiße Luft die Feuchtigkeit aus dem Luzernegut aufnimmt und nach außen abführt. Durch die Rotation der Trommel wird das Erntegut ständig bewegt, was eine gleichmäßige Trocknung sicherstellt. Diese Bewegung verhindert zudem, dass das Material an den Trommelwänden kleben bleibt oder verbrennt, was besonders wichtig für die Erhaltung der Qualität ist.

##### **Erhaltung des Proteingehalts**

Ein wesentlicher Aspekt der Heißlufttrocknung mittels Trommeltrockner ist die Erhaltung des Proteingehalts. Die hohe Proteinkonzentration in der Blattmasse der Luzerne macht sie zu einem wertvollen Futtermittel, insbesondere für die Tierernährung. Während des Trocknungsprozesses kann es leicht zu Verlusten an Proteinen und anderen Nährstoffen kommen, wenn die Temperatur zu hoch eingestellt wurde oder die Trocknungsdauer zu lang ist. Mit der Heißlufttrocknung im Trommeltrockner konnte jedoch gezeigt werden, dass bei fachgerechter Durchführung die Proteine in der Luzerne nahezu vollständig erhalten blieben. Dies bedeutete, dass das getrocknete Produkt seine hohe Nährstoffdichte beibehält und somit eine wertvolle Ergänzung in der Fütterung von Milchkühen und anderen Tieren darstellt.

Im Verlauf der Werbung und Verarbeitung wurden zu jedem Arbeitsschritt Proben genommen und auf ihre Rohnährstoffgehalte untersucht. In der nachfolgenden Tabellen 5 und 6 sind die Rohnährstoffgehalte der Öko-Luzerne ausgewiesen:

**Tabelle 5:** Rohnährstoffgehalte der Öko-Luzernespitzen im Verlauf der Werbungskette (Angaben in % i. d. Trockenmasse (TM) bzw. umsetzbare Energie (ME) Schwein in MJ/kg)

Arbeitsschritt	TM <sup>1</sup>	Roh- asche	Roh- protein	Roh- faser	Roh- fett	Zucker	ME <sup>2</sup>
manuelle Ernte	28,0	9,1	27,4	15,2	2,4	10,8	8,4
nach dem Anwelken	32,7	9,3	30,0	14,2	2,2	7,4	8,4
vor der Heißlufttrocknung	31,8	9,3	28,8	14,4	2,0	8,6	8,4
nach der Heißlufttrocknung	87,2	9,1	27,5	14,3	2,1	10,1	8,4
Cobs	92,6	9,0	27,4	13,9	3,6	9,7	8,5

<sup>1</sup>Trockenmasse, <sup>2</sup>umsetzbare Energie

**Tabelle 6:** Rohnährstoffgehalte der Öko-Luzernespitzen im Vergleich zur Ganzpflanze derselben Ernte, frisch gemäht (Angaben in % i. d. Trockenmasse (TM) bzw. umsetzbare Energie (ME) Schwein in MJ/kg)

Luzerne	TM <sup>1</sup>	Roh- asche	Roh- protein	Roh- faser	Roh- fett	Zucker	ME <sup>2</sup>
Luzerne-Ganzpflanze	23,9	9,1	23,1	22,1	2,8	9,4	8,3
Luzernespitzen	28,0	9,1	27,4	15,2	2,4	10,8	8,4

<sup>1</sup>Trockenmasse, <sup>2</sup>umsetzbare Energie

### Fachgerechte Durchführung

Die Effektivität der Heißlufttrocknung ist stark von der fachgerechten Durchführung abhängig. Dies umfasst die korrekte Einstellung der Trocknungsparameter wie Temperatur, Luftstrom und Trocknungsdauer. Zudem ist es wichtig, dass das Erntegut gleichmäßig in die Trommel eingebracht wird, um eine homogene Trocknung zu gewährleisten. Während der Versuchsphase wurden verschiedene Einstellungen getestet, um die optimalen Bedingungen für die Trocknung der Luzerne zu ermitteln. Es zeigte sich, dass moderate Temperaturen und eine kontinuierliche, aber nicht zu schnelle Rotation der Trommel die besten Ergebnisse erzielten. Dies verhinderte eine Überhitzung der Luzerne und stellte sicher, dass die Feuchtigkeit gleichmäßig entfernt wurde.

### Vorteile der Trommeltrocknung

Neben der Erhaltung des Proteingehalts bietet die Trommeltrocknung weitere Vorteile. Die Methode ist relativ energieeffizient und kann an verschiedene Mengen von Erntegut angepasst werden. Zudem ist der Trommeltrockner robust und wartungsarm, was die Betriebskosten senkt und die Zuverlässigkeit erhöht. Durch die kontinuierliche Trocknung ist es möglich, große Mengen an Luzerne zeitnah nach der Ernte zu verarbeiten, was die Qualität des Endprodukts weiter verbessert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Heißlufttrocknung mittels Trommeltrockner eine sehr effektive Methode zur Trocknung von Luzerne ist. Sie ermöglicht es, den hohen

Proteingehalt und die Nährstoffdichte der Luzerne zu erhalten, wenn die Verarbeitung fachgerecht durchgeführt wird. Diese Technologie hat sich im Projekt als äußerst effizient und zuverlässig erwiesen und stellt eine wertvolle Methode zur Verarbeitung von Luzerne dar, um sie als hochwertiges Eiweißfuttermittel nutzbar zu machen. Die Erkenntnisse aus dem Einsatz dieser Technologie tragen maßgeblich zur Optimierung der Produktionsprozesse und zur Verbesserung der Futterqualität bei.

## **4 Arbeitspaket Fütterung**

### **4.1 Einsatz von Luzernespitzen im Milchleistungsfutter für hochleistende Kühe der Rasse Fleckvieh**

#### **Einleitung und Fragestellung**

Die im Hochschnitt geernteten Luzernespitzen könnten auch für Rinder eine Alternative zu den üblichen Eiweißfuttermitteln wie Raps- und Sojaextraktionsschrot darstellen und damit einen Beitrag zur Verringerung der Nahrungskonkurrenz leisten.

Folgende Fragestellungen wurden untersucht:

- Wie ist der Futterwert von Luzerne, die mit Hilfe eines speziellen Hochschnittverfahrens geerntet und anschließend heißluftgetrocknet wurde, für die Milchkuhfütterung einzuordnen?
- Welche Unterschiede hinsichtlich Futteraufnahme und Milchleistung zeigen Milchkühe beim Einsatz von 30 % heißluftgetrockneten Luzernespitzen im Milchleistungsfutter gegenüber einer luzernefrei ernährten Kontrollgruppe?

#### **Tiere, Material und Methoden**

Der Fütterungsversuch fand in einer der beiden Teilherden des Milchgewinnungszentrums der Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf statt. Die Teilherde umfasste insgesamt ca. 60 laktierende Kühe. Der Versuch startete im September 2022 und endete Mitte Januar 2023. Das Vorhaben wurde von der Ethikkommission der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität München geprüft und bewilligt. Das zu prüfende Futtermittel „Luzernespitzen“ (heißluftgetrocknet, pelletiert) wurde im Vorfeld des Versuchs analysiert und ein Auszug der Ergebnisse ist in Tabelle 7 dargestellt. Das Material für den Versuch wurde im 2. Schnitt 2022 geerntet. Hierbei kam die Maschine „TopCut Collect“ der Firma Zürn Harvesting GmbH zum Einsatz. Die Luzernepflanzen wurden auf einer Schnitthöhe, die 60 % der Wuchshöhe betrug, gemäht und auf einen Schwad gelegt. Anschließend wurde das Erntegut heißluftgetrocknet (Futtertrocknung Lamerdingen eG) und zu Cobs gepresst.

Am Versuch nahmen insgesamt 36 Kühe der Rasse Fleckvieh teil. Die Tiere wurden nach dem Paarlingsprinzip einer Versuchs- oder Kontrollgruppe zugeordnet. Selektionskriterien waren das Leistungspotenzial, die Laktationszahl und der Laktationsmonat.

Die Versuchstiere wurden zusammen mit den übrigen Kühen der Teilherde in einem Laufstall mit Liegeboxen gehalten und an einem Doppel-Sechser Fischgrät-Melkstand gemolken. Die Fütterung erfolgte zum einen über einen Futtermischroboter (Fa. Wasserbauer GmbH Fütterungssysteme), der die 24 bzw. 28 Wiegetröge (Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL) drei Mal täglich mit einer aufgewerteten Mischration (PMR) befüllte. Diese bestand aus den Grobfuttermitteln Grassilage, Maissilage und Stroh, sowie einer Kraftfuttermischung mit einem Anteil von 5,3 kg TM an der Ration (gesamt: 19,5 kg

TM/Kuh und Tag). Vor dem morgendlichen Befüllen wurden die verbliebenden Futterreste in den Trögen vollständig entleert. Zum anderen gab es zwei Kraftfutterabrufstationen, die mit zwei Silos beschickt werden konnten und eine individuelle Gabe des Milchleistungsfutters (MLF) ermöglichten. Hier wurde anhand der Milchleistung und dem Laktationsstadium die entsprechende Menge, auf mehrere Portionen täglich verteilt, zugeteilt. Die maximale Menge war auf 5 kg/Tag beschränkt. Des Weiteren standen zwei Tränken und zwei Salzlecksteine zur freien Aufnahme zur Verfügung.

**Tabelle 7:** Nährstoffgehalte, Proteinlöslichkeit und -fraktionen sowie UDP-Gehalt der im Milchviehfütterungsversuch geprüften Luzernespitzen (heißluftgetrocknet)

Inhaltsstoff	Gehalt in % der Frischmasse
TM <sup>1</sup>	94,2
Inhaltsstoff	Gehalt in % der TM <sup>1</sup>
Rohprotein	23,8
Rohfaser	17,4
aNDF <sub>om</sub>	39,1
ADF <sub>om</sub>	24,4
Rohfett	4,2
Merkmal	Gehalt in % des XP
Proteinlöslichkeit	20,1
A <sup>2</sup>	19,1
B1 <sup>2</sup>	1,0
B2 <sup>2</sup>	37,5
B3 <sup>2</sup>	35,7
C <sup>2</sup>	6,6
UDP5 <sup>2,3</sup>	36

<sup>1</sup>Trockenmasse, <sup>2</sup>Fraktionen aus der Proteinfractionierung A, B1, B2, B3, C und berechneter Wert UDP5,

<sup>3</sup>Pansenstabile Proteinfractionen

Die gesamte Herde erhielt an den Wiegetrögen die gleiche PMR zur freien Aufnahme. An der Kraftfutterabrufstation erhielt die Kontrollgruppe ein MLF mit einer Mischung ohne

Luzerneprodukte. Die Versuchsgruppe erhielt eine Sorte MLF mit einem Frischmasseanteil von 30 % Luzernespitzen (heißluftgetrocknet, pelletiert). Ziel war es, die beiden Mischungen isoenergetisch und isonitrogen zu gestalten. Ein Auszug der stofflichen Zusammensetzungen der beiden Mischungen finden sich in Tabelle 8. Mit dem Anteil von 30 % Luzernespitzen, wurden gegenüber der Kontrollmischung, der Anteil von Raps- und Sojaextraktionsschrot jeweils um die Hälfte reduziert.

**Tabelle 8:** *Nährstoff- und Energiegehalte (in % pro kg Trockenmasse (TM)) der eingesetzten Milchleistungsfutter- (MLF-) Mischungen*

Inhaltsstoff	MLF <sup>1</sup> -Kontrolle	MLF-Versuch
TM <sup>2</sup>	89,7	92,1
Rohasche	5,6	6,7
Rohprotein	17,9	17,3
nXP <sup>3</sup>	17,9	18,9
RNB <sup>4</sup> (g N <sup>5</sup> )	0,7	-2,8
Rohfaser	6,2	10,1
Rohfett	3,7	6,4
Stärke	43,9	34,4
NEL <sup>6</sup> (MJ/kg TM)	8,3	7,9

<sup>1</sup>Milchleistungsfutter, <sup>2</sup>Trockenmasse, <sup>3</sup>nutzbares Rohprotein, <sup>4</sup>ruminale Stickstoffbilanz, <sup>5</sup>Stickstoff, <sup>6</sup>Netto-Energie-Laktation

Die Kühe wurden 14-tägig gewogen und bonitiert (Body Condition Scoring, nach WILDMAN ET AL., 1982). Im Abstand von 14 Tagen fand eine Milchprobenahme statt, die im gleichen Umfang wie die Milchleistungsprüfung des Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV) durchgeführt wurde. Die Milchproben wurden im Labor des Milchprfrings in Wolnzach auf die Inhaltsstoffe Milchfett, Milcheiweiß, Harnstoffgehalt und den Gehalt an somatischen Zellen untersucht. Die Futtermittel wurden beim Labor der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH (LKS Lichtenwalde) analysiert. Nach den Methoden des VDLUFA (2012) wurden die Gehalte an Rohasche (XA, Methode 8.1), Rohfett (XL; Methode 5.1.1), Rohprotein (XP; Methode 4.1.2), Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (aNDFom; Methode 6.5.1), Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (ADFom; Methode 6.5.2), der Hohenheimer Futterwerttest (HFT; Methode 25.1), Zucker (Methode 7.1.3), Chlorid (Cl; Methode 10.5.2); Calcium, Phosphor, Kalium, Magnesium, Natrium, Schwefel, Kupfer; Zink, Mangan und Eisen (Ca, P, K, Mg, Na, S, Cu, Zn, Mn, Fe; Methode DIN EN ISO 11885:2009-09), Rohprotein-Fractionen (XP-Frakt; Methode LKS FMUAA140:2022-06)

ermittelt. Die Trockenmasse der PMR wurde wöchentlich, die der Reste der PMR alle 14 Tage ermittelt. Hierfür wurden die Proben für 24 Stunden bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet.

Anhand verschiedener Sensoren, mit welchen die Tiere in der Herde standardmäßig ausgestattet sind, wurden die individuelle Futteraufnahme, die Aktivität, die Wiederkauaktivität und die innere Körpertemperatur erhoben. Über vier Sensoren im Stall wurde das Klima (Lufttemperatur und -feuchte) aufgezeichnet.

Die Auswertung der Daten wurde mit dem Programm SAS (2013, Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) durchgeführt. Dabei wurde mit dem allgemeinen linearen Modell (GLM-Prozedur) gearbeitet. Die Varianzanalyse berücksichtigte die zwei Faktoren ‚Gruppe‘ und ‚Laktationsnummer‘ (Klassenbildung: 1. Laktation = Laktationsklasse 1; 2. Laktation = Laktationsklasse 2;  $\geq 3$ . Laktation = Laktationsklasse 3). Die Variablen stellten alle tierindividuell erhobenen Daten dar. Das Signifikanzniveau beim Vergleich der Mittelwerte wurde auf eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  festgelegt.

## Ergebnisse

Während des Versuchs wurden zwei Kühe der Kontrollgruppe krankheitsbedingt geschlachtet (rezidivierende Mastitis bzw. akute Klauenverletzung mit Verdacht auf Fraktur).

Die nasschemisch ermittelten Laboranalysen der PMR ergaben einen durchschnittlichen Gehalt von 154 g XP/kg TM, 149 g nXP/kg TM, und eine daraus berechnete ruminale Stickstoffbilanz (RNB) von +0,8 g N/kg TM und einen Energiegehalt von 6,3 MJ NEL/kg TM. Die PMR wies durchschnittlich 35,7 % TM auf.

Die beiden MLF-Mischungen unterschieden sich geringfügig in ihren Inhaltsstoffen: 175 g XP/kg TM (Versuch) versus 188 g XP/kg TM (Kontrolle), der Gehalt an UDP 5 (pansenstabiles Protein = **Un**Degradable **P**rotein), unterschied sich zugunsten der Versuchsmischung (41,5 % vs. 22,0 % d. XP). Der Gehalt an nXP fiel dementsprechend in der Versuchsmischung höher aus als in der Kontrollmischung (190 g nXP vs. 179 g nXP). Auch der RNB-Wert war unterschiedlich (-2,8 g N/kg TM vs. +0,7 g N/kg TM). Der Energiegehalt lag in der Versuchsmischung mit 8,0 MJ NEL/kg TM unter dem der Kontrollmischung mit 8,4 MJ NEL/kg TM.

Die durchschnittlichen täglichen Futteraufnahmen sind in Tabelle 9 dargestellt. Für die Mehrzahl der aufgeführten Merkmale konnten keine statistisch gesicherten Unterschiede festgestellt werden. Lediglich für den Kennwert RNB zeigte sich eine statistisch gesicherte Differenz zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe. Hier spiegelte sich der aufgezeigte niedrige RNB-Wert für das Versuchs-MLF in der Gesamtration wider.

Die Leistungsparameter (Milchleistung, Milchhaltsstoffe und Lebendmasseveränderung) sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Auch für diese Merkmale liegen keine statistisch gesicherten Unterschiede vor.

**Tabelle 9:** Durchschnittliche tägliche Futter-, Nährstoff- und Netto-Energie-Laktation (NEL)- Aufnahme in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte)

<b>Merkmal</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>Versuch</b>	<b>P- Wert<sup>1</sup></b>
TM <sup>2</sup> , gesamt (kg)	22,16	21,99	0,7700
davon aus MLF <sup>3</sup> (kg TM)	2,79	2,87	0,8117
Rohprotein (g/kg TM)	3 455	3 418	0,6812
nXP <sup>4</sup> (g/kg TM)	3 426	3 443	0,8586
RNB <sup>5</sup> (g/kg TM)	-12	-20	<,0001
NEL <sup>6</sup> (MJ/kg TM)	148,9	147,6	0,7402

<sup>1</sup>Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzschwelle  $p \leq 0,05$ ), <sup>2</sup>Trockenmasse, <sup>3</sup>Milchleistungsfutter, <sup>4</sup>nutzbares Rohprotein, <sup>5</sup>ruminale Stickstoffbilanz, <sup>6</sup>Netto-Energie-Laktation

**Tabelle 10:** Durchschnittliche tägliche Milchleistung und Lebendmasseveränderung in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte)

<b>Merkmal</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>Versuch</b>	<b>P- Wert<sup>1</sup></b>
Laktationstag	147	159	0,5770
Milchmenge (kg/d)	30,8	30,3	0,7232
Milchfett (%)	4,51	4,59	0,6174
Milcheiweiß (%)	3,79	3,73	0,5143
ECM <sup>2</sup> (kg/d)	33,2	32,8	0,7031
Milchharnstoff (mg/dl)	22,1	22,0	0,9868
Lebendmasseveränderung (g/d)	149	227	0,4128

<sup>1</sup> Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzschwelle  $p \leq 0,05$ ), <sup>2</sup>energiekorrigierte Milch = Milchmenge (kg/d) x  $((0,38 \times \text{Milchfett} (\%) + 0,21 \times \text{Milcheiweiß} (\%)) + 1,05) / 3,28$ .

Für das Merkmal Wiederkauaktivität ließen sich ebenfalls keine statistisch absicherbaren Unterschiede zwischen den beiden Gruppen feststellen (LS-Means: 537 min/d Versuchsgruppe, 536 min/d Kontrollgruppe,  $p = 0,8801$ ).

## Fazit

Die Ergebnisse des Fütterungsversuchs haben gezeigt, dass die heißluftgetrockneten Luzernespitzen eine gute Strategie zur Eiweißversorgung für hochleistende Milchkühe darstellen. Das Milchleistungsfutter mit einem Mischungsanteil von 30 % Luzernespitzen wurde von den Milchkühen akzeptiert und in ähnlichen Tagesmengen wie in der Kontrollgruppe verzehrt. Die Milchleistungsergebnisse zwischen den beiden Gruppen zeigen keine statistisch gesicherten Unterschiede und es konnten keine Unterschiede bezüglich Tiergesundheit festgestellt werden. Somit ist der Einsatz eines Mischungsanteils von bis zu 30 % Luzernespitzen im Milchleistungsfutter ohne Leistungseinbußen möglich.

## 4.2 Einsatz von Luzernestängeln in aufgewerteten Mischrationen für laktierende Milchkühe der Rasse Fleckvieh

### Einleitung und Fragestellung

Die nach dem Hochschnitt und der Ernte von Luzernespitzen auf dem Feld zurückbleibenden Pflanzenreste (Luzernestängel) sollten einer sinnvollen Verwertung zugeführt werden. Durch den prozentualen Anstieg des Rohfaseranteils in den Luzernestängeln stellen diese eine Alternative zu Futterstroh in der Milchviehfütterung dar und wurden in einem Fütterungsversuch als Strukturkomponente in Mischrationen für (hochleistende) Milchkühe geprüft.

Folgende Fragestellungen wurden untersucht:

- Wie zeigt sich die Akzeptanz der beim Hochschnitt als Nebenprodukt anfallenden Luzernestängel in der Rinderfütterung?
- Wie wirken sich heißluftgetrocknete Luzernestängel als Strukturkomponente in der Milchkuhfütterung auf die Tiergesundheit und Leistung aus?

### Tiere, Material und Methoden

Die Werbung der Luzernestängel fand im 2. Schnitt 2022, nach dem eine Woche vorher durchgeführten Hochschnitt (zur Gewinnung von Luzernespitzen), statt. Nach dem Anwelken auf dem Feld wurden diese in der Anlage der Futtertrocknung Lamerdingen eG heißluftgetrocknet. Hierbei wurden die Luzernestängel vor dem Trommeleingang auf eine Länge von etwa 11 cm zerkleinert.

Der Fütterungsversuch fand in einer der beiden Teilherden des Milchgewinnungszentrums der Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf statt. Die Teilherde umfasste insgesamt 65 laktierende Kühe. Der Versuch startete im Februar 2023 und dauerte acht Wochen. Das Vorhaben wurde von der Ethikkommission der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität München geprüft und bewilligt.

Am Versuch nahmen insgesamt 28 Kühe der Rasse Fleckvieh teil. Die Tiere wurden nach dem Paarlingsprinzip einer Versuchs- oder Kontrollgruppe zugeordnet. Selektionskriterien waren das Leistungspotenzial, die Laktationszahl und der Laktationsmonat. Die Kühe waren zu Beginn des Versuchs im Durchschnitt am Laktationstag 91 (Versuchsgruppe) bzw. 97 (Kontrollgruppe).

Die Versuchstiere wurden zusammen mit den übrigen Kühen der Teilherde in einem Laufstall mit Liegeboxen gehalten und an einem Doppel-Sechser Fischgrät Melkstand gemolken. Die Fütterung erfolgte zum einen über einen Futtermischroboter (Fa. Wasserbauer GmbH Fütterungssysteme), der 24 Wiegetröge (Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL) zwei Mal täglich mit einer aufgewerteten Mischration (PMR) befüllte. Vor dem morgendlichen Befüllen wurden die verbliebenden Futterreste in den Trögen vollständig entleert. Das Milchleistungsfutter (MLF) wurde über zwei Kraftfutterabrufstationen tierindividuell nach Milchleistung und Laktationsstadium zugewiesen. Die maximale Menge war pro Kuh auf 5 kg/Tag beschränkt. Des Weiteren standen zwei Tränken und zwei Salzleckensteine zur freien Aufnahme zur Verfügung.

Während des Versuchs wurden zwei unterschiedliche PMR-Varianten verfüttert. Die beiden Varianten bestanden einheitlich aus den Einzelkomponenten Gras- und Maissilage, Körnermais, Gerste, Raps- und Sojaextraktionsschrot, Lupinen und einer Mineralfuttermischung. Unterschiedlich waren die Strukturkomponenten: Stroh in der Kontrollmischung und Luzernestängel in der Versuchsmischung, mit einem Anteil von jeweils 1 kg Frischmasse pro Kuh und Tag in der PMR. Wesentliche Inhaltsstoffe (nasschemische Analysen) der geprüften Strukturfuttermittel sind in Tabelle 11 dokumentiert.

Die Wiegetröge Nummer eins bis zwölf (Stationsgruppe 1) wurden in den ersten vier Versuchswochen mit der „PMR Versuch (Luzernestängel)“ befüllt und die Wiegetröge Nr. 13 - 24 (Stationsgruppe 2) mit der „PMR Kontrolle (Stroh)“. Sobald die Stationsgruppe befüllt war, wurden die Wiegetröge manuell geöffnet und somit der Zugang frei gegeben. In dieser Zeit wurde die zweite Ration gemischt und anschließend über den automatischen Futtermischer verteilt. Die Reihenfolge des Befüllens wurde morgens und nachmittags jeweils abgewechselt und zur Hälfte des Versuchszeitraumes wurde die Reihenfolge des Befüllens (morgens und nachmittags) getauscht. Somit sollte ein eventueller Vorteil für die Gruppe, die ihre Ration zuerst erhielt, ausgeglichen werden. Die Versuchsgruppe hatte ein Anrecht zum Fressen an den Trögen 1 – 12 und die Kontrollgruppe an den Trögen 13 - 24. Um das Tier-Fressplatz-Verhältnis für die beiden Fütterungsgruppen gleich zu halten (2,6 : 1), wurden die restlichen Tiere der Herde ebenfalls gleichmäßig auf die beiden Stationsgruppen aufgeteilt. Eine Woche vor Versuchsbeginn erhielt die gesamte Herde eine Übergangsrationsration mit einem Anteil von je 0,5 kg Luzernestängel und Stroh als Strukturkomponente in der aufgewerteten Mischration. Während dieser Phase wurden die Tiere auch an ihr neues Anrecht an den bestimmten Stationsgruppen angeleert. Die Versuchs- und Kontrollgruppe erhielten das gleiche MLF an den Abrufstationen. Dieses MLF bestand aus den

Komponenten Raps- und Sojaextraktionsschrot, Körnermais, Gerste, Melasseschnitzel, Melasse und Mineralfutter.

**Tabelle 11:** *Inhaltsstoff- und Netto-Energie-Laktations- (NEL-) Gehalte (in g/kg Trockenmasse (TM) oder andere angegebene Einheiten) der Luzernestängel im Vergleich zum eingesetzten Futterstroh*

Inhaltsstoff	Futterstroh	Luzernestängel
TM <sup>1</sup>	884	870
Rohasche	52	88
Rohprotein	28	142
nXP <sup>2</sup>	68	119
RNB <sup>3</sup> (g N <sup>4</sup> )	- 6,4	+ 3,6
Rohfaser	427	373
aNDFom <sup>5</sup>	805	530
ADFom <sup>6</sup>	493	432
ADL <sup>7</sup>	73	99
NFC <sup>8</sup>	110	225
HFT <sup>9</sup> (ml/200 mg)	nicht analysiert	36,2
Rohfett	5	15
Zucker	17	38
NEL <sup>10</sup> (MJ/kg TM)	3,4	4,6

<sup>1</sup>Trockenmasse, <sup>2</sup>nutzbares Rohprotein, <sup>3</sup>ruminale Stickstoff-Bilanz, <sup>4</sup>Stickstoff, <sup>5</sup>Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung, <sup>6</sup>Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung, <sup>7</sup>Säure-Detergenzien-Lignin, <sup>8</sup>nicht-faserhaltige Klhelhydrate, <sup>9</sup>Hohenheimer Futterwerttest, <sup>10</sup>Netto-Energie-Laktation

Die Kühe wurden 7-tägig gewogen und bonitiert (Body Condition Scoring, nach WILDMAN ET AL., 1982). Im selben Rhythmus wurden Kotproben von jeweils fünf Kühen je Gruppe gesammelt und Kotwaschungen durchgeführt (dreiteiliges Kotsieb). Von diesen Kühen wurde zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Versuchs jeweils eine Harnprobe durch Stimulation gewonnen. Anhand der frischen Urinproben wurde direkt der pH-Wert bestimmt. Für die weiteren Untersuchungen wurden die Proben bis zum Versand bei – 20 °C gelagert. Im Labor der Klinik für Rinder der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover wurden folgende Parameter analysiert: Harn-Calcium, Harn-Phosphor, Harn-Natrium,

Harn-Magnesium, Harn-Kalium, pH-Wert, HCl, NaOH<sub>1</sub>, NaOH<sub>2</sub>, Basen, Säuren, NH<sub>4</sub>, BSQ (Säure-Basen-Quotient) und NSBA (Netto-Säure-Basen-Ausscheidung). Im Abstand von 7 Tagen erfolgte eine Milchprobenahme nach dem Muster der Milchleistungsprüfung durch das LKV. Die Milchproben wurden im Labor des Milchprüfrings in Wolnzach auf die Inhaltsstoffe Milchfett, Milcheiweiß, Harnstoffgehalt und den Gehalt an somatischen Zellen untersucht. Die Futtermittel wurden beim Labor LKS Lichtenwalde analysiert. Nach den Methoden des VDLUFA (2012) wurden die Gehalte an Rohasche (XA, Methode 8.1), Rohfett (XL; Methode 5.1.1), Rohprotein (XP; Methode 4.1.2), Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (aNDFom; Methode 6.5.1), Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (ADFom; Methode 6.5.2), der Hohenheimer Futterwerttest (HFT; Methode 25.1), Zucker (Methode 7.1.3), Chlorid (Cl; Methode 10.5.2); Calcium, Phosphor, Kalium, Magnesium, Natrium, Schwefel, Kupfer; Zink, Mangan und Eisen (Ca, P, K, Mg, Na, S, Cu, Zn, Mn, Fe; Methode DIN EN ISO 11885:2009-09), Rohprotein-Fractionen (RP-Frakt; Methode LKS FMUAA140:2022-06) ermittelt. Für die PMR und die Reste der PMR erfolgte wöchentlich eine Trockenmassebestimmung. Hierfür wurden die Proben für 24 Stunden bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet.

Anhand verschiedener Sensoren, mit welchen die Tiere in der Herde standardmäßig ausgestattet waren, wurden die individuelle Futteraufnahme, die Bewegungsaktivität, die Wiederkauaktivität und die innere Körpertemperatur erhoben. Über vier Sensoren im Stall wurde das Klima (Lufttemperatur und -feuchte) aufgezeichnet.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SAS (2013, Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Dabei wurde mit dem allgemeinen linearen Modell (GLM-Prozedur) gearbeitet. Die Varianzanalyse berücksichtigte die zwei Faktoren ‚Gruppe‘ und ‚Laktationsnummer‘ (Klassenbildung: 1. Laktation = Laktationsklasse 1; 2. Laktation = Laktationsklasse 2; ≥ 3. Laktation = Laktationsklasse 3). Die Variablen stellten alle tierindividuell erhobenen Daten dar. Das Signifikanzniveau beim Vergleich der Mittelwerte wurde auf eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  festgelegt.

## Ergebnisse

Die nasschemisch durchgeführten Laboranalysen des MLF ergaben einen durchschnittlichen Gehalt von 191 g XP/kg TM, 201 g nXP/kg TM, und eine daraus berechnete RNB von -1,3 g N/kg TM sowie einen Energiegehalt von 8,4 MJ NEL/kg TM.

Die beiden Sorten PMR unterschieden sich geringfügig in ihren Inhaltsstoffen: 151 g XP/kg TM (Versuch) versus 150 g XP/kg TM (Kontrolle). Hingegen unterschied sich der Gehalt an UDP nicht (27 % d. XP). Der Gehalt an nXP fiel dementsprechend in der Versuchsmischung höher aus als in der Kontrollmischung (155 g nXP vs. 153 g nXP). Auch der RNB-Wert war nur minimal unterschiedlich (- 0,8 g N/kg TM in PMR-Versuch vs. - 0,9 g N/kg TM in PMR-Kontrolle). Der Energiegehalt lag durchschnittlich bei beiden Mischungen bei 6,8 MJ NEL/kg TM. Die TM der Versuchsmischung lag bei durchschnittlich 37,5 %, die der Kontrollmischung bei 37,7 %.

Die durchschnittlichen täglichen Futter- und Nährstoffaufnahmen sind in Tabelle 12 dargestellt. Für die Mehrzahl der aufgeführten Merkmale konnten keine statistisch gesicherten Unterschiede festgestellt werden. Lediglich für den Kennwert RNB zeigte sich eine statistisch gesicherte Differenz zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe.

**Tabelle 12:** Durchschnittliche tägliche Futter-, Nährstoff- und Netto-Energie-Laktation- (NEL-) Aufnahme in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte)

<b>Merkmal</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>Versuch</b>	<b>P- Wert<sup>1</sup></b>
TM <sup>2</sup> , gesamt (kg)	23,1	22,9	0,5799
Rohprotein (g/kg TM)	3 561	3 570	0,8879
nXP <sup>3</sup> (g/kg TM)	3 695	3 689	0,9295
RNB <sup>4</sup> (g N <sup>5</sup> /kg TM)	- 21,5	- 19,0	<,0001
NEL <sup>6</sup> (MJ/kg TM)	161,3	160,9	0,9063

<sup>1</sup>Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzschwelle  $p \leq 0,05$ ), <sup>2</sup>Trockenmasse, <sup>3</sup>nutzbares Rohprotein, <sup>4</sup>ruminale Stickstoffbilanz, <sup>5</sup>Stickstoff, <sup>6</sup>Netto-Energie-Laktation

Die Milchleistungsparameter sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

**Tabelle 13:** Durchschnittliche tägliche Milchleistung in der Versuchsperiode (LS-Mittelwerte)

<b>Merkmal</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>Versuch</b>	<b>P- Wert<sup>1</sup></b>
Milchmenge (kg/d)	33,2	33,9	0,6597
Milchfett (%)	4,28	4,17	0,4646
Milcheiweiß (%)	3,69	3,64	0,5641
ECM <sup>2</sup> (kg/d) <sup>2</sup>	34,7	35,0	0,8287
Milchharnstoff (mg/dl)	21,0	19,2	0,0360

<sup>1</sup>Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzschwelle  $p \leq 0,05$ ), <sup>2</sup>energiekorrigierte Milch = Milchmenge (kg/d) x  $(([0,38 \times \text{Milchfett} (\%) + 0,21 \times \text{Milcheiweiß} (\%)] + 1,05) / 3,28)$ .

Für das Merkmal Wiederkauaktivität ließen sich knapp keine statistisch absicherbaren Unterschiede zwischen den beiden Gruppen feststellen, wenngleich eine Tendenz ( $p < 0,1$ ) mit mehr Wiederkauaktivität in der Kontrollgruppe vorlag. Die Tiere der Versuchsgruppe wiesen durchgehend eine geringere numerische Wiederkauaktivität auf (LS-Means: 513 min/d für die Versuchsgruppe, 532 min/d für die Kontrollgruppe,  $p = 0,0648$ ). Der Harn-pH-Wert

der beiden Gruppen war fast gleich und betrug im Durchschnitt 8,22 in der Versuchs- und 8,28 in der Kontrollgruppe ( $p = 0,1037$ ).

### **Fazit**

Die Ergebnisse des Fütterungsversuchs haben gezeigt, dass mit heißluftgetrockneten Luzernestängeln die Strukturversorgung für hochleistende Milchkühe sichergestellt werden kann. Die tägliche Mischration mit einem Anteil von 1 kg Luzernestängel wurde von den Milchkühen akzeptiert und in ähnlichen Tagesmengen wie in der Kontrollgruppe (mit 1 kg Stroh) verzehrt. Die Milchleistungsergebnisse zwischen den beiden Gruppen zeigten keine statistisch gesicherten Unterschiede und es konnten keine Unterschiede bezüglich der Tiergesundheit festgestellt werden.

Luzernestängel (heißluftgetrocknet) eignen sich als Strukturkomponente in Mischrationen laktierender Milchkühe.

## **4.3 Scheinbare Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe von eiweißreichen Luzerneprodukten für wachsende Schweine**

### **Einleitung**

Im Rahmen eines Verdauungsversuches mit wachsenden Schweinen sollte die Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe der mittels Hochschnittverfahren geernteten Luzernespitzen (LS) ermittelt werden. Dabei wurden heißluftgetrocknete Luzernespitzen (LSH) und Luzernespitzensilage (LSS) mit einer Luzerneganzpflanzensilage (LGPS) verglichen.

### **Tiere, Material und Methoden**

Der Verdauungsversuch wurde im Zeitraum vom 16.10.2023 bis zum 07.12.2023 an der Versuchsstation Thalhausen der Technischen Universität München durchgeführt. Durch die Regierung von Oberbayern ist die Genehmigung des Tierversuchsvorhabens nach § 8 Absatz 1 des Tierschutzgesetzes erfolgt. Die Durchführung ist an die Vorgaben für Verdauungsversuche der GfE (2005) angelehnt.

### **Futterherstellung**

Die Luzernespitzen wurden am 21.09.2022 im Knospenstadium mittels Hochschnitt geerntet (2. Hauptnutzungsjahr, 4. Schnitt). Ebenso wurde von demselben Schlag Luzerneganzpflanze geworben. Am Folgetag wurden die Luzernespitzen in der Futtertrocknung Lamerdingen eG zum Teil heißluftgetrocknet bzw. gehäckselt und in Silagefässer gefüllt. Die Luzerneganzpflanze wurde ebenfalls siliert. Nach Abschluss des Silierprozesses wurden die Silagen in 1 kg Beutel portioniert und vakuumiert. Für den Differenzversuch wurde die Basaldiät so konzipiert, dass die Kontrollgruppe ausschließlich darüber bedarfsdeckend versorgt werden konnte, sowie die anderen Gruppen durch diese zusammen mit den Prüffuttermitteln im Verhältnis 75:25 (bezogen auf die TM) bedarfsdeckend versorgt wurden. Die

Basaldiät wurde vom Futterhersteller Meika Tierernährung GmbH (Großaitingen, Deutschland) bezogen und war pelletiert. Alle Futterkomponenten wurden ökologisch erzeugt. Die Zusammensetzung und Inhaltsstoffe der Futtermischung sind in Tabelle 14 dargestellt.

### **Versuchsaufbau**

Für den Versuch wurden 20 männliche, kastrierte Mastschweine (Deutsche Landrasse) mit durchschnittlich 51,8 kg Lebendmasse zu zweit bzw. zu dritt in acht Buchten eingestallt. Je fünf Tiere bzw. zwei Buchten bildeten eine Fütterungsvariante (Kontrolle, LSH, LSS und LGPS). Die Buchten wiesen eine Größe von 6 m<sup>2</sup>, Vollspaltenboden sowie eine Troglänge von 3 m auf. Die Tiere wurden entsprechend den aktuellen Impfanforderungen geimpft und nach der Einstallung entwurmt (Flubenol® 5% Pulver über 10 Tage). Nach einer langsamen Steigerung von neun Tagen der LSH auf 25 % der TM-Ration in der LSH-Gruppe, folgte eine Vorbereitungs fütterung von zehn Tagen, woran anschließend die Mastschweine der Kontroll- und LSH-Gruppe in Stoffwechselkäfige umgestallt wurden.

Die Käfige waren individuell an die Größe der einzelnen Schweine angepasst. Die Käfigphase gliederte sich in eine 5-tägige Gewöhnungsphase und eine anschließende 5-tägige Kotsammelperiode. Der Versuch endete mit der Rückführung in die Mastabteile. Die Gewöhnung an silagehaltige Prüffuttermittel erfolgte über vier Wochen. Die Schweine der LSS- und LGPS-Gruppe wurden über vier Wochen an die Silagen gewöhnt, bevor die zehntägige Vorbereitungs fütterung stattfand. Anschließend wurden diese Schweine als zweiter Durchgang in die gereinigten und desinfizierten Stoffwechselkäfige umgestallt. Die Käfigphase gestaltete sich wie im ersten Durchgang.

Die Tiere wurden zweimal täglich im Abstand von acht Stunden restriktiv gefüttert (Energieniveau 2,5). In den Buchten hatten die Schweine immer Zugang zum Trog. In den Käfigen wurde der Trog nach Ende der Fütterung verschlossen. Futterreste wurden in der Regel ein zweites Mal zwischen den regulären Fütterungszeiten angeboten. Das Futter wurde auf 10 g (Bucht) bzw. 1 g (Käfig) genau eingewogen.

Die Kontrollgruppe erhielt ausschließlich eine bedarfsdeckende Menge an Basaldiät. Das Prüffuttermittel LSH wurde während der Buchtenhaltung als Cobs vorgelegt und in der Käfigphase mit der Basaldiät je Tier vermahlen. Die Silagen wurden separat von der Basaldiät vorgelegt. Etwaige Reste wurden tierindividuell erhoben. Während der Kotsammelperiode wurden die Futtermittel täglich beprobt und analysiert. Über die letzten fünf Tage der Käfigphase wurde der Kot der Tiere zweimal täglich vollständig gesammelt und gewogen (Genauigkeit  $\pm 1$  g). Eine Teilprobe diente zur TM-Bestimmung, der restliche Kot wurde eingefroren. Diese Proben wurden gefriergetrocknet und als Mischprobe aus den fünf Tagen vermahlen sowie nach den Vorgaben des VDLUFA-Methodenbuchs (2012) analysiert.

**Tabelle 14:** Zusammensetzung und analysierte Inhaltsstoffe der eingesetzten Ergänzungsfuttermischung (Basaldiät)

<b>Futterkomponente</b>		<b>Basaldiät</b>
Körnermais	% FM <sup>1</sup>	42,72
Gerste	% FM	25,00
Sojakuchen	% FM	16,00
Erbsen	% FM	12,00
Melasse	% FM	2,50
Mineralfutter <sup>2</sup>	% FM	1,00
Kohlensaurer Kalk	% FM	0,50
Monocalciumphosphat	% FM	0,20
Viehsalz	% FM	0,08
<b>Analysierte Inhaltsstoffe</b>		
Trockenmasse	g/kg FM	887
Rohasche	g/kg TM <sup>3</sup>	46
HCl-unlösliche Rohasche	g/kg TM	2,6
Rohprotein	g/kg TM	176
Rohfaser	g/kg TM	42
Rohfett	g/kg TM	59
Stärke	g/kg TM	547
Zucker	g/kg TM	51
Lysin	g/kg TM	8,2
Methionin	g/kg TM	2,4
Cystin	g/kg TM	2,87
Calcium	g/kg TM	5,7
Phosphor	g/kg TM	4,6

<sup>1</sup>Frischmasse, <sup>2</sup>Mineralfutter-Zusammensetzung (pro kg): Ca 240 g; P 20 g; Na 40 g; Mg 10 g; Vitamin A 500000 I. E.; Vitamin D3 50000 I.E.; Vitamin E 8000 mg; Vitamin B1 200 mg; Vitamin B2 400 mg; Vitamin B6 400 mg; Vitamin B12 3000 mcg; Nicotinsäure 3000 mg; Pantothenensäure 1400 mg; Folsäure 50 mg; Biotin 15000 mcg; Cholinchlorid 8000 mg; Fe 5000 mg; Cu 1000 mg; Zn 5000 mg; Mn 3000 mg; J 100 mg; Se 20 mg, <sup>3</sup>Trockenmasse

Die Schweine wurden, außer in der Käfigphase, wöchentlich gewogen und davon abgeleitet die Futtermenge angepasst. Die Tierkontrolle erfolgte mind. 1x täglich. Tiere in den Stoffwechselläufigen wurden zusätzlich mittels Score-Sheet auf ihren Gesundheitsstatus überprüft.

Die Raumtemperatur von 19 – 22 °C wurde durch eine abteilbezogene automatische Temperaturregulation sichergestellt. Die Luftzirkulation erfolgte über eine Unterflurlüftung mit passiver Nachströmung. Es bestand eine Hell-Dunkel-Lichtprogrammierung (12:12) sowie Tageslichteinfall durch ein Fenster.

Die Berechnung der Verdaulichkeitsquotienten der Basaldiät und der Prüffuttermittel erfolgte nach Vorgaben der GfE (2005). Die Auswertung der Daten erfolgte als einfaktorische Varianzanalyse mithilfe des Statistikprogramms SAS 9.4. (SAS 2013).

## Ergebnisse

In Tabelle 15 sind die Inhaltsstoffe der Luzerneprodukte dargestellt. Die Qualität der Silagen erwies sich bei einem TM-Gehalt von 33 % (LSS) bzw. 32 % (LGPS) als sehr gut. Durch die Beerntung des oberen Teils der Luzerne wiesen LSH und LSS gegenüber LGPS einen etwas geringeren Gehalt an Rohasche und deutlich höhere Rohproteingehalte auf. Der Rohfasergehalt konnte durch den Hochschnitt von 209 g/kg TM auf 139 bzw. 143 g/kg TM in den Spitzen gesenkt werden.

**Tabelle 15:** *Analysierte Inhaltsstoffe der Prüffuttermittel Luzernespitzen, heißluftgetrocknet (LSH), Luzernespitzenensilage (LSS) und Luzerneganzpflanzensilage (LGPS), in g/kg Trockenmasse (TM)*

Inhaltsstoff	LSH	LSS	LGPS
Rohasche	90	88	96
Organische Substanz	910	912	904
Rohprotein	274	275	222
Rohfaser	139	143	209
Rohfett	36	23	31

Die durchschnittliche Lebendmasse der Schweine betrug bei der Umstallung in die Stoffwechselläufige 75,9 kg, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt wurden. Bei Ausstallung wiesen sie ein Gewicht von 83,9 kg auf. Jeweils ein Tier der Gruppen LSH und LSS schieden aufgrund von Verletzungen vorzeitig aus dem Versuch

aus. Ein Tier der LGPS-Gruppe wurde bei der Datenauswertung ausgegliedert, da es sich deutlich von den anderen Tieren unterschied.

Die tägliche Futtermenge pro Tier in der Kontrollgruppe betrug in der Käfighaltung 2,32 kg. Wurden Prüffuttermittel zugefüttert, erhielten die Tiere 1,88 kg (LSH), 1,93 kg (LSS) bzw. 1,92 kg (LGPS) Basaldiät. Der Anteil der Prüffuttermittel an der Gesamtration betrug 25 %, bezogen auf die TM. Das entsprach Frischmassen in Höhe von 0,60 kg LSH, 1,75 kg LSS bzw. 1,82 kg LGPS pro Tier und Tag. Die LSH wurden in den Buchten bis zur nächsten Fütterung aufgeessen. In der Käfigphase wurden sie jedoch in der Kürze der Futterfreigabe nicht gut angenommen, weshalb kurzfristig auf die Vermahlung mit der Basaldiät zurückgegriffen wurde. Vermahlen wurden die LSH ab dem dritten Tag nach Umstellung restlos aufgeessen.

Die Frischmassen des Kotes betragen pro Tier und Tag: 654 g (Kontrolle), 1.513 g (LSH), 1.606 g (LSS) und 1.945 g (LGPS). Zwischen den Prüfvarianten (drei letzte Werte) gab es dabei keine signifikanten Unterschiede. Bei Betrachtung der TM-Gehalte gab es ebenso nur zwischen der Kontrolle und den Prüfvarianten, nicht jedoch zwischen den Prüfvarianten signifikante Unterschiede (34,4 % (Kontrolle); 25,9 % (LSH); 22,9 % (LSS) und 22,1 % (LGPS);  $p < ,0001$ ).

Die Verdaulichkeit der Basaldiät betrug für die organische Substanz (VQ OS) 92 %. Die Rohproteinverdaulichkeit (VQ XP) lag bei 87 %, während die Rohfaserverdaulichkeit (VQ XF) bei 72 % lag. Das Rohfett (VQ XL) wurde zu 84 % verdaut. Tabelle 16 zeigt die Rohnährstoffverdaulichkeiten der drei Prüffuttermittel. Der VQ OS der LGPS war deutlich niedriger als der der Luzernespitzen. Ähnliches spiegelte die VQ XP wider mit 52,7 % (LGPS) zu 65,7 % (LSH), bzw. 63,2 % (LSS). Der Energiegehalt der LSH wurde mit der Formel für Einzelfuttermittel der GfE (2006) aus den Nährstoffgehalten und den Verdaulichkeitsquotienten berechnet und lag bei 10,3 MJ ME/kg TM. Für LSS lag der Energiegehalt bei 10,5 MJ ME/kg TM. Die LGPS kam dagegen nur auf 8,5 MJ ME/kg TM.

**Tabelle 16:** Verdaulichkeiten (VQ %) der Rohnährstoffe der Prüffuttermittel (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal	LSH <sup>1</sup>	LSS <sup>2</sup>	LGPS <sup>3</sup>	Standardfehler	p-Wert <sup>4</sup>
VQ Organische Masse (OM)	64,0	68,6	55,0	±1,93	0,1151
VQ Rohprotein (XP)	65,7	63,2	52,7	±2,05	0,0845
VQ Rohfaser (XF)	37,0	36,5	28,0	±3,67	0,8926
VQ Rohfett (XL)	57,1	49,4	59,5	±6,60	0,3666

<sup>1</sup>LSH = Luzernespitzen, heißluftgetrocknet, <sup>2</sup>LSS = Luzernespitzen, siliert, <sup>3</sup>LGPS = Luzerneganzpflanze, siliert, <sup>4</sup>Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzschwelle  $p \leq 0,05$ ),

## Diskussion

Die Roh Nährstoffgehalte der Luzerneprodukte entsprachen weitgehend den erreichten Werten von BELLOF ET AL. (2021). Die sehr hohen XP-Werte aus dem 1. Schnitt 2020 und 2021 konnten durch die Ernte 2022 nicht erreicht werden. Die GfE (2005) empfiehlt für Differenzversuche einen Anteil der Prüffuttermittel an der Gesamtfuttermittelvorlage von wenigstens 25 % bezogen auf die organische Substanz. Der Anteil lag für LSH bei 23 %, für LSS bei 22,8 % und für LGPS bei 22,6 % und konnte somit nicht ganz erreicht werden.

Die Silagen wurden von den Tieren gut angenommen. Es fielen Futterreste vor allem aufgrund des restriktiven Zugangs zum Futtertrog in den Käfigen an. Besonders bei der LSH-Gruppe fiel auf, dass die Tiere das Prüffuttermittel in vielen kleinen Portionen aufnahmen, was auf eine reduzierte Schmackhaftigkeit durch Bitterstoffe oder durch die konzentrierte Darreichung als Cobs zurückzuführen sein könnte. Die LSH wurden in den Buchten bis zur nächsten Fütterung gut angenommen. In den Käfigen war diese getrennte Art der Vorlage allerdings nicht zielführend. Die Vermahlung mit der Basaldiät erwies sich anschließend als eine sehr gute Lösung. Die Tiere nahmen innerhalb kurzer Zeit die gesamte Menge des Prüffuttermittels auf.

LSH wies bei MESSINGER ET AL. (2021) eine deutliche höhere VQ OS auf als Luzernetrockenblatt (LB) (64 % zu 45 %). Dasselbe findet sich bei MESSINGER ET AL. (2021) in abgeschwächter Form beim Vergleich der LSS und Luzerneblattsilage (LBS) wieder (69 % zu 63 %). Analoge Ergebnisse zeigten sich für die VQ XP und die VQ XL. Die höhere Verdaulichkeit kann darin begründet sein, dass die Luzernespitzen einen geringeren Gehalt an antinutritiven Inhaltsstoffen, wie Saponine aufweisen, als die Blattmasse (GÖRSKI ET AL. 1984). Die Saponinzusammensetzung in den Luzernespitzen bedarf noch weiterer Forschungsarbeit. MESSINGER ET AL. (2021) stellte eine höhere Verdaulichkeit der Luzerneblattsilage gegenüber der Konservierungsart Heißlufttrocknung fest. Diese Diskrepanz fand sich im geringeren Maße auch bei den heißluftgetrockneten Luzernespitzen und der Luzernespitzensilage wieder. Die erhöhte Verdaulichkeit ist möglicherweise auf den Umbau der Saponingehalte durch den Silierprozess zurückzuführen. Entsprechende Hinweise finden sich bei SZUMACHER-STRABEL ET AL. (2018).

Die Verdaulichkeiten der Roh Nährstoffe der Luzernesilage von MESSINGER ET AL. (2021) ähneln dem Niveau der hier erreichten Werte bei ähnlicher Nährstoffkomposition. Die Ergebnisse der Verdaulichkeitsuntersuchung bestätigen, dass ein erhöhter Gehalt an Rohfaser zu einer Reduktion der VQ OS führt (RODEHUTSCORD, 2008). Desgleichen ist auch die geringere VQ XP für die LGPS eine Folge des höheren Rohfasergehaltes der LGPS, wie bereits BINDELLE ET AL. (2008) feststellten.

## Fazit

Die Luzernespitzen zeigten unabhängig von der Konservierungsart höhere VQ OS, VQ XP sowie VQ XF als LGPS. Eine Verminderung der Verdaulichkeit durch höhere Saponingehalte in den Spitzen kann somit nicht bestätigt werden. Die Begrenzung der Verdaulichkeit durch den erhöhten Rohfasergehalt der LGPS zeigt sich auch hier als bedeutsame Einflussgröße. Die Luzernespitzen können eine sinnvolle Eiweißquelle für die Fütterung von Schweinen darstellen.

## 4.4 Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Fütterung säugender Sauen

### Einleitung und Zielsetzung

Die mit einem speziellen Hochschnittverfahren geernteten und anschließend heißluftgetrockneten Luzernespitzen sollten in einem Fütterungsversuch mit Zuchtsauen als eiweißliefernde Komponente in einer ökokonformen Säugefuttermischung eingesetzt werden.

Folgende Fragestellungen wurden geprüft:

- Wie ist die Akzeptanz und Futteraufnahme säugender Sauen einzuschätzen, die mit ihren Futtermischungen einen Anteil von 20 % Luzernespitzen aufnehmen?
- Welchen Einfluss hat der Einsatz von Luzernespitzen auf die Leistung (Absetzgewichte der Ferkel) und die Gesundheit (Körperkondition der Sauen)?

### Tiere, Material und Methoden

Die Studie wurde Anfang 2023 für fünf Monate in der ökologisch gehaltenen Sauenherde mit freien Abferkelbuchten und Strohauslauf der Bayerischen Staatsgüter in Hutthurm-Kringell durchgeführt. Die Zuchtsauen ( $n = 22$ ) wurden nach dem Paarlingsprinzip einer Versuchs- oder Kontrollgruppe zugeordnet. Die Säugefuttermischungen wurden isoenergetisch und isonitrogen kalkuliert, wobei die Versuchsmischung 20 % Luzernespitzen enthielt (196 g XP/kg; 9,8 g Lys/kg; 2,8 g Met/kg; vgl. Tabelle 17). Sauen mit einer geringen anfänglichen Futteraufnahme erhielten neben dem Säugefutter ein Zusatzkraftfutter (13,3 MJ ME/kg; 12,6 g Lys/kg) in den ersten zwei Säugewochen. Allen Tieren wurde zusätzlich eine nicht erfasste Menge an Maissilage als Raufutter angeboten (Vorlage im Auslauf). Während der 47-tägigen Säugezeit wurden die Futtermengen, die Lebendmassen der Sauen und Ferkel sowie die Rückenspeckdicken regelmäßig erfasst.

### Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 17 zeigt wichtige Ergebnisse des Fütterungsversuches. Die tägliche Futteraufnahme aller Sauen lag unter dem empfohlenen Niveau der GfE (2006). Die Tiere der Versuchsgruppe nahmen im Vergleich zur Kontrolle geringere Tagesfuttermengen auf (Tabelle 18).

Diese Sauen nahmen vermehrt das Zusatzfutter auf. Die geringe ME- und Nährstoffaufnahme der Sauen führte zu einer erhöhten Abnahme der Rückenspeckdicken. In den ersten Lebenstagen erfolgte ein Wurfausgleich. Die Leistungen der Ferkel lagen in beiden Gruppen auf dem gleichen Niveau.

**Tabelle 17:** Zusammensetzung und kalkulierte umsetzbare Energie- (ME-), Lysin- und Methioningehalte der Säugefuttermischungen (in g bzw. MJ/kg Frischmasse)

<b>Merkmal</b>		<b>Kontrolle</b>	<b>Versuch</b>
Luzernespitzen, heißluftgetrocknet	g	-	200
Sojakuchen (14 % Rohfett)	g	240	190
Ackerbohnen	g	60	50
Gerste	g	524	190
Triticale	g	100	200
Körnermais	g	40	120
Sojaöl	g	-	20
Mineralfutter	g	36	30
ME Schwein	MJ	13,17	13,16
Lysin	g	9,57	9,75
Methionin	g	2,51	2,81

**Tabelle 18:** Ausgewählte Ergebnisse des Fütterungsversuches (LS-Mittelwerte)

<b>Merkmal</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>Versuch</b>	<b>p-Wert<sup>1</sup></b>
Säugefutter-Aufnahme der Sauen, kg/d	6,23	4,80	<0,001
Zusatzfutter-Aufnahme der Sauen, kg/d	0,02	0,14	0,35
RSD <sup>2</sup> -Veränderung der Sauen, mm	7,6	8,4	0,68
Anzahl der Ferkel an Tag 4 <sup>3</sup> , pro Wurf	12,4	11,4	0,17
Anzahl der Ferkel an Tag 42, pro Wurf	9,9	9,0	0,30
Ferkel-Zuwachs, pro Wurf, kg/d	0,268	0,254	0,33

<sup>1</sup>Irrtumswahrscheinlichkeit, <sup>2</sup>Rückenspeckdicke, <sup>3</sup>nach Wurfausgleich

## Schlussfolgerungen

Luzernespitzen können ein sinnvolles Eiweißfuttermittel für die ökologische Sauenfütterung darstellen. Eine frühzeitige Gewöhnung an die Spitzen ist erforderlich, um die Akzeptanz zu verbessern.

## 4.5 Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel in der Aufzucht abgesetzter Ferkel

### Einleitung

Ziel der vorliegenden Studie war es, Empfehlungen zum Einsatz von Luzernespitzen in der Fütterung abgesetzter Ferkel zu gewinnen.

Folgende Fragestellungen werden geprüft:

- Wie ist die Akzeptanz und Futteraufnahme von abgesetzten Ferkeln einzuschätzen, die mit ihrer Futtermischung einen Anteil von 20 % Luzernespitzen aufnehmen?
- Wie verläuft die Lebendmasseentwicklung der mit Luzernespitzen gefütterten Ferkel im Vergleich zur Kontrollgruppe?

### Tiere, Material und Methoden

Die Luzernespitzen (LS) wurden im Frühsommer 2022 in einem Luzernebestand (Stadium „in der Knospe“) per Hochschnittverfahren geerntet. Das Mähen der Pflanzenspitzen erfolgte mit einer speziellen Maschine („TopCut Collect“ der Firma Zürn Harvesting GmbH & Co. KG, D-74214 Schöntal-Westernhausen). Das so gewonnene Erntegut wurde in der Heißlufttrocknung (Futtertrocknung Lamerdingen eG, D-86862 Lamerdingen) schonend getrocknet.

Der Fütterungsversuch mit abgesetzten Ferkeln erfolgte im Sommer/Herbst 2022 in einem konventionell bewirtschafteten Ferkelerzeugerbetrieb (185 Zuchtsauen) in Oberfranken. In zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Durchgängen wurden insgesamt 288 Ferkel der Kreuzung Pi x (PIC Landrasse x PIC Large White) in den Versuch einbezogen. Je Durchgang wurden jeweils 144 gemischtgeschlechtliche Ferkel gleichmäßig (Durchschnittsgewicht, Streuung der Gewichte) auf zwei Ferkelaufzuchtteile mit je drei Buchten aufgeteilt. Die bau- und flächengleichen Buchten wiesen einen Kunststoffspaltenboden auf. Die Belüftung der Abteile erfolgte jeweils über einen Rieselkanal mit zentraler Unterflurabsaugung. Die Abteile konnten über Deltarohre beheizt werden, welche unterhalb des Rieselkanals eingebaut waren. Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben zum Platzbedarf der Tiere mussten am 22. Versuchstag die Tierzahlen in jeder Bucht von 24 auf 18 reduziert werden. Dabei wurde auf eine Beibehaltung der jeweiligen Durchschnittsgewichte in den Buchten geachtet.

Nach 26 Tagen (+/- 1 Tag) Säugezeit wurden die Ferkel abgesetzt und verblieben bis zur Umstallung noch durchschnittlich 2,5 Tage in ihrer Abferkelbucht. Allen Versuchsferkeln

wurde ab dem 15. Lebenstag bis zum Absetzen ein Prestarter und das hofeigene Ferkelaufzuchtfutter I (FAF I) gefüttert. Während des gesamten Versuchszeitraums wurden die Ferkel ad libitum gefüttert. Nach der Umstallung in die Aufzuchtteile erhielten alle Ferkel eine Woche lang weiterhin das FAF I. In der zweiten Woche wurde das FAF I mit dem jeweiligen Ferkelaufzuchtfutter II (FAF II) verschnitten. Diese zwei Wochen dienten als Vorversuchszeitraum zum Eingewöhnen der Tiere an Stall und Futter. Mit Beginn der dritten Woche startete der eigentliche Versuchszeitraum und es wurde komplett auf das jeweilige FAF II (Versuch und Kontrolle) umgestellt, mit welchem die Ferkel insgesamt fünf Wochen bis zum Versuchsende gefüttert wurden. Zusätzlich zum Futter wurde den Ferkeln ab zehn Tage vor dem Absetzen und bis zum Ende der Eingewöhnungsphase in einem Zusatztrog Säurewasser (1:1.000 Gemisch aus organischer Säure und Wasser) zur freien Aufnahme angeboten.

Die Zusammensetzung der eingesetzten Futtermischungen ist der Tabelle 19 zu entnehmen. Die Mischungen für die Kontroll- bzw. Versuchsgruppe sollten isoenergetisch zusammengesetzt sein.

Durch wöchentliche bzw. 14-tägige Wiegen der Tiere konnte die Gewichtsentwicklung kontrolliert werden. Es wurden die Tageszunahmen, der Futterverbrauch sowie der Futteraufwand pro kg Zuwachs (Futterverwertung) berechnet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS (General Linear Model (GLM) und Tukey-Test). Es wurde ein zwei-faktorielles Modell mit der „Fütterungsgruppe“ und dem „Durchgang“ als fixen Effekten herangezogen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Analyseergebnisse der im Versuch eingesetzten LS und Futtermischungen sind in Tabelle 20 dargestellt. Die Analysen der LS und Kraftfuttermischungen wurden vom Labor des LKS in Lichtenwalde durchgeführt. Die Werte für die umsetzbare Energie (ME) der LS wurden mit Hilfe der Gleichung für Einzelfuttermittel der GfE (2006) ermittelt. Hierbei wurden die Rohnährstoffverdaulichkeiten der von MESSINGER ET AL. (2021) durchgeführten Verdauungsversuche verwendet. Die Energieberechnung für die Futtermischungen erfolgte nach der Mischfutterformel für Schweine der GfE (2008).

Von den anfänglich 288 Versuchsferkeln schieden insgesamt vier Tiere vorzeitig und nicht planmäßig aus dem Versuch aus. Dabei entfielen auf die Kontrollgruppe zwei Ferkel, von denen eines im ersten Durchgang in der Eingewöhnungsphase und eines im zweiten Durchgang in der Versuchsphase ausgeschieden war. In der Versuchsgruppe schieden ebenfalls zwei Ferkel im zweiten Durchgang in der Versuchsphase aus. Ursachen für das vorzeitige Ausscheiden aus dem Versuch waren sowohl in der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe ein Schlaganfall und ein Tod mit unbekannter Ursache.

**Tabelle 19:** Zusammensetzung der eingesetzten Kraftfuttermischungen (Angaben in %)

<b>Komponenten</b>	<b>FAF<sup>1</sup> I</b>	<b>FAF II Kontrolle</b>	<b>FAF II Versuch</b>
Sojaextraktionsschrot (42 % XP <sup>2</sup> )	-	17,5	13,5
Luzernespitzen	-	-	20,0
Wintergerste	40,0	35,0	6,0
Winterweizen	26,5	23,0	30,0
Körnermais	-	10,0	20,0
Apfeltrester	-	6,5	2,0
Sojaöl	1,0	1,1	2,1
Monokalziumphosphat	-	0,1	0,2
Kohlensaurer Kalk	-	0,3	-
Ergänzungsfuttermittel (SM Mono F 75)	-	6,5	6,2
Ergänzungsfuttermittel (Supermast FS 30)	29,0	-	-
Ergänzungsfuttermittel (Porcina F)	1,5	-	-
Vitacel	2,0	-	-

<sup>1</sup>Ferkelaufzuchtfutter, <sup>2</sup>Rohprotein

In der Tabelle 21 werden ausgewählte Merkmale zur Futteraufnahme dargestellt. Zwischen den beiden Gruppen waren deutliche Unterschiede hinsichtlich der Kraftfutteraufnahme festzustellen. Die Tiere der Kontrollgruppe nahmen in der Versuchsphase signifikant mehr Kraftfutter auf als die Tiere der Versuchsgruppe. Zum Ende der Aufzucht verringerten sich die Unterschiede. Dies deutet auf eine zunehmende Gewöhnung an die bitter schmeckenden LS hin.

**Tabelle 20:** *Analysierte Inhaltsstoffe der im Fütterungsversuch eingesetzten Luzernespitzen und Futtermischungen (in g/kg Trockenmasse (TM))*

<b>Inhaltsstoff</b>	<b>Luzernespitzen</b>	<b>FAF<sup>1</sup> II Kontrolle</b>	<b>FAF II Versuch</b>
Rohprotein	285	186	204
Lysin	11,5	14,5	14,6
Methionin	4,4	3,7	3,7
Methionin+ Cystein	6,3	6,9	6,6
Threonin	11,0	7,5	8,3
Valin	14,5	8,9	9,2
Rohfett	37	47	55
Stärke	k. A.	475	433
Zucker	93	42	43
Rohfaser	171	71	78
Rohasche	105	54	59
Calcium	13,9	7,8	8,5
Phosphor	4,0	5,9	5,9
Natrium	0,3	2,0	1,5
ME <sup>2</sup>	9,9	14,3	14,1

<sup>1</sup>Ferkelaufzuchtfutter, <sup>2</sup>umsetzbare Energie

Die verringerte Futterraufnahme der Versuchsgruppe spiegelte sich in der Gewichtsentwicklung der Tiere wider (Tabelle 22). Die mit Luzernespitzen gefütterten Tiere zeigten in der Versuchsphase statistisch gesichert geringere Tageszunahmen. Für das Merkmal Futterverwertung ergaben sich dagegen zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Auch für die kalkulierten und statistisch ausgewerteten Verwertungen von ME, Lysin und Methionin+Cystin zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Werte nicht dargestellt).

**Tabelle 21:** Tägliche Futtermittelaufnahme (kg/Tier) in den Zeitabschnitten des Fütterungsversuchs (LS-Mittelwerte)

<b>Merkmal</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>Versuch</b>	<b>P-Wert<sup>1</sup></b>
Futtermittelaufnahme (Eingewöhnungsphase, 1. – 14. Tag)	0,25	0,24	0,4991
Futtermittelaufnahme (Versuchsphase, 15. - 21. Tag)	0,55	0,46	0,0002
Futtermittelaufnahme (Versuchsphase, 22. - 35. Tag)	0,80	0,73	0,0001
Futtermittelaufnahme (Versuchsphase, 36. - 49. Tag)	1,08	1,03	0,0566
Futtermittelaufnahme (Versuchsphase, 15. – 49. Tag)	0,86	0,79	0,0013
<b>Futtermittelaufnahme (gesamte Aufzucht, 1. – 49. Tag)</b>	<b>0,69</b>	<b>0,64</b>	<b>0,0035</b>

<sup>1</sup>Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzschwelle  $p \leq 0,05$ )

### Fazit

Luzernespitzen (LS) stellen ein eiweißreiches, heimisches Futtermittel dar, welches nicht in Nahrungskonkurrenz zur menschlichen Ernährung steht.

Die vorliegenden Ergebnisse des Fütterungsversuchs zeigten, dass der Einsatz von getrockneten Luzernespitzen in den geprüften Mischungsanteilen von 20 % in Alleinfuttermischungen für abgesetzte Ferkel realisierbar ist. Es wurden zwar anfängliche Einbußen in der Futtermittelaufnahme verzeichnet und die Gewichtsentwicklung blieb zunächst hinter der Kontrollgruppe zurück. Für das Merkmal Futterwertung ergaben sich aber keine Unterschiede zur Kontrollgruppe. Die Futterumstellung auf Mischungen mit Luzernespitzen sollte gleitend vorgenommen werden, um die Tiere an den bitteren Geschmack der LS zu gewöhnen.

**Tabelle 22:** Merkmale der Mastleistung in den Zeitabschnitten des Fütterungsversuchs (LS-Mittelwerte)

<b>Merkmal</b>	<b>Kontroll- gruppe</b>	<b>Versuchs- gruppe</b>	<b>P-Wert<sup>1</sup></b>
Einstallgewicht (kg)	7,6	7,6	0,5633
Endgewicht (kg) Eingewöhnungsphase	9,8	9,8	0,6496
Endgewicht (kg) Versuchsphase	25,7	24,5	0,0059
Tageszunahmen (g) (Eingewöhnungsphase, 1. – 14. Tag)	163	157	0,5859
Tageszunahmen (g) (Versuchsphase, 15. – 49. Tag)	453	420	0,0007
Futtermittelnutzung (kg/kg) (Eingewöhnungsphase, 1. – 14. Tag)	1,52	1,53	0,8983
Futtermittelnutzung (kg/kg) (Versuchsphase, 15. – 49. Tag)	1,90	1,89	0,7231

<sup>1</sup>Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzschwelle  $p \leq 0,05$ )

## **5 Arbeitspaket Wirtschaftlichkeit**

### **5.1 Vermarktungsmöglichkeiten Luzernespitzen und Luzernestängel**

Der Markt steht den heißluftgetrockneten Luzernespitzen mit  $> 28\%$  Rohprotein sehr positiv gegenüber. Dies hat mehrere Gründe:

- gesellschaftliche Diskussion über den Kraftfuttereinsatz beim Wiederkäuer
- steigende Nachfrage nach Alternativen zur Sojafütterung bei Rinderhaltern
- Regionalisierung von Futtermittelmärkten durch die Problematik der regionalen Nährstoffüberschüsse und Beschaffungs- und Preisproblematik bei international gehandelten Futtermitteln
- steigende Nachfrage nach Trockengrünprodukten.

Es wurden Gespräche mit Landwirten, Verarbeitern und Händlern geführt, die oben genanntes bestätigten. Hauptsächlich wurde der Rindermarkt als potentieller Absatzmarkt identifiziert. Das Interesse aus dem Schweine- und Geflügelfuttermittelmarkt war ebenfalls gegeben. Aufgrund der derzeit niedrigen Erlöse hängt der Absatz hier rein von den Erzeugungskosten ab. Eine Abschätzung der Kosten ist aufgrund der derzeitigen Volatilität der Energiemärkte, die auf viele externe Einflüsse zurückzuführen ist, zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnvoll.

Nach ersten Abschätzungen könnten die Luzernestängel nicht nur im Rinderbereich als Strukturkomponente abgesetzt werden, sondern auch andere Bereiche zeigten sich interessiert. Neben Pferdefutterherstellern könnten sich auch Mischfutterwerke für Kälber- und Rinderfutter einen Einsatz sehr gut vorstellen. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit ergäbe sich als Holzersatz in der Zellstoffindustrie.

## 6 Arbeitspaket Wissenstransfer

Während der Projektlaufzeit wurde neben zahlreichen Veröffentlichungen am 22.06.2023 ein „**Luzerne Fachtag**“ für Landwirte und weitere Interessierte durchgeführt. Dieser fand auf dem Gelände der Futtertrocknung Lamerdingen und auf nahe gelegenen Versuchsfeldern statt, wo von Projektpartnern neue Erkenntnisse aus allen Bereichen des Projektes NovaLuz präsentiert wurden.

### 6.1 Veröffentlichungen

Maxa, J., Pantke, S.; Luber, E.; Aulrich, K., Thurner, S. (2023): New technical approaches to produce high protein feed from alfalfa. VDI-Tagungsband, 2427, 80th International Conference on Agricultural Engineering, LAND.TECHNIK AgEng, VDI Wissensforum GmbH, 455 – 461.

Maxa, J., Pantke, S.; Luber, E., Thurner, S. (2023): Harvesting techniques to produce high protein feed from Alfalfa. 19th International Symposium Forage Conservation, Mendel University Brno, 76 – 77.

Maxa, J. und Thurner, S. (2023): Blatt und Stängel trennen. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 2, 37 – 39.

Lauer, P., Weindl, P., Bellof, G. (2023). Einsatz von Luzernespitzen (heibluftgetrocknet) als Eiweitrger in der Aufzucht abgesetzter Ferkel. Tagungsband, Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 25.-27.04.2023, Fulda.

Maxa, J. und Thurner, S. (2022): Eiweißfutter aus Luzerne. LOP Edition Lumbrico, 11, S. 28-31.

Maxa, J. und Thurner, S. (2022): Produktion von hochwertigem Eiweißfutter aus Luzerne. ko Aktuell, 71, S. 2-3.

Rößner, R., Weindl, P., Kraus, J., Maxa, J., Thurner, S., Bellof, G. (2023). Einsatz von Luzernestängeln in aufgewerteten Mischrationen für laktierende Milchkühe der Rasse Fleckvieh. Tagungsband, 134. VDLUFA-Kongress, 5.- 8.9.2023, Freising.

Rößner, R., Weindl, P., Kraus, J., Maxa, J., Thurner, S., Bellof, G. (2023). Einsatz von Luzernespitzen im Milchleistungsfutter für hochleistende Kühe der Rasse Fleckvieh. Tagungsband, 134. VDLUFA-Kongress, 5.- 8.9.2023, Freising.

Weber, M., Weindl, P., Bellof, G. (2024). Verdaulichkeit der Rohnährstoffe von Luzerneprodukten für wachsende Schweine. Tagungsband, Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 23.-24.04.2024, Fulda.

Weber, M., Weindl, P., Lippl, M., Thurner, S., Bellof, G. (2024). Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Fütterung säugender Sauen. Tagungsband, 17. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Giessen, 5.-7.3.2024, Giessen.

## 6.2 Vorträge

Maxa, J. und Thurner, S.: Innovationen bei der Luzerneernte, Luzernefachtag, FT Lamerdingen, 22.06.2023.

Maxa, J., Liebhardt, P., Rößner, R. und Thurner, S.: Ernteverfahren zur Erzeugung von hochwertigem Eiweißfutter aus Grünleguminosen, 4. Nossener Fachgespräch Leguminosen (Online), LfULG, 04.10.2022.

Maxa, J., Panktke, S.; Lubner, E. und Thurner, S.: Harvesting techniques to produce high protein feed from alfalfa, 19th International Symposium Forage Conservation, Mendel University, Brno, Tschechien, 26.04.2023.

Maxa, J., Pantke, S.; Lubner, E.; Aulrich, K. und Thurner, S.: New technical approaches to produce high protein feed from alfalfa, LAND.TECHNIK AgEng, VDI, Hannover, 11.11.2023.

Weber, M., Weindl, P., Bellof, G.: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe von Luzerneprodukten für wachsende Schweine. Tagungsband, Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 23.4.2024.

Weber, M., Weindl, P., Lippl, M., Thurner, S., Bellof, G.: Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Fütterung säugender Sauen. 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Giessen, 7.3.2024.

## 6.3 Abschlussarbeiten

Lauer, P.: Einsatz von Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel in der Fütterung abgesetzter Ferkel, 30.03.2023, Masterarbeit (HSWT).

Steinam, R.: Erntetechnik im Hochschnittverfahren bei Luzerne mit dem System Top Cut Collect der Firma Zürn Harvesting GmbH & Co. KG, 19.01.2023, Bachelorarbeit (Lfl und HSWT).

Zinke, L.: Untersuchungen zum Futteraufnahmeverhalten und zur täglichen Futteraufnahme von hochleistenden Fleckviehkühen auf der Basis tierindividueller Fütterungsdaten, 14.07.2023, Masterarbeit (HSWT).

## 7 Literaturverzeichnis

Bellof, G. (2014): 100 %-Bio-Fütterung in der ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung: Stand, Restriktionen und Lösungsansätze, Vortrag im Rahmen der 7. Wintertagung Ökologischer Landbau Baden-Württemberg am 26.02.2014 in Stuttgart-Hohenheim.

Bellof, G., Weindl, P.A., Weindl, P.N. (2021): Grünleguminosen als Eiweiß- und Raufuttermittel in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung (GRÜNLEGUM). Schlussbericht zum Forschungsprojekt. Online verfügbar: <https://orgprints.org/id/eprint/42739/>.

Bindelle, J., P. Leterme, A. Buldgen (2008): Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 12: 69–80.

GfE (2006): Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag.

GfE - Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen (2005): Determination of digestibility as the basis for energy evaluation of feedstuffs for pigs. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 14, 207-213.

GfE - Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2008): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Schätzung der Umsetzbaren Energie von Mischfuttermitteln für Schweine.

Görski, P. M., Jurzysta, M., Burda, S., Oleszek, W. A., Ploszyski, M. (1984): Studies on *Medicago lupulina* saponins. IV. Variation in the saponin content of *M. lupulina*. *Acta Soc. Bot. Pol.*, Vol. 53, 543-550.

Maxa, J. und Thurner, S. (2020): Luzerneblätter in den Trog. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 21, S. 32-33.

Maxa, J., Liebhardt, P., Thurner, S. (2021): Evaluation of harvesting processes for alfalfa with the aim of attaining a high proportion of leaves as a high protein feed for monogastric animals, 5<sup>th</sup> CIGR Conference (virtual), Quebec, Canada.

Messinger, D., Weindl, P.A., Aulrich, K., Pleger, L., Bellof, G. (2021): Determination of apparent total tract digestibility of nutrients of lucerne (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) products in growing pigs. *Züchtungskunde*, 93, 5/2021.

Messinger, D., Weindl, P., Bellof, G., (2021): Einfluss der Fütterung von hohen Mischungsanteilen Luzernetrockenblatt mit und ohne zusätzliche Aufnahme von Luzernesilage auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von Mastschweinen. In:

- Tagungsband, Forum Angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Rodehutschord, M. (2008): Fütterung der Schweine, in: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Messinger, D., Weindl, P., Aulrich, K., Pleger, L., Bellof, G. (2022): Growth performance and carcass traits of growing pigs consuming different alfalfa (*Medicago sativa*) products in organic farming systems. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, DOI: 10.1080/09064702.2022.2141309.
- Pleger, L., Weindl, P.N., Weindl, P.A., Carrasco, L.S., Leitao, C., Zhao, M., Schade, B., Aulrich, K., Bellof, G. (2020): Effects of increasing alfalfa (*Medicago sativa*) leaf levels on the fattening and slaughtering performance of organic broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104; 1317-1332. DOI: 10.1111/jpn.13353.
- SAS (2013): Software, Release 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sommer, H. und Sundrum, A. (2015): Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Grünleguminosen als Eiweißquelle in der Schweinefütterung. 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Eberswalde, Tagungsband.
- Szumacher-Strabel, M., A. Stochmal, A. Cieslak, M. Kozłowska, D. Kuznicki, M. Kowalczyk and W. Oleszek (2018): Structural and quantitative changes of saponins in fresh alfalfa compared to alfalfa silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99, 22432250.
- Sommer, H., Hartmann, S., Schultz, H., Sundrum, A. (2014a): Über den Beitrag von Luzerne zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland; Tagungsband der 58. Jahrestagung der AGGF in Arnstadt vom 28. - 30. August 2014, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 139-142.
- Sommer, H., Hartmann, S., Schultz, H., Sundrum, A. (2014b): Über den Beitrag von Rotklee zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland; Tagungsband der 58. Jahrestagung der AGGF in Arnstadt vom 28. - 30. August 2014, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 143-146.
- VDLUFA (2012): VDLUFA Methodenbuch Band III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln einschl. 1.- 8. Ergänzungslieferung, VDLUFA Verlag, Darmstadt.
- Weltin, J., Carrasco, S., Berger, U., Bellof, G. (2014): Luzernesilage aus spezieller Nutzung und technologischer Aufbereitung in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung. Endbericht BÖLN-Projekt, FKZ 110E077.
- Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P.E., Boman, R.L., Troutt Jr., H.F., Lesch, T.N. (1982): A Dairy Cow Body Condition Scoring System and Its Relationship to Selected Production Characteristics. *Journal of Dairy Science* 65, 495-501.

Wüstholtz, J., Carrasco, L.S., Berger, U., Sundrum, A., Bellof, G. (2017): Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming high levels of alfalfa silage (*Medicago sativa*) in organic pig production. *Livestock Science*, 200, 46-52, DOI: 10.1016/j.livsci.2017.04.004.

## **8 Anhang**

Veröffentlichungen zum Thema des Projekts und den Jahren 2022-2023.